

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU BATU TERHADAP
KARAKTERISTIK TEKNIS DAN EKONOMI BATAKO
(*THE INFLUENCE OF ADDITIONAL STONE POWDER
ON PHYSICAL AND ECONOMIC CHARACTERISTICS
OF CONCRETE BLOCK*)**

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



**Dimas Harisandy Mahardhika
19511116**

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

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ABU BATU TERHADAP KARAKTERISTIK TEKNIS DAN EKONOMI BATAKO (*THE INFLUENCE OF ADDITIONAL STONE POWDER ON PHYSICAL AND ECONOMIC CHARACTERISTICS OF CONCRETE BLOCK*)

Disusun Oleh

Dimas Harisandy Mahardhika

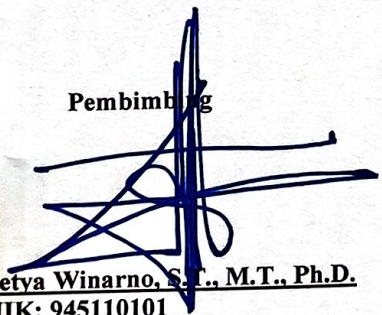



Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

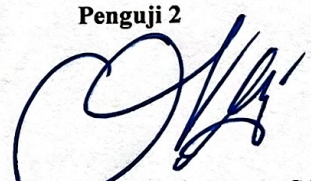
Diuji pada tanggal *6 Sep. 2023*

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing


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

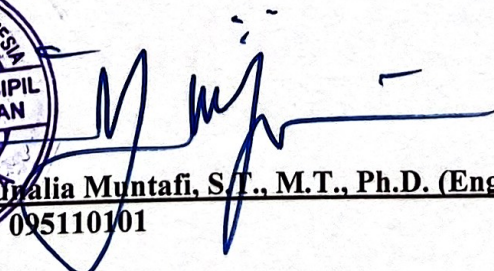

Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IP-M.
NIK: 005110101


Ir. Tri Nugroho Sulistivantoro, S.T., M.T.
NIK: 195110502

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana




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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 1. Sep. 2023

Yang membuat pernyataan,



Dimas Harisandy Mahardhika

(19511116)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Pengaruh Penambahan Abu Batu terhadap Karakteristik Teknis dan Ekonomi Batako*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan dan rintangan yang dihadapi, namun berkat saran, kritik serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat selama penyusunan Tugas Akhir ini.

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng). selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
2. Bapak Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan, nasihat, saran, dan dukungan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir
3. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IP-M. selaku Dosen Penguji I pada Sidang Tugas Akhir
4. Bapak Ir. Tri Nugroho Sulistiyantoro, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II pada Sidang Tugas Akhir
5. Bapak Malik Mushthofa, S. T., M.Eng. selaku Kepala Laboratorium BKT.
6. Bapak dan Ibu penulis yang selalu memberikan semangat baik dalam hal materi maupun spiritual hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

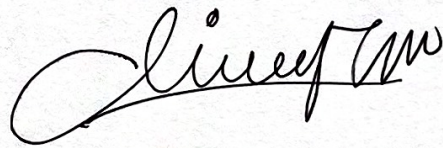
Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, diperlukan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar Tugas Akhir ini dapat menjadi lebih baik.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membacanya dan memberikan pengetahuan baru untuk pengetahuan dimasa mendatang.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, *1. Sep.*... 2023

Penulis,



Dimas Harisandy Mahardhika

(19511116)

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| Halaman Judul | i |
| Halaman Pengesahan | ii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN | x |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xi |
| ABSTRAK | xii |
| <i>ABSTRACT</i> | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.3 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.4 Batasan Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Tinjauan Umum | 6 |
| 2.2 Penelitian Terdahulu | 8 |
| 2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan | 12 |
| BAB III LANDASAN TEORI | 17 |
| 3.1 Batako | 17 |
| 3.2 Klasifikasi Batako | 21 |
| 3.3 Material Penyusun Batako | 23 |
| 3.4 Pengujian Batako | 27 |
| 3.5 Berat Volume dan Rongga Udara Dalam Agregat | 29 |

| | | |
|-------------------------------|--|-----|
| 3.6 | Pengujian Kerapatan, Penyerapan dan Rongga Dalam Beton yang telah Mengeras | 31 |
| 3.7 | Harga Pokok Produksi | 32 |
| BAB IV METODE PENELITIAN | | 35 |
| 4.1 | Tinjauan Umum | 35 |
| 4.2 | Lokasi Penelitian | 35 |
| 4.3 | Metode Penelitian | 35 |
| 4.4 | Alat dan Bahan Penelitian | 36 |
| 4.5 | Pelaksanaan Penelitian | 42 |
| 4.6 | Harga Pokok Produksi Batako Dengan <i>Filler</i> Abu Batu | 47 |
| 4.7 | Analisis Data dan Pembahasan Hasil | 48 |
| 4.8 | Bagan Alir Penelitian | 49 |
| BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN | | 50 |
| 5.1 | Tinjauan Umum | 50 |
| 5.2 | Pengujian Properties Bahan | 50 |
| 5.3 | Perhitungan Kebutuhan Campuran | 62 |
| 5.4 | Data Hasil Pengujian | 66 |
| 5.5 | Perhitungan Harga Pokok Produksi dan Analisis Keayakan Investasi Batako | 88 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | | 98 |
| 6.1 | Kesimpulan | 98 |
| 6.2 | Saran | 99 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 100 |
| LAMPIRAN | | 102 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.1 | Tipe-tipe gradasi agregat | 18 |
| Gambar 3.2 | Bata Beton Pejal | 19 |
| Gambar 3.3 | Bata Beton Berlubang | 19 |
| Gambar 3.4 | Batako Putih | 20 |
| Gambar 3.5 | Bata Ringan | 20 |
| Gambar 4.1 | Saringan atau Ayakan | 37 |
| Gambar 4.2 | Sekop Senggrong | 37 |
| Gambar 4.3 | Ember | 38 |
| Gambar 4.4 | Gelas Ukur | 38 |
| Gambar 4.5 | Timbangan | 39 |
| Gambar 4.6 | Mixer Machine | 39 |
| Gambar 4.7 | Press Machine | 40 |
| Gambar 4.8 | Cetakan Batako | 40 |
| Gambar 4.9 | Papan Kayu | 41 |
| Gambar 4.10 | Flowchart Pelaksanaan Penelitian | 49 |
| Gambar 5.1 | Gradasi Daerah III Material Pasir Agak Halus | 53 |
| Gambar 5.2 | Gradasi Daerah IV Material Abu Batu Halus | 55 |
| Gambar 5.3 | Batako Berlubang | 64 |
| Gambar 5.4 | Lubang Batako | 64 |
| Gambar 5.5 | Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Batako | 71 |
| Gambar 5.6 | Grafik Penyerapan Air Rata-Rata Batako | 76 |
| Gambar 5.7 | Grafik Volume Rongga Permeabel Rata-Rata Batako | 85 |
| Gambar 5.8 | Grafik Persentase Perubahan Pengujian Terhadap Batako Normal | 86 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 3.1 | Ukuran Bata Beton | 22 |
| Tabel 3.2 | Ukuran Bata Beton | 22 |
| Tabel 3.3 | Persyaratan Pasir Beton menurut PUBI 1982 | 24 |
| Tabel 4.1 | Variasi Perbandingan Campuran Batako | 36 |
| Tabel 5.1 | Analisis Saringan/Modulus Halus Butir (MHB) Pasir | 51 |
| Tabel 5.2 | Analisis Saringan/Modulus Halus Butir (MHB) Abu Batu | 54 |
| Tabel 5.3 | Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir | 56 |
| Tabel 5.4 | Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Pasir | 56 |
| Tabel 5.5 | Hasil Pengujian Berat Volume Padat Abu Batu | 57 |
| Tabel 5.6 | Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Abu Batu | 57 |
| Tabel 5.7 | Hasil Pengujian Berat Volume Padat Abu Batu | 58 |
| Tabel 5.8 | Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Batu | 59 |
| Tabel 5.9 | Berat Volume Gembur Abu Batu | 59 |
| Tabel 5.10 | Kadar Rongga Udara Dalam Abu Batu | 59 |
| Tabel 5.11 | Perbandingan Campuran pada Batako Abu Batu | 62 |
| Tabel 5.12 | Kebutuhan Benda Uji Batako untuk Pengujian | 63 |
| Tabel 5.13 | Kebutuhan Campuran untuk Batako | 66 |
| Tabel 5.14 | Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako | 68 |
| Tabel 5.15 | Klasifikasi Mutu Batako | 72 |
| Tabel 5.16 | Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Batako | 74 |
| Tabel 5.17 | Klasifikasi Mutu Batako | 76 |
| Tabel 5.18 | Massa Benda Uji | 78 |
| Tabel 5.19 | Hasil Pengujian Kerapatan, Penyerapan, dan Rongga dalam Beton yang telah Mengeras | 80 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|------------|--|-----|
| Lampiran 1 | Laporan Sementara Hasil Pengujian Batako | 103 |
| Lampiran 2 | Proses Pembuatan Benda Uji Batako | 109 |
| Lampiran 3 | Proses Pengujian Batako | 113 |
| Lampiran 4 | Hasil Benda Uji Batako | 116 |
| Lampiran 5 | Hasil Survei Harga Mesin Press Hidrolik dan Mixer Melalui Marketplace (Situs Jual Beli Online) | 118 |
| Lampiran 6 | Transkrip Wawancara | 121 |

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

| | |
|----------|--|
| A | = Berat batako basah (gram) |
| B | = Berat batako kering (gram) |
| Bk | = Berat benda uji kering oven (gram) |
| Bt | = Berat piknometer berisi air (gram) |
| SNI | = Standar Nasional Indonesia |
| SSD | = Saturated Surface Dry |
| PC | = Portland Cement |
| °C | = Derajat Celsius |
| cm | = Centimeter |
| mm | = Milimeter |
| G | = Kehilangan berat/lama pengausan (gram/menit) |
| gr | = Gram |
| Kg | = Kilogram |
| L | = Luas penampang (cm ²) |
| l | = lebar (cm) |
| MPa | = Megapascal |
| N | = Newton |
| P | = Beban maksimum (N) |
| p | = Panjang (cm) |
| V | = Volume (cm ³) |
| σ | = kuat tekan (N/mm ²) |

ABSTRAK

Batako merupakan bahan bangunan alternatif yang sering digunakan sebagai bahan pengganti batu bata. Batako berkualitas tinggi memiliki rongga udara yang kecil. Penambahan filler pada campuran adukan batako akan mengurangi rongga udara di dalam batako. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi filler dengan abu batu yang optimal untuk meminimalkan rongga udara dalam batako yang ditinjau dari karakteristik teknis dan harga pokok produksinya. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen menggunakan abu batu sebagai filler. Metode ini mengacu pada SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding. Dalam penelitian kali ini terdapat 7 variasi campuran batako.

Diperoleh hasil pengujian nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada variasi 250% dengan nilai kuat tekan sebesar 3,177 MPa, meningkat sebesar 103,7% dari batako normal. Penambahan abu batu mempengaruhi penurunan pada penyerapan air batako abu batu sebesar 90,7% dari batako normal. nilai penyerapan terendah berada pada variasi 100% dengan nilai sebesar 9,61%. Hasil pengujian kuat tekan dan penyerapan air sudah memenuhi klasifikasi mutu batako pada SNI 03-0349-1989. Penambahan abu batu pada variasi 150% mempengaruhi penurunan persentase volume rongga permeabel sebesar 76,7% dari batako normal dengan nilai 15,522%. Hasil perhitungan harga pokok produksi lapangan sebesar Rp1.311,22 dengan harga jual batako sebesar Rp1.970,81 per batako dan keuntungan yang didapatkan dari penjualan 1 batako yaitu sebesar Rp328,47 per batako atau Rp 164.234,03 per hari. Nilai BEP (Break Even Point) diperoleh pada penjualan 509.386 batako dalam waktu 3 tahun 4 bulan. Harga jual batako abu batu lebih rendah 61,37% dari harga batako di pasaran dengan jenis dan ukuran yang sama.

Kata Kunci : Batako, abu batu, kuat tekan, penyerapan air, rongga udara

ABSTRACT

Bricks is an alternative building material that is often used as a substitute for bricks. High quality bricks have small air voids. The addition of filler to the brick mortar mixture will reduce the air voids in the bricks. This study aims to determine the optimal composition of filler with stone ash to minimize air voids in bricks in terms of technical characteristics and cost of production. The method used is an experimental method using rock ash as a filler. This method refers to SNI 03-0349-1989 concerning Concrete Bricks for Wall Pairs. In this study, there were 7 variations of brick mixtures.

The test results obtained for the highest average compressive strength value were at 250% variation with a compressive strength value of 3.177 MPa, an increase of 103.7% from normal brick. The addition of stone ash reduced the water absorption of stone ash bricks by 90.7% compared to normal bricks. the lowest absorption value is at 100% variation with a value of 9.61%. The results of compressive strength and water absorption tests have met the brick quality classification in SNI 03-0349-1989. The addition of rock ash at a variation of 150% affected a decrease in the percentage of permeable void volume by 76.7% from normal brick with a value of 15.522%. The calculation results for the cost of production in the field amounted to Rp. 1,311.22 with a brick selling price of Rp. 1,970.81 per brick and the profit obtained from the sale of 1 brick was Rp. 328.47 per brick or Rp. 164,234.03 per day. The BEP (Break Even Point) value was obtained from the sale of 509,386 bricks within 3 years and 4 months. The selling price of stone ash bricks is 61.37% lower than the price of bricks on the market of the same type and size.

Keywords : *Bricks, stone ash, compressive strength, water absorption, air voids*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batako merupakan bahan bangunan alternatif yang sering digunakan sebagai bahan pengganti batu bata sebagai bahan konstruksi untuk dinding bangunan. Batako memiliki ukuran yang lebih besar dari batu bata sehingga penggunaan batako dapat mempersingkat waktu konstruksi pada pekerjaan dinding. Proses pembuatan batako dilakukan tanpa adanya proses pembakaran sehingga pembuatan batako lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan pembuatan batu bata merah.

Pada umumnya, bahan susun batako adalah semen, pasir, dan air dengan perbandingan 1 semen dan 9-12 pasir, serta air secukupnya dengan atau tanpa bahan tambah. Terdapat 2 tipe batako: batako pejal dan batako berlubang. Kuat desak batako bervariasi tergantung kualitas bahan susun, metode pembuatan, dan metode pemeliharaannya. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding, kuat desak batako minimum memiliki rentang dari 100 kg/cm² sampai 20 kg/cm². Batako memiliki banyak variasi dimensi, tergantung ukuran cetaknya. Batako dapat dicetak secara manual atau secara sederhana tanpa mesin cetak, namun saat ini produk batako banyak diproduksi dengan mesin cetak sehingga kemampuan produksinya dapat lebih tinggi.

Batako adalah salah satu jenis beton, yang pada umumnya terbuat dari bahan susun: semen, agregat, dan air. Banyak bahan susun beton yang ditambah dengan material pasir halus atau sangat halus agar berfungsi menjadi *filler*. Material filler sering diyakini dapat mengisi pori-pori atau rongga-rongga udara di dalam unit beton sehingga membuat beton menjadi lebih padat dengan pori-pori rongga udara yang kecil dan akan memberikan kuat desak yang lebih tinggi, yang berimplikasi dengan kualitas beton yang semakin baik. Beton yang semakin padat memiliki berat volume yang semakin besar. Penambahan material filler secara bertahap dapat mengurangi pori-pori rongga udara dalam unit beton sehingga volume pori-pori

rongganya dapat menjadi minimum. Batako adalah salah satu jenis dari beton yang memiliki bahan susun yang mirip sama beton, namun komposisi bahan susun airnya relatif sedikit sehingga batako dapat diproduksi dengan dicetak. Penambahan filler dalam bahan susun batako, diperkirakan akan dapat memiliki trend perilaku yang sama seperti beton, yaitu batako akan menjadi lebih padat dan lebih kuat.

Jones et al. (2003) telah meneliti tentang optimasi filer dari bubuk batu kapur (*lime stone powder*) untuk campuran beton. Campuran antara filer, semen, dan air membentuk pasta semen dan pasta ini yang akan mengisi pori-pori rongga udara di dalam unit beton. Jadi, volume pori-pori rongga udara akan semakin berkurang apabila volume pasta semen semakin banyak. Karena adukan beton (campuran agregat, pasir, semen, filer, dan air) bersifat kental dan tidak cair seperti air, pori-pori rongga udara di dalam unit beton tersebut sangat sulit untuk ditiadakan. Pada penelitian ini, apabila jumlah berat semen sebesar 250 kg pada setiap 1 m³ adukan beton, pori-pori rongga udara akan minimum apabila ditambahkan filer sebesar 125 kg. Penelitian ini tidak mengkaji pengaruh volume pori-pori rongga udara terhadap kuat desak betonnya. Sementara itu, penelitian serupa seperti ini belum pernah dikaji pada batako.

Untuk itu, perlu dikaji pengaruh penambahan material *filler* di dalam unit batako dengan tinjauan dari karakteristik teknik, yaitu kuat desak, berat volume, penyerapan air, dan volume rongga udaranya. Pengaruh filler dalam penurunan rongga-rongga udara dalam batako akan dikaji dengan metode pengukuran sesuai standar SNI 03-6433-2016 tentang Metode Pengujian Kerapatan, Penyerapan, dan Rongga dalam Beton yang Telah Mengeras. Penambahan filer juga akan berdampak pada karakteristik ekonomi pada harga produksi batako yang berbeda dengan batako konvensional yang tanpa filer.

Salah satu bahan filer yang dapat digunakan dalam bahan susun batako adalah abu batu yang berasal dari limbah penggergajian batu andesit atau batu candi. Industri penggergajian batu andesit banyak terdapat di Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman. Batu andesit yang besar digergaji agar menjadi lempengan-lempengan persegi untuk bahan lantai atau material ornamen yang unik. Saat ini, limbah abu batu ini belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dan hanya

menjadi limbah semata yang sering dibuang ke saluran irigasi sehingga mengganggu kelancaran aliran air dan tanaman di sawah.

Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM), Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia telah memanfaatkan filer dari abu batu untuk pembuatan batako, paving blok, dan produk berbasis semen lainnya. Pemakaian filer abu batu dalam proses produksi ini hanya didasarkan pada kemudahan proses produksi saja, tanpa ada kajian mendalam: berapa kadar filer yang paling optimum. Saat ini, proses produksi batako menggunakan komposisi campuran 1 semen : 10 pasir : 1 abu batu. Produk batako dengan komposisi ini akan memiliki kuat desak sekitar 15 kg/cm^2 sampai 20 kg/cm^2 .

Berdasarkan latar belakang di atas, perlu dikaji pengaruh komposisi penambahan material filer dengan material limbah abu batu terhadap karakteristik teknis (kuat desak, berat volume, penyerapan air, dan volume rongga udara) dan ekonomi (biaya pokok produksi). Penelitian ini juga dalam rangka untuk membantu PIMVM untuk mengoptimalkan produk yang dihasilkannya. Pemanfaatan limbah abu batu juga merupakan sebuah langkah strategis dalam rangka pengurangan dampak lingkungan terhadap limbah industri hasil penggergajian batu andesit yang ada di sekitar Kecamatan Cangkringan atau daerah lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dibahas pada penulisan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan filler dari abu batu terhadap karakteristik teknis (kuat tekan, berat volume, penyerapan air, dan volume rongga udara) batako?
2. Bagaimana pengaruh penambahan filler dari abu batu terhadap karakteristik ekonomi (harga pokok produksi) batako?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian yang akan dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh penambahan filler dari abu batu terhadap karakteristik teknis (kuat tekan, berat volume, penyerapan air, dan volume rongga udara) batako.
2. Mengetahui pengaruh penambahan filler dari abu batu terhadap karakteristik ekonomi (harga pokok produksi) batako.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi kepada PIMVM dan industri batako tentang pemanfaatan filler dari abu batu terhadap kualitas batako.
2. Memberikan sebuah langkah strategis dalam rangka pengurangan dampak lingkungan terhadap limbah industri hasil penggergajian batu andesit bagi pelaku industri terkait.
3. Memberikan informasi bagi pelaku konstruksi tentang inovasi batako dengan filler abu batu.

1.5 Batasan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan pada penelitian ini, dapat ditentukan batasan penelitian agar penelitian yang akan dilaksanakan berjalan lancar. Adapun batasan penelitian yang diperlukan adalah sebagai berikut.

1. Pembuatan benda uji dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia.
2. Pengujian karakteristik teknis pada batako meliputi: kuat tekan, berat volume, penyerapan air, dan rongga udara batako.
3. Pengujian karakteristik ekonomi meliputi harga pokok produksi batako.
4. Objek penelitian batako dengan *filler* dari abu batu hasil dari limbah penggergajian batu andesit.
5. Batako yang digunakan sebagai benda uji dalam penelitian ini adalah tipe batako berlubang dengan dimensi sekitar 36 cm x 20 cm x 10 cm, yang dicetak dengan mesin press.
6. Ketentuan bahan pada penelitian ini antara lain:

- a. Semen yang digunakan adalah semen merk Tiga Roda.
 - b. Pasir yang digunakan adalah pasir dari Gunung Merapi yang sering digunakan di PIMVM UII dan tidak diayak terlebih dahulu.
 - c. Abu batu yang digunakan berasal dari limbah penggergajian batu di wilayah Kapanewon Cangkringan, Kabupaten Sleman.
7. Perawatan benda uji dengan menyimpan benda uji ke tempat yang tidak terpapar sinar matahari langsung dan terlindung dari hujan dengan melakukan penutupan sampel batako menggunakan terpal pada benda uji.
8. Campuran yang digunakan untuk membuat batako yaitu menggunakan perbandingan volume semen dengan pasir yang konstan, yaitu sebesar 1 semen : 10 pasir, dan volume filer bervariasi. Besaran komposisi ini mengikuti tradisi proses produksi material batako di PIMVM yang telah berjalan saat ini. Berikut adalah perbandingan variasi semen : pasir : abu batu pada penelitian ini, yaitu:
- a. Variasi I = 1 semen : 10 pasir : 0 filer
 - b. Variasi II = 1 semen : 10 pasir : 0,5 filer
 - c. Variasi III = 1 semen : 10 pasir : 1 filer
 - d. Variasi IV = 1 semen : 10 pasir : 1,5 filer
 - e. Variasi V = 1 semen : 10 pasir : 2 filer
 - f. Variasi VI = 1 semen : 10 pasir : 2,5 filer
 - g. Variasi VII = 1 semen : 10 pasir : 3 filer
9. Jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 168 benda uji. Untuk tiap-tiap variasi penambahan abu batu menghasilkan 24 sampel benda uji batako.
10. Pengujian yang dilakukan menggunakan standar SNI 03-6433-2016 tentang Metode Pengujian Kerapatan, Penyerapan, dan Rongga dalam Beton yang Telah Mengeras serta pengujian Kuat Tekan Batako berdasarkan SNI 03-4154-1996.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Penelitian terkait dengan batako dan bahan pengisi abu batu yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Tinjauan pustaka mengenai penelitian-penelitian terdahulu akan dibahas sebagai referensi dan untuk menunjukkan bahwa penelitian yang akan dilaksanakan berbeda dengan penelitian-penelitian yang dicantumkan dengan tujuan menghindari adanya plagiasi.

Berikut adalah beberapa jurnal penelitian internasional yang berkaitan dengan teori dan metode penggunaan abu batu sebagai material konstruksi serta mengenai batako di beberapa negara.

1. *Recycling of Stone Cutting Waste for Heavy Metals Removal,*

(Al-Zboon, 2018) melakukan studi yang bertujuan untuk mempelajari kemungkinan pemanfaatan limbah pemotongan batu sebagai *slurry* untuk menghilangkan nikel dari larutan. Daur ulang limbah pemotongan baru (*stone crusher*) memiliki efek positif dalam menghindari kerusakan lingkungan akibat dampak material tersebut. Mulandi (2014) menemukan bahwa kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tarik pada beton meningkat secara signifikan pada campuran dengan 20 % kandungan limbah *stone crusher*. Penelitian dilakukan dengan menambahkan limbah *stone crusher* yang berbeda konsentrasi pada air limbah industri yang mengandung nikel dalam jumlah tertentu dan menyelidiki dampaknya terhadap efisiensi penyisihan kandungan logam. Efisiensi penyisihan meningkat seiring dengan peningkatan dosis *slurry* hingga 315 ml dan konsentrasi logam awal menurun seiring meningkatnya dosis *slurry*. Hasil yang diperoleh memperkuat penggunaan *slurry* dari *industry* pemotongan batu untuk menghilangkan logam berat yang kemudian akan mengurangi dampak limbah terhadap lingkungan, mengurangi biaya penyimpanan dan pembuangan limbah, serta mendorong strategi *zero-waste*.

2. *Estimation of the Filler Content Required to Minimise Voids Ratio in Concrete.* (Jones et al, 2003) dari *University of Dundee* melaporkan studi mengenai kandungan *filler* yang dibutuhkan dalam beton untuk menghasilkan rasio rongga minimum. Melalui perhitungan rasio rongga secara teoritis, menunjukkan bahwa kandungan pengisi yang dibutuhkan untuk meminimalkan rasio rongga tergantung pada proporsi campuran beton serta kehalusan *filler*. Campuran beton dengan kadar semen yang tinggi memerlukan bahan pengisi yang lebih halus untuk meminimalkan rasio rongga, selanjutnya bahan pengisi yang lebih kasar dan murah cocok untuk campuran beton dengan kadar semen yang lebih rendah. Berdasarkan pengujian dan perhitungan teoritis dengan model pengepakan yang berbeda, diusulkan untuk memperkirakan kandungan pengisi yang diperlukan untuk meminimalkan rasio rongga untuk campuran beton tertentu. Studi ini menunjukkan pentingnya kehalusan *filler* dan proporsi campuran dalam meminimalkan rasio rongga pada campuran beton. Pada penelitian ini, apabila jumlah berat semen sebesar 250 kg pada setiap 1 m³ adukan beton, pori-pori rongga udara akan minimum apabila ditambahkan filer sebesar 125 kg. Penelitian ini tidak mengkaji pengaruh volume pori-pori rongga udara terhadap kuat desak betonnya. Sementara itu, penelitian serupa seperti ini belum pernah dikaji pada batako.
3. *Determination of the Optimal Replacement Content of Portland Cement by Stone Powder Using Particle Packing Methods and Analysis of the Influence of the Excess Water on the Consistency of Pastes.* (CAMPOS et al., 2019) melaksanakan studi mengenai perbandingan agregat semen *Portland* yang optimal dengan menambahkan abu batu menggunakan metode *particle-packing*. Studi ini bertujuan untuk menentukan kepadatan pengepakan maksimum dalam pasta semen *Portland*, *silika fume*, dan abu batu untuk menentukan kandungan substitusi semen yang optimal apabila menggunakan abu batu. Berdasarkan hasil penelitian, menunjukkan bahwa substitusi semen dengan abu batu yang lebih tinggi diperoleh kepadatan pengepakan yang lebih tinggi, kemampuan kerja yang lebih tinggi, serta memungkinkan untuk keuntungan ekonomi dan lingkungan. Dengan demikian,

substitusi semen dengan abu batu muncul sebagai alternatif pilihan yang menarik menuju produksi beton yang *sustainable*.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai penggunaan limbah abu batu sebagai bahan *filler* pada campuran beton telah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya. Berikut adalah referensi terdahulu yang sejenis yaitu telah dilakukan oleh banyak peneliti sebelumnya (Satria, 2018), (Amali, 2019), (Fahri, 2020), (Ramli, 2012), dan (Galuh, 2022).

