

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI FLY ASH TERHADAP VOLUME RONGGA UDARA, KUAT TEKAN DAN BIAYA PRODUKSI PADA BATAKO SEKAM PADI (*THE EFFECT OF FLY ASH VARIATIONS ON AIR CAVITY VOLUME, COMPRESSIVE STRENGTH AND PRODUCTION COSTS IN RICE HUSK BRICKS*)

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



**Junyan Nirwan
19511025**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI FLY ASH TERHADAP VOLUME RONGGA UDARA, KUAT TEKAN DAN BIAYA PRODUKSI PADA BATAKO SEKAM PADI (THE EFFECT OF FLY ASH VARIATIONS ON AIR CAVITY VOLUME, COMPRESSIVE STRENGTH AND PRODUCTION COSTS IN RICE HUSK BRICKS)

Disusun oleh

Junyan Nirwan
19511025

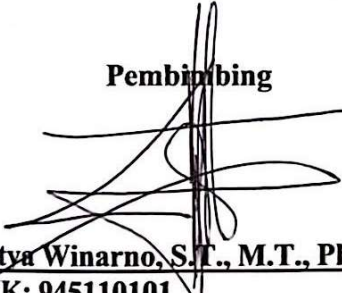
Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk memenuhi salah
satu persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 19 Juli 2024
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Penguji I

Penguji II


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


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


Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK: 205111302



Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil


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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 31 Juli 2024

Yang membuat pernyataan,

A handwritten signature in black ink is written over a yellow 1000 Rupiah postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '1000', 'METERAL TEMPEL', and '5742DALX2697149071'.

Junyan Nirwan

(19511025)

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 Variasi Fly Ash Terhadap Volume Rongga Udara, Kuat Tekan dan Biaya Produksi Pada Batako Sekam Padi*. 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 tentunya banyak hambatan dan rintangan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Atas dasar itu, 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., IPM selaku Dosen Penguji I
4. Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II
5. Bapak Malik Mushthofa, S. T., M.Eng. selaku Kepala Laboratorium BKT.
6. Bapak, Ibu, Keluarga dan teman-teman 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. Dan semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membacanya dan memberikan pengetahuan baru untuk pengetahuan dimasa mendatang.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 31 Juli 2024

Penulis,

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, cursive letters that appear to read 'Junyan Nirwan'.

Junyan Nirwan

(19511025)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	2
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.2.1 Pengaruh Pengurangan Proporsi Sekam Padi Pada Bahan Susun Batako Sekam Padi Ditinjau Dari Aspek Teknis, Redaman Panas dan Biaya Produksi	5
2.2.2 Penggunaan Fly ash Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous	6

2.2.3 Pengaruh Fly Ash Pada Batako Terhadap Kuat Tekan, Penyerapan Air dan Redaman Suhu	7
2.2.4 Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicitak Secara Manual	7
2.2.5 Pengaruh Penambahan Fly Ash dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Bata Merah Pejal Konvensional	8
2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu	10
2.4 Keaslian Penelitian	15
BAB III LANDASAN TEORI	16
3.1 Batako Sekam Padi	16
3.2 Material Penyusun Batako	19
3.3 Pengujian Batako	22
3.3.1 Uji Kuat Desak	22
3.3.2 Uji Penyerapan, Kerapatan dan Volume Rongga Udara	23
3.4 Biaya Produksi	24
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	26
4.1 Tinjauan Umum	26
4.2 Metode Penelitian	26
4.3 Pelaksanaan Penelitian	27
4.3.1 Tahap Persiapan	27
4.3.2 Perencanaan Komposisi	27
4.3.3 Pelaksanaan Penelitian	28
4.4 Analisis Data dan Pembahasan	33
4.5 Bagan Alir Penelitian	33
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	35
5.1 Tinjauan Umum	35

5.2	Perhitungan Kebutuhan Material Campuran	35
5.3	Pengujian Kuat Desak Batako	41
5.4	Pengujian Penyerapan, Kerapatan & Rongga Udara	46
5.5	Perhitungan Harga Pokok Produksi	51
5.6	Hubungan Biaya dan Mutu	58
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		60
6.1	Kesimpulan	60
6.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN		64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	10
Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	11
Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	12
Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	13
Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	14
Tabel 3.1 Syarat-Syarat Ukuran dan Toleransi	18
Tabel 3.2 Syarat-Syarat Fisik Batako Beton	19
Tabel 3.3 Unsur-Unsur Pembentuk Semen	20
Tabel 4.1 Perbandingan Perencanaan Komposisi Batako	28
Tabel 5.1 Perencanaan Komposisi Batako	35
Tabel 5.2 Kebutuhan Benda Uji	36
Tabel 5.3 Kebutuhan Campuran Untuk Batako	41
Tabel 5.4 Hasil Pengukuran dan Pengujian Kuat tekan	42
Tabel 5.5 Hasil Analisis Data Kuat Tekan	43
Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Analisis Data Kuat Tekan	44
Tabel 5.6 Hasil Pengamatan Massa	46
Lanjutan Tabel 5.6 Hasil Pengamatan Massa	47
Tabel 5.7 Hasil Analisis Data Penyerapan, Kerapatan & Volume Rongga Udara	49
Lanjutan Tabel 5.7 Hasil Analisis Data Penyerapan, Kerapatan & Volume Rongga Udara	50
Tabel 5.8 Kebutuhan Material Variasi III	53
Tabel 5.9 Harga Pokok Produksi, Harga Dasar & Harga Jual Batako	57

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan BEP	58
Tabel 5.11 Rekapitulasi Mutu dan Biaya	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Batako Berlubang (a) dan Batako Pejal (b)	17
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian	34
Gambar 5.1 Tinggi dan Diameter Benda uji Penyerapan, Kerapatan, dan Rongga Udara	36
Gambar 5.2 Dimensi Batako Berlubang	38
Gambar 5.3 Dimensi Lubang Batako	38
Gambar 5.4 Grafik Kuat Tekan	45
Gambar 5.5 Grafik Volume Rongga Permeabel	51
Gambar L-1.1 Pencucian dan Pembersihan Sekam Padi	65
Gambar L-1.2 Pengeringan Sekam Padi Sampai Kondisi SSD	65
Gambar L-1.3 Pembuatan Cetakan Untuk Benda Uji Penyerapan, Kerapatan dan Volume Rongga Udara	66
Gambar L-1.4 Penakaran Bahan Campuran	66
Gambar L-1.5 Pencampuran Bahan dengan Mixer	67
Gambar L-1.6 Penakaran dan Pencampuran Air	67
Gambar L-1.7 Proses Pencetakan Batako	68
Gambar L-1.8 Penyimpanan Batako Setelah Dicetak	68
Gambar L-2.1 Pengukuran & Pemberian Nama Sampel Kuat Tekan (a) & Sampel Penyerapan, Kerapatan, Volume Rongga Udara	69
Gambar L-2.2 Penimbangan benda uji Sampel Kuat Tekan (a) & Sampel Penyerapan, Kerapatan, Volume Rongga Udara	69
Gambar L-2.3 Pengujian Kuat Tekan	70
Gambar L-2.4 Pengeringan Oven	70

Gambar L-2.5 Perendaman Benda Uji	71
Gambar L-2.6 Pendidihan Benda Uji	71
Gambar L-2.7 Penimbangan Massa Perendaman Semu	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Pembuatan Benda Uji	65
Lampiran 2 Proses Pengujian Benda Uji	69

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas Penampang (cm^2)
P	= Beban Maksimum
SSD	= Saturated Surface Dry
SNI	= Standar Nasional Indonesia
PC	= Portland Cement
cm	= Centimeter
mm	= Milimeter
gr	= Gram
kg	= Kilogram
p	= Panjang (cm)
l	= Lebar (cm)
t	= Tinggi (cm)
V	= Volume (cm^3)
Mpa	= Megapascal
N	= Newton
σ	= Kuat Tekan (kg/cm^3) atau (Mpa)
ρ	= Kerapatan air (gr/cm^3)

ABSTRAK

Batako kini banyak digunakan untuk menggantikan batu bata merah sebagai bahan bangunan utama dalam konstruksi pasangan dinding. Batako pada umumnya terbuat dari semen, pasir, dan air, digabungkan dalam rasio tertentu, tanpa bahan tambahan lainnya. Fly ash merupakan hasil sisa industri dari pembakaran batu bara. Fly ash adalah salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan tambah atau pengisi karena fly ash memiliki sifat pozzolan. Untuk itu perlu dikaji beberapa komposisi penambahan material fly ash yang optimal dalam batako sekam padi. Tujuannya adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan fly ash pada batako sekam padi terhadap kuat tekan, volume rongga udara dan biaya produksi

Metode penelitian ini dilakukan dengan menggunakan SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding dan SNI 03-6433-2016 tentang Penyerapan, Kerapatan dan Rongga Dalam Beton Yang Telah Mengeras. Dalam penelitian kali ini terdapat 6 variasi penambahan fly ash terhadap semen yaitu 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, 20%.

Dari penelitian ini diperoleh hasil pengujian kuat tekan pada variasi 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, 20% secara berturut-turut yaitu 6.01 kg/cm², 5.98 kg/cm², 5.42 kg/cm², 4.28 kg/cm², 4.47 kg/cm², 4.10 kg/cm². Sehingga dapat disimpulkan bahwa Penggantian semen oleh fly ash hanya dapat dilakukan sampai dengan 4%. Karena penambahan fly ash tidak dapat menaikkan nilai kuat tekan secara signifikan dan penambahan fly ash sebagai bahan pengganti semen juga dapat mempengaruhi nilai kuat tekan tetapi penggunaannya harus secara terkontrol atau tidak berlebihan. Sedangkan pada volume rongga udara tidak menunjukkan adanya trend penurunan volume rongga udara yang signifikan. Di mana nilai volume rongga permeabel tertinggi terdapat pada batako dengan penambahan fly ash 16% yaitu sebesar 47.50% sedangkan nilai volume rongga permeabel terendah dimiliki oleh batako dengan penambahan fly ash 0% yaitu sebesar 40.45%. Untuk hasil perhitungan harga pokok produksi, harga tertinggi terdapat pada variasi II dengan harga pokok produksi Rp4,089.- dan harga jual Rp5,447.- sedangkan harga produksi terendah terdapat pada variasi VI sebesar Rp3,902.- dan harga jual sebesar Rp5,198. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan fly ash maka harga pokok produksi akan semakin murah.