Satria (2018) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengurangi risiko kerusakan yang terjadi pada dinding akibat gempa bumi. Penelitian ini berupa inovasi material penyusun dinding, yaitu berupa batako-kait. Batako-kait dibuat dengan bentuk sedemikian rupa, sehingga dapat menahan beban searah (in plane) dan tegak lurus (out of plane) bidang secara bersamaan ketika digunakan sebagai material penyusun dinding untuk bangunan tahan gempa. Batako-kait terbuat dari campuran semen, pasir, dan abu batu dengan perbandingan 1pc : 8ps : 1 abu batu. Penambahan limbah abu batu bertujuan untuk menghasilkan batako-kait yang lebih padat dan permukaan bidang lebih halus serta mengurangi berat satuan. Dari pengujian di laboratorium didapatkan hasil kekuatan unit batako-kait berupa kuat geser lentur tegak lurus bidang maksimum sebesar 1,630 MPa, kuat geser-lentur searah bidang maksimum sebesar 0,954 MPa, kuat geser-murni maksimum sebesar 3,429 MPa, dan kuat geser-vertikal maksimum sebesar 0,876 MPa.

Unit batako-kait campuran 1 Semen : 8 Pasir memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan unit batako-kait campuran 1 Semen : 8 Pasir : 1 Abu batu. Di sisi lain, batako-kait dengan penambahan limbah abu batu memiliki berat tiap unit yang lebih rendah, sehingga struktur (dinding) yang dibuat dari batako ini lebih ringan.

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 tidur 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/cm² yang termasuk dalam kategori mutu bata beton pejal Mutu II, dengan kekuatan desak minimum yaitu 70 kg/cm². Mutu IV dapat diperoleh pada komposisi campuran 1 : 3 : 6 dengan kuat tekan sebesar 25,24 kg/cm² sementara syarat SNI adalah 21 kg/cm². Sementara itu, hasil uji 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 Rp 5.318,- /batako.

Fahri (2020) telah meneliti batako dengan bahan susun cacahan bonggol jagung yang digiling menggunakan mesin giling hingga lolos saringan mesin giling sebesar 1±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 kg/cm². Batas minimum mutu kelas III sesuai SNI 03-0349-

1989 adalah 40 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.

Ramli (2012) melakukan penelitian tentang pemanfaatan pasir hasil erupsi Gunung Merapi pada tahun 2010 yang ketersediannya terdapat di beberapa sungai yang berada di dekat Gunung Merapi, diantaranya Sungai Code, Kuning, dan Opak. Pemanfaatan pasir hasil erupsi Gunung Merapi nantinya akan digunakan sebagai bahan pembentuk batako karena pasir vulkanik memiliki kualitas yang baik sehingga dapat memberikan hasil nilai kuat tekan yang baik.

Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data material batako yang diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP, UII serta pengumpulan data kelayakan ekonomi usaha batako yang dilakukan pada 8 lokasi melalui survei lapangan. Perbandingan batako yang digunakan yaitu 0,5 : 1 : 8 untuk air : semen : dan pasir dan tanpa melalui saringan atau pencucian terlebih dahulu.

Hasil analisis karakteristik teknis batako menunjukkan bahwa batako yang terbuat dari pasir hasil erupsi Gunung Merapi yang diambil dari Sungai Code, Kuning, dan Opak layak digunakan untuk pembuatan batako karena memenuhi syarat SNI 1989, kecuali pada Sungai Kuning hilir yang tidak memenuhi syarat. Pasir vulkanik ini juga lebih baik dibandingkan pasir standar Sungai Progo yang tidak dialiri erupsi Merapi. Pada penelitian ini juga didapatkan hasil analisis kelayakan ekonomi pada 8 pengusaha batako yaitu berupa rerata harga pokok produksi batako sebesar Rp 1.165,54 dan rerata harga jual batako sebesar Rp 1.362,5 selisih rerata harga jual dan produksi batako yaitu sebesar Rp 196,96 (14,46% dari harga jual batako) serta hasil analisis Benefit Cost Ratio (BCR) dan Net Present Value (NPV) pada 8 pengusaha batako memiliki nilai positif (lebih

dari 0) untuk NPV dan memiliki nilai positif (lebih dari 1) untuk BCR, sehingga usaha ini layak untuk dijalankan.

Galuh (2022) telah meneliti tentang pemanfaatan bahan bahan ringan seperti bonggol jagung, ampas tebu, sekampadi, dan *Styrofoam* sebagai komponen agregat penambah sampuran batako dapat mengurangi volume dari batako tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi optimal bonggol jagung sebagai agregat batako yang dicetak dengan mesin press batako.

Penelitian ini digunakan metode eksperimental yang dimulai dengan observasi bahan susun batako, pembuatan sampel batako, dan dilanjutkan dengan pengujiannya. Terdapat 75 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 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 Rp 6.842,- sementara bata ringan Focon memiliki daya serap air sebesar 34,081% sehingga tergolong bata baton mutu II dengan harga jual Rp12.500,-. Daya redam suara pada batako bonggol jagung yang paling baik adalah sebesar 34,8 dB.

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

Dari hasil tinjauan pustaka penelitian terdahulu dapat dituliskan perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Terdahulu dengan Penelitian yang akan Dilakukan

| Peneliti (Tahun) | Bahan Tambahan | Hasil Penelitian | Persamaan | Perbedaan | |
|------------------|----------------|---|---|--|---|
| | | | | Penelitian sebelumnya | Penelitian yang Akan Dilaksanakan |
| Satria (2018) | Abu Batu | <ul style="list-style-type: none"> • kuat geser lentur tegak lurus bidang maksimum sebesar 1,630 MPa. • kuat geser-lentur searah bidang maksimum sebesar 0,954 MPa. • kuat geser-murni maksimum sebesar 3,429 MPa. • kuat geser-vertikal maksimum sebesar 0,876 MPa | <ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan Material Abu Batu | <ul style="list-style-type: none"> • Menguji Kuat Geser Pada Batako • Komposisi campuran menggunakan 1 pc : 8 pasir, dengan penambahan abu batu. | <ul style="list-style-type: none"> • Menguji kuat tekan, berat volume, penyerapan air, dan rongga udara batako. • Komposisi campuran menggunakan 1 pc : 10 pasir, dengan penambahan abu batu sebanyak 7 variasi. • Abu batu digunakan sebagai bahan pengisi • Perbandingan batako konvensional dan batako dengan <i>filler</i> abu batu dari segi ekonomis. |

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Terdahulu dengan Penelitian yang akan Dilakukan

| Peneliti (Tahun) | Bahan Tambahan | Hasil Penelitian | Persamaan | Perbedaan | |
|------------------|---------------------------------------|---|--|--|---|
| | | | | Penelitian sebelumnya | Penelitian yang Akan Dilaksanakan |
| Amali (2019) | Sekam Padi dan <i>filler</i> Abu Batu | <ul style="list-style-type: none"> • Batako dengan perbandingan sebesar 1 : 3 : 2,5 akan menghasilkan dengan kuat tekan tertinggi sebesar 79,472 kg/cm². • Mutu IV diperoleh pada komposisi campuran 1 : 3 : 6 dengan kuat tekan sebesar 25,24 kg/cm² sementara syarat SNI adalah 21 kg/cm². Harga batako adalah Rp10.000,-/batako sementara harga batako serupa di pasaran adalah Rp5.318,-/batako. | <ul style="list-style-type: none"> • Sama-sama membahas Perbandingan batako konvensional dan batako dengan <i>filler</i> abu batu dari segi ekonomis. | <ul style="list-style-type: none"> • Menguji kuat tekan batako serta bobot isi dan rongga udara dalam campuran agregat yang digunakan untuk <i>Batako</i> • Sama-sama membahas Perbandingan batako konvensional dan batako dengan <i>filler</i> abu batu dari segi ekonomis. | <ul style="list-style-type: none"> • Menguji kuat tekan, berat volume, penyerapan air, dan rongga udara batako. • Komposisi campuran menggunakan 1 pc : 10 pasir, dengan penambahan abu batu sebanyak 7 variasi. • Abu batu digunakan sebagai bahan pengisi • Perbandingan batako konvensional dan batako dengan <i>filler</i> abu batu dari segi ekonomis. |

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Terdahulu dengan Penelitian yang akan Dilakukan

| Peneliti (Tahun) | Bahan Tambahan | Hasil Penelitian | Persamaan | Perbedaan | |
|------------------|---|--|---|--|---|
| | | | | Penelitian sebelumnya | Penelitian yang Akan Dilaksanakan |
| Fahri (2020) | Bonggol jagung dan <i>filler</i> abu batu | <ul style="list-style-type: none"> • 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/cm² • 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 di pasaran | <ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan Batako Ukuran dimensi 40 cm x 22 cm x 12 cm | <ul style="list-style-type: none"> • Menguji kuat tekan batako sesuai SNI • Menguji kuat serap air batako sesuai SNI | <ul style="list-style-type: none"> • Menguji kuat tekan, berat volume, penyerapan air, dan rongga udara batako. • Komposisi campuran menggunakan 1 pc : 10 pasir, dengan penambahan abu batu sebanyak 7 variasi. • Abu batu digunakan sebagai bahan pengisi • Perbandingan batako konvensional dan batako dengan <i>filler</i> abu batu dari segi ekonomis. |

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Terdahulu dengan Penelitian yang akan Dilakukan

| Peneliti (Tahun) | Bahan Tambahan | Hasil Penelitian | Persamaan | Perbedaan | |
|------------------|----------------|---|---|---|--|
| | | | | Penelitian sebelumnya | Penelitian yang Akan Dilaksanakan |
| Galuh (2022) | Bonggol Jagung | <ul style="list-style-type: none"> batako bonggol jagung yang dicetak dengan posisi tidur memiliki kuat desak tertinggi pada variasi I yaitu sebesar 9,167 kg/m² dan berat volume rata-rata sebesar 1224,747 kg/cm² sedangkan bata ringan Focon memiliki kuat desak 33,903 kg/m² dan berat volume 675 kg/cm². penyerapan air 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 baton mutu II dengan harga jual Rp12.500,-. Daya redam suara pada batako bonggol jagung yang paling baik adalah sebesar 34,8 dB. | <ul style="list-style-type: none"> Menggunakan Batako Ukuran dimensi 40 cm x 22 cm x 12 cm | <ul style="list-style-type: none"> Menguji nilai redaman suara pada batako bonggol jagung Mengetahui nilai aspek teknis, harga, dan komposisi batako bonggol jagung | <ul style="list-style-type: none"> Menguji kuat tekan, berat volume, penyerapan air, dan rongga udara batako. Komposisi campuran menggunakan 1 pc : 10 pasir, dengan penambahan abu batu sebanyak 7 variasi. Abu batu digunakan sebagai bahan pengisi Sama-sama membahas Perbandingan batako konvensional dan batako dengan <i>filler</i> abu batu dari segi ekonomis. |

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Terdahulu dengan Penelitian yang akan Dilakukan

| Peneliti (Tahun) | Bahan Tambahan | Hasil Penelitian | Persamaan | Perbedaan | |
|------------------|----------------------------|--|---|--|--|
| | | | | Penelitian sebelumnya | Penelitian yang Akan Dilaksanakan |
| Ramli (2012) | Pasir Erupsi Gunung Merapi | <ul style="list-style-type: none"> batako yang terbuat dari pasir hasil erupsi Gunung Merapi yang diambil dari Sungai Code, Kuning, dan Opak layak digunakan untuk pembuatan batako karena memenuhi syarat SNI 1989, kecuali pada Sungai Kuning hilir yang tidak memenuhi syarat. Pada penelitian ini juga didapatkan hasil analisis kelayakan ekonomi pada 8 pengusaha batako yaitu berupa rerata harga pokok produksi batako sebesar Rp 1.165,54 dan rerata harga jual batako sebesar Rp 1.362,5 selisih rerata harga jual dan produksi batako yaitu sebesar Rp 196,96 (14,46%) dari harga jual batako). Benefit Cost Ratio (BCR) dan Net Present Value (NPV) pada 8 pengusaha batako memiliki nilai positif (lebih dari 0) untuk NPV dan memiliki nilai positif (lebih dari 1) untuk BCR, sehingga usaha ini layak untuk dijalankan. | <ul style="list-style-type: none"> Sama-sama membahas tentang perbandingan batako inovasi dengan batako yang ada di pasaran. | <ul style="list-style-type: none"> Membanding kan produsen batako yang menggunakan bahan pasir hasil letusan Gunung Merapi dengan batako normal. Mengetahui hasil kelayakan ekonomi pada produsen batako yang di bandingkan. | <ul style="list-style-type: none"> Menguji kuat tekan, berat volume, penyerapan air, dan rongga udara batako. Komposisi campuran menggunakan 1 pc : 10 pasir, dengan penambahan abu batu sebanyak 7 variasi. Abu batu digunakan sebagai bahan pengisi Sama-sama membahas Perbandingan batako konvensional dan batako dengan <i>filler</i> abu batu dari segi ekonomis. |

BAB III

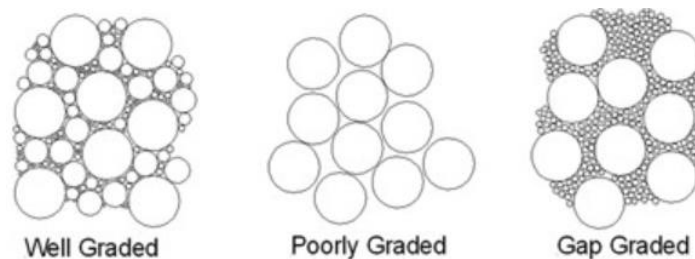
LANDASAN TEORI

3.1 Batako

Batako adalah suatu jenis unsur bahan bangunan berupa bata yang dibentuk dari campuran semen, air, dan semen. Menurut SNI 03-0349-1989, bata beton atau batako adalah komponen bangunan yang terbuat dari campuran semen, pasir, air, atau material tambahan lain yang dicetak sesuai dengan syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk konstruksi dinding. Bata beton untuk dinding atau batako adalah bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam kondisi lembab sesuai dengan PUBI Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, 1982 pasal 6. Batako yang baik adalah batako yang rusuk rusuknya siku satu terhadap yang lain, dan sudut rusuknya tidak mudah dirapuhkan dengan kekuatan jari tangan. Agar didapat mutu batako yang berkualitas, banyak faktor yang mempengaruhi. Faktor yang mempengaruhi kualitas batako tergantung pada faktor air semen, umur batako, kepadatan batako, bentuk tekstur batuan, ukuran agregat, kekuatan agregat, dan lain-lain. Standar kekuatan batako dipakai kekuatan pada umur 28 hari. Selain itu, kekuatan batako juga bisa dilihat dari kepadatan material pengisinya. Semakin padat material batako semakin tinggi daya ikat antar agregat materialnya.

Sebagaimana beton, batako pada umumnya memiliki rongga (pori) udara di dalam unit materialnya. Rongga udara ini berupa udara yang terjebak di dalam material batako, yang bisa berupa rongga permeabel dan tidak permeable. Rongga permeable di dalam batako dapat dimasuki air ketika direndam dan dididihkan, sedangkan rongga tidak permeable adalah berupa rongga udara yang kedap air sehingga tidak dapat dimasuki air meskipun batako telah direndam dan dididihkan dalam air. Rongga di dalam batako dapat disebabkan oleh gradasi agregat yang tidak baik, bentuk agregat yang menyudut, kurang pepadatan, dan penggunaan air yang berlebihan.

Terdapat 3 kondisi gradasi agregat, yaitu gradasi baik, gradasi buruk, dan gradasi celah, seperti diuraikan dalam Gambar 3.1. Rongga udara akan minimum apabila bahan susun memiliki agregat dengan gradasi baik melalui kombinasi agregat kasar dan agregat halus yang baik. Pada kenyataannya, material bahan susun batako adalah semen, pasir (agregat halus), dan air, serta tanpa agregat kasar. Karena ketiadaan agregat kasar di dalam bahan susun batako, sehingga batako cenderung memiliki gradasi celah. Penambahan filler dalam bahan susun batako diharapkan akan menurunkan celah-celah atau pori-pori udara yang ada, yang pada akhirnya akan meningkatkan kuat tekan batako.



Gambar 3.1 Tipe-tipe gradasi agregat

Batako biasanya digunakan pada pekerjaan konstruksi non struktural. Berdasarkan SNI 03-0349-1989, Terdapat dua jenis jenis batako yaitu bata beton pejal dan bata beton berlobang. Bata beton pejal dalah bata yang memiliki luas penampang dan volume pejal 75% atau lebih dari luas penampang keseluruhan. Sedangkan bata beton berlobang adalah bata yang memiliki luas penampang lubang dan volume lubang lebih dari 25% dari luas penampang keseluruhan. Berikut adalah gambar ilustrasi dari bata beton pejal dan bata beton berlobang dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan 3.3.



Gambar 3.2 Bata Beton Pejal
(Sumber: saktidesain.com)



Gambar 3.3 Bata Beton Berlubang

Ditinjau dari cara pembuatannya, batako dikelompokkan menjadi 3 jenis yaitu batako semen/batako *press*, batako putih (*tras*), bata ringan.

a. Batako semen/ batako *press*

Batako semen/ batako *press* dibuat dari campuran semen dan pasir atau abu batu. Batako jenis ini biasanya dibuat secara manual (menggunakan tangan) dan ada juga yang menggunakan mesin. Perbedaannya dapat dilihat pada kepadatan batako. Batako ini umumnya memiliki panjang 36-40 cm dan tinggi 18-20 cm.

b. Batako Putih (*tras*)

Batako putih dibuat dari campuran *tras*, batu kapur, dan air. *Tras* merupakan jenis tanah berwarna putih/putih kecoklatan yang berasal dari pelapukan

batubatu dari gunung berapi. Batako jenis ini umumnya memiliki ukuran panjang 60 cm, tebal 10 cm, dan tinggi 20 cm. Berikut adalah ilustrasi gambar batako putih dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Batako Putih
(Sumber: studio.suryanipalamui.com)

c. Bata Ringan

Bata ringan dibuat dari bahan batu pasir kuarsa, kapur, semen, dan bahan lain yang dikategorikan sebagai bahan-bahan untuk beton ringan. Umumnya bata ringan memiliki berat volume sekitar 850 kg/m^3 dan dapat dikategorikan sebagai bata ringan dengan standar maksimum 1400 kg/m^3 . Berikut adalah ilustrasi gambar batako putih dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Bata Ringan
(Sumber: kompas.com)

3.2 Klasifikasi Batako

Pada SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding, dipaparkan definisi, klasifikasi, syarat mutu, cara pengambilan contoh, cara uji dan syarat lulus uji bata beton untuk pasangan dinding.

3.2.1 Klasifikasi Batako

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding, bata beton pejal dibedakan menjadi empat tingkatan mutu, yaitu mulai dari tingkat mutu I sampai mutu IV.

1. Tingkat Mutu I, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban dan bisa digunakan pula untuk konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap).
2. Tingkat Mutu II, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (di bawah atap).
3. Tingkat Mutu III, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari hujan dan terik matahari, tetapi permukaan dinding dari bata tersebut boleh tidak diplester (di bawah atap)
4. Tingkat Mutu IV, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari hujan dan terik matahari (harus diplester dan di bawah atap).

3.2.2 Syarat Mutu Batako

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding, syarat mutu yang harus dipenuhi batako antara lain:

1. Secara fisik
 - a. Bidang Permukaannya tidak boleh cacat.
 - b. Bentuk permukaan lain yang didesain, diperbolehkan
 - c. Rusuk – rusuknya siku terhadap yang lain
 - d. Sudut rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan

2. Ukuran dan Toleransi

Berdasarkan SNI 03-0349-1989, ukuran bata beton (mm) standar harus sesuai dengan Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Ukuran Bata Beton

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

(Sumber: SNI-03-0349-1989)

3. Syarat Fisis

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding, syarat – syarat fisis harus sesuai dengan tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Ukuran Bata Beton

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

(Sumber: SNI-03-0349-1989)

Penggunaan batako sebagai bahan bangunan pengganti batu bata memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan penggunaan batako antara lain:

- a. Proses pembuatannya mudah dan dapat dicetak dengan ukuran yang sama.
- b. Penggunaan batako lebih membuat pekerjaan lebih efisien waktu dan biaya dikarenakan ukuran batako yang lebih besar daripada bata merah.

- c. Kebutuhan batako sebagai pasangan dinding akan lebih sedikit per m² nya dibandingkan dengan penggunaan batu bata merah.
- d. Apabila pemasangan batako rapi, dinding batako tidak perlu di plester.
- e. Batako lebih mudah untuk dipotong.

Kekurangan penggunaan batako antara lain:

- a. Waktu pembuatannya terbilang cukup lama karena batako memerlukan waktu 28 hari untuk batako mencapai umur kerasnya.
- b. Bila ingin cepat mengeras harus ditambah dengan semen, sehingga menambah biaya.
- c. Sebelum masuk umur keras batako, batako mudah terjadi kerusakan saat pengangkutan karena dimensinya cukup besar

3.3 Material Penyusun Batako

Umumnya batako terbuat dari campuran semen, pasir, dan air. Cara pembuatannya berbeda dari bata merah. Pembuatan batako tidak melalui pembakaran dengan suhu tinggi, melainkan hanya di-press atau cetak menggunakan alat cetak padat. Dikarenakan cara pembuatannya yang di-press, banyak yang menyebutkan batako sebagai batako press. Berikut adalah material penyusun batako.

3.3.1 Agregat Halus

Menurut SNI 03-1750-1990, agregat halus atau pasir adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat, tajam, dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07 – 5 mm. Dalam campuran batako, agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi agar dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan, serta mengurangi pemakaian semen atau bahan pengikat.

Persyaratan mengenai mutu pasir menurut Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI) 1982 pasal 11 adalah seperti pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Persyaratan Pasir Beton menurut PUBI 1982

| Parameter | Persyaratan |
|--|--|
| Kandungan lumpur (lolos ayakan 0,063 mm) | $\leq 5 \%$ |
| Berat Jenis | 2,4-2,9 |
| Modulus halus butir | 2,2-3,2 |
| Kandungan zat organis | Warna larutan pasir tidak lebih gelap dari larutan standar |

(Sumber: PUBI-1982)

3.3.2 Semen Portland (PC)

Menurut SNI 15-2049-2004, semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen hidrolis yang mengandung suatu tambahan udara dalam jumlah tertentu yang menyebabkan udara terkandung didalam mortar didalam batasan yang dispesifikasikan pada saat diukur dengan suatu metode pada SNI 15-2049-2004.

Semen *portland* dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium 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 (SiO₃)), alumina (Al₂O₃), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan oksidasi besi, sedangkan gypsum (CaSO₄.2H₂O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen (Mulyono, 2003).

Dalam tujuan penggunaannya, semen portland di Indonesia SNI 15-2049-2004 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 dibutuhkan sifat-sifat khusus yang tidak dimiliki oleh semen *portland*.

3.3.3 Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam proses pembuatan beton dan mortar. Air pada campuran berfungsi sebagai media untuk mengaktifkan pada reaksi semen, pasir, dan kerikil agar saling menyatu. Persyaratan air yang digunakan sebagai bahan konstruksi menurut PUBLI 1982 adalah sebagai berikut.

1. air yang digunakan merupakan air bersih,
2. tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter,
3. tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lain yang kasat mata,
4. tidak mengandung garam yang dapat terlarut dan merusak campuran lebih dari 15 gram/liter, dan

3.3.4 Abu Batu Sebagai Bahan Pengisi (Filler)

Bahan susun batako adalah semen, pasir, dan air. Semen dan air membentuk pasta semen yang akan menyelimuti pasir. Pasta semen adalah bahan pengikat pasir sehingga terbentuk unit batako yang kokoh. Pasir kasar dengan diameter yang lebih besar memiliki luas permukaan yang lebih rendah dibandingkan dengan pasir halus. Pemakaian ukuran agregat yang lebih besar membuat matrik unit beton menjadi heterogen dan terdapat banyak rongga udara karena adanya gradasi agregat yang tidak baik sehingga pasta semen yang mengikat antar agregat menjadi tidak maksimal. Gradasi agregat yang tidak baik dapat menyebabkan kekuatan batako menjadi lebih rendah karena distribusi pembebanan tidak seragam ketika diuji

tekan. Kejadian microcracks sering terjadi di dalam unit batako atau beton pada penggunaan agregat dengan ukuran yang lebih besar.

Pemakaian filler dalam bahan susun batako dapat mengisi celah-celah di antara pasir. Filler adalah sekumpulan material berukuran kecil yang lolos saringan no. 200 dan mengisi rongga di antara partikel agregat kasar dalam rangka meningkatkan kerapatan dan stabilitas dari massa tersebut. *Filler* dapat berupa kapur, abu batu dari penggergajian batu, maupun fly ash (abu hasil pembakaran batu bara di PLTU). Apabila digunakan dalam campuran, *filler* harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu (SKBI-2.4.26.1987, Dept. PU).

Dalam bahan susun batako, semen dan air menjadi pasta semen, dan pasta semen akan menyelimuti pasir dan filler sehingga matrik unit batako menjadi lebih homogen, rongga lebih kecil, dan berkemungkinan memperoleh kuat tekan batako yang lebih baik. Yang perlu digaris bawahi adalah bahwa komposisi semen di dalam adukan batako hanyalah 1 bagian untuk mengikat sekitar 10 bagian pasir, sedangkan pada adukan beton, yaitu 1 bagian semen untuk mengikat 2 bagian kerikil dan 3 bagian pasir. Komposisi batako seperti di atas hanya mampu menghasilkan kuat tekan 20-30 kg/cm², sedangkan kuat desak beton dapat mencapai 175 kg/cm². Komposisi semen yang kecil pada bahan susun batako ini dapat menyebabkan pasta semen menjadi “miskin semen” sehingga kuat tekannya juga kecil. Penambahan filler dalam bahan susun batako dapat menyebabkan batako menjadi lebih padat tetapi luas permukaan yang harus diselimuti pasta semen yang “miskin semen” ini menjadi lebih besar. Hal ini berkemungkinan bahwa penambahan filler dalam adukan batako tidak akan menambah kuat desaknya.