Kata kunci: Fly ash, Sekam padi, Batako, Kuat desak, Rongga udara

ABSTRACT

Brick is now widely used to replace red bricks as the main building material in masonry construction. Brick is generally made of cement, sand, and water, combined in a certain ratio, with no other additives. Fly ash is an industrial residue from burning coal. Fly ash is one of the materials that can be used as an additive or filler because fly ash has pozzolanic properties. For this reason, it is necessary to study several compositions of the optimal addition of fly ash material in rice husk bricks. The goal is to find out how the effect of adding fly ash to rice husk bricks on compressive strength, air cavity volume and production costs.

This research method was carried out using SNI 03-0349-1989 concerning Concrete Bricks for Wall Pairs and SNI 03-6433-2016 concerning Absorption, Density and Voids in Hardened Concrete. In this research, there are 6 variations of fly ash addition to cement, namely 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, 20%.

From this study, the results of compressive strength testing at variations of 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, 20% in a row are 6.01 kg/cm², 5.98 kg/cm², 5.42 kg/cm², 4.28 kg/cm², 4.47 kg/cm², 4.10 kg/cm². So it can be concluded that the replacement of cement by fly ash can only be done up to 4%. Because the addition of fly ash cannot significantly increase the compressive strength value and the addition of fly ash as a substitute for cement can also affect the compressive strength value but its use must be controlled or not excessive. Meanwhile, the volume of air voids does not show a significant downward trend in the volume of air voids. Where the highest permeable cavity volume value is found in bricks with the addition of 16% fly ash, which is 47.50%, while the lowest permeable cavity volume value is owned by bricks with 0% fly ash addition, which is 40.45%. For the calculation of the cost of production, the highest price is found in variation II with a cost of production of Rp4,089 and a selling price of Rp5,447, while the lowest production price is found in variation VI at Rp3,902 and a selling price of Rp. 5,198. This shows that the more the addition of fly ash, the cheaper the cost of production will be.

Keywords: *Fly ash, Rice husk, Brick, Compressive strength, Air voids*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batako kini banyak digunakan untuk menggantikan batu bata merah sebagai bahan bangunan utama dalam konstruksi pasangan dinding. Batako biasanya memiliki ukuran lebih besar dari batu bata. Batako merupakan semacam batu cetak yang dibuat dari campuran semen, pasir dan air. Kemudian dicetak menjadi balok-balok dengan ukuran tertentu.

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 pasal 6, Batako adalah bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam kondisi lembab. Sedangkan menurut SNI 03-0349-1989, *Conblock concrete block* (batu cetak beton) ialah suatu komponen bangunan yang terbuat dari campuran semen Portland, pasir, air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya, dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding. Batako dibuat dengan cara yang lebih ramah lingkungan daripada batu bata merah karena proses pembuatannya tidak melibatkan pembakaran.

Batako pada umumnya terbuat dari semen, pasir, dan air, digabungkan dalam rasio tertentu dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya. Meskipun demikian, penelitian yang dilakukan oleh Ghifari (2022) menunjukkan bahwa sekam padi (salah satu bentuk limbah pertanian) dan abu batu dapat digunakan untuk menggantikan sebagian bahan dalam batako dengan perbandingan semen : abu batu : sekam padi. Penelitian tersebut menghasilkan komposisi material penyusun batako yang optimal dan memenuhi aspek teknis terdapat pada batako sekam padi dengan perbandingan campuran 1 : 1 : 3 pada variasi II. Batako sekam padi variasi II ini memiliki nilai kuat tekan sebesar 28.464 kg/cm² dan sudah memenuhi standar SNI yaitu kuat tekan minimal 25 kg/cm². Nilai penyerapan air sebesar 15.471% dan sudah memenuhi standar SNI serta masuk ke dalam kategori mutu I yaitu dapat digunakan pada konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap).

Fly ash merupakan hasil sisa industri dari pembakaran batu bara. Fly ash adalah salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan tambah atau pengisi karena fly ash memiliki sifat pozzolan. Sifat pozzolan adalah sifat yang dimiliki oleh bahan yang mengandung silika dan alumina yang tidak memiliki sifat semen, tetapi dengan adanya air dapat menjadi suatu massa padat dan tidak larut dengan air (Tjokrodimuljo, 1996).

Prasetyo (2022) telah melakukan penelitian pembuatan batako dengan komposisi pasir: semen sebesar 1:8 dan ditambahkan fly ash sebesar 0%, 3%, 5%, 7%, 9% serta *damdex* sebesar 2%. Penelitian tersebut menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 99 kg/cm² pada variasi penambahan fly ash 7%. Dan menghasilkan nilai penyerapan terbaik sebesar 7.51 pada variasi penambahan fly ash 9%.

Prasetyo (2022) telah melakukan penelitian dengan menggunakan bahan fly ash tetapi tidak dilakukan pada batako dengan sekam padidan abu batu sedangkan Ghifari (2022) telah membuat batako dengan bahan sekam padi dan abu batu tetapi belum memanfaatkan fly ash sebagai bahan penyusun. Untuk itu perlu dikaji beberapa komposisi penggantian sebagian semen dengan material fly ash yang optimal dalam batako sekam padi yang akan ditinjau dari sisi volume rongga udara, kuat tekan dan biaya produksi pada batako sekam padi

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, Maka rumusan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggantian sebagian semen oleh fly ash pada batako sekam padi terhadap volume rongga udara?
2. Bagaimana pengaruh penggantian sebagian semen oleh fly ash pada batako sekam padi terhadap kuat tekan batako?
3. Bagaimana pengaruh penggantian sebagian semen oleh fly ash terhadap biaya produksi batako sekam padi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka didapatkan tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penggantian sebagian semen oleh fly ash pada batako sekam padi terhadap volume rongga udara.
2. Mengetahui pengaruh penggantian sebagian semen oleh fly ash pada batako sekam padi terhadap kuat tekan batako.
3. Mengetahui pengaruh penggantian sebagian semen oleh fly ash terhadap biaya produksi batako sekam padi.

1.4 Manfaat Penelitian

- 1 Pihak kontraktor dapat menurunkan jumlah kebutuhan semen dengan menambahkan fly ash dengan demikian diperkirakan akan menurunkan biaya produksi batako
- 2 Pihak industri penghasil limbah batu bara, sekam padi dan abu batu dapat menambah nilai ekonomi dari limbah tersebut.
- 3 Pihak kontraktor juga dapat membantu pemerintah dalam menurunkan emisi gas berbahaya seperti karbon dioksida yang dihasilkan dari penggunaan semen.
- 4 Masyarakat dapat menggunakan material baru yaitu batako dengan fly ash, abu batu dan sekam padi dalam pembuatannya
- 5 Pihak pemerintah dan kontraktor juga dapat menjadikan fly ash sebagai teknologi yang ramah lingkungan terutama di sektor konstruksi

1.5 Batasan Penelitian

Membatasi ruang lingkup masalah merupakan langkah pertama yang penting dalam desain studi. Para penulis mendefinisikan ruang lingkup masalah sebagai berikut untuk membantu memandu penelitian masa depan dan menghasilkan hasil yang nyata.

1. Batako yang digunakan dalam penelitian ini adalah batako dengan sekam padi dan abu batu dengan penggantian sebagian semen oleh variasi fly ash .
2. Campuran yang digunakan berjumlah 5 varian dengan presentase penggantian fly ash terhadap berat semen sebagai berikut 4%, 8%, 12%, 16% dan 20%
3. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian volume rongga udara, kuat tekan dan biaya produksi

4. Pengambilan sekam padi berlokasi di area persawahan Donoharjo, Ngaglik, Sleman
5. Perhitungan biaya produksi berdasarkan hasil survei di wilayah Kabupaten Sleman
6. Jenis semen yang digunakan adalah OPC (Ordinary Pozzolan Cement) atau semen tipe I dengan merk Tiga Roda
7. Pengujian kerapatan, penyerapan, dan rongga pada beton keras dan pengujian kuat tekan pada bata dilakukan masing-masing sesuai dengan standar SNI 03-6433-2016 dan standar SNI 03-0349-1989.
8. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Rekayasa (BKT) di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
9. Pembuatan benda uji dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia
10. Dalam pembuatan campuran batako sekam padi digunakan perbandingan volume abu batu dan sekam padi yang konstan yaitu sebesar 1 abu batu : 3 sekam padi sedangkan perbandingan semen dan fly ash bervariasi

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah semuanya telah diuraikan di Bab 1. Kemudian, di Bab II, terdapat tinjauan literatur yang menjadi dasar penelitian ini. Peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian masing-masing tentang penggunaan batako sekam padi dan fly ash.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang terkait dengan judul penelitian yang akan dilakukan penting untuk dilakukan agar dapat membandingkan terkait hasil dan kesimpulan

2.2.1 Pengaruh Pengurangan Proporsi Sekam Padi Pada Bahan Susun Batako Sekam Padi Ditinjau Dari Aspek Teknis, Redaman Panas dan Biaya Produksi

Ditulis oleh Ghifari (2022). Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan limbah sekam padi sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan batako. Dengan mengurangi proporsi sekam padi dan menyempurnakan teknik pencampuran, diharapkan dapat dihasilkan batako yang lebih ringan dan memenuhi standar teknis yang berlaku, sekaligus mengurangi ketergantungan pada material konvensional yang tidak dapat diperbarui. Penelitian ini merupakan pengembangan lebih lanjut dari studi yang dilakukan oleh Fahri pada tahun 2021. Dalam penelitian ini, batako sekam padi diuji secara menyeluruh berdasarkan SNI 03-0349-1989, meliputi uji kuat tekan, penyerapan air, dan kemampuan menahan panas. Untuk perbandingan, batako merek BlessCon juga diuji. Berdasarkan hasil pengujian, batako sekam padi variasi II dengan perbandingan campuran 1:1:3 (semen : abu batu : sekam padi) menunjukkan kinerja terbaik. Batako ini memiliki nilai kuat tekan sebesar 28.464 kg/cm², nilai penyerapan air 15.471%, dan berat volume

1314.066 kg/m³, memenuhi kriteria sebagai batako ringan. Hasil ini lebih baik dibandingkan dengan bata ringan merek BlessCon yang memiliki nilai kuat tekan 27.009 kg/cm², nilai penyerapan air 27.498%, dan berat volume 742.424 kg/m³. Batako sekam padi variasi V dengan perbandingan campuran 1:1:6 (semen : abu batu : sekam padi) menunjukkan kemampuan meredam panas terbaik, yakni sebesar 17.69°C. Angka ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bata ringan merek BlessCon yang hanya mampu meredam panas sebesar 4.64°C. Harga pokok produksi batako sekam padi didapatkan sebesar Rp8,243,- per batako dan harga jualnya sebesar Rp9,067,- per batako. Harga bata ringan merek BlessCon setelah dikonversikan adalah sebesar Rp 9,680,- per buah sehingga apabila dibandingkan dengan batako sekam padi, maka harga batako sekam padi lebih murah 6.33%. Harga batako konvensional setelah dikonversikan adalah sebesar Rp6,175,- per buah sehingga apabila dibandingkan dengan batako sekam padi, maka harga batako sekam padi lebih mahal 46.83%.

2.2.2 Penggunaan Fly ash Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous

Pengaruh fly ash terhadap kuat tekan dan porositas beton berpori dipelajari oleh Anggraini et al. (2022). Beton berpori adalah jenis beton yang biasa digunakan untuk pembuatan jalan raya. Karena strukturnya yang keropos, beton dapat digunakan untuk mengurangi kerusakan akibat banjir dengan menyerap kelebihan air dari tanah. Perkerasan beton berpori adalah opsi pengaspalan alternatif dengan potensi untuk memperbaiki masalah lingkungan saat ini. Abu terbang, produk sampingan dari industri batu bara dapat digunakan sebagai pengganti atau penambah semen. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan beton berpori yang diperkuat dengan fly ash. Pemanfaatan limbah fly ash sebagai bahan tambahan semen merupakan salah satu cara untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Penelitian ini berupaya mengukur komposisi campuran maksimum dan minimum yang diperoleh pada campuran fly ash dengan mengukur kuat tekan dan porositas beton berpori menggunakan fly ash pada konsentrasi 0%, 15%, 25%, dan 35%. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan pada variasi 0%, nilai kuat tekannya 9.483 MPa

dan porositasnya 36.1%, hasil variasi fly ash 15% nilai kuat tekannya 8.776 MPa, porositasnya 29.3%, hasil variasi fly ash 25% nilai kuat tekannya 10.333 MPa dan porositasnya 31.2%. dan nilai variasi fly ash 35% nilai kuat tekannya 9.766 MPa, dan porositasnya 33.2%. dari data di atas dapat diambil bahwa variasi campuran fly ash 25% merupakan hasil yang optimum.

2.2.3 Pengaruh Fly Ash Pada Batako Terhadap Kuat Tekan, Penyerapan Air dan Redaman Suhu

Prasetyo (2022) telah melakukan penelitian penggunaan fly ash (hasil pembakaran batu bara) sebagai bahan campuran pembuatan batako. Komposisi campuran batako dengan abu batubara terdiri dari 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% terhadap berat semen, rasio air terhadap semen sebesar 1:8, dan indeks FAS 0,31 dengan tambahan damdex aditif sebesar 2%. Pengujian meliputi pengujian kuat tekan, redaman panas dan penyerapan air. Setelah batako di diamkan selama 14 hari, masing-masing sampel batako diuji. Berdasarkan hasil pengujian persentase penambahan abu batubara (fly ash) yang efektif dan optimum yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan batako yaitu dengan komposisi campuran 5% fly ash. Pada penelitian ini kuat tekan tertinggi diperoleh pada batako dengan penambahan fly ash sebesar 7% dengan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 99 kg/cm². Nilai penyerapan air terbaik di peroleh pada batako dengan penambahan fly ash 9% dengan nilai penyerapan air 7.51, sedangkan nilai redaman suhu terbaik diperoleh pada batako dengan penambahan fly ash sebesar 9% dengan nilai redaman suhu 11.15 °C.

2.2.4 Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicetak Secara Manual

Penelitian ini dilakukan oleh Amali & Winarno (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 pemadatannya 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 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.

2.2.5 Pengaruh Penambahan Fly Ash dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Bata Merah Pejal Konvensional

Penelitian ini dilakukan oleh Prakoso et al. (2018) mereka melakukan penelitian terhadap bata merah. Yang mana bata merah adalah suatu unsur bangunan yang dipergunakan dalam pembuatan konstruksi bangunan dan dibuat dari tanah liat ditambah air dengan atau tanpa bahan campuran lain. Mereka melakukan eksperimen dengan menambahkan fly ash dan abu sekam padi pada bata merah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh penambahan fly ash dan abu sekam padi terhadap nilai kuat tekan bata merah. Proses pembuatan benda uji mengikuti prosedur di pabrik bata. Variasi benda uji yang dibuat yaitu bata normal dan bata dengan penambahan fly ash dan abu sekam padi yang digunakan masing-masing adalah 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% terhadap berat tanah liat. Jumlah benda uji masing-masing persentase penambahan fly ash dan abu sekam padi adalah sebanyak 12 benda uji. Metode pengujian kuat tekan

bata merah mengacu pada SNI 15-2094-2000. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa nilai kuat tekan bata merah mengalami penurunan dari bata merah normal (38.97 kg/cm^2). Penurunan nilai kuat tekan terbesar terjadi pada bata merah dengan penambahan abu 30% (48.04%) dan penurunan nilai kuat tekan bata terkecil terjadi pada bata merah dengan penambahan abu 5% (5.98%). Penurunan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh jumlah penambahan abu, jumlah penggunaan air dan kadar air.

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Dari hasil tinjauan pustaka penelitian terdahulu, maka didapatkan hasil rincian yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut ini

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Ghifari (2022)	Anggraini, dkk (2022)	Prasetyo (2022)	Amali (2019)	Prakso, dkk (2018)
Judul	Pengaruh Pengurangan Proporsi Sekam Padi Pada Bahan Susun Batako Sekam Padi Ditinjau Dari Aspek Teknis, Redaman Panas dan Biaya Produksi	Penggunaan Fly ash Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous	Pengaruh Fly Ash Pada Batako Terhadap Kuat Tekan, Penyerapan Air dan Redaman Suhu	Optimasi Batako Sekam Padi yang Dicitak Secara Manual	Pengaruh Penambahan Fly Ash dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Bata Merah Pejal Konvensional
Bahan Tambah	Abu batu dan sekam padi	Fly ash	Fly ash dan <i>damdex</i>	Sekam padi dan abu batu	Fly ash dan abu sekam padi

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Ghifari (2022)	Anggraini, dkk (2022)	Prasetyo (2022)	Amali (2019)	Prakso, dkk (2018)
Tujuan Penelitian	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi material penyusun batako sekam padi yang optimal dan memenuhi aspek, teknis nilai redaman panas pada batako sekam padi, harga pokok produksi batako sekam padi dan perbandingan antara batako sekam padi dengan bata ringan yang ada di pasaran	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan porositas beton porous dengan penggunaan fly ash serta komposisi campuran maksimum dan minimum yang diperoleh pada campuran fly ash dengan varasi 0% 15%, 25%, dan 35%, dengan menggunakan metode dari American Concrete Institute 522 R-10.	Mengetahui pengaruh penambahan fly ash terhadap kuat tekan batako, penyerapan air dan redaman suhu.	Mengetahui komposisi material penyusun batako sekam padi agar memenuhi persyaratan kuat desak yang sesuai dengan standar SNI-03-0349-1989, nilai penyerapan air batako dengan penggunaan sekam padi dan harga sebuah batako sekam padi	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh penambahan fly ash dan abu sekam padi terhadap nilai kuat tekan bata merah