Karakteristik batako yang memiliki rongga (pori) dapat diisi menggunakan filler dari abu batu. Hal tersebut dikarenakan abu batu memiliki ukuran butiran yang sangat halus sehingga dapat mengisi rongga (pori) pada batako agar batako yang dihasilkan semakin padat. Dalam penelitian ini, filler yang digunakan adalah abu batu hasil limbah penggergajian batu andesit yang banyak terdapat di Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman. Penggunaan abu batu ini disebabkan sifat abu batu yang mengikat dan akan semakin mengeras bila terkena air. Belum banyaknya pemanfaatan material buangan seperti abu batu ini dapat selaras dengan isu

lingkungan yang saat ini banyak menjadi tantangan bagi peneliti untuk memanfaatkannya. Filler dari abu batu yang dipakai untuk membuat batako menjadi lebih padat dan untuk meningkatkan kuat desak dan juga menghemat penggunaan semen.

3.4 Pengujian Batako

Pada proses produksi batako, diperlukan pengujian untuk menentukan mutu batako yang sudah dicetak. Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, pengujian yang dilakukan pada batako/ bata beton antara lain pengukuran benda uji, pengujian kuat tekan, pengukuran lubang, dan uji penyerapan air.

3.4.1 Pengukuran Benda Uji

Menurut SNI 03-0349-1989 untuk mengetahui ukuran benda uji dilakukan dengan mengukur 5 (lima) buah benda uji yang utuh. Sebagai alat pengukur dipakai kaliper/mistar sorong yang dapat mengukur teliti sampai 1 mm, setiap pengukuran panjang, lebar, tebal bata atau tebal dinding bata berlubang, dilakukan paling sedikit 3 kali pada tempat yang berbeda-beda, kemudian dihiyung harga rata-rata dari ketiga pengukuran tersebut.

Harga pengukuran dari 5 (lima) benda uji, dilaporkan mengenai ukuran rata-rata dan penyimpangannya.

3.4.2 Pengujian Kuat Tekan

Uji kuat tekan beton adalah upaya mendapatkan nilai estimasi kuat tekan beton pada struktur eksisting, dengan cara melakukan tekanan pada sampel beton dari struktur yang sudah dilaksanakan. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi juga mutu beton yang di hasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu proporsi bahan penyusun, metode perancangan, perawatan, dan keadaan saat pengecoran dilaksanakan (Mulyono, 2003).

Menurut SNI 03-0349-1989, pada pengujian kuat tekan digunakan 5 (lima) buah benda uji dan pada SNI 1974-2011 disebutkan bahwa besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus Persamaan 3.1.

$$\text{Kuat tekan beton, } \sigma = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

Keterangan :

P = Gaya tekan aksial, Newton;

A = Luas penampang melintang, mm².

3.4.3 Pengukuran Lubang

1. Pengukuran Luas Lubang

Pengukuran lubang atau cekungan tepi yang berbentuk segi empat atau segi banyak dan atau lingkaran beraturan, pengukuran penampang lubang pada permukaan bata dapat dilakukan dengan alat pengukur, kapiler/ jangka sorong, jangka kaki atau mistar, sampai ketelitian 1 mm.

Apabila bentuk lubangnya tidak beraturan, pengukuran dapat dilakukan dengan membuat gambaran bentuk lobang pada kertas, kemudian pengukuran luas dilakukan dengan alat pengukur luas planimeter. Jumlah luas dari seluruh lubang dihitung dalam persen terhadap luas bruto dari bidang data yang berlubang.

2. Pengukuran Volume Lubang

Pengukuran volume lubang dilakukan dengan menggunakan pasir bersih dengan susunan butir tertentu (dapat dibuat sekehendak asal susunan butirnya tetap) dalam keadaan kering pada suhu 105 °C. Tekanan berat volume dari pasir ini dengan cara pengisian gembur.

3.4.4 Pengujian Daya Serap 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.

3.5 Berat Volume dan Rongga Udara Dalam Agregat

Menurut SNI 03-4804-1998, berat adalah gaya gravitasi yang mendesak agregat. Berat volume agregat adalah berat agregat per satuan isi. Agregat adalah material granular misalnya pasir, batu pecah, dan kerak tungku besi, yang dipakai bersama sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidrolis atau adukan. Agregat terbagi menjadi 2 macam, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

Rongga udara dalam satuan volume agregat adalah ruang diantara butir-butir agregat yang tidak diisi oleh partikel yang padat. Metode pengujian berat volume dan rongga udara dalam agregat telah diatur dalam SNI 03-4804-1998.

Agregat yang akan diuji terdiri atas agregat dalam kering oven serta agregat dalam keadaan kering permukaan. Jumlah benda uji yang disiapkan mendekati 125% - 200% dari jumlah yang diuji.

3.5.1 Berat volume

Pada perhitungan dari pengujian berat volume agregat mencakup agregat dalam keadaan kering oven serta agregat dalam keadaan kering permukaan.

1. Agregat dalam keadaan kering oven dihitung menurut Persamaan 3.3 dan 3.4 berikut.

$$M = \frac{(G-T)}{V} \times 100\% \quad (3.3)$$

Atau

$$M = (G - T) \times F \quad (3.4)$$

Keterangan.

M = berat volume agregat dalam kondisi kering oven, dalam kg/m^3 ;

G = berat agregat dan penakar, dalam kg;

T = berat penakar, dalam kg;

V = volume penakar, dalam m^3 ;

F = faktor penakar dalam m^{-3} .

2. Agregat dalam keadaan kering permukaan dihitung menurut Persamaan 3.5 berikut.

$$M_{\text{SSD}} = M [1 + (A/100)] \quad (3.5)$$

Keterangan:

M_{SSD} = Berat volume agregat dalam kondisi kering permukaan dalam kg/m^3 ;

M = berat volume dalam kondisi kering oven dalam kg/m^3 ;

A = Absorpsi dalam %.

3.5.2 Kadar Rongga Udara

Perhitungan kadar rongga udara dalam agregat telah diatur dalam SNI 03-4804-1998 dengan Persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$\text{Rongga Udara} = \frac{[(s \times w) - M]}{(s \times w)} \quad (3.6)$$

Keterangan:

M = berat volume agregat dalam kondisi kering oven dalam kg/m^3 ;

S = berat jenis agregat dalam kering oven dihitung menurut SNI 03-1969-1990-F dan SNI 03-1970-1990

w = kerapatan air 998 kg/m^3 .

3.6 Pengujian Kerapatan, Penyerapan dan Rongga Dalam Beton yang telah Mengeras

Pengujian rongga dalam beton dilaksanakan menurut SNI 03-6433-2016. Metode pengujian ini mencakup penentuan kerapatan, persentase penyerapan, dan persentase rongga dalam beton yang telah mengeras. Metode uji ini berfungsi dalam pengembangan data yang diperlukan untuk konversi antara massa dengan volume beton. Data tersebut dapat digunakan untuk menentukan kesesuaian dengan spesifikasi beton dan untuk menunjukkan tingkat keseragaman dalam suatu massa beton.

Perhitungan untuk menentukan rongga dalam beton yang telah mengeras diperoleh melalui Persamaan 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, dan 3.13 sebagai berikut.

$$1. \quad \text{Penyerapan Setelah Perendaman, \%} = \frac{B-A}{A} \times 100 \quad (3.7)$$

$$2. \quad \text{Penyerapan Setelah Perendaman dan Pendidihan, \%} = \frac{C-A}{A} \times 100 \quad (3.8)$$

$$3. \quad \text{Kerapatan Massa Kering, } g_1 = \frac{A}{(C-D)} \rho \quad (3.9)$$

$$4. \quad \text{Kerapatan Massa Setelah Perendaman} = \frac{B}{(C-D)} \rho \quad (3.10)$$

$$5. \quad \text{Kerapatan Massa Setelah Perendaman dan Pendidihan} = \frac{C}{(C-D)} \rho \quad (3.11)$$

$$6. \quad \text{Kerapatan Semu, } g_2 = \frac{A}{(A-D)} \rho \quad (3.12)$$

$$7. \quad \text{Volume Rongga Permeabel, \%} = \frac{g_2 - g_1}{g_2} \times 100 \quad (3.13)$$

Dengan :

A = massa benda uji kering-oven di udara (gram)

B = massa benda uji kering-permukaan di udara setelah perendaman (gram)

C = massa benda uji kering-permukaan di udara setelah perendaman dan pendidihan (gram)

D = massa benda uji semu dalam air setelah perendaman dan pendidihan (gram)

g1 = kerapatan massa kering (gram/cm³)

g2 = kerapatan semu (gram/cm³)

ρ = kerapatan air (1 gram/cm²)

3.7 Harga Pokok Produksi

Menurut Setiadi dkk (2014) perhitungan harga pokok produksi (HPP) merupakan hal yang penting untuk diperhatikan dalam menentukan harga jual produk. Perhitungan HPP yang tepat dan akurat merupakan hal yang harus dilakukan oleh setiap perusahaan, karena tanpa adanya perhitungan HPP yang tepat dan akurat, perusahaan manufaktur yang bersangkutan akan mengalami masalah dalam penentuan harga jual suatu produk. Biaya yang dikeluarkan dalam menghasilkan suatu produk pada waktu tertentu berdasarkan pengertian para ahli terdiri dari :

1. Biaya bahan baku

Biaya bahan baku yaitu biaya yang digunakan oleh suatu perusahaan untuk menghasilkan suatu produk. Biaya bahan baku ini bisa berupa biaya material, biaya alat, biaya perawatan alat, biaya perawatan produk, biaya tempat, dan lain-lain.

2. Biaya tenaga kerja langsung

Biaya tenaga kerja langsung yaitu biaya upah kepada para pekerja/tenaga kerja yang melakukan produksi produk, baik menggunakan tenaga manual atau menggunakan mesin sehingga dapat mengubah bahan mentah menjadi suatu produk.

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 produksi adalah pengorbanan sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang yang telah terjadi atau kemungkinan terjadi untuk memperoleh penghasilan (Mulyadi, 2007). Harga produksi memiliki fungsi antara lain.

1. Sebagai penetapan harga jual

Harga produksi perlu diketahui oleh suatu perusahaan agar dapat menetapkan harga jual suatu produk.

2. Sebagai dasar penetapan laba

Setelah diketahui harga produksi, perusahaan bisa menetapkan besar laba yang akan mereka ambil dan sekaligus dapat menetapkan harga jual 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 Tinjauan Umum

Menurut Sugiyono (2013), metode penelitian adalah cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Pada penelitian ini, yang menjadi benda uji adalah batako dengan bahan pengisi (*filler*) menggunakan abu batu. Benda uji yang digunakan dalam penelitian berupa batako dengan dimensi 36 cm x 20 cm x 10 cm. Prosedur pelaksanaan dan pengujian untuk penelitian ini menggunakan Panduan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.2 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini peneliti menggunakan dua lokasi, lokasi pertama adalah di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia untuk pembuatan benda uji batako. Setelah membuat benda uji, lanjut ke lokasi untuk melakukan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta.

4.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ada variable bebas (*independent variable*), variabel terikat (*dependent variable*). Variable bebas ialah penambahan abu batu pada campuran batako sebagai *filler*, sedangkan variable terikat ialah berupa aspek teknis dan biaya produksi, yang meliputi: berat volume, kuat desak, penyerapan air, dan rongga dalam batako, serta harga pokok produksi.

Pada variabel bebas terdapat 7 variasi perbandingan volume antara semen, pasir, dan abu batu. Pemakaian filer abu batu dalam proses produksi telah dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi. Jurusan Teknik Sipil UII, dan penggunaan filer ini hanya didasarkan pada kemudahan proses produksi saja,

tanpa ada kajian mendalam berapa kadar filler yang paling optimum. Hasil survey lapangan terhadap beberapa produsen batako didapatkan komposisi campuran antara semen dan pasir yaitu 1 : 7 sampai dengan 1 : 12. Komposisi tersebut disesuaikan dengan kualitas material yang digunakan sebagai bahan adukan beton. Semakin kecil perbandingan antara semen dan pasir maka nilai kuat tekan yang di didapatkan semakin kuat. Tidak terlepas dari latar belakang penelitian yaitu membantu mengoptimalkan produk PIMVM UII, komposisi campuran pada batako disesuaikan dengan tradisi komposisi campuran yang digunakan pada produksi batako di PIMVM UII yaitu menggunakan komposisi campuran 1 semen : 10 pasir : 1 abu batu. Kondisi pasir adalah pasir yang tidak di ayak terlebih dahulu. Untuk itu, proporsi semen dan pasir dibuat konstan sebesar: 1 semen : 10 pasir, sedangkan proporsi abu batu disusun secara bervariasi, seperti disajikan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Variasi Perbandingan Campuran Batako

| Variasi | Semen | Pasir | Abu Batu |
|---------|-------|-------|----------|
| I | 1 | 10 | 0,0 |
| II | 1 | 10 | 0,5 |
| III | 1 | 10 | 1,0 |
| IV | 1 | 10 | 1,5 |
| V | 1 | 10 | 2,0 |
| VI | 1 | 10 | 2,5 |
| VII | 1 | 10 | 3,0 |

4.4 Alat dan Bahan Penelitian

Sebelum penelitian dimulai, perlu disiapkan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian. Pada penelitian ini akan digunakan beberapa peralatan sebagai sarana mencapai tujuan penelitian. Alat-alat yang diperlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Saringan atau ayakan

Saringan digunakan untuk pengujian Modulus Halus Butir (MHB). Saringan ukuran 5 mm dan 2 mm untuk menyaring abu batu dari gumpalan gumpalan. Saringan atau ayakan dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Saringan atau Ayakan

2. Sekop Senggrong

Sekop senggrong digunakan mengambil agregat (semen, pasir, dan abu batu) untuk dimasukkan pada ember yang selanjutnya ditimbang dan dimasukkan ke dalam *mixer* bersama dengan air. Sekop juga digunakan untuk memasukan adukan kedalam cetakan alat *press*.



Gambar 4.2 Sekop Senggrong

3. Ember

Ember digunakan sebagai tempat dan alat ukur komposisi campuran. Ember yang digunakan menggunakan ember ukuran sedang.



Gambar 4.3 Ember

4. Gelas ukur

Gelas ukur dengan volume 500 ml digunakan untuk mengukur volume air yang dibutuhkan untuk campuran.



Gambar 4.4 Gelas Ukur

5. Timbangan

Timbangan berfungsi untuk menimbang bahan penyusun yang digunakan dalam pembuatan batako. Timbangan yang dipakai di lokasi pembuatan benda uji menggunakan merk Milli dengan ketelitian 0,01 kg dan timbangan dengan ketelitian 0,1 gram untuk pengujian benda uji.



Gambar 4.5 Timbangan

6. *Mixer Machine*

Mesin pengaduk campuran atau *mixer* berfungsi untuk mencampur bahan penyusun batako. *Mixer* yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 1,5 m



Gambar 4.6 Mixer Machine

7. *Press Machine*

Mesin ini digunakan untuk membuat batako *press*. Mesin yang digunakan menggunakan sistem hidrolik dengan vibrator. Sistem hidrolik berguna untuk menekan dan mengangkat cetakan, sedangkan vibrator berfungsi untuk menggetarkan campuran di dalam cetakan agar campuran bergerak mengisi rongga-rongga yang belum terisi.



Gambar 4.7 Press Machine

8. Cetakan batako

Cetakan batako yang digunakan menggunakan ukuran 36 cm x 20 cm x 10 cm.



Gambar 4.8 Cetakan Batako

9. Minyak solar

Minyak solar 1 liter untuk melapisi cetakan batako agar batako yang selesai dicetak mudah dikeluarkan dari cetakannya dan tidak lengket.

10. Papan Kayu

Papan kayu yang digunakan yaitu memiliki dimensi 60 cm x 80 cm berfungsi sebagai alas batako yang baru saja dicetak. Setelah batako berumur 1 hari, batako yang sudah mulai mengeras mulai ditumpuk di tempat teduh dan terhindar dari hujan hingga mencapai umur batako (28 hari). Pada penelitian ini, sampel batako ditutup dengan kain terpal.



Gambar 4. 9 Papan Kayu

11. Cetakan silinder beton

Cetakan silinder dibutuhkan untuk pengujian berat volume semen serta berat volume pasir.

12. Oven

Oven diperlukan untuk mengeringkan sampel batako yang sudah sudah dipotong-potong kecil (tidak batako utuh) agar bisa dimasukkan dalam mesin oven, yang akan diuji penyerapan airnya.

13. Alat uji kuat tekan

Pengujian kuat tekan menggunakan alat uji kuat tekan dengan pembacaan jarum dengan kapasitas tekan 2000 kN. Alat ini beroperasi dengan menggunakan sistem hidrolis. Saat menguji tekan, dilakukan juga pengukuran defleksinya.

14. Peralatan pendukung lainnya

Peralatan pendukung yang digunakan antara lain, karung dan selang, serta bak perendaman.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Semen : Semen Portland Tiga Roda.
2. Filler : Abu batu yang digunakan berasal dari limbah penggergajian batu di Wilayah Kapanewon Cangkringan, Kabupaten Sleman.
3. Air : Air sumur di PIMVM.

4. Pasir : Pasir yang digunakan adalah pasir dari Gunung Merapi dan tidak diayak terlebih dahulu

4.5 Pelaksanaan Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian, langkah langkah yang dilakukan yaitu berupa pekerjaan persiapan, tahap pencampuran, Tahapan pencetakan. Berikut adalah langkah-langkah pembuatan batako dengan *filler* abu batu.

1. Persiapan
 - a. Pengambilan sampel abu batu dari tempat asalnya.
 - b. Abu batu di angin-anginkan sehingga mencapai (Saturated Surface Dry (SSD)) dengan menggunakan alas terpal agar abu batu tidak tercampur dengan material lain.
 - c. Abu batu disaring untuk menyingkirkan agregat yang berbentuk kerikil dengan ayakan 5 mm dan 2 mm.
 - d. Abu batu yang sudah SSD diukur 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 semen dan pasir dengan perbandingan 1 semen : 10 pasir dan perbandingan abu batu sesuai dengan perbandingan volume yang dapat dilihat pada Tabel 4.1. Kebutuhan air dicatat dan jumlahnya disesuaikan dengan kondisi tiap campuran agar mudah dicetak
 - c. Masukkan pasir ke dalam *Mixer Machine* dengan perbandingan yang sudah ditetapkan sambil diaduk perlahan. Lalu masukkan filer perlahan-lahan sampai semua bahan tercampur dengan rata dan homogen, kemudian tambahkan air secara berkala sampai campuran sudah pas

untuk dimasukan semen. 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.

- 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 di mesin press

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 berdiri dengan tinggi batako adalah 20 cm.
- c. Papan kayu diletakkan sebagai alas cetakan besi di dalam mesin press berpenggetar. Papan kayu diberi lapisan yang tidak menyerap air, yaitu lembaran galvalum.
- d. Masukkan adonan batako ke dalam cetakan sampai jenuh. Nyalakan *vibrator* pada alat sekitar 10 detik agar adukan menjadi padat dan mengisi rongga-rongga yang kosong.
- 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. Lalu dilakukan press ke adonan batako.
- f. Proses pengepressan dilakukan dengan melepaskan tuas beban ke permukaan batako dan kemudian mesin digetarkan sekitar 3 detik.
- g. Setelah dirasa sudah padat, mesin dihentikan dan cetakan diangkat untuk selanjutnya batako diletakkan pada tempat penyimpanan yang teduh.

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

4. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan satu hari setelah proses pencetakan batako. Pada umur 1 hari setelah benda uji dirasa cukup keras, batako dilepas dari papan kayu dan dipindahkan di tempat yang teduh, lembab, dan tidak terkena hujan. Setelah benda uji tertata di tempat penyimpanan, tutup benda uji menggunakan terpal agar benda uji tidak terkontaminasi oleh air hujan maupun material lain hingga umur beton 28 hari. Penutupan pada benda uji dimaksudkan agar proses pengerasan dan pengeringan benda uji berjalan sempurna serta untuk mencegah terjadinya retak atau pecah pada benda uji.

5. Pengujian Benda Uji

Pengujian pada benda uji batako dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas dari batako yang dihasilkan pada setiap variasi campuran. Pengujian benda uji dilakukan setelah benda uji mencapai umur 28 hari. Pengujian dilaboratorium harus dilakukan sesuai dengan metode yang benar.

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.
- 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 Kerapatan, Penyerapan, dan Rongga dalam Batako

Menurut SNI 03-6433-2016 disebutkan bahwa pengujian beton mencakup penentuan, persentase penyerapan, dan persentase rongga dalam beton yang telah mengeras, sesuai Persamaan 3.6. Peralatan yang digunakan yaitu:

- 1) timbangan dengan ketelitian sampau 0,025% dari berat benda uji.
- 2) Wadah digunakan sebagai tempat merendam benda uji
- 3) Kawat digunakan untuk menggantungkan bedan uji dalam air.

Benda uji yang akan dii uji dapat berupa potongan-potongan silinder, beton inti, atau balok dengan ukuran yang di kehendaki dengan tidak ada keretakan, celah-celah, dan sisinya harus rapi, dengan syarat volume masing-masing contoh uji tidak boleh kurang dari 350 m³ atau untuk berat beton normal sekitar 800 gram.

Terdapat 4 jenis kondisi pengujian pada batako, diantaranya adalah pengujian batako saat kondisi Massa Kering, Massa Jenuh Setelah Perendaman, Massa Jenuh Setelah Pendidihan, Massa Peredaman Semu. Berikut adalah prosedur pengujian dari 4 kondisi batako yang akan di uji,

a) Massa Kering

Pada kondisi batako kering langkah-langkah pengujian yang harus di lakukan yaitu:

- Tentukan massa benda uji dan keringkan dalam oven dengan suhu $100^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$ selama tidak kurang dari 24 jam.
- Setelah benda uji di keringkan dalam oven, diamkan benda uji hingga dingin dalam udara kering (lebih diutamakan di dalam sebuah desikator) dengan suhu $20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ kemudian tentukan massanya.
- Benda uji dianggap kering jika dalam dua kali penimbangan berurutan diperoleh berat yang hampir sama.
- Apabila proses pengeringan pertama benda uji masih pada keadaan basah, lakukan pengeringan kedua selama periode 24 jam.
- Lakukan proses pengeringan terus menerus hingga benda uji benar benar kering.

b) Massa Jenuh Setelah Perendaman

Pada kondisi batako jenuh setelah perendaman, langkah-langkah yang harus dilakukan yaitu:

- Rendam benda uji, setelah pengeringan terakhir, pendinginan, dan penentuan masa, di dalam air pada temperatur kira-kira 21°C selama tidak kurang dari 48 jam.
- Dua penimbangan massa berturut-turut dari contoh uji kering selang permukaan pada selang 24 jam menunjukkan suatu penambahan massa lebih kecil dari 0,5% dari nilai terbesar
- Hilangkan kelembaban permukaan lalu tentukan massanya.

- Sebut massa kering permukaan sebagai B.

c) Massa Jenuh Setelah Pendidihan

Pada kondisi batako jenuh setelah pendidihan, langkah-langkah yang harus dilakukan yaitu:

- Tempatkan benda uji apada wadah yang sudah di sesuaikan.
- Tuangkan air bersih kedalam wadah lalu didihkan selama 5 jam
- Setelah dididihkan, benda uji du diamankan secara ilmiah selama tidak kurang dari 14 jam hingga mencapai temperatur 20°C - 25°C.
- Hilangkan kelembapan menggunakan handuk dan tentukan massa benda uji.
- Sebut massa direndam, didihkan, dan masa kering permukaan sebagai C.

d) Massa Peredaman Semu

Pada kondisi batako massa perendaman semu, langkah-langkah yang harus dilakukan yaitu:

- Gantungkan benda uji yang telah direndam dan didihkan dengan sebuah kawat di dalam
- Tentukan massa semunya
- Sebut massa semu sebagai D.

4.6 Harga Pokok Produksi Batako dengan *Filler* Abu Batu

Untuk pengumpulan data melalui analisis harga pokok produksi tidak hanya dilakukan dengan perhitungan harga produksi batako yang dihitung. Data real di lapangan, 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 *filler* abu batu.