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Ghifari (2022)	Anggraini, dkk (2022)	Prasetyo (2022)	Amali (2019)	Prakso, dkk (2018)
Metode Penelitian	<p>Penelitian ini diawali dengan persiapan bahan baku berupa semen, abu batu, dan sekam padi. Sampel batako dengan berbagai komposisi kemudian dibuat dan diuji sesuai dengan standar nasional (SNI 03-0349-1989). Selain pengujian kuat tekan dan penyerapan air, penelitian ini juga mengukur kemampuan batako dalam meredam panas serta melakukan analisis biaya produksi.</p>	<p>penelitian ini menggunakan beton berpori yang diperkuat dengan fly ash. Penelitian ini berupaya mengukur komposisi campuran maksimum dan minimum yang diperoleh pada campuran fly ash dengan mengukur kuat tekan dan porositas beton berpori menggunakan fly ash pada konsentrasi 0%, 15%, 25%, dan 35%</p>	<p>Dalam penelitian ini, batako dibuat dengan variasi kandungan abu batubara mulai dari 0% hingga 9% dari berat semen, dengan perbandingan semen dan pasir tetap 1:8 serta penambahan aditif FAS 0,31% dan damdex 2%. Uji kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas dilakukan pada batako yang telah berumur 14 hari untuk menganalisis pengaruh abu batubara terhadap sifat-sifat fisik batako.</p>	<p>Dalam penelitian ini, batako dibuat dengan metode cetak manual dalam posisi tidur menggunakan campuran semen, abu batu, dan sekam padi. Perbandingan semen dan abu batu ditetapkan sebesar 1:3, sementara proporsi sekam padi bervariasi dari 2.5% hingga 10%. Parameter yang dianalisis meliputi kuat tekan, penyerapan air, dan perbandingan harga produksi dengan batako pasaran.</p>	<p>Proses pembuatan sampel batako dilakukan dengan mengikuti prosedur yang umum diterapkan di pabrik bata. Variabel penelitian meliputi persentase penambahan bahan tambahan yang berkisar antara 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% dari berat tanah liat. Untuk setiap variasi, dibuat 12 sampel batako dan diuji sesuai dengan standar nasional (SNI 15-2094-2000)</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Ghifari (2022)	Anggraini, dkk (2022)	Prasetyo (2022)	Amali (2019)	Prakso, dkk (2018)
Hasil Penelitian	<p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa batako sekam padi variasi II dengan perbandingan campuran 1:1:3 memiliki nilai kuat tekan sebesar 28.464 kg/cm² dan penyerapan air sebesar 15.471%, serta telah memenuhi standar SNI.</p> <p>Di sisi lain, variasi V dengan perbandingan 1:1:6 memiliki nilai redaman panas tertinggi yaitu 17.69°C.</p>	<p>Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan pada variasi 0%, nilai kuat tekannya 9,483 MPa dan porositasnya 36.1%, hasil variasi fly ash 15% nilai kuat tekannya 8.776 MPa, porositasnya 29.3%, hasil variasi fly ash 25% nilai kuat tekannya 10,333 MPa dan porositasnya 31.2%. dan nilai variasi fly ash 35% nilai kuat tekannya 9.766 MPa, dan</p>	<p>Persentase penambahan fly ash yang efektif dan optimum yaitu dengan komposisi campuran 5%. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada batako dengan penambahan fly ash sebesar 7% dengan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 99 kg/cm². Nilai penyerapan air terbaik di peroleh pada batako dengan penambahan fly ash 9% dengan nilai penyerapan air 7.51,</p>	<p>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</p>	<p>nilai kuat tekan bata merah mengalami penurunan dari bata merah normal (38.97 kg/cm²). Penurunan nilai kuat tekan terbesar terjadi pada bata merah dengan penambahan abu 30% (48.04%).</p> <p>Penurunan nilai kuat tekan bata terkecil terjadi pada bata merah dengan penambahan abu 5% (5.98%).</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Ghifari (2022)	Anggraini, dkk (2022)	Prasetyo (2022)	Amali (2019)	Prakso, dkk (2018)
Hasil penelitian	Semakin banyak sekam padi, harga produksi akan semakin murah karena sekam padi merupakan bahan baku yang relatif lebih terjangkau.	porositasnya 33.2%. dari data di atas dapat diambil bahwa variasi campuran fly ash 25% merupakan hasil yang optimum.	nilai redaman suhu terbaik diperoleh pada batako dengan penambahan fly ash sebesar 9% dengan nilai redaman suhu 11.15 °C.	sementara syarat SNI adalah 21 kg/cm ² . Sementara itu, hasil uji penyerapan air tertinggi pada komposisi 1 : 3 : 10 dengan nilai 17.33%. 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.	Penurunan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh jumlah penambahan abu, jumlah penggunaan air dan kadar air

2.4 Keaslian Penelitian

Penelitian saat ini berbeda dengan penelitian terdahulu. Letak perbedaannya adalah pada campuran batako dan jenis yang digunakan adalah menggunakan batako sekam padi serta menggunakan variasi penggantian semen dengan fly ash. Persentase fly ash menggantikan semen sebesar 4%, 8%, 12%, 16% dan 20%. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan batako pada umur 28 hari dan pengujian volume rongga udara. Hasil yang diharapkan adalah diketahuinya kadar optimum fly ash pada campuran batako dari sisi kuat tekan dan volume rongga udara.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Batako Sekam Padi

Batako merupakan unsur penting dalam sebuah bangunan. Batako umumnya terbuat dari pasir, semen dan air yang dicampur dengan komposisi tertentu sebelum dicetak secara mekanis atau dengan tangan. Sumber lain, SNI 03-0349-1989, mendefinisikan batako atau batako sebagai komponen bangunan yang dapat digunakan untuk konstruksi dinding dan terbuat dari campuran semen, pasir, air, dan bahan lainnya.

Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia, pasal 6 (1982) menyebutkan bahwa batako terbuat dari campuran pasir, semen dan air, dengan atau tanpa penambahan bahan lain, dan batako yang baru dicetak harus disimpan di lingkungan yang lembab. Berdasarkan uraian tersebut, jelas bahwa batako sekam padi yang akan di buat merupakan salah satu jenis bahan bangunan yang dihasilkan dengan cara mencetak campuran semen, sekam padi, abu batu, fly ash dan air dengan komposisi tertentu, dalam lingkungan tanpa api, cukup basah dan untuk digunakan sebagai bahan bangunan pasangan dinding.

Batako memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran sebagaimana tercantum dalam SNI 03-0349-1989. Namun, batako berlubang dan batako pejal adalah dua variasi umum. Batako pejal adalah batako yang memiliki luas penampang lebih dari 75% volumenya. Sedangkan batako berlubang adalah batako yang volume lubangnya melebihi 25% dari total volume batako dan luas penampang lubangnya melebihi 25% dari luas penampang batako. Seperti digambarkan dalam Gambar 3.1 berikut ini



(a)

(b)

Gambar 3.1 Batako Berlubang (a) dan Batako Pejal (b)

Dari kedua jenis batako tersebut batako berlubang memiliki keunggulan lebih baik dalam menghantarkan panas daripada batako pejal (padat) dengan menggunakan komposisi yang sama. Batako memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan bata merah sebagai berikut

1. Proses produksi yang mudah dan ukuran dapat dibuat sama.
2. Ukurannya yang besar, membuat proses pemasangan memakan waktu lebih sedikit dan biaya lebih sedikit.
3. Jenis batako berlubang juga dapat berfungsi sebagai isolasi udara.
4. Tidak perlu memplester pekerjaan yang rapi.
5. Lebih mudah dipotong untuk sambungan tertentu yang membutuhkannya.
6. Kedap air, sehingga kejadian kebocoran sangat kecil kemungkinannya..
7. Untuk rangka beton pengakunya lebih luas dari 9 hingga 12.

Berdasarkan persyaratan SNI 03-0349-1989, mutu beton diklasifikasikan menjadi empat tingkatan mutu. Mulai dari mutu I hingga mutu IV sebagai berikut ini

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

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

Dalam SNI 03-0349-1989 juga terdapat persyaratan mutu untuk pasangan dinding seperti yang dapat dilihat berikut ini

1. Pandangan Luar
 - 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
2. Ukuran dan Toleransi

Berikut adalah syarat-syarat ukuran dan toleransi pada batako yang dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Syarat-Syarat Ukuran dan Toleransi

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

3. Syarat fisis

Tabel 3.2 Syarat-Syarat Fisik Batako Beton

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

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

3.2 Material Penyusun Batako

Berikut ini adalah material yang akan digunakan pada pembuatan batako yang dilakukan penelitian kali ini

1. Semen

Semen Portland, juga dikenal sebagai semen PC, adalah jenis semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling klinker yang terbuat dari kalsium silikat hidrolis, yang biasanya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat, di dalam penggilingan. (ASTM C-150). Semen berperan sebagai perekat antar butiran dalam agregat, dan juga mengisi ruang-ruang di antara agregat sehingga membentuk suatu massa yang padat (Tjokrodinuljo, 1996). Semen yang digunakan harus sesuai dengan fungsi bangunan.

Semen terutama terdiri dari kapur, silika, alumina, magnesium, dan kadang-kadang sejumlah kecil alkali. Oksida besi ditambahkan ke semen untuk kontrol

komposisi, dan gipsum ditambahkan untuk mengontrol waktu pengerasan semen. Tabel 3.3 menyajikan bahan baku yang dibutuhkan untuk memproduksi semen portland.

Tabel 3.3 Unsur-Unsur Pembentuk Semen

Oksida	Persen %
Kaour (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	17-25
Alumina (AL ₂ O ₃)	3-8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0.5-6
Magnesia (MgO)	0.5-4
Sulfur (SO ₃)	1-2
Soda/potash	0,5-1

Semen Portland dapat dipecah menjadi 5 jenis yang berbeda berdasarkan komposisi senyawa kimianya, sebagaimana ditentukan oleh SNI 15-2049-2004.

- a. Jenis I, yaitu semen portland yang penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- b. Jenis II, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- c. Jenis III, yaitu semen portland yang penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- d. Jenis IV, yaitu semen portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.
- e. Jenis V, yaitu semen portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

2. Abu batu

Abu batu adalah butiran butiran batu kecil yang dihasilkan dari sisa -sisa pengrajin batu atau penggalian tambang alam. Abu batu memiliki ukuran butiran

yang sangat halus sehingga dapat mengisi rongga (pori). Abu batu sendiri memiliki sifat yang dapat mengikat dan akan semakin mengeras jika terkena air.

3. Air

Air sangat dibutuhkan pada proses pembuatan batako. Di mana air sendiri berfungsi sebagai pencampur antara semen dan bahan lainnya. Air akan menyebabkan reaksi kimia yang disebut hidrasi dan hasilnya akan menentukan bagaimana semen dapat mengeras dan seberapa besar kekuatannya. Air yang digunakan juga harus air yang terhindar atau tidak mengandung zat-zat lain seperti minyak, garam atau bahan lainnya yang nantinya akan mempengaruhi kualitas dari batako.

4. Fly ash

Fly ash adalah bahan yang berasal dari produk sampingan dari pembakaran batu bara. Fly ash memiliki sifat pozzolan, artinya mengandung silika dan alumina yang dapat digunakan sebagai bahan pengikat. Fly ash dapat mengeraskan ke tingkat yang sama seperti semen, memungkinkannya untuk dicetak menjadi berbagai bentuk padat.

Meningkatnya permintaan batubara di Indonesia membuat fly ash semakin sering digunakan. Batubara menyumbang 14.1% dari seluruh energi yang dikonsumsi, dan proporsi ini diperkirakan akan meningkat menjadi 34.6% pada tahun 2025, menurut data tersebut (Gusnita, 2012). Hal ini jelas akan menyebabkan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh fly ash yang tidak dimanfaatkan Kembali. Maka dari itu dengan dimanfaatkannya Flyash diharapkan dapat membantu mengatasi masalah lingkungan yang saat ini banyak terjadi khususnya dalam penggunaan energi batu bara.

5. Sekam padi

Sekam padi dihasilkan dari proses menggiling gabah (grain skin). Di sekitar penggilingan padi di Indonesia, sekam padi biasanya ditumpuk sebagai limbah. Sejauh ini pemanfaatan sekam padi yang dilakukan tidak terlalu menguntungkan. Jika beras ditanam tiga kali setahun, maka sekam padi tiga kali lebih banyak dari gabah dan jerami. Butiran padi biasanya dilindungi oleh sekam padi yang keras.

Sekam yang tersisa setelah bulir padi dikeluarkan selama penggilingan disebut sebagai "limbah penggilingan".

3.3 Pengujian Batako

3.3.1 Uji Kuat Desak

Kekuatan tekan adalah gaya per satuan luas yang dapat ditahan oleh bata ketika dikompresi. Kualitas batako biasanya dievaluasi dengan mengukur kekuatan tekannya. Standar SNI 1974-2011 yang digunakan dalam uji kuat tekan ini diberikan pada Persamaan 3.1 di bawah ini dalam satuan kg/cm^2 .

$$\text{Kuat Tekan Batako} = P/A \quad (3.1)$$

Di mana : P = beban hancur (kgf)

A = luas penampang batako (cm^2)

Kuat desak juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti berikut ini

1. Kualitas dari bahan campuran seperti semen, pasir, agregat, air, dan terkadang menggunakan bahan kimia tambahan sebagai penguat.
2. Proporsi atau perbandingan dari masing-masing bahan campuran. Dengan menggunakan perbandingan campuran yang tepat maka batako akan menjadi suatu material yang kokoh dan sedikit berpori karena campuran akan menyatu dengan baik.
3. Proses perawatan batako setelah mengeras. Batako segar yang telah dicetak harus segera diteduhkan dan dilindungi di tempat yang lembap.
4. Usia batako, semakin lama usia batako yang telah dicetak maka kuat desak juga akan meningkat. Kuat desak akan meningkat dengan pesat sampai 14 hari, tetapi setelah itu kuat desak akan meningkat secara perlahan.
5. Pengaruh cuaca yang dapat menyebabkan pemuaian dan penyusutan. Hal ini disebabkan oleh pergantian suhu panas di siang hari dan dingin di malam hari.
6. Daya rusak kimiawi, daya rusak kimiawi dari air laut (garam), alkali, asam sulfat, limbah, dan lain-lain dapat mempengaruhi kekuatan beton.

3.3.2 Uji Penyerapan, Kerapatan dan Volume Rongga Udara

Rongga udara dalam satuan volume adalah ruang diantara butiran agregat yang tidak terisi oleh partikel padat. Metode dalam pengujian ini menggunakan SNI SNI 03-6433-2016 tentang penyerapan, kerapatan dan rongga dalam beton yang telah mengeras

Menurut SNI 03-6433-2016. Metode pengujian ini mencakup penentuan kerapatan, persentase penyerapan, dan persentase rongga dalam beton yang telah mengeras. Metode uji ini menghasilkan data yang diperlukan untuk mengkonversi massa beton dengan volume beton. Kesesuaian dengan spesifikasi beton dan tingkat keseragaman dalam massa beton dapat juga dilihat dari data ini

Untuk menghitung rongga dalam beton yang sudah mengeras dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.2 sampai dengan 3.8 berikut ini

$$a. \text{ Penyerapan setelah perendaman } \% = \frac{B-A}{A} \times 100 \quad (3.2)$$

$$b. \text{ Penyerapan setelah perendaman dan pemanasan } \% = \frac{C-A}{A} \times 100 \quad (3.3)$$

$$c. \text{ Kerapatan Massa Kering, } g1 = \frac{A}{(C-D)} \times \rho \quad (3.4)$$

$$d. \text{ Kerapatan Massa Setelah Perendaman } = \frac{B}{(C-D)} \times \rho \quad (3.5)$$

$$e. \text{ Kerapatan Massa Setelah Perendaman dan Pendidihan } = \frac{C}{(C-D)} \times \rho \quad (3.6)$$

$$f. \text{ Kerapatan Semu } g2 = \frac{A}{(A-D)} \times \rho \quad (3.7)$$

$$g. \text{ Volume Rongga Permeabel, } \% = \frac{g2-g1}{g2} \times 100 \quad (3.8)$$

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)

g_1 = kerapatan massa kering (gram/cm³)

g_2 = kerapatan semu (gram/cm³)

ρ = kerapatan air (1 gram/cm³)

3.4 Biaya Produksi

Biaya produksi atau harga pokok produksi adalah hal yang sangat penting untuk dihitung secara tepat dan akurat, karena dapat mencegah perusahaan mengalami masalah ketika mencoba menetapkan harga jual produk. Para ahli sepakat bahwa berikut ini merupakan sebagian besar biaya yang dikeluarkan selama jangka waktu tertentu yang dapat digunakan untuk menghitung HPP

1. Biaya bahan baku

Biaya bahan baku adalah biaya yang dikeluarkan oleh bisnis untuk memproduksi suatu produk. Biaya yang terkait dengan bahan baku meliputi, tetapi tidak terbatas pada bahan baku, mesin, peralatan, suku cadang, tenaga kerja, dan utilitas.

2. Biaya tenaga kerja langsung

Biaya tenaga kerja langsung adalah biaya yang dibayarkan kepada karyawan yang memproduksi barang, baik dengan tangan atau dengan mesin.

3. Biaya overhead pabrik

Biaya overhead pabrik atau biasa dikenal dengan istilah biaya tidak langsung yaitu biaya yang tidak berkaitan langsung dengan produksi seperti biaya pengiriman, THR, konsumsi, dan keuntungan. Terkecuali biaya bahan langsung dan biaya tenaga kerja

Biaya produksi merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan dalam pengolahan bahan baku menjadi produk. Biaya produksi memiliki fungsi sebagai berikut ini:

1. Sebagai dasar penetapan laba,

Dengan mengetahui biaya produksi maka perusahaan bisa menetapkan besar laba dan sekaligus dapat menetapkan harga jual produk.

2. Sebagai dasar penilaian efisiensi,
Harga pokok produksi dapat digunakan sebagai dasar untuk mengontrol pemakaian bahan, upah, dan biaya tidak langsung. Ini dilakukan dengan menetapkan harga pokok standar sebelum dibandingkan dengan harga pokok aktual untuk mengetahui apakah ada perbedaan nilai yang terkait dengan efisiensi produksi. Jika ada selisih negatif, itu menunjukkan bahwa proses produksi tidak berjalan dengan baik, dan perusahaan harus mencari penyebabnya dan memperbaikinya. Jika ada selisih positif, itu menunjukkan bahwa perusahaan telah melakukan perhitungan harga pokok standar yang salah atau telah melakukannya dengan tepat. Perusahaan harus melakukan penelusuran lebih lanjut untuk mengetahui hal tersebut.
3. Sebagai penetapan harga jual,
Harga produksi perlu diketahui oleh suatu perusahaan agar dapat menetapkan harga dari produk tersebut
4. Sebagai dasar pengambilan keputusan manajemen
Biaya produksi juga digunakan pada manajemen untuk mengambil keputusan khusus bagi perusahaan seperti menetapkan strategi persaingan, menetapkan perubahan harga jual, menetapkan ekspansi perusahaan dan masih banyak lagi.

Setelah dilakukan perhitungan harga pokok produksi maka selanjutnya dapat dilakukan analisis *Break Even Point* (BEP). BEP adalah titik impas atau titik dimana total pendapatan sama dengan total biaya yang dikeluarkan. Analisis BEP ini dilakukan apakah perusahaan mengalami kerugian atau tidak dan juga dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari suatu usaha.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian adalah bagaimana metode yang akan dilakukan dalam penelitian tersebut atau dengan kata lain adalah tata cara penelitian yang akan dilakukan. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan solusi atau jawaban dari kasus yang ada, tentunya hasil yang didapat harus rasional.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang akan berlangsung di lingkungan yang terkendali. Eksperimen adalah metode studi yang menggunakan kondisi standar untuk menarik kesimpulan tentang dampak satu variabel terhadap variabel lainnya. Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi di Universitas Islam Indonesia (PIMVM UII) dan fasilitas terpisah akan digunakan untuk membuat objek uji untuk penelitian ini. Lokasi kedua adalah Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Kedua lab tersebut dapat ditemukan di Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jalan Kaliurang Km 14.5, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.2 Metode Penelitian

Metode pada penelitian ini menggunakan dua variable yaitu variable bebas (*Independent Variabel*) dan variable terikat (*Dependent Variable*). Variabel bebas adalah variable yang tidak terikat dengan variable lainnya, pada penelitian kali ini variable bebas berupa variasi penggantian sebagian semen dengan fly ash pada batako. Sedangkan variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau tergantung pada variabel lainnya, pada penelitian ini variabel terikat berupa pengujian kuat desak, volume rongga udara dan harga pokok produksi batako.