2. Data yang diperlukan

Data yang diperlukan untuk menghitung harga pokok produksi ialah :

- a. Biaya material batako
 - b. Biaya alat
 - c. Biaya upah pekerja
 - d. Biaya makan
 - e. Biaya operasional
 - f. Biaya bangunan
 - g. Biaya papan dasar
3. Metode Pengumpulan Data
- a. Studi Pustaka
 - b. Wawancara
 - c. Dokumentasi

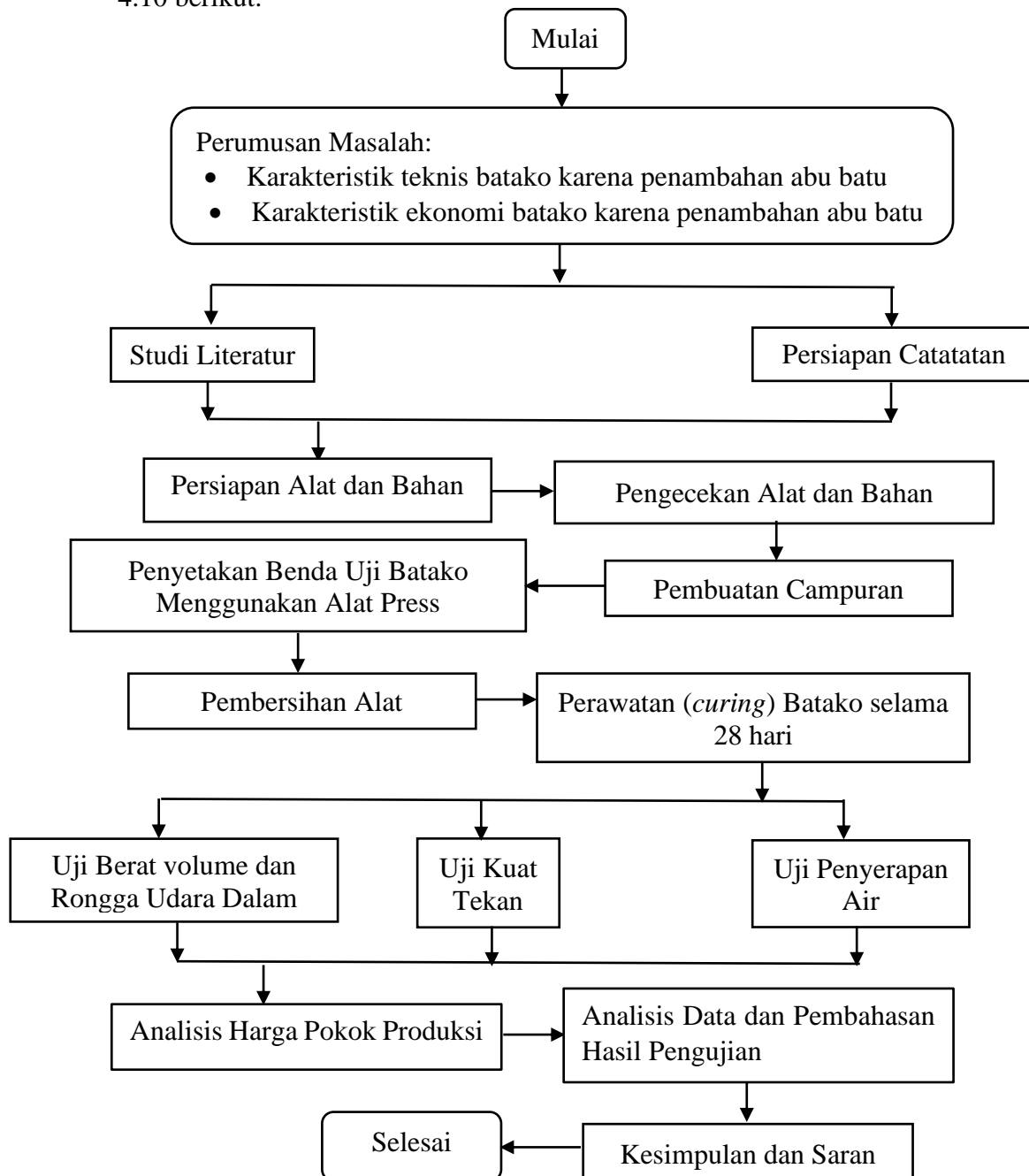
4.7 Analisis Data dan Pembahasan Hasil

Setelah seluruh tahapan pelaksanaan penelitian dilakukan, dilanjutkan dengan analisis data atas hasil pengujian yang sudah diperoleh. Langkah-langkah analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung dan menyusun data-data hasil pengujian bahan penyusun batako, dengan membuat tabel dan grafik yang memuat hasil pencatatan dari masing-masing pengujian bahan penyusun.
2. Membandingkan data-data hasil pengujian antar variasi batako dengan membuat tabel dan grafik. Tabel dan grafik tersebut memuat hasil pencatatan dari uji masing-masing variasi campuran batako.
3. Menyusun pembahasan dari hasil pengujian batako yang dilakukan, seperti klasifikasi mutuSNI 03-0349-1989, persentase penyerapan air, nilai berat volume dan rongga dalam agregat, serta hasil perhitungan harga pokok produksi batako.
4. Membuat kesimpulan dan saran mengenai tugas akhir berdasarkan hasil pengujian yang sudah diperoleh.

4.8 Bagan Alir Penelitian

Uraian-uraian di atas menggambarkan proses penelitian yang akan dilakukan. Adapun secara sederhana, bagan alir penelitian disajikan dalam Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Flowchart Pelaksanaan Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimen pembuatan produk batako abu batu 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 abu batu dianalisis melalui pengujian yang dilakukan berupa kuat desak, daya serap air, berat volume dan rongga udara dalam agregat, kerapatan, penyerapan, dan rongga dalam beton yang telah mengeras, serta harga pokok produksi. Hasil dari pengujian tersebut terhadap batako abu batu akan dibandingkan dengan batako konvensional di pasaran. Berikut hasil penelitian ini dilampirkan dalam bentuk table dan grafik.

5.2 Pengujian Properties Bahan

Pengujian properties bahan bertujuan untuk mengetahui sifat bahan yang akan digunakan sebagai bahan pembuatan batako. Bahan yang digunakan berupa semen, pasir yang lolos saringan ukuran 4,80 mm, dan abu batu yang lolos saringan ukuran 1,20 mm. Pengujian yang dilakukan yaitu meliputi pengujian analisis saringan pada agregat halus, pengujian berat isi padat dan gembur, dan pengujian berat isi dan rongga dalam agregat

5.2.1 Pengujian Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir (MHB) Pasir

Pengujian Analisis saringan dan Modulus Halus Butir (MHB) pasir dilakukan untuk mengetahui nilai Modulus Halus Butir (MHB) serta menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dalam pembuatan batako. Metode yang digunakan pada pengujian ini mengacu pada SNI 03-1968-1990 tentang metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar yang akan diperoleh distribusi

besaran atau jumlah persentase butiran pada agregat halus. Hasil dari pengujian analisis saringan dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Analisis Saringan/Modulus Halus Butir (MHB) Pasir

| Lubang Ayakan (mm) | Berat Tertinggal (gram) | | Berat Tertinggal (%) | | Berat Tertinggal Kumulatif (%) | | Persen Lolos Kumulatif (%) | | Rata-rata |
|--------------------|-------------------------|------|----------------------|-------|--------------------------------|--------|----------------------------|--------|-----------|
| | Sampel | | Sampel | | Sampel | | Sampel | | |
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| 9,6 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 4,8 | 23 | 29 | 1,15 | 1,48 | 1,15 | 1,48 | 98,85 | 98,52 | 98,69 |
| 2,4 | 148 | 134 | 7,39 | 6,82 | 8,54 | 8,30 | 91,46 | 91,70 | 91,58 |
| 1,2 | 248 | 237 | 12,39 | 12,06 | 20,93 | 20,36 | 79,07 | 79,64 | 79,36 |
| 0,6 | 516 | 501 | 25,77 | 25,50 | 46,70 | 45,85 | 53,30 | 54,15 | 53,72 |
| 0,3 | 385 | 400 | 19,23 | 20,36 | 65,93 | 66,21 | 34,07 | 33,79 | 33,93 |
| 0,15 | 334 | 333 | 16,68 | 16,95 | 82,62 | 83,16 | 17,38 | 16,84 | 17,11 |
| Sisa | 348 | 331 | 17,38 | 16,84 | 100,00 | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Jumlah | 2002 | 1965 | 100 | 100 | 225,87 | 225,34 | | | |

1. Analisis Perhitungan

a. Berat tertinggal sampel 1, gram (diperoleh dari pengujian)

b. Berat tertinggal sampel 1, % $= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\Sigma \text{ Berat tertinggal}} \times 100\%$

$$\text{Lubang ayakan 9,6 mm} = \frac{0}{2002} \times 100\% = 0,00\%$$

$$\text{Lubang ayakan 4,8 mm} = \frac{23}{2002} \times 100\% = 1,15\%$$

$$\text{Lubang ayakan 2,4 mm} = \frac{148}{2002} \times 100\% = 7,39\%$$

$$\text{Lubang ayakan 1.2 mm} = \frac{248}{2002} \times 100\% = 12,39\%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,6 mm} = \frac{516}{2002} \times 100\% = 25,77\%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,3 mm} = \frac{385}{2002} \times 100\% = 19,23\%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,15 mm} = \frac{334}{2002} \times 100\% = 16,68\%$$

c. Berat tertinggal kumulatif sampel 1. % =

| | | |
|-----------------------|-----------------|----------|
| Lubang ayakan 9,6 mm | = 0% | |
| Lubang ayakan 4,8 mm | = 0 + 1,15 | = 1,15% |
| Lubang ayakan 4,8 mm | = 1,15 + 7,39 | = 8,54% |
| Lubang ayakan 1,2 mm | = 8,54 + 12,39 | = 20,93% |
| Lubang ayakan 0,6 mm | = 20,93 + 25,77 | = 46,70% |
| Lubang ayakan 0,3 mm | = 46,70 + 19,23 | = 65,93% |
| Lubang ayakan 0,15 mm | = 65,93 + 16,68 | = 82,62% |

d. Berat lolos kumulatif sampel 1, % =

| | | |
|-----------------------|---------------|----------|
| Lubang ayakan 9,6 mm | = 100 - 0 | = 100% |
| Lubang ayakan 4,8 mm | = 100 - 1,15 | = 98,85% |
| Lubang ayakan 4,8 mm | = 100 - 8,54 | = 91,70% |
| Lubang ayakan 1,2 mm | = 100 - 20,93 | = 79,64% |
| Lubang ayakan 0,6 mm | = 100 - 46,70 | = 53,30% |
| Lubang ayakan 0,3 mm | = 100 - 65,93 | = 34,07% |
| Lubang ayakan 0,15 mm | = 100 - 82,62 | = 17,38% |

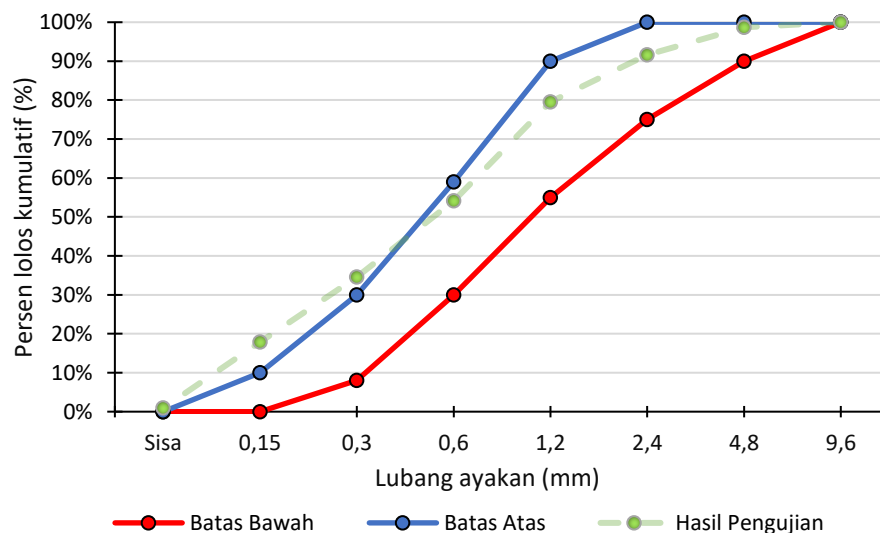
e. Perhitungan berat lolos kumulatif dari 2 sampel, % =

| | | |
|-----------------------|---------------------------|----------|
| Lubang ayakan 9,6 mm | = $\frac{100+100}{2}$ | = 100% |
| Lubang ayakan 4,8 mm | = $\frac{98,85+98,52}{2}$ | = 98,69% |
| Lubang ayakan 4,8 mm | = $\frac{91,46+91,70}{2}$ | = 91,58% |
| Lubang ayakan 1,2 mm | = $\frac{79,07+79,64}{2}$ | = 79,36% |
| Lubang ayakan 0,6 mm | = $\frac{53,30+54,15}{2}$ | = 53,72% |
| Lubang ayakan 0,3 mm | = $\frac{34,07+33,79}{2}$ | = 33,93% |
| Lubang ayakan 0,15 mm | = $\frac{17,38+16,84}{2}$ | = 17,11% |

$$\begin{aligned}
 \text{f. Modulus halus butir (MHB) rata-rata} &= \frac{\Sigma \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{200} \\
 &= \frac{225,87 + 225,34}{200} \\
 &= 2,256
 \end{aligned}$$

g. Penggolongan daerah gradasi

Penggolongan daerah gradasi diperoleh dengan memasukkan hasil perhitungan lolos kumulatif dengan batas-batas gradasi agregat halus yang terdapat pada Tabel 3.2. Daerah gradasi pasir ditunjukkan dengan grafik seperti pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Gradasi Daerah III Material Pasir Agak Halus

2. Pembahasan

Dari hasil analisis perhitungan diperoleh nilai Modulus Halus Butir (MHB) pasir sebesar 2,256. Berdasarkan SII. 0052-80 dan SNI 03-1750-1990 agregat halus normal memiliki nilai MHB sebesar 1,5 – 3,8. Hal tersebut menunjukkan pasir yang digunakan untuk campuran benda uji telah memenuhi nilai MHB. Pada penggolongan daerah gradasi, pasir yang digunakan termasuk dalam kategori gradasi III yaitu daerah gradasi dengan jenis pasir agak halus.

5.2.2 Pengujian Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir (MHB) Abu Batu

Pengujian analisis saringan dan Modulus Halus Butir (MHB) abu batu dilakukan untuk mengetahui nilai Modulus Halus Butir (MHB) serta menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dalam pembuatan batako. Metode yang digunakan pada pengujian ini sama dengan pengujian analisis saringan yang dilakukan pada pasir. Hasil dari pengujian analisis saringan dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Analisis Saringan/Modulus Halus Butir (MHB) Abu Batu

| Lubang Ayakan (mm) | Berat Tertinggal (gram) | | Berat Tertinggal (%) | | Berat Tertinggal Kumulatif (%) | | Persen Lolos Kumulatif (%) | | Rata-rata |
|--------------------|-------------------------|------|----------------------|-------|--------------------------------|--------|----------------------------|--------|-----------|
| | Sampel | | Sampel | | Sampel | | Sampel | | |
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| 9,6 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 4,8 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 2,4 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 1,2 | 4 | 4 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 99,80 | 99,80 | 99,80 |
| 0,6 | 34 | 33 | 1,69 | 1,65 | 1,89 | 1,85 | 98,11 | 98,15 | 98,13 |
| 0,3 | 35 | 33 | 1,74 | 1,65 | 3,63 | 3,50 | 96,37 | 96,50 | 96,44 |
| 0,15 | 235 | 272 | 11,69 | 13,59 | 15,32 | 17,08 | 84,68 | 82,92 | 83,80 |
| Sisa | 1702 | 1660 | 84,68 | 82,92 | 100,00 | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Jumlah | 2010 | 2002 | 100 | 100 | 21,045 | 22,627 | | | |

1. Analisis Perhitungan

a. Modulus halus butir (MHB) rata-rata

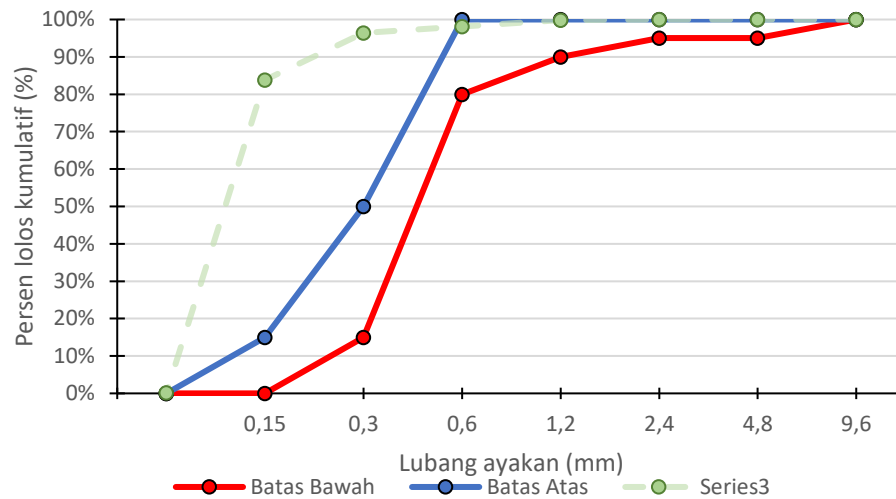
$$= \frac{\Sigma \text{Berat tertinggal kumulatif}}{200}$$

$$= \frac{21,045 + 22,627}{200}$$

$$= 0,218$$

b. Penggolongan daerah gradasi

Daerah gradasi abu batu ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5.2 Gradasi Daerah IV Material Abu Batu Halus

2. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan di atas, diperoleh nilai MHB abu batu sebesar 0,218 dan penggolongan daerah gradasi abu batu. Berdasarkan SII. 0052-80 dan SNI 03-1750- 1990, syarat nilai MHB dari agregat halus adalah sebesar 1,5 – 3,8, maka abu batu yang diuji tidak termasuk pada golongan agregat halus. Selanjutnya untuk penggolongan daerah gradasi, abu batu tidak memenuhi syarat gradasi daerah IV karena bagian yang lolos ayakan ukuran 0,15 dan 0,3 lebih dari batas persentase lolos kumulatif yang ditentukan sehingga tidak termasuk pada gradasi daerah IV.

5.2.3 Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur Pasir

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui nilai berat volume agregat halus pada saat kondisi padat maupun gembur. Pengujian dilakukan pada pasir dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD). Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Table 5.3 dan 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir

| No. | Uraian | Hasil Pengamatan |
|-----|---|------------------|
| 1 | Berat Tabung (W1), gram | 10947 |
| 2 | Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2), gram | 19587 |
| 3 | Berat Agregat (W3), gram | 8640 |
| 4 | Volume Tabung (V), cm ³ | 3634,52 |
| 5 | Berat Isi Padat, gram/cm ³ | 2,377 |

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Pasir

| No. | Uraian | Hasil Pengamatan |
|-----|---|------------------|
| 1 | Berat Tabung (W1), gram | 10947 |
| 2 | Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2), gram | 17802 |
| 3 | Berat Agregat (W3), gram | 6855 |
| 4 | Volume Tabung (V), cm ³ | 3634,52 |
| 5 | Berat Isi Gembur, gram/cm ³ | 1,886 |

1. Analisis Perhitungan

Contoh analisis perhitungan menggunakan hasil pengujian berat volume padat pasir seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat Pasir (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 19587 - 10947 \\
 &= 8640 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Volume Tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 13,17^2 \times 26,68 \\
 &= 3634,52 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat Volume Padat} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{8640}{3634,52}
 \end{aligned}$$

$$= 2,377 \text{ gram/ cm}^3$$

2. Pembahasan

Dari hasil analisis perhitungan diperoleh nilai berat volume padat pasir sebesar 2,377 gram/ cm³ dan berat volume gembur pasir sebesar 1,886 gram/ cm³.

5.2.4 Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur Abu Batu

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai berat volume padat dan gembur abu batu yang akan digunakan sebagai campuran batako. Metode pengujian yang digunakan untuk pengujian ini sama dengan pengujian berat volume yang dilakukan pada pasir. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan 5.6 berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Abu Batu

| No. | Uraian | Hasil Pengamatan |
|-----|---|------------------|
| 1 | Berat Tabung (W1), gram | 10947 |
| 2 | Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2), gram | 19039 |
| 3 | Berat Agregat (W3), gram | 8092 |
| 4 | Volume Tabung (V), cm ³ | 3634,52 |
| 5 | Berat Volume Padat, gram/cm ³ | 2,226 |

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Abu Batu

| No. | Uraian | Hasil Pengamatan |
|-----|---|------------------|
| 1 | Berat Tabung (W1), gram | 10947 |
| 2 | Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2), gram | 17373 |
| 3 | Berat Agregat (W3), gram | 6427 |
| 4 | Volume Tabung (V), cm ³ | 3634,52 |
| 5 | Berat Volume Gembur, gram/cm ³ | 1,768 |

1. Analisis Perhitungan

Langkah-langkah analisis perhitungan untuk berat volume padat dan gembur pada abu batu sama dengan berat volume untuk pasir. Perhitungan nilai berat volume untuk abu batu adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat Volume Padat} &= \frac{W_3}{V} \\
 &= \frac{8093}{3634,57} \\
 &= 2,226 \text{ gram/ cm}^3 \\
 \text{b. Berat Volume Gembur} &= \frac{W_3}{V} \\
 &= \frac{6427}{3634,57} \\
 &= 1,768 \text{ gram/ cm}^3
 \end{aligned}$$

2. Pembahasan

Dari hasil analisis perhitungan diperoleh nilai berat volume padat abu batu sebesar 2,22 gram/cm³ dan berat volume gembur abu batu sebesar 1,768 gram/cm³.

5.2.5 Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat Abu Batu

Pengujian ini terdiri atas pengujian berat volume padat serta berat jenis abu batu untuk selanjutnya diperoleh persentase rongga udara pada abu batu yang akan digunakan untuk campuran batako. Abu batu yang diuji dalam keadaan kering oven. Hasil pengujian yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.7 hingga 5.10 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Abu Batu

| No. | Uraian | Hasil Pengamatan |
|-----|--|------------------|
| 1 | Berat Agregat dan Penakar (G), kg | 7,636 |
| 2 | Berat Penakar (T), kg | 4,893 |
| 3 | Volume Penakar (V), m ³ | 0,0016726 |
| 4 | Berat Isi Agregat Dalam Kondisi Kering Oven (M), kg/m ³ | 1639,981113 |

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Batu

| Uraian | Hasil Pengamatan |
|--|------------------|
| Berat abu batu kering mutlak, gram (Bk) | 489 |
| Berat abu batu kondisi jenuh kering muka (SSD), gram | 500 |
| Berat piknometer berisi abu batu dan air, gram (Bt) | 1004 |
| Berat piknometer berisi air, gram (B) | 733 |
| Berat Jenis Curah | 2,1340 |
| Berat Jenis jenuh kering muka (SSD) | 2,1820 |
| Berat Jenis semu | 2,2417 |
| Penyerapan Air | 2,25% |

Tabel 5.9 Berat Volume Gembur Abu Batu

| No. | Uraian | Hasil Pengamatan |
|-----|--|------------------|
| 1 | Berat Isi Agregat Dalam Kondisi Kering Oven (M), kg/m ³ | 1639,981113 |
| 2 | Absorpsi (A), % | 2,25% |
| 3 | Berat Isi Agregat Dalam Kondisi Kering Permukaan (Mssd), kg/m ³ | 1640,350025 |

Tabel 5.10 Kadar Rongga Udara Dalam Abu Batu

| No. | Uraian | Hasil Pengamatan |
|-----|--|------------------|
| 1 | Berat Isi Agregat Dalam Kondisi Kering Oven (M), kg/m ³ | 1639,9811 |
| 2 | Berat Agregat Dalam Kondisi Kering Oven (S) | 2134,04 |
| 3 | Kerapatan Air (w), 998 kg/m ³ | 998 |
| 4 | Rongga Udara, % | 23,1513% |

1. Analisis Perhitungan

Langkah-langkah analisis perhitungan untuk pengujian berat isi dan rongga udara dalam abu batu menggunakan Persamaan 3.4 sampai dengan 3.7.

- a. Berat volume padat dalam kondisi kering oven (M)
 - 1) Berat agregat dan penakar = 7,636 kg
 - 2) Berat penakar (T) = 4,893 kg

$$\begin{aligned}
 3) \quad \text{Volume Tabung (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (0,1035)^2 \times 0,1988 \\
 &= 0,0016726 \text{ cm}^3 \\
 4) \quad \text{Berat volume pada tabu batu} &= \frac{(G-T)}{V} \\
 &= \frac{(7,636 - 4,893)}{0,0016726} \\
 &= 1639,981 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

b. Berat jenis abu batu

$$\begin{aligned}
 1) \quad \text{Berat jenis curah} &= \frac{Bk}{(B+500-Bt)} \\
 &= \frac{489}{(733+500-1004)} \\
 &= 2,134
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \quad \text{Berat Jenis jenuh kering muka (SSD)} &= \frac{500}{(B+500-Bt)} \\
 &= \frac{500}{(733+500-1004)} \\
 &= 2,182
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \quad \text{Berat jenis semu} &= \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \\
 &= \frac{489}{(733+489-1004)} \\
 &= 2,2417
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4) \quad \text{Penyerapan air} &= \frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\% \\
 &= \frac{500 - 489}{489} \times 100\% \\
 &= 2,25\%
 \end{aligned}$$

c. Berat volume padat abu batu dalam keadaan kering permukaan (Mssd)

$$\begin{aligned}
 1) \quad \text{Berat isi agregat dalam kondisi kering oven (M)} &= 1639,5981 \\
 &\text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$2) \text{ Absorpsi/Penyerapan air (A)} = 2,25 \%$$

$$3) \text{ Berat isi agregat dalam kondisi kering permukaan (Mssd)}$$

$$\begin{aligned} \text{Mssd} &= M \left[1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right] \\ &= 1639,981 \left[1 + \left(\frac{2,25}{100} \right) \right] \\ &= 1640,35 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

d. Kadar rongga udara dalam abu batu

$$1) \text{ Berat isi agregat dalam kondisi kering (M)}$$

$$M = 1639,981 \text{ kg/m}^3$$

$$2) \text{ Berat agregat dalam kondisi kering oven (S)}$$

$$S = 2,134 \times 1000$$

$$= 2134$$

$$3) \text{ Kerapatan air (W)} = 998 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ Rongga udara} &= \frac{[(s \times w) - M]}{(s \times w)} \times 100\% \\ &= \frac{[2134 - 1639,981]}{(2134)} \times 100\% \\ &= 23,151\% \end{aligned}$$

2. Pembahasan

Melalui analisis perhitungan diperoleh nilai berat volume, berat jenis, hingga kadar rongga udara dalam abu batu. Nilai berat volume padat abu batu keadaan kering oven diperoleh sebesar $1639,981 \text{ kg/m}^3$. Selanjutnya untuk nilai berat jenis semu didapat sebesar 2,2417 dan penyerapan air sebesar 2,25%. Sedangkan nilai berat volume padat abu batu keadaan kering permukaan diperoleh sebesar $1640,35 \text{ kg/m}^3$. Setelah didapatkan nilai-nilai hasil pengujian di atas pada akhirnya diperoleh kadar rongga udara dalam abu batu sebesar 23,151%.

5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Dalam perhitungan kebutuhan campuran dalam pembuatan batako abu batu, dibutuhkan perhitungan kebutuhan material yang digunakan. Kebutuhan material yang digunakan harus di sesuaikan dengan banyaknya sampel yang akan diuji. Dalam penelitian ini digunakan perbandingan volume pada material sebagai bahan campuran batako. Perhitungan kebutuhan campuran untuk batako adalah sebagai berikut.

1. Kebutuhan benda uji untuk pengujian

Perhitungan kebutuhan benda uji diperlukan untuk mendapatkan volume kebutuhan material yang akan digunakan. Total jumlah kebutuhan nantinya dikalikan dengan kebutuhan material pada setiap variasi benda uji. Berikut adalah perbandingan campuran material pada setiap variasi batako abu batu dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Perbandingan Campuran pada Batako Abu Batu

| Variasi | Semen | Pasir | Abu Batu | Jumlah Sampel |
|---------|-------|-------|----------|---------------|
| I | 1 | 10 | 0,0 | 28 |
| II | 1 | 10 | 0,5 | 24 |
| III | 1 | 10 | 1,0 | 22 |
| IV | 1 | 10 | 1,5 | 24 |
| V | 1 | 10 | 2,0 | 24 |
| VI | 1 | 10 | 2,5 | 24 |
| VII | 1 | 10 | 3,0 | 24 |

Pada Tabel 5.11 di atas diketahui bahwa rata rata benda uji yang dihasilkan sebanyak 24 buah. Tetapi, Pada variasi I terdapat sampel sebanyak 28 dikarenakan pada variasi I penguji sedang mencoba perbandingan antara material yang digunakan dan sampel yang dihasilkan dari perbandingan campuran yang digunakan. Pada variasi ke III terdapat 22 sampel dikarenakan ada 2 sampel yang mengalami kerusakan pada bagian badan batako sehingga tidak dapat digunakan

sebagai bahan pengujian, sehingga, total sampel yang dihasilkan yaitu sebanyak 170 benda uji.

Tabel 5.12 Kebutuhan Benda Uji Batako untuk Pengujian

| No. | Pengujian | Kebutuhan |
|--|--------------------|-----------|
| 1. | Penyerapan Air | 5 |
| 2. | Kuat Tekan | 5 |
| 3. | Rongga dalam Beton | 5 |
| Jumlah Kebutuhan Benda Uji Per Variasi | | 15 |

Pada Tabel 5.11 didapatkan kebutuhan benda uji per variasi yaitu sebanyak 15 buah benda uji dengan 7 variasi campuran, sehingga total kebutuhan benda uji pembuatan batako untuk pengujian adalah sebanyak 105 benda uji. Namun, di lapangan pengujian membuat benda uji lebih dari kebutuhan benda uji yang akan diujikan, karena terdapat beberapa benda uji yang rusak atau tidak dapat digunakan sebagai bahan uji yaitu sebanyak 24 buah pada setiap variasi.

2. Kebutuhan Campuran

Pada penelitian ini perhitungan kebutuhan campuran didapatkan dari menghitung volume dari setiap material. Proses penimbangan material dilakukan dengan tujuan untuk menjadikan patokan berat volume untuk selanjutnya diketahui kebutuhan material setiap benda uji.

a. Berat material (1 ember ukuran 20 L)

$$\text{Berat semen} = 13,84 \text{ kg}$$

$$\text{Berat pasir} = 19,33 \text{ kg}$$

$$\text{Berat abu batu} = 13,07 \text{ kg}$$

b. Berat volume material (1 ember ukuran 20 L)

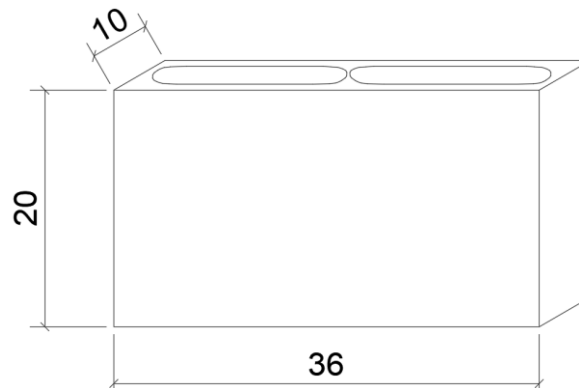
$$\text{Berat volume semen} = \frac{13,84 \text{ kg}}{0,02 \text{ m}^3} = 692 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat volume pasir} = \frac{19,33 \text{ kg}}{0,02 \text{ m}^3} = 966,5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat volume abu batu} = \frac{13,07 \text{ kg}}{0,02 \text{ m}^3} = 653,5 \text{ kg/m}^3$$

c. Volume benda uji

Pada penelitian ini, benda uji yang digunakan yaitu berupa batako dengan tipe batako berlubang. Berikut adalah perhitungan dimensi dan volume batako yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagai berikut.

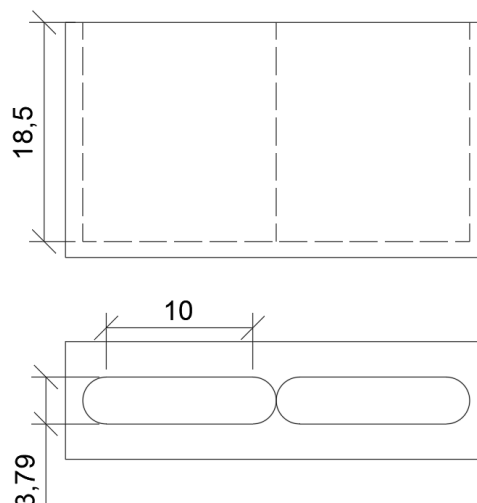


Gambar 5. 3 Batako Berlubang

Berdasarkan Gambar 5.3 volume batako berlubang sebelum dihitung bersama volume lubang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume Luar Batako} &= P \times L \times T \\ &= 36 \times 10 \times 20 \\ &= 7200 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan dimensi dan volume lubang batako yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 sebagai berikut.



Gambar 5. 4 Lubang Batako

Berdasarkan Gambar 5.4 volume lubang pada batako dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Lubang Batako} &= (2 \times (\text{Persegi Panjang} + \text{Lingkaran})) \times \text{tinggi} \\
 &\quad \text{lubang batako} \\
 &= (2 \times ((P_{\text{lubang}} \times L_{\text{lubang}}) + (\frac{1}{4} \times \pi \times D))) \times T_{\text{lubang}} \\
 &= (2 \times ((10 \times 3,79) + (\frac{1}{4} \times \pi \times 3,79))) \times 18,5 \\
 &= 1456,132 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Dari kedua hasil perhitungan di atas, volume total dari batako berlubang yang akan digunakan sebagai benda uji dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Batako} &= \text{Volume Luar Batako} - \text{Volume Lubang Batako} \\
 &= 7200 - 1456,132 \\
 &= 5743,868 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor pencampur} &= 1,2 \times V_{\text{batako}} \\
 &= 1,2 \times 5743,868 \\
 &= 6892,641 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

d. Kebutuhan material 1 variasi batako (24 buah)

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Kebutuhan semen} &= 1,5 \times 13,84 \\
 &= 20,76 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Kebutuhan pasir} &= 15 \times 19,33 \\
 &= 289,95 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3) Kebutuhan abu batu

$$\begin{aligned}
 a) \text{ Variasi I (0\%)} &= \text{Jumlah Ember} \times \text{Berat Material 1 Ember} \\
 &= 0 \times 13,07 \\
 &= 0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b) \text{ Variasi II (50\%)} &= 1,5 \times \frac{1}{2} \times 13,07 \\
 &= 9,802 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c) \text{ Variasi III (100\%)} &= 1,5 \times 1 \times 13,07 \\
 &= 19,605 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- d) Variasi IV (150%) = $1,5 \times 1\frac{1}{2} \times 13,07$
= 29,407 kg
- e) Variasi V (200%) = $1,5 \times 2 \times 13,07$
= 39,21 kg
- f) Variasi VI (250%) = $1,5 \times 2\frac{1}{2} \times 13,07$
= 49,0125 kg
- g) Variasi VII (300%) = $1,5 \times 3 \times 13,07$
= 58,815 kg

Rekapitulasi Perhitungan kebutuhan campuran untuk pembuatan benda uji batako dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Kebutuhan Campuran untuk Batako

| Kode Benda Uji (V) | Variasi (%) | Semen (kg) | Pasir (kg) | Abu Batu (kg) | Air (liter) | Jumlah Benda Uji |
|----------------------|-------------|------------|------------|---------------|-------------|------------------|
| V I | 0 | 27,68 | 386,6 | 0 | 11 | 28 |
| V II | 50 | 20,76 | 289,95 | 9,8025 | 9 | 24 |
| V III | 100 | 20,76 | 289,95 | 19,605 | 10 | 24 |
| V IV | 150 | 20,76 | 289,95 | 29,4075 | 10 | 24 |
| V V | 200 | 20,76 | 289,95 | 39,21 | 12 | 24 |
| V VI | 250 | 20,76 | 289,95 | 49,0125 | 12,5 | 24 |
| V II | 300 | 20,76 | 289,95 | 58,815 | 13 | 24 |

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa volume air yang digunakan untuk campuran beton tidak konsisten. Metode penakaran air dilakukan dengan menambahkan air sedikit demi sedikit hingga adukan antara semen pasir dan air sudah memenuhi standar adukan yaitu apabila adukan di kepal dengan tangan, adukan tidak pecah dan tidak ada bekas air di tangan.

5.4 Data Hasil Pengujian

Pengujian sampel batako yang sudah mencapai umur 28 hari dapat dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Universitas Islam Indonesia. Jumlah sampel yang akan di uji yaitu sejumlah 5 sampel pada setiap variasi penambahan abu tu. Pengujian yang dilaksanakan meliputi uji kuat

tekan, penyerapan air, serta pengujian kerapatam, penyerapan, dan rongga dalam beton yang telah mengeras.

5.4.1 Pengujian Berat Volume dan Kuat Tekan Batako

Pada pengujian berat volume dan kuat tekan batako benda uji yang akan digunakan yaitu sebanyak 5 sampel pada setiap variasi, sehingga dilakukan pengujian sebanyak 35 buah sampel dari semua benda uji.

Pengujian kuat tekan batako dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) kapasitas 200 Ton yang terdapat pada laboratorium BKT Universitas Islam Indonesia. Sebelum dilakukan pengujian masing-masing benda uji diukur terlebih dahulu untuk mengetahui luas penampang dari setiap sampel batako. Pengujian kuat tekan batako dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari yang bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan batako secara maksimum. Kekuatan tekan batako dapat tergantung pada banyak factor seperti factor air semen, kualitas material, metode produksi, dan rasio campuran benda uji. Menurut SNI 03-0349-1989 tentang batabeton untuk pasangan dinding, kuat tekan minimum rata-rata untuk beton berlubang 20 kg/cm^2 . Hasil pengujian berat volume dan kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako

| Kode Sampel | | Dimensi | | | Berat Batako (kg) | Berat Volume (kg/m ³) | Kuat Tekan (kN) | Beban Maksimal | | Luas Penampang (cm ²) | Kuat Tekan (kg/cm ²) | Kuat Tekan (MPa) |
|---------------------------|---------|--------------|------------|------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------|-----------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------|
| | | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Tebal (cm) | | | | (kg) | (N) | | | |
| Variasi I (0%) | S I.1 | 35,58 | 19,38 | 10,22 | 11,848 | 1681,26 | 199 | 20292 | 198996,84 | 689,54 | 29,428 | 2,886 |
| | S I.2 | 35,57 | 19,75 | 10,273 | 11,972 | 1658,89 | 235 | 23963 | 234996,26 | 702,51 | 34,111 | 3,345 |
| | S I.3 | 35,576 | 19,763 | 10,463 | 12,378 | 1682,61 | 214 | 21822 | 213996,60 | 703,09 | 31,037 | 3,043 |
| | S I.4 | 35,575 | 19,772 | 10,31 | 11,89 | 1639,56 | 243 | 24779 | 242996,14 | 703,39 | 35,228 | 3,454 |
| | S I.5 | 35,58 | 19,75 | 10,386 | 12,274 | 1681,76 | 182 | 18559 | 181997,11 | 702,71 | 26,410 | 2,590 |
| | | | | Rata-Rata | | 1668,82 | | | | | 31,243 | 3,064 |
| Variasi II (50%) | S II.1 | 35,58 | 20,02 | 10,56 | 12,324 | 1638,39 | 164 | 16723 | 163997,39 | 712,31 | 23,477 | 2,302 |
| | S II.2 | 35,53 | 19,87 | 10,49 | 12,414 | 1676,27 | 152 | 15499 | 151997,58 | 705,98 | 21,954 | 2,153 |
| | S II.3 | 35,572 | 19,975 | 10,52 | 11,862 | 1586,89 | 169 | 17233 | 168997,31 | 710,55 | 24,253 | 2,378 |
| | S II.4 | 35,56 | 20,01 | 10,55 | 11,831 | 1576,01 | 130 | 13256 | 129997,93 | 711,56 | 18,630 | 1,827 |
| | S II.5 | 35,55 | 19,96 | 10,537 | 11,879 | 1588,78 | 154 | 15703 | 153997,55 | 709,58 | 22,131 | 2,170 |
| | | | | Rata-Rata | | 1613,27 | | | | | 22,089 | 2,166 |
| Variasi III (100%) | S III.1 | 33,57 | 19,16 | 10,35 | 12,441 | 1868,82 | 206 | 21006 | 205996,72 | 643,20 | 32,658 | 3,202 |
| | S III.2 | 33,58 | 19,24 | 10,53 | 12,001 | 1764,02 | 160 | 16315 | 159997,46 | 646,08 | 25,253 | 2,476 |
| | S III.3 | 33,56 | 19,265 | 10,41 | 12,316 | 1829,90 | 201 | 20496 | 200996,80 | 646,53 | 31,701 | 3,109 |
| | S III.4 | 33,57 | 19,12 | 10,38 | 11,896 | 1785,52 | 176 | 17947 | 175997,20 | 641,86 | 27,961 | 2,742 |
| | S III.5 | 33,575 | 19,2 | 10,25 | 12,696 | 1921,44 | 202 | 20598 | 201996,79 | 644,64 | 31,953 | 3,133 |
| | | | | Rata-rata | | 1833,94 | | | | | 29,905 | 2,932 |

Lanjutan Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako

| Kode Sampel | | Dimensi | | | Berat Batako (kg) | Berat Volume (kg/m ³) | Kuat Tekan (kN) | Beban Maksimal | | Luas Penampang (cm ²) | Kuat Tekan (kg/cm ²) | Kuat Tekan (MPa) |
|-------------------|--------|--------------|------------|------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------|-----------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------|
| | | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Tebal (cm) | | | | (kg) | (N) | | | |
| Variasi IV (150%) | S IV.1 | 35,58 | 19,215 | 10,345 | 12,068 | 1706,31 | 174 | 17743 | 173997,23 | 683,67 | 25,952 | 2,545 |
| | S IV.2 | 35,57 | 19,27 | 10,285 | 11,645 | 1651,85 | 138 | 14072 | 137997,81 | 685,43 | 20,530 | 2,013 |
| | S IV.3 | 35,567 | 19,18 | 10,33 | 11,484 | 1629,66 | 155 | 15805 | 154997,54 | 682,18 | 23,169 | 2,272 |
| | S IV.4 | 35,59 | 19,125 | 10,31 | 11,458 | 1632,75 | 156 | 15907 | 155997,52 | 680,66 | 23,370 | 2,292 |
| | S IV.5 | 35,57 | 19,42 | 10,38 | 12,187 | 1699,68 | 161 | 16417 | 160997,44 | 690,77 | 23,766 | 2,331 |
| | | | | Rata-Rata | | 1664.05 | | | | | 23,358 | 2,290 |
| Variasi V (200%) | S V.1 | 35,565 | 19,045 | 10,255 | 11,484 | 1653,31 | 225 | 22943 | 224996,42 | 677,34 | 33,873 | 3,322 |
| | S V.2 | 35,55 | 19,06 | 10,38 | 11,09 | 1576,78 | 225 | 22943 | 224996,42 | 677,58 | 33,860 | 3,320 |
| | S V.3 | 35,58 | 19,005 | 10,38 | 11,907 | 1696,41 | 175 | 17845 | 174997,22 | 676,20 | 26,390 | 2,588 |
| | S V.4 | 35,587 | 19,083 | 10,24 | 11,98 | 1722,74 | 230 | 23453 | 229996,34 | 679,11 | 34,535 | 3,387 |
| | S V.5 | 35,573 | 189,967 | 10,295 | 11,648 | 167,43 | 256 | 26104 | 255995,93 | 6757,70 | 3,863 | 0,379 |
| | | | | Rata-Rata | | 1363.33 | | | | | 26,504 | 2,599 |
| Variasi VI (250%) | S VI.1 | 35,56 | 19,045 | 10,38 | 11,831 | 1682,99 | 218 | 22229 | 217996,53 | 677,24 | 32,824 | 3,219 |
| | S VI.2 | 35,576 | 19,06 | 10,285 | 12,314 | 1765,69 | 275 | 28042 | 274995,63 | 678,08 | 41,355 | 4,055 |
| | S VI.3 | 35,557 | 19,005 | 10,37 | 11,692 | 1668,46 | 174 | 17743 | 173997,23 | 675,76 | 26,256 | 2,575 |
| | S VI.4 | 35,563 | 19,083 | 10,345 | 12,001 | 1709,39 | 211 | 21516 | 210996,65 | 678,65 | 31,704 | 3,109 |
| | S VI.5 | 35,55 | 19,02 | 10,39 | 11,687 | 1663,56 | 198 | 20190 | 197996,85 | 676,16 | 29,860 | 2,928 |
| | | | | Rata-rata | | 1698.02 | | | | | 32,400 | 3,177 |

Lanjutan Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako

| Kode Sampel | | Dimensi | | | Berat Batako (kg) | Berat Volume (kg/m ³) | Kuat Tekan (kN) | Beban Maksimal | | Luas Penampang (cm ²) | Kuat Tekan (kg/cm ²) | Kuat Tekan (MPa) |
|---------------------------|---------|--------------|------------|------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------|-----------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------|
| | | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Tebal (cm) | | | | (kg) | (N) | | | |
| Variasi VII (300%) | S VII.1 | 33,558 | 19,3 | 10,375 | 12,441 | 1851,46 | 191 | 19476 | 190996,96 | 647,67 | 30,071 | 2,949 |
| | S VII.2 | 33,562 | 19,21 | 10,51 | 12,001 | 1771,09 | 228 | 23249 | 227996,37 | 644,73 | 36,061 | 3,536 |
| | S VII.3 | 35,547 | 19,12 | 10,235 | 12,316 | 1770,48 | 199 | 20292 | 198996,84 | 679,66 | 29,856 | 2,928 |
| | S VII.4 | 35,58 | 19,335 | 10,51 | 11,896 | 1645,31 | 214 | 21822 | 213996,60 | 687,94 | 31,720 | 3,110 |
| | S VII.5 | 35,65 | 19,33 | 10,46 | 12,696 | 1761,34 | 183 | 18661 | 182997,09 | 689,11 | 27,079 | 2,655 |
| | | | | Rata-Rata | | 1759.94 | | | | | 30,957 | 3,036 |

1. Analisis Perhitungan

Pada analisis perhitunggan pengujian kuat tekan batako, diambil hasil pengujian pada variasi dengan penambahan abu batu 0% dengan koe sampel V.I 1 sebagai contoh perhitungan.

$$\text{Panjang (p)} = 35,58 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar (l)} = 19,38 \text{ cm}$$

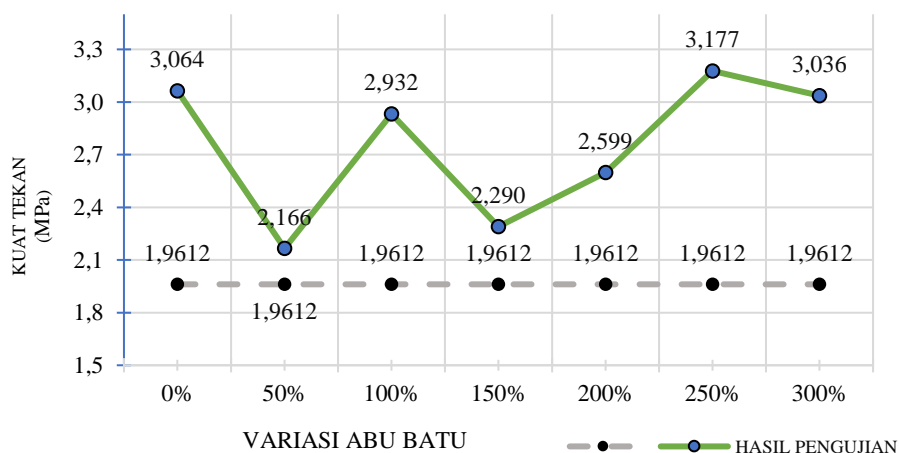
$$\text{Tebal (t)} = 10,22 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= p \times l \\ &= 35,58 \times 19,38 \\ &= 689,54 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban maksimal (P)} &= 20.292 \text{ kg} \\ &= 20.292 \times 9,81 \\ &= 198.996,84 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan } (\sigma) &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{198.996,84}{689,54} \\ &= 2,886 \text{ N/mm}^2 = 2,886 \text{ MPa} = 29,428 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas dilakukan kepada semua sampel pada setiap variasi yang digunakan dalam pengujian kuat tekan batako, selanjutnya dapat menghasilkan grafik hasil pengujian kuat tekan rata-rata. Grafik pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Batako

2. Pembahasan

Setelah melakukan perhitungan dan mendapatkan hasil nilai kuat tekan rata-rata, pengklasifikasian batako dilakukan sesuai dengan SNI 03-0349-1989. Klasifikasi mutu batako dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Klasifikasi Mutu Batako

| Kode Sampel (S V) | Variasi (%) | Kuat Tekan Rata-rata (Mpa) | Kuat Tekan Rata-rata (Kg/cm ²) | Ukuran Batako | Mutu Batako |
|-------------------|-------------|----------------------------|--|---------------|-------------|
| S V I | 0 | 3,064 | 31,243 | Kecil | III |
| S V II | 50 | 2,166 | 22,089 | Kecil | IV |
| S V III | 100 | 2,932 | 29,905 | Kecil | IV |
| S V IV | 150 | 2,290 | 23,358 | Kecil | IV |
| S V V | 200 | 2,599 | 26,504 | Kecil | IV |
| S V VI | 250 | 3,177 | 32,400 | Kecil | III |
| S V VII | 300 | 3,036 | 30,957 | Kecil | III |

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.15 di atas, nilai kuat tekan batako sudah berada di atas nilai standart kuat tekan batako berlubang yaitu sebesar 20 kg/cm² atau sebesar 1,9612 Mpa yang berdasar pada SNI 03-0349-1989. Walaupun semua variasi batako dapat dikatakan sudah berada di atas nilai standar kuat tekan batako. Namun, Grafik yang dihasilkan dari hasil kuat tekan batako tidak sesuai dengan hipotesis. Nilai yang tidak beraturan dari kuat tekan batako pada setiap variasi membuat grafik menjadi fluktuatif. Faktor-faktor tersebut berupa pasir yang digunakan dalam komposisi campuran tidak diayak terlebih dahulu sehingga ukuran dan bentuk agregat dari pasir tidak homogen. Hal tersebut akan menimbulkan rongga udara yang besar. Penambahan air pada saat melakukan *mixing* tidak dilakukan dengan konsisten. Metode penakaran air dilakukan dengan menambahkan air sedikit demi sedikit hingga adukan antara semen pasir dan air sudah memenuhi standar adukan yaitu apabila adukan di kepal dengan tangan, adukan tidak pecah dan tidak ada bekas air di tangan. Faktor terakhir yaitu penakaran material pasir dan semen dilakukan dengan perbandingan volume, bukan perbandingan berat. Pengambilan pasir pada bagian atas dan bawah memiliki kadar

air yang berbeda sehingga pada satu takar jumlah pasir dan kandungan air tidak terkontrol.

Nilai kuat tekan paling tinggi yaitu ada pada batako dengan campuran abu batu di 250% dengan angka 32,4 kg/cm² dan dari batako konvensional dan batako dengan penambahan *filler* abu batu sudah memenuhi nilai standar kuat desak.

Nilai kuat desak berada pada angka stabil yaitu pada 2-3 MPa. Tetapi dari nilai kuat tekan yang dilihat terdapat kenaikan angka kuat tekan terutama pada batako pada komposisi campuran abu batu 150% sampai dengan 250% hingga mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi.

Penambahan abu batu sebagai filler di dalam bahan susun batako ternyata tidak menampakkan adanya trend peningkatan berat volume dan kuat desak batako. Hal ini mungkin dapat disebabkan oleh sifat gradasi celah yang dimiliki batako. Selain itu, bahan pasir juga tidak diayak terlebih dahulu, sehingga berkemungkinan ada kerikil-kerikil yang tercampur dalam pasir dan setiap campuran memiliki kandungan kerikil yang berbeda-beda yang menghasilkan sifat heterogen pasir ini. Pasir yang heterogen ini dimungkinkan memiliki kontribusi adanya ketidakteraturan hasil uji berat volume dan kuat tekan batako. Faktor-faktor ketidakteraturan hasil uji berat volume dan kuat tekan memerlukan penelitian lanjutan dengan uji *microstructure* berbasis foto SEM (Scanning Electron Microscopy)

5.4.2 Pengujian Penyerapan Air pada Batako

Dalam penelitian ini, benda uji seutuhnya direndam dalam air bersih dengan suhu ruangan selama 24 jam. Menurut SNI 03-0349-1989 perendaman dilakukan untuk mendapatkan hasil penyerapan air secara maksimum, sehingga dapat diketahui nilai penyerapan airnya yaitu maksimal sebanyak 25%.

Proses pengeringan benda uji dilakukan selama 24 jam menggunakan oven yang ada di Laboratorium BKT Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian penyerapan air pada batako dapat dilihat pada Tabel 5.16 sebagai berikut.

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Batako

| Kode Sampel | | Berat | | Penyerapan Air (%) |
|-----------------------|---------|------------|-------------|--------------------|
| | | Basah (gr) | Kering (gr) | |
| Variasi I (0%) | S I.1 | 13006 | 11830 | 9,94 |
| | S I.2 | 12638 | 11865 | 6,51 |
| | S I.3 | 12697 | 11417 | 11,21 |
| | S I.4 | 13052 | 11588 | 12,63 |
| | S I.5 | 12979 | 11519 | 12,67 |
| Rata-rata | | | | 10,60 |
| Variasi II (50%) | S II.1 | 12495 | 11470 | 8,94 |
| | S II.2 | 12419 | 11076 | 12,13 |
| | S II.3 | 12871 | 11549 | 11,45 |
| | S II.4 | 12753 | 11403 | 11,84 |
| | S II.5 | 12809 | 11784 | 8,70 |
| Rata-rata | | | | 10,61 |
| Variasi III (100%) | S III.1 | 12495 | 11258 | 10,99 |
| | S III.2 | 12688 | 11271 | 12,57 |
| | S III.3 | 12841 | 11750 | 9,29 |
| | S III.4 | 12484 | 12185 | 2,45 |
| | S III.5 | 12955 | 11490 | 12,75 |
| Rata-rata | | | | 9,61 |
| Variasi IV (150%) | S IV.1 | 12341 | 11176 | 10,42 |
| | S IV.2 | 12250 | 11034 | 11,02 |
| | S IV.3 | 12075 | 11094 | 8,84 |
| | S IV.4 | 12730 | 11484 | 10,85 |
| | S IV.5 | 12639 | 11470 | 10,19 |
| Rata-rata | | | | 10,27 |
| Variasi V (200%) | S V.1 | 12341 | 11018 | 12,01 |
| | S V.2 | 12875 | 11573 | 11,25 |
| | S V.3 | 12175 | 10992 | 10,76 |
| | S V.4 | 12839 | 11946 | 7,48 |
| | S V.5 | 12150 | 11223 | 8,26 |
| Rata-rata | | | | 9,95 |
| Variasi VI (250%) | S VI.1 | 12877 | 11580 | 11,20 |
| | S VI.2 | 12748 | 11653 | 9,40 |
| | S VI.3 | 12418 | 11667 | 6,44 |
| | S VI.4 | 12824 | 11198 | 14,52 |
| | S VI.5 | 12535 | 11572 | 8,32 |
| Rata-rata | | | | 9,98 |

Lanjutan Tabel 5.16 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Batako

| Kode Sampel | | Berat | | Penyerapan Air (%) |
|-----------------------|---------|------------|-------------|--------------------|
| | | Basah (gr) | Kering (gr) | |
| Variasi VII (300%) | S VII.1 | 12779 | 11293 | 13,16 |
| | S VII.2 | 12592 | 11332 | 11,12 |
| | S VII.3 | 12702 | 11510 | 10,36 |
| | S VII.4 | 12892 | 11520 | 11,91 |
| | S VII.5 | 12423 | 11664 | 6,51 |
| Rata-rata | | | | 10,61 |

1. Analisis Perhitungan

Pada analisis perhitungan, penulis mengambil hasil pengujian penyerapan air pada batako menggunakan sampel dengan penambahan abu batu 100% dengan kode sampel S III.1 sebagai contoh perhitungan.