4.3 Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan ini dilakukan di Laboratorium Pusat Inovasi Material Vulkanik Merapi (PIMVM) Universitas Islam Indonesia. Berikut ini Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian.

4.3.1 Tahap Persiapan

Semua peralatan dan perlengkapan yang diperlukan telah dikumpulkan pada titik ini. Hal ini diharapkan dapat mengurangi beban penelitian. Bahan-bahan berikut digunakan:

1. Alat yang berfungsi untuk membuat sekam padi dalam kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD).
2. Saringan untuk menyaring sekam padi dari gumpalan-gumpalan debu
3. Ember yang berfungsi sebagai tempat dan alat takar bahan.
4. Timbangan untuk menghitung berat volume dari bahan-bahan yang dipakai.
5. Gelas ukur untuk menghitung jumlah air yang dipakai dalam campuran.
6. *Mixed Machine* yang berfungsi untuk mengaduk campuran.
7. *Press Machine* yang berfungsi untuk mem-press adukan batako.
8. Cetakan batako dengan ukuran 10 cm x 20 cm x 36 cm.
9. Papan kayu sebagai wadah dari batako yang sudah dicetak.
10. Solar untuk melapisi cetakan batako agar batako tidak lengket dan lebih mudah untuk dikeluarkan dari cetakannya.
11. Kamera sebagai alat untuk mendokumentasikan proses pelaksanaan.
12. Alat bantu seperti cetok semen, kuas, penggaris, kalkulator, dan spidol ‘

4.3.2 Perencanaan Komposisi

Mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Ghifari (2022) dengan hasil batako sekam padi yang optimum berada pada perbandingan campuran 1 semen : 1 abu batu : 3 sekam padi. Sehingga pada penelitian ini dipakai perbandingan yang sama. Namun sebagian semen akan digantikan dengan fly ash sebesar 4%, 8%, 12%, 16% dan 20% terhadap berat semen. Untuk lebih lengkap komposisi batako sekam padi dengan penggunaan fly ash dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini

Tabel 4.1 Perbandingan Perencanaan Komposisi Batako

Variasi	Semen	Abu Batu	Sekam Padi	Fly ash
I	1	1	3	0.00
II	0.96	1	3	0.04
III	0.92	1	3	0.08
IV	0.88	1	3	0.12
V	0.84	1	3	0.16
VI	0.80	1	3	0.20

4.3.3 Pelaksanaan Penelitian

Berikut ini adalah Langkah-langkah dalam pembuatan dan perawatan benda uji berupa batako pada penelitian kali ini

1. Persiapan
 - a. Pengambilan fly ash dan sekam padi dari tempat asalnya.
 - b. Sekam padi disiapkan sedemikian rupa hingga mencapai kondisi SSD.
 - c. Sekam padi dicuci dan disaring untuk menyingkirkan gumpalan dan agregat seperti kerikil.
 - d. Menghitung berat volume dari fly ash, sekam padi, abu batu dan semen.
2. Langkah-langkah pencampuran bahan
 - a. Membersihkan alat *mixer* serta membasahi sisi alat dengan sedikit air agar pada saat pengadukan bahan tidak terjadi peresapan air yang dapat mengakibatkan volume pencampuran air jadi berkurang.
 - b. Menimbang komposisi bahan campuran seperti fly ash, sekam padi, abu batu dan semen dengan perbandingan volume seperti pada Tabel 4.1
 - c. Masukkan abu batu dan sekam padi sesuai dengan komposisi yang sudah ditetapkan seperti pada Tabel 4.1 ke dalam *mixer machine*, lalu aduk kedua bahan tersebut secara perlahan.
 - d. Setelah itu, masukkan juga semen dan fly ash yang sudah ditakar ke dalam mesin lalu aduk lagi secara perlahan.

- e. Kemudian, masukkan air secara perlahan ke dalam mesin agar bahan-bahan tersebut dapat tercampur dengan baik.
- f. proses pencampuran dilakukan sampai semua bahan tercampur secara merata dan tampak homogen.
- g. Campuran batako segar yang telah tercampur dikeluarkan dari alat mixer dengan cara membuka penutup lubang bagian bawah alat.

3. Tahap Pencetakan

- a. Campuran batako segar yang sudah dikeluarkan dari alat mixer kemudian dimasukkan ke dalam alat press batako.
- b. Penggetar pada alat press dinyalakan agar cetakan terisi dengan campuran secara merata dan padat. Pada saat penggetaran, pasta semen akan bergerak ke bawah akibat gaya gravitasi sehingga mengisi bagian bawah cetakan.
- c. Campuran batako dimasukkan lagi ke dalam cetakan sampai penuh, setelah itu digetarkan lagi agar campuran padat.
- d. Setelah campuran selesai dipress, tuas mesin press diangkat dan batako segar hasil cetakan tersebut pun jadi.
- e. Batako segar yang telah dicetak lalu diangkat beserta alasnya untuk dipindahkan ke tempat yang teduh. Satu hari setelahnya, batako ditumpuk pada tempat yang teduh juga.
- f. Pada saat proses pemindahan batako segar, tukang cetak batako harus melakukannya dengan hati-hati agar batako segar tidak mengalami keretakan atau bahkan pecah. Ukuran batako segar setinggi 20 cm menyebabkan batako segar sangat rawan retak jika terjadi guncangan.
- g. Batako yang sudah ditumpuk kemudian diberi perlindungan setelah 1 hari agar tidak terkena gangguan dari luar selama kurang lebih 28 hari.

4. Perawatan Benda Uji

Perawatan dilakukan setelah pencetakan. Ketika benda uji dirasa cukup keras yaitu sekitar 1 hari setelah pencetakan, lalu benda uji akan dipindahkan ke tempat yang teduh, tidak terkena hujan dan lembab lalu ditutupi oleh terpal atau plastic agar tetap lembab. Kelembapan dijaga bertujuan untuk menjamin proses

hidrasi semen berlangsung secara sempurna agar tidak terjadi pecah atau retak pada benda uji. Selain itu perawatan ini juga bertujuan untuk menjaga benda uji agar tidak terkontaminasi oleh air hujan atau material lain hingga berumur 28 hari.

5. Pengujian Sampel Batako

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas dan karakteristik dari masing-masing variasi benda uji. Pengujian ini dilakukan setelah benda uji mencapai umur 28 hari. Pada penelitian ini terdapat 3 pengujian yaitu pengujian kuat tekan, volume rongga udara dan biaya produksi.

a. Pengujian kuat tekan

Setiap variasi diuji coba di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi Alat Uji Tekanan Universitas Islam Indonesia untuk mengetahui kuat tekannya. Balok beton yang digunakan untuk pengujian kuat tekan harus dipastikan berdiri tegak. Bila sampel tidak tegak lurus atau miring, maka akan dilakukan perataan permukaan batako terlebih dahulu. Langkah-langkah pengujian dapat dilihat 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.

b. Pengujian Volume dan Rongga Udara

Pengujian rongga udara di dalam SNI 03-6433-2016 meliputi penentuan kerapatan, persentase penyerapan dan persentase rongga beton yang sudah mengeras. Pada pengujian ini terdapat 4 jenis kondisi batako yang akan di uji, diantaranya adalah

1) Masa kering oven

Pada pengujian kondisi ini Langkah-langkahnya sebagai berikut

- a) Menentukan massa dari benda uji
- b) Keringkan benda uji di dalam oven dengan suhu 100 -110 °C selama tidak kurang dari 24 jam
- c) Keluarkan benda uji dari oven dan diamkan hingga dingin dalam udara kering (lebih diutamakan di dalam desikator) dengan suhu 20-25°C kemudian tentukan massanya
- d) Benda uji dianggap sudah kering bila dalam 2 kali penimbangan mendapatkan hasil yang hampir sama
- e) Apabila proses pengeringan pertama benda uji masih pada keadaan basah, lakukan pengeringan kedua selama periode 24 jam.
- f) Lakukan proses pengeringan terus menerus hingga benda uji benar benar kering.

2) Massa jenuh setelah perendaman

- a) Setelah spesimen benar-benar dikeringkan, didinginkan, dan ditimbang, spesimen harus direndam dalam air pada suhu sekitar 21°C selama minimal 48 jam.
- b) Peningkatan massa kurang dari 0,5% dari nilai tertinggi diamati antara dua penimbangan massa sampel uji kering interval permukaan pada interval 24 jam.
- c) Massa dapat dihitung setelah air diuapkan dari permukaan.
- d) Beri label massa kering di permukaan sebagai B.

3) Masa jenuh setelah pendidihan

- a) Menempatkan benda uji apada wadah yang sudah di sesuaikan.
- b) Menuangkan air bersih kedalam wadah lalu didihkan selama 5 jam

- c) Setelah dididihkan, benda uji didiamkan secara alamiah selama tidak kurang dari 14 jam hingga mencapai emperatur 20°C - 25°C.
 - d) Hilangkan kelembapan menggunakan handuk dan tentukan massa benda uji.
 - e) Sebut massa direndam, didihkan, dan masa kering permukaan sebagai C.
- 4) Masa perendaman semu
- a) Tentukan massa yang tampak dan beri label sebagai "D" dengan menanggihkan spesimen yang direbus dan direndam dari kawat.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini :

- (1) Timbangan dengan ketelitian 0,025% dari berat benda uji
- (2) Wadah untuk merendam benda uji dan kawat untuk menggantung benda uji

c. Biaya Produksi Batako

Untuk metode perhitungan biaya produksi dilakukan dengan menghitung harga produksi batako, tetapi tidak hanya itu survei harga bahan produksi batako di lapangan perlu dilakukan untuk memastikan data yang diperoleh sesuai dengan data di lapangan. Survei harga di lapangan dilakukan dengan metode wawancara kepada pihak yang terkait. Objek dalam melakukan penelitian ini adalah biaya produksi dan harga jual batako sekam padi dengan variasi fly ash. Berikut uraian data yang diperlukan