Berat basah (Bb) = 12.495 gram

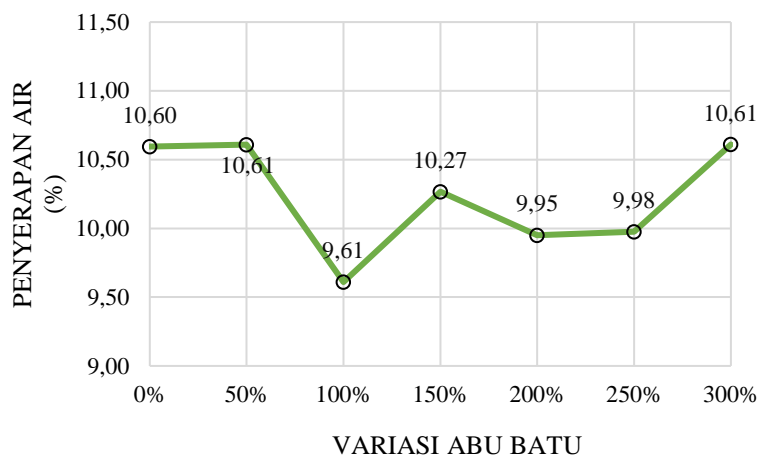
Berat kering (Bk) = 11.258 gram

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan air (Pa)} &= \frac{Bb - Bk}{Bk} \times 100\% \\
 &= \frac{12.495 - 11.258}{11.258} \times 100\% \\
 &= 10,99\%
 \end{aligned}$$

Setelah perhitungan penyerapan air batako pada variasi penambahan abu batu 100%, hasil dari setiap sampel dijumlahkan lalu dibagi dengan jumlah sampel yang diuji untuk mendapatkan nilai penyerapan air rata-rata pada variasi III adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan rata-rata} &= \frac{\sum Pa}{n} \\
 &= \frac{10,99 + 12,57 + 9,29 + 2,45 + 12,75}{5} \\
 &= 9,61\%
 \end{aligned}$$

Didapatkan nilai penyerapan air pada variasi III yaitu sebesar 9,61% dan variasi-variasi lainnya. Selanjutnya dari setiap nilai penyerapan air rata-rata menghasilkan grafik hasil pengujian penyerapan air rata-rata. Grafik hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Grafik Penyerapan Air Rata-Rata Batako

2. Pembahasan

Dari hasil pengujian dan analisis di atas maka didapatkan nilai penyerapan air rata-rata dari setiap variasi benda uji. pengklasifikasian batako dilakukan sesuai dengan SNI 03-0349-1989 . Klasifikasi mutu batako dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Klasifikasi Mutu Batako

| Kode Sampel | Variasi (%) | Penyerapan Air Rata-rata (%) | Mutu Batako |
|-------------|-------------|------------------------------|-------------|
| V I | 0 | 10,60 | I |
| V II | 50 | 10,61 | I |
| V III | 100 | 9,61 | I |
| V IV | 150 | 10,27 | I |
| V V | 200 | 9,95 | I |
| V VI | 250 | 9,98 | I |
| V VII | 300 | 10,61 | I |

Berdasarkan tabel dan grafik hasil dari pengujian penyerapan air batako dapat diketahui bahwa nilai penyerapan air pada batako sudah berada diatas standar yang telah ditetapkan menurut SNI 03-0349-1989 yaitu nilai maksimum penyerapan air

rata rata batako berlobang ada diangka 35%, sehingga nilai pengujian penyerapan air pada setiap variasi dikategorikan kedalam tingkat mutu I.

Dari Gambar 5.6 dan Tabel 5.17 di atas juga dapat diketahui bahwa nilai penyerapan air pada batako abu batu semakin menurun dari nilai batako tanpa tambahan abu batu. Batako abu batu dengan penyerapan air tertinggi berada pada variasi 50% dan 300% dengan angka 10,61% yang nilainya hampir sama dengan batako tanpa abu batu yaitu dengan nilai 10,60% dan penyerapan air terendah terdapat pada variasi 100% dengan nilai penyerapan air sebesar 9,61%.

Dari grafik pada Gambar 5.6 diketahui bahwa lonjakan nilai penyerapan air terbesar berada pada variasi 50% ke variasi 100% kemudian mengalami peningkatan seiring dengan banyaknya campuran abu batu pada variasi selanjutnya.

Penambahan abu batu sebagai filler di dalam bahan susun batako ternyata tidak menampakkan adanya trend penyerapan air batako. Hal ini mungkin dapat disebabkan oleh sifat gradasi celah yang dimiliki batako. Selain itu, bahan pasir juga tidak diayak terlebih dahulu, sehingga berkemungkinan ada kerikil-kerikil yang tercampur dalam pasir dan setiap campuran memiliki kandungan kerikil yang berbeda-beda yang menghasilkan sifat heterogen pasir ini. Pasir yang heterogen ini dimungkinkan memiliki kontribusi adanya ketidakteraturan hasil uji penyerapan air batako. Faktor-faktor ketidakteraturan hasil uji penyerapan air memerlukan penelitian lanjutan dengan uji microstructure berbasis foto SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) adalah jenis mikroskop elektron yang menghasilkan gambar sampel dengan memindai permukaan dengan sinar elektron yang terfokus dengan perbesaran hingga skala tertentu. Sehingga dengan dilakukannya pengujian ini faktor-faktor ketidakteraturan hasil uji dapat ditentukan.

5.4.3 Pengujian Kerapatan, Penyerapan, dan Rongga Dalam Beton yang telah Mengeras.

Pengujian kerapatan, penyerapan, dan rongga dalam beton yang telah mengeras yang dilakukan atas dasar SNI 03-6433-2016 menghasilkan data pengujian sesuai dengan kondisi yang dapat dilihat pada Tabel 5.18 sebagai berikut.

Tabel 5.18 Massa Benda Uji

| Kode Sampel | Massa Kering Oven | | Massa Jenuh Setelah Perendaman (gr) | Massa Jenuh Setelah Pendidihan (gr) | Massa Perendaman Semu (gr) |
|-------------|-------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| | Sebelum (gr) | Sesudah (gr) | | | |
| | | A | B | C | D |
| P I.1 | 1119 | 1082 | 1210 | 1193 | 422 |
| P I.2 | 1193 | 1153 | 1279 | 1270 | 427 |
| P I.3 | 1149 | 1128 | 1257 | 1240 | 426 |
| P I.4 | 1227 | 1203 | 1346 | 1325 | 431 |
| P I.5 | 1183 | 1147 | 1275 | 1268 | 427 |
| Rata-rata | | 1142,6 | 1273,4 | 1259,2 | 426,60 |
| P II.1 | 1211 | 1167 | 1328 | 1305 | 430 |
| P II.2 | 1157 | 1112 | 1244 | 1223 | 425 |
| P II.3 | 1087 | 1067 | 1203 | 1208 | 418 |
| P II.4 | 1233 | 1192 | 1337 | 1328 | 432 |
| P II.5 | 1187 | 1147 | 1298 | 1288 | 423 |
| Rata-rata | | 1137,0 | 1282,0 | 1270,4 | 425,60 |
| P III.1 | 1214 | 1162 | 1284 | 1292 | 432 |
| P III.2 | 1223 | 1166 | 1301 | 1285 | 439 |
| P III.3 | 1174 | 1119 | 1238 | 1232 | 428 |
| P III.4 | 1033 | 1023 | 1136 | 1134 | 426 |
| P III.5 | 1094 | 1050 | 1165 | 1154 | 420 |
| Rata-rata | | 1104,0 | 1224,8 | 1219,4 | 429,00 |
| P IV.1 | 957 | 939 | 1085 | 1068 | 397 |
| P IV.2 | 1163 | 1106 | 1251 | 1242 | 436 |
| P IV.3 | 1063 | 1021 | 1177 | 1152 | 423 |
| P IV.4 | 1051 | 988 | 1122 | 1115 | 410 |
| P IV.5 | 1046 | 1031 | 1153 | 1147 | 407 |
| Rata-rata | | 1017,0 | 1157,6 | 1144,8 | 414,60 |
| P V.1 | 1221 | 1159 | 1311 | 1289 | 431 |
| P V.2 | 1333 | 1267 | 1428 | 1416 | 457 |
| P V.3 | 1281 | 1225 | 1352 | 1315 | 434 |
| P V.4 | 1242 | 1174 | 1312 | 1287 | 428 |
| P V.5 | 1094 | 1051 | 1185 | 1147 | 424 |
| Rata-rata | | 1175,2 | 1317,6 | 1290,8 | 434,80 |

Lanjutan Tabel 5.18 Massa Benda Uji

| Kode Sampel | Massa Kering Oven | | Massa Jenuh Setelah Perendaman (gr) | Massa Jenuh Setelah Pendidihan (gr) | Massa Perendaman Semu (gr) |
|-------------|-------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| | Sebelum (gr) | Sesudah (gr) | | | |
| | | A | B | C | D |
| P VI.1 | 1130 | 1081 | 1235 | 1212 | 454 |
| P VI.2 | 1298 | 1241 | 1404 | 1370 | 428 |
| P VI.3 | 1005 | 963 | 1099 | 1077 | 422 |
| P VI.4 | 1146 | 1049 | 1218 | 1207 | 433 |
| P VI.5 | 1150 | 1101 | 1250 | 1210 | 434 |
| Rata-rata | | 1087,0 | 1241,2 | 1215,2 | 434,20 |
| P VII.1 | 1217 | 1176 | 1299 | 1298 | 428 |
| P VII.2 | 1217 | 1164 | 1280 | 1264 | 427 |
| P VII.3 | 1312 | 1268 | 1412 | 1405 | 452 |
| P VII.4 | 1225 | 1173 | 1300 | 1295 | 433 |
| P VII.5 | 1138 | 1101 | 1232 | 1259 | 455 |
| Rata-rata | | 1176 | 1304,6 | 1304,2 | 439,00 |

Setelah diperoleh massa benda uji yang sesuai dengan ketentuan pada SNI 03-6433-2016, selanjutnya dilakukan pengolahan data yang menghasilkan data pengujian nilai kerapatan, penyerapan, dan rongga dalam beton yang telah mengeras yang dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kerapatan, Penyerapan, dan Rongga dalam Beton yang telah Mengeras

| Kode Sampel | Penyerapan Setelah Perendaman (%) | Penyerapan Setelah Perendaman & Pendidihan (%) | Kerapatan Massa Kering (gr/cm ³), g1 | Kerapatan Massa Setelah Perendaman (gr/cm ³) | Kerapatan Massa Setelah Perendaman dan Pendidihan (gr/cm ³) | Kerapatan Semu (gr/cm ³), g2 | Volume Rongga Permeabel (%) |
|------------------|-----------------------------------|--|--|--|---|--|-----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| P I.1 | 11,83 | 10,26 | 1,40 | 1,57 | 1,55 | 1,64 | 14,40 |
| P I.2 | 10,93 | 10,15 | 1,37 | 1,52 | 1,51 | 1,59 | 13,88 |
| P I.3 | 11,44 | 9,93 | 1,39 | 1,54 | 1,52 | 1,61 | 13,76 |
| P I.4 | 11,89 | 10,14 | 1,35 | 1,51 | 1,48 | 1,56 | 13,65 |
| P I.5 | 11,16 | 10,55 | 1,36 | 1,52 | 1,51 | 1,59 | 14,39 |
| Rata-rata | 11,448 | 10,205 | 1,373 | 1,530 | 1,513 | 1,597 | 14,014 |
| P II.1 | 13,80 | 11,83 | 1,33 | 1,52 | 1,49 | 1,58 | 15,77 |
| P II.2 | 11,87 | 9,98 | 1,39 | 1,56 | 1,53 | 1,62 | 13,91 |
| P II.3 | 12,75 | 13,21 | 1,35 | 1,52 | 1,53 | 1,64 | 17,85 |
| P II.4 | 12,16 | 11,41 | 1,33 | 1,49 | 1,48 | 1,57 | 15,18 |
| P II.5 | 13,16 | 12,29 | 1,33 | 1,50 | 1,49 | 1,58 | 16,30 |
| Rata-rata | 12,748 | 11,745 | 1,347 | 1,518 | 1,505 | 1,600 | 15,802 |
| P III.1 | 10,50 | 11,19 | 1,35 | 1,49 | 1,50 | 1,59 | 15,12 |
| P III.2 | 11,58 | 10,21 | 1,38 | 1,54 | 1,52 | 1,60 | 14,07 |
| P III.3 | 10,63 | 10,10 | 1,39 | 1,54 | 1,53 | 1,62 | 14,05 |
| P III.4 | 11,05 | 10,85 | 1,44 | 1,60 | 1,45 | 1,68 | 34,64 |
| P III.5 | 10,95 | 9,90 | 1,43 | 1,59 | 1,57 | 1,67 | 14,17 |
| Rata-rata | 15,110 | 14,577 | 1,330 | 1,522 | 1,514 | 1,633 | 18,408 |

Lanjutan Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kerapatan, Penyerapan, dan Rongga dalam Beton yang Telah Mengeras

| Kode Sampel | Penyerapan Setelah Perendaman (%) | Penyerapan Setelah Perendaman & Pendidihan (%) | Kerapatan Massa Kering (gr/cm ³), g1 | Kerapatan Massa Setelah Perendaman (gr/cm ³) | Kerapatan Massa Setelah Perendaman dan Pendidihan (gr/cm ³) | Kerapatan Semu (gr/cm ³), g2 | Volume Rongga Permeabel (%) |
|------------------|-----------------------------------|--|--|--|---|--|-----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| P IV.1 | 15,55 | 13,74 | 1,40 | 1,62 | 1,59 | 1,73 | 19,23 |
| P IV.2 | 13,11 | 12,30 | 1,37 | 1,55 | 1,54 | 1,65 | 16,87 |
| P IV.3 | 15,28 | 12,83 | 1,40 | 1,61 | 1,58 | 1,71 | 17,97 |
| P IV.4 | 13,56 | 12,85 | 1,40 | 1,59 | 1,58 | 1,71 | 18,01 |
| P IV.5 | 11,83 | 11,25 | 1,39 | 1,56 | 1,55 | 1,65 | 15,68 |
| Rata-rata | 13,867 | 12,594 | 1,393 | 1,587 | 1,569 | 1,690 | 17,552 |
| P V.1 | 13,11 | 11,22 | 1,35 | 1,53 | 1,50 | 1,59 | 15,15 |
| P V.2 | 12,71 | 11,76 | 1,32 | 1,49 | 1,48 | 1,56 | 15,54 |
| P V.3 | 10,37 | 7,35 | 1,39 | 1,53 | 1,49 | 1,55 | 10,22 |
| P V.4 | 11,75 | 9,63 | 1,37 | 1,53 | 1,50 | 1,57 | 13,15 |
| P V.5 | 12,75 | 9,13 | 1,45 | 1,64 | 1,59 | 1,68 | 13,28 |
| Rata-rata | 12,139 | 9,817 | 1,377 | 1,544 | 1,511 | 1,591 | 13,467 |
| P VI.1 | 14,25 | 12,12 | 1,43 | 1,63 | 1,60 | 1,72 | 17,28 |
| P VI.2 | 13,13 | 10,39 | 1,32 | 1,49 | 1,45 | 1,53 | 13,69 |
| P VI.3 | 14,12 | 11,84 | 1,47 | 1,68 | 1,64 | 1,78 | 17,40 |
| P VI.4 | 16,11 | 15,06 | 1,36 | 1,57 | 1,56 | 1,70 | 20,41 |
| P VI.5 | 13,53 | 9,90 | 1,42 | 1,61 | 1,56 | 1,65 | 14,05 |
| Rata-rata | 14,229 | 11,863 | 1,398 | 1,596 | 1,563 | 1,677 | 16,568 |

Lanjutan Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kerapatan, Penyerapan, dan Rongga dalam Beton yang Telah Mengeras

| Kode Sampel | Penyerapan Setelah Perendaman (%) | Penyerapan Setelah Perendaman & Pendidihan (%) | Kerapatan Massa Kering (gr/cm ³), g1 | Kerapatan Massa Setelah Perendaman (gr/cm ³) | Kerapatan Massa Setelah Perendaman dan Pendidihan (gr/cm ³) | Kerapatan Semu (gr/cm ³), g2 | Volume Rongga Permeabel (%) |
|------------------|-----------------------------------|--|--|--|---|--|-----------------------------|
| P VII.1 | 10,46 | 10,37 | 1,35 | 1,49 | 1,49 | 1,57 | 14,02 |
| P VII.2 | 9,97 | 8,59 | 1,39 | 1,53 | 1,51 | 1,58 | 11,95 |
| P VII.3 | 11,36 | 10,80 | 1,33 | 1,48 | 1,47 | 1,55 | 14,38 |
| P VII.4 | 10,83 | 10,40 | 1,36 | 1,51 | 1,50 | 1,59 | 14,15 |
| P VII.5 | 11,90 | 14,35 | 1,37 | 1,53 | 1,57 | 1,70 | 19,65 |
| Rata-rata | 10,901 | 10,904 | 1,361 | 1,509 | 1,509 | 1,599 | 14,830 |

1. Analisis Perhitungan

Pada analisis perhitungan ini, didapatkan hasil pengujian kerapatan, penyerapan, dan rongga dalam beton yang sudah mengeras pada variasi penambahan abu batu 100% dengan kode sampel P III.1 sebagai contoh perhitungan.

| | | |
|--|-----|--|
| Massa sebelum kering oven | | = 1214 gram |
| Massa sesudah kering oven | (A) | = 1162 gram |
| Massa jenuh setelah perendaman | (B) | = 1284 gram |
| Massa jenuh setelah pendidihan | (C) | = 1292 gram |
| Massa perendaman semu | (D) | = 432 gram |
| a) Penyerapan Setelah Perendaman, % | | |
| | | $= \frac{B-A}{A} \times 100$ |
| | | $= \frac{1284-1214}{1214} \times 100$ |
| | | = 10,50 % |
| b) Penyerapan Setelah Perendaman dan Pendidihan, % | | |
| | | $= \frac{C-A}{A} \times 100$ |
| | | $= \frac{1292-1214}{1214} \times 100$ |
| | | = 11,19% |
| c) Kerapatan Massa Kering, g ₁ | | |
| | | $= \frac{A}{(C-D)} \rho$ |
| | | $= \frac{1162}{(1292-432)} \times 1 \text{ gr/cm}^3$ |
| | | = 1,35 gr/cm ³ |
| d) Kerapatan Massa Setelah Perendaman | | |
| | | $= \frac{B}{(C-D)} \rho$ |
| | | $= \frac{1284}{(1292-432)} \times 1 \text{ gr/cm}^3$ |
| | | = 1,49 gr/cm ³ |
| e) Kerapatan Massa Setelah Perendaman dan Pendidihan | | |
| | | $= \frac{C}{(C-D)} \rho$ |

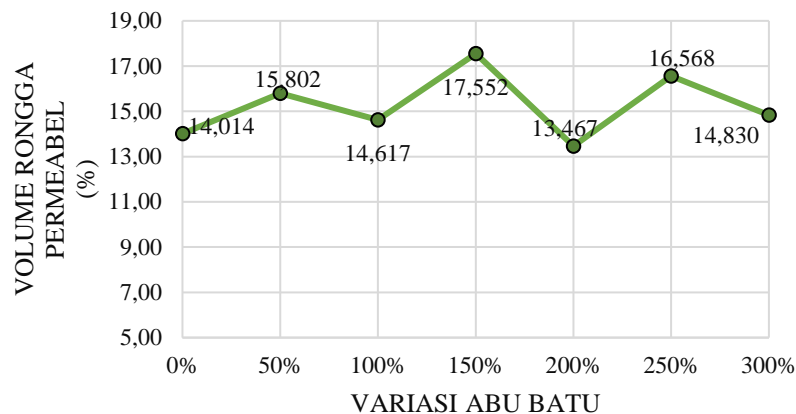
$$\begin{aligned}
 &= \frac{1292}{(1292-432)} \times 1 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 1,50 \text{ gr/cm}^3 \\
 \text{f) Kerapatan Semu, } g_2 &= \frac{A}{(A-D)} \rho \\
 &= \frac{1162}{(1162-432)} \times 1 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 1,59 \text{ gr/cm}^3 \\
 \text{g) Volume Rongga Permeabel, \%} &= \frac{g_2-g_1}{g_2} \times 100 \\
 &= \frac{1,59-1,35}{2,59} \times 100 \\
 &= 15,12\%
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai volume rongga permeabel pada setiap variasi pada 5 sampel, selanjutnya dilakukan perhitungan volume rongga rata-rata dengan menjumlahkan nilai volume rongga permeabel kemudian dibagi dengan jumlah sampel yang diuji untuk setiap variasinya. Perhitungan nilai volume rongga permeabel pada variasi III adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume rongga permeabel rata-rata} &= \frac{\Sigma \text{ Vol. rongga permeabel}}{n} \\
 &= \frac{16,52+17,17+16,01+16,68+15,26}{5} \\
 &= 16,328\%
 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan nilai rata-rata volume rongga dari beton, digunakan rumus diatas yaitu dengan menjumlahkan nilai volume rongga rata-rata pada setiap sampel pada variasi III lalu dibagi dengan jumlah sampel yang di uji.

Setelah menghitung dengan rumus diatas dan menadapatkan nilai volume rongga permeabel rata-rata tiap variasi, selanjutnya angka volume rongga uadara rata rata divisualisasikan menjadi grafik hasil pengujian kerapatn, penyerapan, dan rongga dalam beton yang mengeras. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.7 sebagai berikut.



Gambar 5.7 Grafik Volume Rongga Permeabel Rata-Rata Batako

2. Pembahasan

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.7 di atas dapat diketahui bahwa dengan penambahan material abu batu volume rongga permeabel dalam beda uji batako mengalami perubahan volume rongga permeabel yang tidak stabil. Terjadi kenaikan dan terjadi penurunan pada setiap perubahan variasi abu batu.

Grafik di atas menunjukkan bahwa penurunan terbesar terjadi pada variasi 150% dengan persentase volume rongga permeabel rata-rata di angka 17,552 % ke Variasi dengan campuran abu batu 200% dengan nilai volume rongga permeabel rata-rata di angka 13,467%. Hal tersebut diakibatkan karena abu batu mengisi rongga dalam batako. Butiran abu batu yang memiliki ukuran lebih kecil dari pasir dapat mengisi rongga udara yang terbentuk oleh sela-sela antara campuran semen dan pasir.

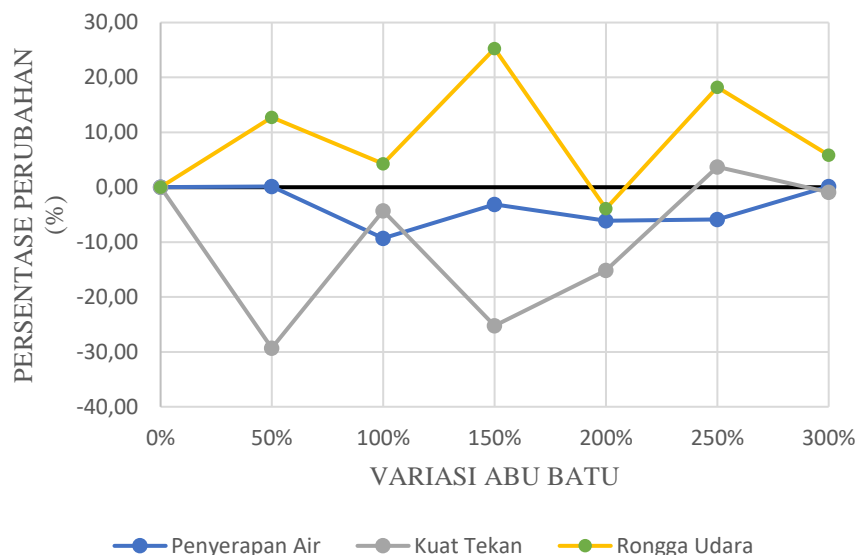
Selanjutnya pada variasi abu batu dengan campuran 250% volume rongga udara permeabel mengalami peningkatan. Hal tersebut disebabkan oleh gaya ikat antara campuran semen, pasir, dan abu batu menurun. Kandungan abu batu yang terlalu banyak mengakibatkan menuurunny gaya ikat antar campuran penyusun batako sehingga menyebabkan terjadinya pemisahan antar butiran dan volume rongga akan bertambah.

Penambahan abu batu sebagai filler di dalam bahan susun batako ternyata tidak menampakkan adanya trend penurunan rongga udara permeabel batako.

Adanya rongga tidak permeabel juga tidak bisa diketahui dari rumus-rumus yang ada. Hal ini mungkin dapat disebabkan oleh sifat gradasi celah yang dimiliki batako. Selain itu, bahan pasir juga tidak diayak terlebih dahulu, sehingga berkemungkinan ada kerikil-kerikil yang tercampur dalam pasir dan setiap campuran memiliki kandungan kerikil yang berbeda-beda yang menghasilkan sifat heterogen pasir ini. Pasir yang heterogen ini dimungkinkan memiliki kontribusi adanya ketidakteraturan hasil uji rongga permeabel batako. Faktor-faktor ketidakteraturan hasil uji rongga permeabel termasuk kajian dari rongga udara yang tidak permeabel memerlukan penelitian lanjutan dengan uji microstructure berbasis foto SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

5.4.4 Keefektifan Penambahan Abu Batu Terhadap Berat Volume, Kuat Tekan, Penyerapan Air, Keausan, dan Volume Rongga Permeabel Batako.

Berdasarkan hasil pembahasan ketiga pengujian di atas, diperoleh hubungan antara kuat tekan, penyerapan air, dan volume rongga permeabel pada batako dengan variasi abu batu. Hasil dari ketiga pengujian tersebut direkap dan di visualisasikan dalam grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.8 sebagai berikut.



Gambar 5.8 Grafik Persentase Perubahan Pengujian Terhadap Batako Normal

Dari Gambar 5.8 di atas dapat diketahui persentase perubahan aspek batako dari hasil 3 pengujian terhadap hasil pengujian batako normal. Didapatkan nilai penyerapan air pada variasi 50% hanya mengalami sedikit peningkatan. Selanjutnya, pada variasi 100% hingga variasi 250% tingkat penyerapan air berada dibawah dari batako normal. Pada variasi 300% penyerapan air terjadi peningkatan dikarenakan material pencampur batako terjadi pengurangan kekuatan ikat dan menyebabkan rongga udara yang bertambah.