- 1) Biaya material
- 2) Biaya alat
- 3) Upah pekerja
- 4) Biaya makan
- 5) Biaya operasional
- 6) Biaya bangunan
- 7) Biaya papan dasar

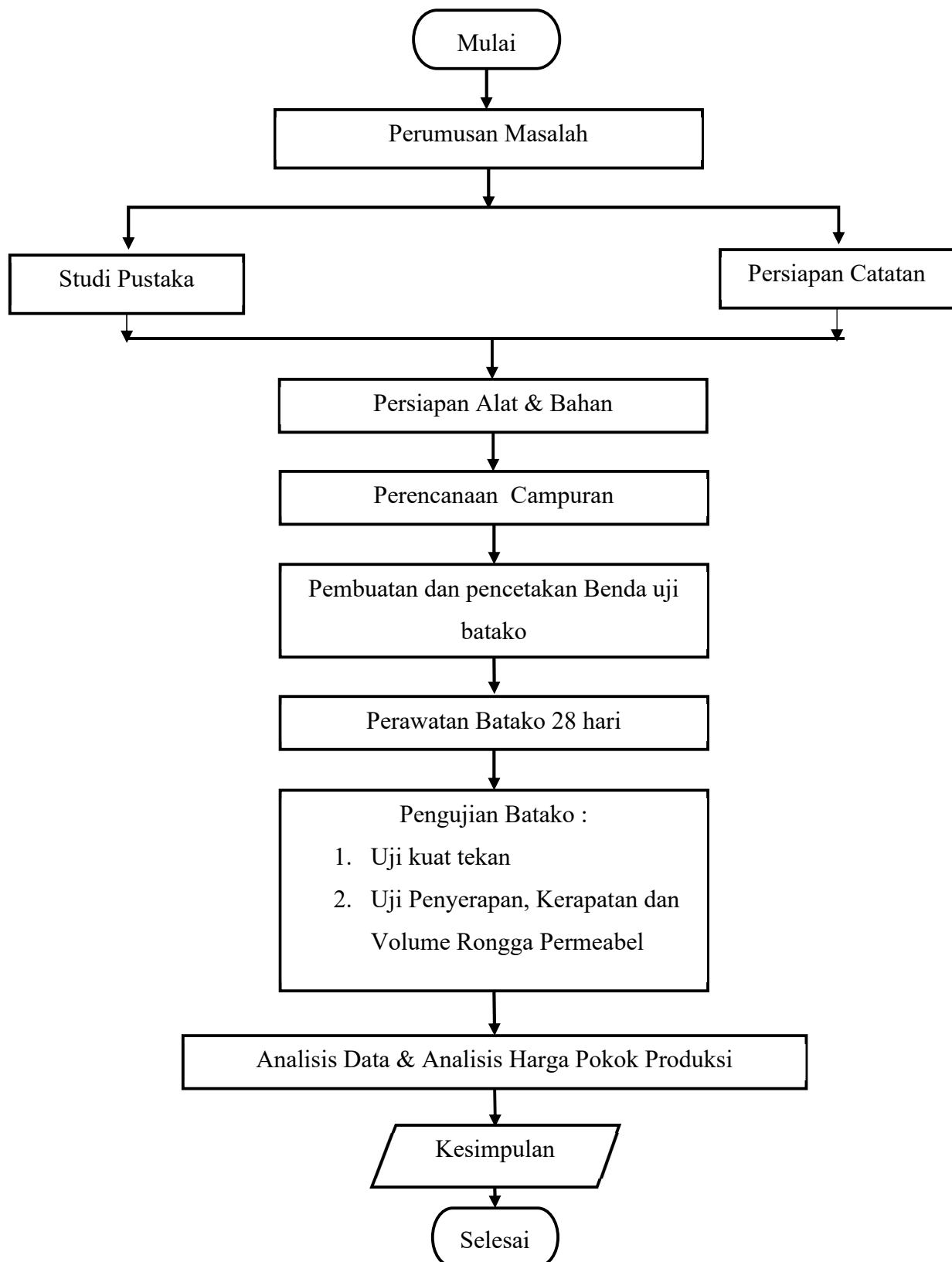
Penelitian dilakukan dengan menggunakan 3 metode yaitu wawancara, studi pustaka dan dokumentasi. Selanjutnya dari perhitungan harga pokok produksi dilakukan perhitungan BEP

4.4 Analisis Data dan Pembahasan

Seluruh tahapan pada pelaksanaan penelitian harus dilakukan dan tidak boleh terlewat satu pun. Lalu setelahnya data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menentukan varian batako sekam padi mana yang terbaik. Dengan kriteria kualitas batako yang sesuai standar SNI. Kualitas semakin baik maka biaya produksi juga meningkat. Studi ini akan mengoptimalkan harga sedemikian rupa sehingga diperoleh batako sekam padi yang memenuhi persyaratan SNI dengan harga termurah

4.5 Bagan Alir Penelitian

Penjelasan di atas merupakan gambaran dari proses yang akan dilakukan didalam penelitian ini. Adapun secara sederhana dapat dilihat dalam Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini hasil dari penelitian eksperimen pada batako dengan menambahkan fly ash yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Universitas Islam Indonesia dan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) Universitas Islam Indonesia akan dianalisis dan dibahas untuk memperoleh kesimpulan dari tujuan yang direncanakan. Pengujian. Hasil dari pengujian batako berupa pengujian volume rongga udara, kuat tekan dan biaya produksi akan dianalisis dan dijabarkan. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian yang telah dilakukan

5.2 Perhitungan Kebutuhan Material Campuran

Dalam pembuatan campuran batako dibutuhkan perhitungan kebutuhan material yang akan digunakan. Total jumlah kebutuhan akan dikalikan dengan kebutuhan material pada setiap variasi benda uji. Berikut ini Tabel 5.1 dan 5.2 adalah tabel perbandingan perencanaan bahan dan kebutuhan benda uji batako per variasi untuk pengujian

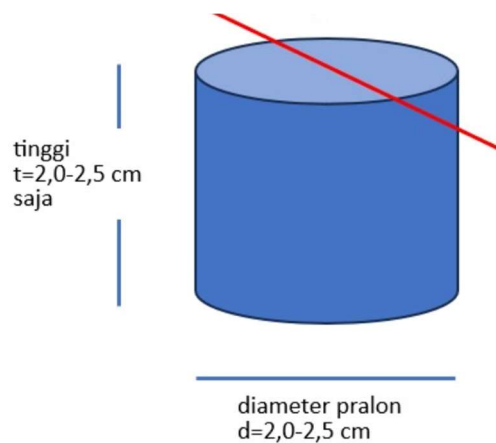
Tabel 5.1 Perencanaan Komposisi Batako

Variasi	Semen	Abu Batu	Sekam Padi	Fly ash
I	1	1	3	0.00
II	0.96	1	3	0.04
III	0.92	1	3	0.08
IV	0.88	1	3	0.12
V	0.84	1	3	0.16
VI	0.80	1	3	0.20

Tabel 5.2 Kebutuhan Benda Uji

Pengujian	Jumlah sampel
Pengujian penyerapan, kerapatan dan rongga udara	24
Pengujian kuat tekan	30

Pada pengujian kuat tekan dibutuhkan benda uji 5 per variasi sehingga total kebutuhan untuk kuat tekan sebanyak 30 benda uji. Namun, karena pengujian melakukan pengujian dan pembuatan benda uji berdua dengan rekan sehingga total kebutuhan benda uji untuk pengujian adalah sebanyak 72 benda uji batako atau 12 benda uji per variasi sudah termasuk *safety*. Untuk pengujian penyerapan, kerapatan dan rongga udara karena keterbatasan bahan maka benda uji untuk pengujian tersebut dibuat dalam bentuk yang lebih kecil dengan diameter dan tinggi seperti Gambar 5.1 di mana setiap variasi dibuat 4 benda uji sehingga totalnya menjadi 24 benda uji.



Gambar 5.1 Tinggi dan Diameter Benda uji Penyerapan, Kerapatan, dan Rongga Udara

1. Kebutuhan Material Benda Uji

Perhitungan kebutuhan campuran dapat diperoleh dari menghitung volume dari setiap material. Proses awal yang dilakukan adalah penimbangan material,

proses ini dilakukan dengan tujuan untuk menjadikan patokan berat volume untuk selanjutnya diketahui kebutuhan material setiap benda uji.

a. Berat material

Pada pengukuran berat material menggunakan ember dengan ukuran 20 liter sehingga didapatkan berat material sebagai berikut

Berat semen = 14.33 kg/ember

Berat abu batu = 16.74 kg/ember

Berat fly ash = 16.11 kg/ember

Berat sekam padi = 3.00 kg/ember

b. Berat Volume Material

Berat volume semen = $\frac{14.33 \text{ kg}}{0.02 \text{ m}^3}$ = 716.5 kg/m³

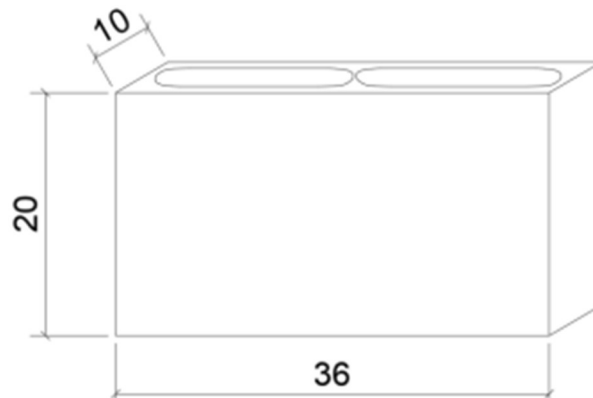
Berat volume abu batu = $\frac{16.74 \text{ kg}}{0.02 \text{ m}^3}$ = 837 kg/m³