Selanjutnya pada hasil pengujian kuat tekan batako dengan variasi 100% memiliki nilai kuat tekan paling tinggi antara batako normal hingga variasi 150%. Tetapi, kuat tekan batako variasi 100% mamsih berada dibawah nilai kuat tekan batako. Didapatkan hasil dengan penambahan abu batu pada variasi 150% hingga 250% dapat meningkatkan nilai kuat tekan batako.

Hasil pengujian rongga udara permeabel batako variasi abu batu berubah seiring dengan pengujian penyerapan air. Pada variasi batako variasi 0% hingga 300% nilai rongga udara permeabel mengalami kenaikan dan penurunan. Nilai rongga udara permeabel berada di atas nilai batako normal kecuali pada batako dengan variasi abubatu 200% berada dibawah nilai rongga udara batako normal.

Selanjutnya, diperoleh hasil pengujian penyerapan air yang paling optimal berada pada batako dengan variasi 100% abu batu. Pada pengujian kuat tekan, variasi yang mendapatkan hasil paling optimal berada pada variasi 250% abu batu. Pada pengujian volume rongga permeabel yang terkecil terdapat pada batako variasi 200% abu batu.

Pada pembahasan hasil ketiga pengujian diatas terdapat klasifikasi mutu batako berdasarkan SNI 03-0349-1989. Berikut adalah rekapitulasi hasil klasifikasi mutu dapat dilihat pada Tabel 5.20

Tabel 5.20 Rekapitulasi Klasifikasi Mutu Batako

| Kode Sampel | Variasi (%) | Klasifikasi Mutu Batako | |
|-------------|-------------|-------------------------|----------------|
| | | Kuat Tekan | Penyerapan Air |
| V I | 0 | III | I |
| V II | 50 | IV | I |
| V III | 100 | IV | I |
| V IV | 150 | IV | I |
| V V | 200 | IV | I |
| V VI | 250 | III | I |
| V VII | 300 | III | I |

Dari Tabel 5.25 di atas dapat diketahui bahwa mutu batako dari kedua pengujian dengan penambahan material abu batu yang bervariasi. Dari kedua pengujian terdapat 3 variasi abu batu dengan mutu yang sama yang paling optimal yaitu terdapat pada variasi abu batu variasi 0%, 250% dan 300%. Yaitu dengan mutu III pada hasil pengujian kuat tekan dan mutu I pada hasil pengujian penyerapan air.

5.5 Perhitungan Harga Pokok Produksi dan Analisis Keayakan Investasi Batako

Setelah mendapatkan data hasil pengujian kuat tekan, dan penyerapan air pada batako yang sesuai dengan SNI 03-0349-1989, selanjutnya dilakukan perhitungan harga pokok produksi batako dengan variasi abu batu yang memiliki nilai kuat tekan yang paling optimal. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai rata-rata batako paling tinggi terdapat pada variasi 250% yaitu sebesar 3,177 MPa.

Data-data yang diperlukan dalam perhitungan harga pokok produksi didapatkan dari hasil survey dan wawancara penggergajian batu di wilayah Kepanewon Cangkringan, toko bangunan di sekitar Jalan Tentara Pelajar, dan produsen batako di wilayah kabupaten sleman.

5.5.1 Harga Pokok Produksi Batako

Perhitungan Harga pokok produksi batako adalah sebagai berikut.

1. Menghitung biaya alat

a. Alat utama

1) Harga mesin press hidrolik batako = Rp80.000.000,-

2) Harga mesin mixer batako ukuran 1 m³ = Rp20.000.000,-

Total harga alat utama = Rp100.000.000,-

Umur alat utama = 15 tahun

Nilai sisa alat utama = Rp10.000.000,-

Jumlah hari kerja = 312 hari/tahun

$$\text{Penyusutan} = \frac{\text{Total harga alat} - \text{Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat} \times \text{Jumlah hari kerja}}$$

$$= \frac{100.000.000 - 10.000.000}{15 \times 312}$$

= Rp19.230,77 per hari

b. Alat bantu

1) Ember (10 buah) = Rp95.000,-

2) Cangkul (1 buah) = Rp75.000,-

3) Sekop (2 buah) = Rp200.000,-

4) Ayakan 5 mm (2 buah) = Rp32.000,-

5) Cetok (2 buah) = Rp40.000,-

Total harga alat bantu = Rp442.000,-

Umur alat bantu = 1 tahun

Nilai sisa alat bantu = Rp 0,-

Jumlah hari kerja = 312 hari/tahun

$$\text{Penyusutan} = \frac{442.000 - 0}{1 \times 312}$$

= Rp 1.416,67 per hari

c. Papan alas

1) Lama pengerasan batako = 1 hari

2) Kapasitas produksi = 500 buah batako per hari

$$3) \text{Kebutuhan papan} = \frac{\text{Kapasitas produksi}}{\text{Kapasitas papan alas}}$$

$$= \frac{500}{4}$$

- | | | |
|---|---|---|
| | | = 125 papan |
| 4) | Harga satuan papan | = Rp55.000,- |
| | Total harga papan | = Rp6.875.000,- |
| | Umur papan | = 1 tahun |
| | Nilai sisa papan alas | = Rp0,- |
| | Jumlah hari kerja | = 312 hari/tahun |
| | Penyusutan | = $\frac{6.875.000 - 0}{1 \times 312}$ |
| | | = Rp22.035,26 per hari |
| 2. Menghitung biaya bangunan | | |
| | Harga bangunan | = Rp60.000.000,- |
| | Umur bangunan | = 6 tahun |
| | Nilai sisa bangunan | = Rp0,- |
| | Jumlah hari kerja | = 312 hari/tahun |
| | Penyusutan | = $\frac{20.000.000 - 0}{5 \times 300}$ |
| | | = Rp32.051,28 per hari |
| 3. Menghitung biaya operasional | | |
| | Biaya listrik dan air per bulan (25 hari) | = Rp600.000,- |
| | Biaya listrik dan air per hari | = Rp24.000,- |
| 4. Menghitung biaya upah tenaga kerja | | |
| | Jumlah pekerja | = 2 orang |
| | Kapasitas produksi | = 125 papan per hari |
| | Upah pekerja per papan (Borongan) | = Rp2.100,- |
| | Upah pekerja per hari | = Rp131.250,- /OH |
| | Total biaya upah tenaga kerja | = Rp.262.500,- per hari |
| 5. Menghitung biaya konsumsi tenaga kerja | | |
| | Jumlah pekerja | = 2 orang |
| | Uang makan per hari | = Rp30.000,- |

Total biaya konsumsi tenaga kerja = Rp60.000,-

6. Menghitung biaya Tunjangan Hari Raya

Jumlah pekerja = 2 orang
 Jumlah hari kerja = 300 hari/tahun
 THR per pekerja = Rp1.500.000,-
 Total THR = Rp3.000.000,-
 Tabungan THR = Rp9.615,38 per hari

7. Menghitung biaya material

a. Kebutuhan material 1 buah batako pada variasi 250%

Perbandingan campuran batako abu batu = 1 semen : 10 pasir : 2,5 abu batu

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan semen} &= \frac{1}{11} \times \text{Berat vol. semen} \times \text{Volume batako} \\ &= \frac{1}{11} \times 2,226 \text{ gram/cm}^3 \times 6.892,642 \text{ cm}^3 \\ &= 1.395,088 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan pasir} &= \frac{10}{11} \times \text{Berat vol. pasir} \times \text{Volume batako} \\ &= \frac{10}{11} \times 2,377 \text{ gram/cm}^3 \times 6892,642 \text{ cm}^3 \\ &= 14.895,651 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan abu batu} &= \frac{2,5}{11} \times \text{Berat vol. abu batu} \times \text{Volume batako} \\ &= \frac{2,5}{11} \times 2,2264 \text{ gram/cm}^3 \times 6892,642 \text{ cm}^3 \\ &= 3.487,72 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total berat material} &= \frac{\text{Berat material}}{\text{Faktor pencampuran}} \\ &= \frac{19.778,46}{1,2} \\ &= 16.482,05 \text{ gram} \end{aligned}$$

b. Biaya semen per hari

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan semen per hari} &= \left[\frac{1.395,088}{16.482,05} \times 500 \text{ batako} \right] : 1 \text{ zak} \\
&= \frac{42,321 \text{ kg}}{40 \text{ kg}} \\
&= 1,058 \text{ zak} \approx 2 \text{ zak} \\
\text{Harga semen 1 zak} &= \text{Rp}53.000,00 \\
\text{Biaya angkut semen per km} &= \text{Rp}3.500,00 \\
\text{Biaya angkut semen jarak 3 km} &= \text{Rp}10.500,00 \\
\text{Total biaya semen per hari} &= (\text{Rp}53.000,00 \times 2) + \text{Rp}10.500,00 \\
&= \text{Rp}116.500,00
\end{aligned}$$

c. Biaya Pasir per hari

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan pasir per hari} &= \frac{14.895,651}{16.482,05} \times 500 \text{ batako} \\
&= 451,875 \text{ kg} : 966,5 \text{ kg/m}^3 \\
&= 0,467 \text{ m}^3 \\
\text{Harga pasir per Dump Truck (5 m}^3\text{)} &= \text{Rp}1.000.000,00 \\
\text{Harga pasir per m}^3 &= \text{Rp}200.000,00 \\
\text{Total biaya pasir per hari} &= 0,467 \text{ m}^3 \times \text{Rp}200.000,00 \\
&= \text{Rp}93.507,49
\end{aligned}$$

d. Kebutuhan abu batu per hari

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan abu batu per hari} &= \frac{3.487,72}{16.482,05} \times 500 \text{ batako} \\
&= 105,803 \text{ kg} : 653,5 \text{ kg/m}^3 \\
&= 0,633 \text{ m}^3 \\
\text{Harga abu batu per Colt (1,5 m}^3\text{)} &= \text{Rp}300.000,00 \\
\text{Harga abu batu per m}^3 &= \text{Rp}200.000,00 \\
\text{Total biaya abu batu per hari} &= 0,633 \text{ m}^3 \times \text{Rp}200.000,00 \\
&= \text{Rp}126.600,00
\end{aligned}$$

a. Total kebutuhan material per hari

$$\text{Total material per hari} = \text{Rp}116.500,00 + \text{Rp}93.507,49 + \text{Rp}126.600,00$$

= Rp 242.388,09

8. Rekapitulasi pengeluaran per hari
 - a. Biaya alat utama = Rp19.230,77
 - b. Biaya alat bantu = Rp1.416,67
 - c. Biaya papan alas = Rp22.035,26
 - d. Biaya bangunan = Rp32.051,28
 - e. Biaya operasional = Rp24.000,00
 - f. Biaya upah tenaga kerja = Rp262.500,00
 - g. Biaya konsumsi tenaga kerja = Rp60.000,00
 - h. Biaya THR = Rp9.625,38
 - i. Biaya material = Rp242.388,09
 - j. Total pengeluaran per hari = Rp673.237,45
9. Menghitung harga pokok produksi lapangan
 - a. Kapasitas produksi = 500 batako/hari
 - b. Total biaya pengeluaran = Rp673.237,45/hari
 - c. Harga pokok produksi lapangan = $\frac{\text{Rp}673.237,45}{500}$
= Rp1.346,47 /batako
 - d. PPN 10% = Rp134,65
 - e. Biaya kirim per batako = Rp200,00
 - f. Harga dasar batako = 1.346,47 + 134,65 + 200,00
= Rp1.681,12 /batako
 - g. Margin perusahaan = 20% x 1.681,12
= Rp336,22
 - h. Harga jual per batako = 1.681,12 + 336,22
= Rp2.017,35 /batako
= Rp2.000,00 /batako

Berdasarkan perhitungan harga pokok produksi batako abu batu diatas, total pengeluaran produksi batako abu batu variasi 250% dalam sehari sebesar Rp673.237,45 dengan harga pokok produksi (HPP) sebesar Rp1.346,47 per batako. Menurut survey dari karyawan di PIMVM, harga ongkos kirim dari setiap batako

yaitu sebesar Rp200,00. Setelah didapatkan harga pokok produksi, lalu dijumlahkan dengan PPN dan ongkos kirim pada setiap batako maka didapatkan harga dasar batako abu batu variasi 250% sebesar Rp1.681,12 per batako. Harga penjualan batako abu batu variasi 250% ke pasaran dengan menggunakan margin perusahaan sebesar 20%. Margin perusahaan ditentukan sebesar 20% didapatkan dari hasil wawancara dan ditentukan dari resiko investast. Perusahaan memperoleh keuntungan menghasilkan harga penjualan batako sebesar Rp2.017,35 per batako atau Rp2.000,00 per batako. Pembulatan harga jual per batako ditentukan dari peredaran nilai nominal mata uang yang ada dipasaran.

5.5.2 Analisis Kelayakan Invertasi Batako

Selanjutnya perhitungan analisis kelayakan investasi batako dengan menentukan nilai BEP (*Break even Point*) setelah didapatkan harga pokok produksi batako dengan campuran abu batu. Perhitungan kelayakan investasi batako adalah sebagai berikut.

1. Menghitung penghasilan produksi batako abu batu per hari
 - a. Jumlah produksi batako per hari = 500 batako
 - b. Harga jual = Rp2.000,00
 - c. Total pemasukan = 500 x Rp2.000,00
= Rp1.000.000,00 /hari
2. Menghitung keuntungan batako abu batu
 - a. Keuntungan per buah = Harga jual – Harga dasar
= Rp2.000,00 - Rp1.681,12
= Rp318,88
 - b. Persentase keuntungan = $\frac{\text{Keuntungan per buah}}{\text{Harga jual}}$
= $\frac{318,88}{2.000,00}$
= 15,94%
 - c. Keuntungan per hari = Total pemasukan – (Harga dasar x jumlah batako per hari)
= 1.000.000,00 - (1.642,34 - x 500)

$$= \text{Rp}159.438,81$$

d. Keuntungan per bulan

$$\text{Jumlah hari kerja per bulan} = 25 \text{ hari kerja}$$

$$\text{Keuntungan per bulan} = \text{Rp}159.438,81 \times 25 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp}3.985.970,16 \text{ /bulan}$$

e. Keuntungan per tahun

$$\text{Jumlah hari kerja} = 312 \text{ hari}$$

$$\text{Keuntungan per tahun} = \text{Rp}164.234,04 \times 312 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp}49.744.907,61 \text{ /tahun}$$

1. Menghitung *Break Even Point* (BEP)

a. Modal awal

$$1) \text{ Harga alat utama} = \text{Rp}100.000.000,00$$

$$2) \text{ Harga alat bantu} = \text{Rp}442.000,00$$

$$3) \text{ Harga papan alas} = \text{Rp}6.875.000,00$$

$$4) \text{ Harga bangunan} = \text{Rp}60.000.000,00$$

$$\text{Jumlah modal awal} = \text{Rp}167.317.000,00$$

b. *Break Even Point* (BEP)

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

$$= \frac{\text{Rp}167.317.000,00}{\text{Rp}2.000,00 - \text{Rp}1.681,12}$$

$$= 524.707 \text{ batako}$$

(BEP per buah jika diasumsikan laku dijual)

$$\text{BEP hitungan hari} = \frac{\text{BEP}}{\text{Kapasitas produksi}}$$

$$= \frac{524.707}{500}$$

$$= 1050 \text{ hari}$$

$$\text{BEP hitungan bulan} = 1050 : 30$$

$$= 42 \text{ bulan}$$

$$\text{BEP hitungan tahun} = 3 \text{ tahun } 6 \text{ bulan}$$

Dari perhitungan *Break Event Point* di atas diketahui bahwa pemasukan penjualan batako abu batu sebesar Rp1.000.000,00 per hari dengan keuntungan yang didapatkan dari 1 batako abu batu sebesar Rp318,88 atau sama dengan Rp159.438,81 per hari. Dengan demikian, keuntungan yang didapatkan selama setahun yaitu sebesar Rp49.744.907,61 per tahun.

Selanjutnya pada perhitungan BEP diperlukan nilai dari perhitungan jumlah modal awal. Berdasarkan hasil perhitungan di atas, modal awal yang dibutuhkan untuk memproduksi batako abu batu yaitu sebesar Rp167.317.000,00 dan setelah didapatkan nilai modal awal, harga jual, dan harga dasar, maka diperoleh nilai BEP sebesar 524.707 batako abu batu. Hal tersebut berarti perusahaan akan mengalami balik modal apabila dapat memproduksi batako abu batu sebanyak nilai BEP tersebut.

Apabila dari hasil BEP diasumsikan terjual setiap hari, maka BEP dapat tercapai dalam 1050 hari atau 3 tahun 6 bulan. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka analisis kelayakan investasi produksi batako abu batu dengan asumsi masa investasi selama 5 tahun dikatakan LAYAK.

5.5.3 Perbandingan Dengan Harga Batako di Pasaran

Berdasarkan hasil wawancara dan survey dari dua produsen batako yang berada di wilayah Kabupaten Sleman, didapatkan nilai harga jual batako konvensional yang akan dibandingkan dengan harga jual batako abu batu. Sistem penjualan batako dari kedua pabrik yang disurvei adalah per m² dengan isi sebanyak 12,5 buah batako per m² nya. Hasil survei harga batako dipasaran dengan jenis dan ukuran yang sama adalah sebagai berikut. Ukuran sama

1. “ML” Batako = Rp48.000,00 per m²
2. “DBT” Batako = Rp95.000,00 per m²

Setelah didapatkan harga batako di pasaran, selanjutnya melakukan perbandingan harga dengan batako abu batu. Hasil perhitungan perbandingan harga batako batako adalah sebagai berikut.

1. Harga jual batako abu batu per m³ = 12.5 x Rp2.000,00

$$= \text{Rp}25.000,00 \text{ per m}^2$$

2. Persentase perbandingan

a. “ML” Batako
$$= \frac{\text{Rp}48.000 - 25.000}{\text{Rp}48.000} \times 100\%$$

$$= 47,92\%$$

b. “DBT” Batako
$$= \frac{\text{Rp}95.000 - 25.000}{\text{Rp}95.000} \times 100\%$$

$$= 73,68\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa harga jual batako abu batu lebih rendah apabila dibandingkan dengan harga pasaran batako, yakni 47,92% dan 73,68% lebih murah dengan harga pembanding hasil survey.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan batako dengan bahan tambahan abu batu dapat diambil kesimpulan secara umum bahwa penambahan abu batu sebagai filler di dalam bahan susun batako ternyata tidak menampakkan adanya trend peningkatan berat volume dan kuat desak batako, pengurangan penyerapan air, dan pengurangan rongga udara. Hal ini mungkin dapat disebabkan oleh sifat gradasi celah yang dimiliki batako. Selain itu, bahan pasir juga tidak diayak terlebih dahulu, sehingga berkemungkinan ada kerikil-kerikil yang tercampur dalam pasir dan setiap campuran memiliki kandungan kerikil yang berbeda-beda yang menghasilkan sifat heterogen pasir ini. Pasir yang heterogen ini dimungkinkan memiliki kontribusi adanya ketidakteraturan hasil uji batako. Faktor-faktor ketidakteraturan hasil uji ini memerlukan penelitian lanjutan dengan uji microstructure berbasis foto SEM (Scanning Electron Microscopy). Secara khusus, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan abu batu memberikan pengaruh terhadap karakteristik teknis batako yang meliputi: nilai berat volume, kuat tekan, penyerapan air, dan volume rongga permeabel batako sebagai berikut.
 - a. Kuat tekan
Penambahan abu batu mempengaruhi peningkatan kuat tekan pada batako abu batu sebesar 103,7% dari batako normal. Nilai kuat tekan terendah berada pada batako abu batu variasi 50% dengan nilai kuat tekan 2,166 MPa dan kuat tekan tertinggi berada pada variasi 250% dengan nilai kuat tekan 3,177 MPa.
 - b. Penyerapan air
Penambahan abu batu mempengaruhi penurunan pada penyerapan air batako abu batu sebesar 90,7% dari batako normal. Nilai penyerapan

air tertinggi berada pada batako abu batu dengan variasi 50% dan 300% dengan nilai penyerapan sebesar 10,61% dan nilai penyerapan terendah berada pada batako bau batu variasi 100% dengan nilai penyerapan sebesar 9,61%.

c. Volume rongga permeabel

Penambahan abu batu mempengaruhi penurunan persentase volume rongga permeabel sebesar 76,7% dari batako normal. Nilai volume rongga permeabel tertinggi berada pada batako abu batu variasi 150% dengan nilai volume rongga permeabel sebesar 15,522% dan nilai volume rongga udara terendah berada pada batako abu batu variasi 200% dengan nilai volume rongga permeabel sebesar 13,467%.

2. Penambahan abu batu memberikan pengaruh terhadap karakteristik ekonomi dari aspek perhitungan harga pokok produksi batako, yaitu didapatkan harga pokok produksi lapangan sebesar Rp1.346,47 dengan harga jual batako sebesar Rp2.000,00 per batako dan keuntungan yang didapatkan dari penjualan 1 batako yaitu sebesar Rp318,88 per batako atau Rp 159.438,81 per hari. Nilai BEP (*Break Even Point*) diperoleh pada penjualan 524.706 batako dalam waktu 3 tahun 6 bulan. Harga jual batako abu batu lebih rendah 60,80% dari harga batako di pasaran dengan jenis dan ukuran yang sama.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Bahan pasir perlu diayak terlebih dahulu, sehingga tidak ada kemungkinan adanya kerikil-kerikil yang tercampur dalam pasir dan setiap campuran memiliki pasir yang seragam atau homogen.
2. Pengujian harus dilanjutkan dengan uji microstructure berbasis foto SEM (Scanning Electron Microscopy).

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Zboon, K. K. (2018). Recycling of stone cutting waste for heavy metals removal. *Journal of Solid Waste Technology and Management*, 44(4), 356–360. <https://doi.org/10.5276/JSWTM.2018.356>
- Amali, M. R. (2019). Optimasi batako sekam padi yang dicetak secara manual.
- CAMPOS, H. F., ROCHA, T. M. S., REUS, G. C., KLEIN, N. S., & MARQUES FILHO, J. (2019). Determination of the optimal replacement content of Portland cement by stone powder using particle packing methods and analysis of the influence of the excess water on the consistency of pastes. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 12(2), 210–232. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952019000200002>
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. (1982). Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, PUBLI-1982, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Fahri, B. (2020). Pemanfaatan dengan cacahan bonggol jagung sebagai bahan susun batako.
- Galuh, O. (2022). Pengaruh bonggol jagung sebagai agregat pada batako terhadap aspek teknis, biaya produksi, dan redaman suara.
- Jones, M. R., Zheng, L., & Newlands, M. D. (2003). Estimation of the filler content required to minimise voids ratio in concrete. *Magazine of Concrete Research*, 55(2), 193–202. <https://doi.org/10.1680/macr.55.2.193.37561>
- Ramli, M. A. (2012). Analisis teknis dan ekonomis pasir sungai code, kuning, dan opak untuk material batako.
- Satria, S. P. (2018). Efek penambahan limbah abu batusebagai alternatif bahan penyusun batako-kait untuk bangunan tahan gempa.
- Setiadi, P., Saerang, D. P. E., Runtu, T., Ekonomi, F., Akuntansi, J., Sam, U., & Manado, R. (2014). PERHITUNGAN HARGA POKOK PRODUKSI DALAM PENENTUAN HARGA JUAL PADA CV. MINAHASA MANTAP PERKASA. In *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi* (Vol. 14, Issue 2).
- SNI 03-0349-1989. (1989). SNI 03-0349-1989 Bata beton untuk pasangan dinding. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-0349-1989. Bata Beton untuk Pasangan Dinding. (1989).

- SNI 03-1750-1990. (1990). SNI 03-1750-1990 Metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di lapangan. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1968-1990. (1990). SNI 03-1968-1990 Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar. Departemen Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1969-1990-F. (1990). SNI 03-1969-1990 Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1970-1990-F. (1990). SNI 03-1970-1990-F Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Badan Standardisasi Nasional. 1990.
- SNI 03-4154-1996. (1996). SNI 03-4154-1996 Metode pengujian kuat lentur beton dengan balok uji sederhana yang dibebani terpusat langsung. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-4804-1998. (1998). SNI 03-4804-1998 Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-6433-2016. (2016). SNI 03-6433-2016 Metode pengujian kerapatan, penyerapan, dan rongga dalam beton yang telah mengeras. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 15-2049-2004. (2004). SNI 15-2049-2004 Semen portland. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1974-2011. (2011). SNI 1974-2011 Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Badan Standardisasi Nasional. www.bsn.go.id
- Sugiyono. (2013). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R & D.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Laporan Sementara Hasil Pengujian Batako



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telp. (0274) 898444 Yogyakarta**

**HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BATAKO
(SNI 03-0349-1989)**

Nama : Dimas Harisandy Mahardhika
NIM : 19511116
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir S1

| Kode Sampel | Dimensi | | | Berat Batako (kg) | Berat Volume (kg/m ³) | Kuat Tekan (kN) | Beban Maksimal | | Luas Penampang (cm ²) | Kuat Tekan (kg/cm ²) | Kuat Tekan (MPa) | |
|----------------|--------------|------------|------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------|--------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------|
| | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Tebal (cm) | | | | (kg) | (N) | | | | |
| Variasi I (0%) | S I.1 | 35,58 | 19,38 | 10,22 | 11,848 | 1681,26 | 199 | 20292 | 198996,84 | 689,54 | 29,428 | 2,886 |
| | S I.2 | 35,57 | 19,75 | 10,273 | 11,972 | 1658,89 | 235 | 23963 | 234996,26 | 702,51 | 34,111 | 3,345 |
| | S I.3 | 35,576 | 19,763 | 10,463 | 12,378 | 1682,61 | 214 | 21822 | 213996,60 | 703,09 | 31,037 | 3,043 |
| | S I.4 | 35,575 | 19,772 | 10,31 | 11,89 | 1639,56 | 243 | 24779 | 242996,14 | 703,39 | 35,228 | 3,454 |
| | S I.5 | 35,58 | 19,75 | 10,386 | 12,274 | 1681,76 | 182 | 18559 | 181997,11 | 702,71 | 26,410 | 2,590 |
| | | | | Rata-Rata | 1668,82 | | | | | | 31,243 | 3,064 |

| Kode Sampel | Dimensi | | | Berat Batako (kg) | Berat Volume (kg/m ³) | Kuat Tekan (kN) | Beban Maksimal | | Luas Penampang (cm ²) | Kuat Tekan (kg/cm ²) | Kuat Tekan (MPa) | |
|--------------------|--------------|------------|------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------|--------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------|
| | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Tebal (cm) | | | | (kg) | (N) | | | | |
| Variasi II (50%) | S II.1 | 35,58 | 20,02 | 10,56 | 12,324 | 1638,39 | 164 | 16723 | 163997,39 | 712,31 | 23,477 | 2,302 |
| | S II.2 | 35,53 | 19,87 | 10,49 | 12,414 | 1676,27 | 152 | 15499 | 151997,58 | 705,98 | 21,954 | 2,153 |
| | S II.3 | 35,572 | 19,975 | 10,52 | 11,862 | 1586,89 | 169 | 17233 | 168997,31 | 710,55 | 24,253 | 2,378 |
| | S II.4 | 35,56 | 20,01 | 10,55 | 11,831 | 1576,01 | 130 | 13256 | 129997,93 | 711,56 | 18,630 | 1,827 |
| | S II.5 | 35,55 | 19,96 | 10,537 | 11,879 | 1588,78 | 154 | 15703 | 153997,55 | 709,58 | 22,131 | 2,170 |
| | | | | Rata-Rata | | 1613,27 | | | | | 22,089 | 2,166 |
| Variasi III (100%) | S III.1 | 33,57 | 19,16 | 10,35 | 12,441 | 1868,82 | 206 | 21006 | 205996,72 | 643,20 | 32,658 | 3,202 |
| | S III.2 | 33,58 | 19,24 | 10,53 | 12,001 | 1764,02 | 160 | 16315 | 159997,46 | 646,08 | 25,253 | 2,476 |
| | S III.3 | 33,56 | 19,265 | 10,41 | 12,316 | 1829,90 | 201 | 20496 | 200996,80 | 646,53 | 31,701 | 3,109 |
| | S III.4 | 33,57 | 19,12 | 10,38 | 11,896 | 1785,52 | 176 | 17947 | 175997,20 | 641,86 | 27,961 | 2,742 |
| | S III.5 | 33,575 | 19,2 | 10,25 | 12,696 | 1921,44 | 202 | 20598 | 201996,79 | 644,64 | 31,953 | 3,133 |
| | | | | Rata-rata | | 1833,94 | | | | | 29,905 | 2,932 |
| Variasi IV (150%) | S IV.1 | 35,58 | 19,215 | 10,345 | 12,068 | 1706,31 | 174 | 17743 | 173997,23 | 683,67 | 25,952 | 2,545 |
| | S IV.2 | 35,57 | 19,27 | 10,285 | 11,645 | 1651,85 | 138 | 14072 | 137997,81 | 685,43 | 20,530 | 2,013 |
| | S IV.3 | 35,567 | 19,18 | 10,33 | 11,484 | 1629,66 | 155 | 15805 | 154997,54 | 682,18 | 23,169 | 2,272 |
| | S IV.4 | 35,59 | 19,125 | 10,31 | 11,458 | 1632,75 | 156 | 15907 | 155997,52 | 680,66 | 23,370 | 2,292 |
| | S IV.5 | 35,57 | 19,42 | 10,38 | 12,187 | 1699,68 | 161 | 16417 | 160997,44 | 690,77 | 23,766 | 2,331 |
| | | | | Rata-Rata | | 1664.05 | | | | | 23,358 | 2,290 |

| Kode Sampel | Dimensi | | | Berat Batako (kg) | Berat Volume (kg/m ³) | Kuat Tekan (kN) | Beban Maksimal | | Luas Penampang (cm ²) | Kuat Tekan (kg/cm ²) | Kuat Tekan (MPa) | |
|--------------------|--------------|------------|------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------|--------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------|
| | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Tebal (cm) | | | | (kg) | (N) | | | | |
| Variasi V (200%) | S V.1 | 35,565 | 19,045 | 10,255 | 11,484 | 1653,31 | 225 | 22943 | 224996,42 | 677,34 | 33,873 | 3,322 |
| | S V.2 | 35,55 | 19,06 | 10,38 | 11,09 | 1576,78 | 225 | 22943 | 224996,42 | 677,58 | 33,860 | 3,320 |
| | S V.3 | 35,58 | 19,005 | 10,38 | 11,907 | 1696,41 | 175 | 17845 | 174997,22 | 676,20 | 26,390 | 2,588 |
| | S V.4 | 35,587 | 19,083 | 10,24 | 11,98 | 1722,74 | 230 | 23453 | 229996,34 | 679,11 | 34,535 | 3,387 |
| | S V.5 | 35,573 | 189,967 | 10,295 | 11,648 | 167,43 | 256 | 26104 | 255995,93 | 6757,70 | 3,863 | 0,379 |
| | | | | Rata-Rata | | 1363.33 | | | | | 26,504 | 2,599 |
| Variasi VI (250%) | S VI.1 | 35,56 | 19,045 | 10,38 | 11,831 | 1682,99 | 218 | 22229 | 217996,53 | 677,24 | 32,824 | 3,219 |
| | S VI.2 | 35,576 | 19,06 | 10,285 | 12,314 | 1765,69 | 275 | 28042 | 274995,63 | 678,08 | 41,355 | 4,055 |
| | S VI.3 | 35,557 | 19,005 | 10,37 | 11,692 | 1668,46 | 174 | 17743 | 173997,23 | 675,76 | 26,256 | 2,575 |
| | S VI.4 | 35,563 | 19,083 | 10,345 | 12,001 | 1709,39 | 211 | 21516 | 210996,65 | 678,65 | 31,704 | 3,109 |
| | S VI.5 | 35,55 | 19,02 | 10,39 | 11,687 | 1663,56 | 198 | 20190 | 197996,85 | 676,16 | 29,860 | 2,928 |
| | | | | Rata-rata | | 1698.02 | | | | | 32,400 | 3,177 |
| Variasi VII (300%) | S VII.1 | 33,558 | 19,3 | 10,375 | 12,441 | 1851,46 | 191 | 19476 | 190996,96 | 647,67 | 30,071 | 2,949 |
| | S VII.2 | 33,562 | 19,21 | 10,51 | 12,001 | 1771,09 | 228 | 23249 | 227996,37 | 644,73 | 36,061 | 3,536 |
| | S VII.3 | 35,547 | 19,12 | 10,235 | 12,316 | 1770,48 | 199 | 20292 | 198996,84 | 679,66 | 29,856 | 2,928 |
| | S VII.4 | 35,58 | 19,335 | 10,51 | 11,896 | 1645,31 | 214 | 21822 | 213996,60 | 687,94 | 31,720 | 3,110 |
| | S VII.5 | 35,65 | 19,33 | 10,46 | 12,696 | 1761,34 | 183 | 18661 | 182997,09 | 689,11 | 27,079 | 2,655 |
| | | | | Rata-Rata | | 1759.94 | | | | | 30,957 | 3,036 |

Yogyakarta, *5 Juli* 2023

Diperiksa oleh,

Kepala Laboratorium BKT,



Darusalam, A.Md.



Malik Mushtofa
Malik Mushtofa, S.T., M.Eng.



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telp. (0274) 898444 Yogyakarta

**HASIL PENGUJIAN PENYERAPAN AIR BATAKO
(SNI 03-0349-1989)**

Nama : Dimas Harisandy Mahardhika
NIM : 19511116
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir S1

| Kode Sampel | | Berat | | Penyerapan Air (%) |
|--------------------|---------|------------|-------------|--------------------|
| | | Basah (gr) | Kering (gr) | |
| Variasi I (0%) | S I.1 | 13006 | 11830 | 9,94 |
| | S I.2 | 12638 | 11865 | 6,51 |
| | S I.3 | 12697 | 11417 | 11,21 |
| | S I.4 | 13052 | 11588 | 12,63 |
| | S I.5 | 12979 | 11519 | 12,67 |
| Rata-rata | | | | 10,60 |
| Variasi II (50%) | S II.1 | 12495 | 11470 | 8,94 |
| | S II.2 | 12419 | 11076 | 12,13 |
| | S II.3 | 12871 | 11549 | 11,45 |
| | S II.4 | 12753 | 11403 | 11,84 |
| | S II.5 | 12809 | 11784 | 8,70 |
| Rata-rata | | | | 10,61 |
| Variasi III (100%) | S III.1 | 12495 | 11258 | 10,99 |
| | S III.2 | 12688 | 11271 | 12,57 |
| | S III.3 | 12841 | 11750 | 9,29 |
| | S III.4 | 12484 | 12185 | 2,45 |
| | S III.5 | 12955 | 11490 | 12,75 |
| Rata-rata | | | | 9,61 |
| Variasi IV (150%) | S IV.1 | 12341 | 11176 | 10,42 |
| | S IV.2 | 12250 | 11034 | 11,02 |
| | S IV.3 | 12075 | 11094 | 8,84 |
| | S IV.4 | 12730 | 11484 | 10,85 |
| | S IV.5 | 12639 | 11470 | 10,19 |
| Rata-rata | | | | 10,27 |

| Kode Sampel | | Berat | | Penyerapan Air (%) |
|-----------------------|---------|------------|-------------|--------------------|
| | | Basah (gr) | Kering (gr) | |
| Variasi V (200%) | S V.1 | 12341 | 11018 | 12,01 |
| | S V.2 | 12875 | 11573 | 11,25 |
| | S V.3 | 12175 | 10992 | 10,76 |
| | S V.4 | 12839 | 11946 | 7,48 |
| | S V.5 | 12150 | 11223 | 8,26 |
| Rata-rata | | | | 9,95 |
| Variasi VI (250%) | S VI.1 | 12877 | 11580 | 11,20 |
| | S VI.2 | 12748 | 11653 | 9,40 |
| | S VI.3 | 12418 | 11667 | 6,44 |
| | S VI.4 | 12824 | 11198 | 14,52 |
| | S VI.5 | 12535 | 11572 | 8,32 |
| Rata-rata | | | | 9,98 |
| Variasi VII (300%) | S VII.1 | 12779 | 11293 | 13,16 |
| | S VII.2 | 12592 | 11332 | 11,12 |
| | S VII.3 | 12702 | 11510 | 10,36 |
| | S VII.4 | 12892 | 11520 | 11,91 |
| | S VII.5 | 12423 | 11664 | 6,51 |
| Rata-rata | | | | 10,61 |

Diperiksa Oleh,

Darusalam, A.Md.

Yogyakarta, ..5..00..... 2023
Kepala Laboratorium BKT,

Malik/Mushthofa, S.T., M.Eng.

Lampiran 2 Proses Pembuatan Benda Uji Batako



Gambar L-2. 1 Penakaran Bahan Campuran Batako



Gambar L-2. 2 Penakaran Air untuk Bahan Campuran Batako



Gambar L-2. 3 Pencampuran Bahan Penyusun Batako



Gambar L-2. 4 Proses Perataan Bahan Penyusun Batako



Gambar L-2. 5 Proses Press Batako



Gambar L-2. 6 Proses Penumpukan Batako Setelah Dicetak



Gambar L-2. 7 Proses Penumpukan Batako Uji Setelah Mengeras



Gambar L-2. 8 Proses Penutupan Batako agar Tidak Merubah Kelembaban Batako

Lampiran 3 Proses Pengujian Batako



Gambar L-3. 1 Pengujian Kuat Tekan Batako



Gambar L-3. 2 Proses Oven Pengujian Penyerapan Air Batako



Gambar L-3. 3 Proses Penimbangan Pengujian Penyerapan Air Batako



Gambar L-3. 4 Proses Perebusan Batako Pengujian Rongga dalam Batako



Gambar L-3. 5 Penimbangan Semu untuk Uji Rongga dalam Batako

Lampiran 4 Hasil Benda Uji Batako**Gambar L-4. 1 Benda Uji Hasil Kuat Tekan****Gambar L-4. 2 Benda Uji Hasil Kuat Tekan**



Gambar L-4. 3 Benda Uji Hasil Kuat Tekan



Gambar L-4. 4 Benda Uji Hasil Kuat Tekan

Lampiran 5 Hasil Survei Harga Mesin Press Hidrolik dan Mixer Melalui Marketplace (Situs Jual Beli Online)

The screenshot shows a Tokopedia product page for a hydraulic brick press. The main image is a blue industrial machine. The price is listed as Rp72.000.000. The seller is 'Mesinpavingblockjakarta' with a 4.9 rating. The listing includes a 'Detail' section with specifications: 'Kondisi: Baru', 'Waktu Preorder: 10 Hari', 'Min. Pemesanan: 1 Buah', and 'Etalase: Mesinpavingblock'. It also mentions 'Mesin pres hidrolik multi fungsi bisa batako,pavingblock,canstin' and provides dimensions: 'Panjang1200mm', 'Lebar850mm', and 'Tinggi2600mm'. A shopping cart on the right shows a subtotal of Rp72.000.000 and options for '+ Keranjang' and 'PreOrder'.

Gambar L-5. 1 Hasil Survey Harga Mesin Press Hidrolik Batako


The screenshot shows a Tokopedia product page for a hydraulic paving block press. The main image is a red industrial machine. The price is listed as Rp85.000.000. The seller is 'Bata Tempel Putih Expose' with a 4.8 rating. The listing includes a 'Detail' section with specifications: 'Kondisi: Baru', 'Min. Pemesanan: 1 Buah', and 'Etalase: Semua Etalase'. It also mentions 'Mesin Pres Hidrolik Paving Block Tiga Silinder' and provides specifications: 'Spesifikasi Rangka Siku 900', 'Plat 18mm', 'Powerpack 7.5 hp kapasitas oli 80 liter, vibrator 6 hp', and 'daya cetak 12 pcs paving block'. A shopping cart on the right shows a subtotal of Rp85.000.000 and options for '+ Keranjang' and 'Beli Langaung'.

Gambar L-5. 2 Hasil Survey Harga Mesin Press Hidrolik Batako

tokopedia Kategori

Kaos Pria Laptop Asus Gtx 1050 Hp Samsung Samsung Note Samsung A04e

Home > Pertukangan > Material Bangunan > Batako > Mesin Cetak Batako Dan Paving Hidrolik



Mesin Cetak Batako Dan Paving Hidrolik
Dilihat 6.300 • Diskusi (3)

Rp90.000.000

Detail Info Penting

Kondisi: Baru
Min. Pemesanan: 1 Buah
Etalase: **Mesinprespavingblock**

Mesin Pres Hidrolik Batako Dan Paving Block Iga Hidrolik Kapasitas Produksi 12 pcs dan 10 pcs untuk Paving Block Dan Lima atau Enam Pcs Untuk Batako

Spesifikasi
Rangka Siku 100
Plat Tatakan 18mm
Dinamo Power 7,5 Hp
Dinamo Vibra 6hp...
[Lihat Selengkapnya](#)

Bata Tempel Putih Expose
Online kemarin
4.8 rata-rata ulasan • ± 1 jam pesanan diproses

Pengiriman
Dikirim dari Jakarta Timur
Ongkir Reguler 7 rb - 11,5 rb
Estimasi tiba 10 - 13 Jul
Kurir lainnya: [Jastara](#) [Lihat Pilihan Kurir](#)

Atur jumlah dan catatan
1 Stok Total: **Sisa 10**
[Tambah Catatan](#)
Subtotal **Rp90.000.000**
[+ Keranjang](#)
[Beli Langsung](#)
Chat Wishlist Share


85% Diskon
Cek Toko Seputar
Rp300

Gambar L-5. 3 Hasil Survey Harga Mesin Press Hidrolik Batako

tokopedia Kategori

Kaos Pria Laptop Asus Gtx 1050 Hp Samsung Samsung Note Samsung A04e

Home > Pertukangan > Material Bangunan > Batako > mixer batako mesin



mixer batako mesin
Dilihat 1.214 • Diskusi (1)

Rp18.000.000

Detail Info Penting

Kondisi: Baru
Min. Pemesanan: 1 Buah
Etalase: **Mesinpresbatako**

Mixer Pengaduk Batako Dan Paving Block ukuran Diameter 120 cm. tenaga penggerak Dinamo 7,5 Hp. Diliengkapi Dengan Gandan Dan Puy rangka baja harden plat 5mm kapasitas seperapat kubik mesin tinggal pakai sudah lengkap dengan penggerak dinamo

Bata Tempel Putih Expose
Online kemarin
4.8 rata-rata ulasan • ± 1 jam pesanan diproses

Pengiriman
Dikirim dari Jakarta Timur
Ongkir Reguler 7 rb - 11,5 rb
Estimasi tiba 10 - 13 Jul
Kurir lainnya: [Jastara](#) [Lihat Pilihan Kurir](#)

Penawaran Lainnya
[Paylater & Cicilan](#)
Beli sekarang bayar nanti, mulai Rp1.782.335/bulan [Selengkapnya](#)

Atur jumlah dan catatan
1 Stok Total: **12**
[Tambah Catatan](#)
Subtotal **Rp18.000.000**
[+ Keranjang](#)
[Beli Langsung](#)
Chat Wishlist Share


85% Diskon
Cek Toko Seputar
Rp300

Gambar L-5. 4 Hasil Survei Harga Mesin Mixer Kapasitas 1 m3

tokopedia Kategori

Kaos Pria Laptop Asus Gtx 1050 Hp Samsung Samsung Note Samsung A04e

Home > Penjualan > Material Bangunan > Batako > Mixer Pengaduk Adonan Batako dan paving



Mixer Pengaduk Adonan Batako dan paving
Dilihat 987 • Diskusi (1)

Rp20.000.000

Detail Info Penting

Kondisi: Baru
Min. Pemesanan: 1 Buah
Etalase: [mixerpengadukbatakopaving](#)

Mixer Batako Dan Paving 120 cm plus gardan .penggerak E Motor 7,5 hp mesin siap kirim garansi

Bata Tempel Putih Expose
Online kemarin
4.8 rata-rata ulasan • ±1 jam pesanan diproses

Pengiriman
Dikirim dari Jakarta Timur
Ongkir Reguler 7 rb - 11,5 rb
Estimasi tiba 10 - 13 Jul
Kurir lainnya: [Jastan](#) [Lihat Pilihan Kurir](#)

Penawaran Lainnya
Paylater & Cicilan
Beli sekarang bayar nanti, mulai Rp1.980.372/bulan [Sengkapnya](#)

Atur jumlah dan catatan

1 Stok Total: **Sisa 10**

[Tambah Catatan](#)

Subtotal **Rp20.000.000**

[+ Keranjang](#)

[Beli Langsung](#)

[Chat](#) [Wishlist](#) [Share](#)

Promo: **50% Diskon** hingga **111**

Gambar L-5. 5 Hasil Survei Harga Mesin Mixer Kapasitas 1 m3

Lampiran 6 Transkrip Wawancara

TRANSKRIP WAWANCARA

Waktu Wawancara : 17 Juni 2023

Lokasi Wawancara : Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam
Indonesia, Kapanewon Pakem, Kabupaten Sleman

Biodata Narasumber

Nama : Suluk
Umur : 45 Tahun
Jenis Kelamin : Laki-laki
Pekerjaan : Pegawai Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas
Islam Indonesia

Hasil Wawancara

Penulis : Assalamualaikum Bapak Suluk, selamat siang pak. Maaf mengganggu waktunya. Saya Dimas Harisandy Mahardhika pak anak bimbingan Tugas Akhir dengan Bapak Setya. Mohon izin untuk melakukan wawancara untuk keperluan Tugas Akhir saya ya pak.

Narasumber : Waalaikumsalam, selamat siang juga Mas Dimas. Boleh mas. Monggo, silahkan bertanya.

Penulis : Dulu waktu pertama beli mesin press batako dan mesin mixer harganya berapa nggeh pak?

Narasumber : Harga mesin press batakonya sekitaran 80 jutaan mas, kalua untuk mixernya sekitaran 20 jutaan. Tapi kemarin ada yang mau beli alatnya ini satu paketnya udah dijual harga 180 juta mas.

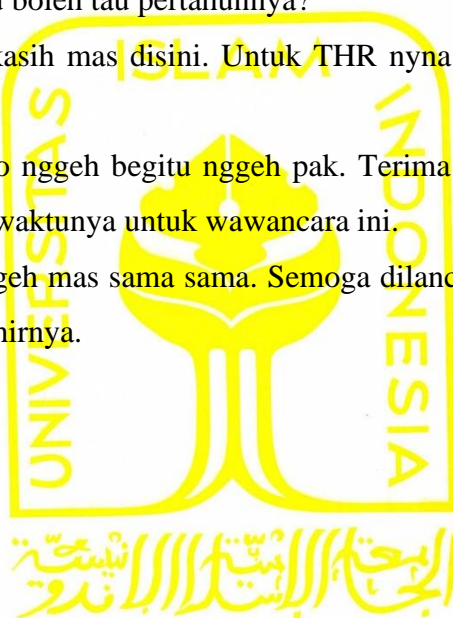
Penulis : Berarti untuk harga totalnya sekitaran 100 jutaan ya pak?

Narasumber : Enggeh mas.

Penulis : Kalau untuk umur alat ini kira-kira bisa berapa tahun nggeh pak?

- Narasumber : Kalo untuk umura lat ini pastinya lama si mas, dari saya mulai kerja sampai sekarang sudah ada alat ini, ya sekitar 12 tahun saya sudah kerja disini mas. Paling ya hanya rusak rusak kecil aja ga sampe rusak parah. Kayak missal bautnya patah soalnya kena getaran. Bisa dibilang 15 tahun mas, itu juga tergantung perawatannya.
- Penulis : Untuk batako itu bisa di lepas dari papan kan jangka waktunya sehari kan pak?
- Narasumber : Iya bener mas.
- Penulis : Kalau untuk sehari produksi batako disini bisa dapet berapa buah ya pak?
- Narasumber : Kalau untuk sehari disini bisa memproduksi sekitar 100 buah papan. Yaa sekitar 500 buah batako mas.
- Penulis : Kalua untuk papanya itu hitungannya gimana ya pak? Sama tebal papan kayu yang dipakai itu yang tebal berapa?
- Narasumber : Kalo tebalnya itu sekitaran 2,0 - 2,4 mm. terus untuk pembagiannya ini 1 lembar papan bisa jadi 6 alas papan.
- Penulis : Papan kayu ini bisa dipakai sampe berapa tahun ya pak?
- Narasumber : Sudah lama mas ini. Ya bisa dibilang sekitar 1 tahun pemakaian baru pada rusak.
- Penulis : Pertanyaan selanjutnya mengenai umur bangunan dari pusat inovasi ini itu sudah berapa tahun nggeh pak? dan anggaran dari bangunan ini berapa nggeh pak?
- Narasumber : Umur bangunan ini sudah 6 tahun 7 tahun mas. Untuk harga dari bangunannya sekitar 60 jutaan.
- Penulis : Kan disini setiap hari menggunakan listrik sama air nggeh pak. untuk biaya listrik dan air perbulannya berapa nggeh pak ?
- Narasumber : Untuk air disini kurang tahu mas, soalnya kan kami ada sumur sendiri. Tapi kalo untuk biaya listrik perbulannya sekitar 600 ribuan.
- Penulis : Mohon maaf pak, upah pekerja perharinya berapa ya pak?

- Narasumber : Kalau untuk per hari itu dapatnya sesuai jumlah batako yang di produksi. Biasanya batako itu perbuahnya sekitar Rp2.100,00 mas. Kalau misal dihitung perhari ya bisa dapat Rp100.000,00.
- Penulis : Untuk biaya konsumsi perharinya berapa nggeh pak?
- Narasumber : Untuk sekali makan biasanya sekitaran Rp10.000,00 perhari. Terus perhari itu makan bisa 3 kali sehari. Jadi ya sehari bisa dihitung sekitaran Rp30.000,00 perhari.
- Penulis : Pertanyaan terakhir nggeh pak. kalau bekerja disini itu dapat THR tidak nggeh pak pertahun? Kalau iya, berapa nggeh pak kalau boleh tau pertahunnya?
- Narasumber : Dikasih mas disini. Untuk THR nyna sekitar Rp1.500.000,00 mas.
- Penulis : Ooo nggeh begitu nggeh pak. Terima kasih nggeh Pak Suluk atas waktunya untuk wawancara ini.
- Narasumber : Nggeh mas sama sama. Semoga dilancarkan nggeh mas Tugas Akhirnya.



TRANSKRIP WAWANCARA

Waktu Wawancara : 10 September 2023

Lokasi Wawancara : Batako Pak Yanto, Jl. Kaliurang Km. 15,5, Kopatan, Umbulmartani, Kec. Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Biodata Narasumber

Nama : Pak Yanto

Umur : 49 Tahun

Jenis Kelamin : Laki-laki

Pekerjaan : Pemilik dari "Batako Pak Yanto"

Hasil Wawancara

Penulis : Assalamualaikum Bapak, selamat pagi pak. Maaf mengganggu waktunya. Ingin bertanya pak. dalam pembuatan batako.

Narasumber : Waalaikumsalam, selamat siang juga Mas. Boleh mas. Monggo, silahkan bertanya.

Penulis : Untuk campuran batako yang dibuat disini menggunakan jenis pasir dan semen apa ya pak? dan untuk campurannya menggunakan perbandingan semen dan pasirnya berapa ya?

Narasumber : Pada campuran batako yang saya buat itu menggunakan pasir Merapi dan semen yang gonta ganti mas. Untuk komposisi campurannya saya pakai 1 : 9 mas.

Penulis : Untuk harga batako nya berapa nggeh pak?

Narasumber : Harga batako perbijinya Rp3.100,00 mas.

Penulis : Baik pak. terimakasih atas informasi yang bapak berikan.

Narasumber : Nggeh mas sama-sama.

TRANSKRIP WAWANCARA

Waktu Wawancara : 10 September 2023
 Lokasi Wawancara : Rinjaya Mandiri. Jl. Sembada No.8B, Jaban, Sinduharjo,
 Kec. Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa
 Yogyakarta.

Biodata Narasumber

Nama : Bapak Karjio
 Umur : 42 Tahun
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 Pekerjaan : Pemilik dari “Rinjaya Mandiri”

ISLAM
Hasil Wawancara

Penulis : Assalamualaikum Bapak Karjio, maaf sore sore begini saya mengganggu pak. Ingin bertanya mengenai batako di tempat produksi batako bapak.

Narasumber : Waalaikumsalam, selamat sore juga Mas Dimas, Boleh mas.

Penulis : Di tempat produksi batako bapak memproduksi batako berlubang tidak nggeh?

Narasumber : Kalo di tempat saya memproduksi batako jenis pejal sama berlubang mas. Cuman kebetulan yang berlubang sedang jarang.

Penulis : Kalau untuk batako berlubang yang bapak buat itu menggunakan komposisi campuran semen dan pasirnya berapa ngeh pak?

Narasumber : Kalau batako diproduksi dengan campuran 1 semen banding 12 pasir. Tetapi, kalau pasirnya kurang bagus bisa menggunakan 1 semen banding 8 pasir.

Penulis : Oooo nggeh pak siap. Baik pak segitu saja nggeh. terimakasih atas informasi yang bapak berikan.

Narasumber : Nggeh mas sama-sama.