Berat volume fly ash = $\frac{16.11 \text{ kg}}{0.02 \text{ m}^3}$ = 805.5 kg/m³

Berat volume sekam padi = $\frac{3.00 \text{ kg}}{0.02 \text{ m}^3}$ = 150 kg/m³

c. Volume Benda Uji

Pada penelitian ini batako yang digunakan adalah batako berlubang. berikut adalah Gambar 5.2 dan 5.3 dimensi dari batako berlubang

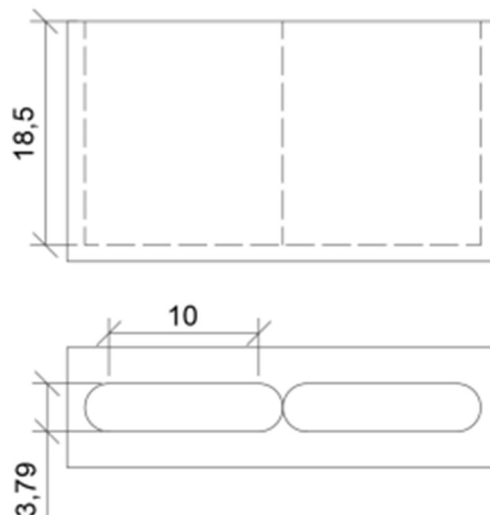


Gambar 5.2 Dimensi Batako Berlubang

Dari Gambar 5.2 di atas volume batako berlubang dapat dihitung sebelum dihitung dengan lubangnya. Berikut ini adalah perhitungannya

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

Setelah didapatkan volume batako tanpa lubang, berikutnya dilakukan perhitungan lubang batako. Berikut ini Gambar 5.3 dimensi dari lubang batako



Gambar 5.3 Dimensi Lubang Batako

Dari Gambar 5.2 maka dapat dilakukan perhitungan volume lubang batako. Berikut ini adalah perhitungan volume lubang batako:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lubang batako} &= (2 \times (\text{Persegi Panjang} + \text{Lingkaran})) \times T \text{ lubang batako} \\
 &= (2 \times ((P \text{ lubang} \times L \text{ lubang}) + (\frac{1}{4} \times \pi \times D))) \times T \text{ lubang} \\
 &= (2 \times ((10 \times 3.79) + (\frac{1}{4} \times \pi \times 3.79))) \times 18.5 \\
 &= 1457.37 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Dari dua perhitungan di atas maka didapatkan volume total dari batako berlubang. Berikut ini adalah perhitungan volume total batako berlubang

$$\begin{aligned}
 \text{Volume batako berlubang} &= \text{Volume batako tanpa lubang} - \text{Volume lubang batako} \\
 &= 7200 \text{ cm}^3 - 1457.37 \text{ cm}^3 \\
 &= 5742.63 \text{ cm}^3 \\
 &\text{atau} \\
 &= 0.005743 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan volume batako berlubang maka dapat dilakukan langkah selanjutnya yaitu perhitungan kebutuhan campuran

d. Kebutuhan Material Campuran (12 buah)

1) Kebutuhan semen untuk

$$\begin{aligned}
 \text{a) Variasi I} &= \text{Jumlah Ember} \times \text{Berat material 1 ember} \\
 &= 1 \times 14.33 \\
 &= 14.33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) Variasi II} &= 1 \times 0.96 \times 14.33 \\
 &= 13.76 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c) Variasi III} &= 1 \times 0.92 \times 14.33 \\
 &= 13.18 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d) Variasi IV} &= 1 \times 0.88 \times 14.33
 \end{aligned}$$

- = 12.61 kg
- e) Variasi V $= 1 \times 0.84 \times 14.33$
 $= 12.04 \text{ kg}$
- f) Variasi VI $= 1 \times 0.80 \times 14.33$
 $= 11.46 \text{ kg}$
- 2) Kebutuhan abu batu $= 2.75 \times 16.74$
 $= 46.04 \text{ kg}$
- 3) Kebutuhan fly ash
- a) Variasi I (0%) $= \text{Jumlah Ember} \times \text{Berat material 1 ember}$
 $= 1 \times 16.11$
 $= 0 \text{ kg}$
- b) Variasi II (4%) $= 1 \times 0.04 \times 16.11$
 $= 0.64 \text{ kg}$
- c) Variasi III (8%) $= 1 \times 0.08 \times 16.11$
 $= 1.29 \text{ kg}$
- d) Variasi IV (12%) $= 1 \times 0.12 \times 16.11$
 $= 1.93 \text{ kg}$
- e) Variasi V (16%) $= 1 \times 0.16 \times 16.11$
 $= 2.58 \text{ kg}$
- f) Variasi VI (20%) $= 1 \times 0.20 \times 16.11$
 $= 3.22 \text{ kg}$
- 4) Kebutuhan sekam padi $= 6 \times 3$
 $= 18 \text{ kg}$

Rekapitulasi kebutuhan material campuran untuk pembuatan benda uji batako dapat di lihat pada Tabel 5.3 berikut ini

Tabel 5.3 Kebutuhan Campuran Untuk Batako

Kebutuhan Material	Kebutuhan Semen (kg)	Kebutuhan Abu batu (kg)	Kebutuhan Fly ash (kg)	Kebutuhan Sekam padi (kg)	Jumlah Benda Uji
Variasi I	14.33	46.04	0.00	18.00	12
Variasi II	13.76	46.04	0.64	18.00	12
Variasi III	13.18	46.04	1.29	18.00	12
Variasi IV	12.61	46.04	1.93	18.00	12
Variasi V	12.04	46.04	2.58	18.00	12
Variasi VI	11.46	46.04	3.22	18.00	12
Total	77.38	276.21	9.67	108.00	72

5.3 Pengujian Kuat Desak Batako

Batako sekam padi yang telah dibuat di Pusat Inovasi Material Vulkanis (PIMVM UII) menggunakan mesin cetak dan didiamkan selama 28 hari. Selanjutnya dibawa ke Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII untuk dilakukan pengujian kuat desak dengan menggunakan mesin Universal Testing Machine (UTM) dengan kapasitas 200 Ton. Sebelum pengujian masing-masing benda uji dilakukan pengukuran terlebih dahulu untuk mengetahui luas penampang dari setiap sampel benda uji. Pengujian kuat tekan ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan batako sekam padi secara maksimum. Kekuatan tekan batako dapat tergantung pada komposisi campuran, kualitas material, faktor air semen dan metode produksi. Sesuai dengan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, kuat tekan minimum rata-rata untuk bata beton berlubang adalah 20 kg/cm² sedangkan untuk kuat tekan masing-masing benda uji adalah 17 kg/cm². Batako yang diuji sebanyak 5 buah setiap variasi sehingga total batako adalah 30 buah. Hasil pengukuran dan pengujian kuat tekan benda uji dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini

Tabel 5.4 Hasil Pengukuran dan Pengujian Kuat tekan

Variasi	Perbandingan Semen : Fly Ash	Kode Sampel	P (cm)	L (cm)	T (cm)	Berat Batako (kg)	Beban Maks (kg)	Beban Maks (N)
I	100% : 0%	I-1	36.67	10.51	19.04	6.493	2825	27685
		I-2	37.04	10.53	19.33	6.574	2225	21805
		I-3	36.97	10.75	18.91	6.416	2025	19845
		I-4	36.96	10.62	19.54	6.505	2225	21805
		I-5	36.56	10.53	19.24	6.536	2400	23520
II	96% : 4%	II-1	36.81	10.54	19.82	6.941	2500	24500
		II-2	36.91	10.69	19.89	7.206	2460	24108
		II-3	37.05	10.98	20.11	7.261	2600	25480
		II-4	37.23	10.85	19.59	6.922	2250	22050
		II-5	37.05	10.75	19.57	6.635	2090	20482
III	92% : 8%	III-1	37.1	10.85	19.61	6.641	2025	19845
		III-2	36.94	10.96	19.67	6.822	2250	22050
		III-3	36.92	10.78	19.78	6.775	2055	20139
		III-4	37.02	10.61	19.84	6.899	1960	19208
		III-5	36.96	10.62	19.31	7.267	2500	24500
IV	88% : 12%	IV-1	37.16	10.76	19.81	6.59	2030	19894
		IV-2	37.18	10.75	19.56	6.446	1800	17640
		IV-3	37.09	10.79	19.71	6.536	1310	12838
		IV-4	37.14	10.74	19.42	5.971	1610	15778
		IV-5	37.13	10.78	19.95	5.893	1805	17689
V	84% : 16%	V-1	36.92	10.69	19.55	6.182	1725	16905
		V-2	37.05	10.67	19.44	6.554	1735	17003
		V-3	37.11	10.78	19.93	6.351	1735	17003
		V-4	37.04	10.85	19.83	6.603	2030	19894
		V-5	37.09	10.81	19.87	6.354	1685	16513
VI	80% : 20%	VI-1	36.72	10.65	19.34	6.041	2100	20580
		VI-2	36.92	10.61	19.69	5.772	1210	11858
		VI-3	36.93	10.76	19.85	5.694	1470	14406
		VI-4	36.86	10.61	19.85	6.081	1620	15876
		VI-5	36.83	10.61	19.55	5.974	1650	16170

Setelah didapatkan data berupa ukuran batako dan data kuat desak dari mesin kuat desak maka dapat dilakukan analisis perhitungan data. Pada analisis perhitungan berikut digunakan contoh dari hasil pengujian variasi I.1 dengan penggantian fly ash 0% sebagai berikut :

$$\text{Panjang (p)} = 36.67 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar (l)} = 10.51 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi (t)} = 19.81 \text{ cm}$$

$$\text{Luas Penampang (A)} = P \times L$$

$$= 36.67 \times 10.51$$

$$= 385.40 \text{ cm}^2$$

$$\text{Beban Maksimal (P)} = 2825 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tekan } (\sigma) = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{2825 \text{ kg}}{385.40 \text{ cm}^2}$$

$$= 7.33 \text{ kg/cm}^2 = 0.72 \text{ MPa}$$

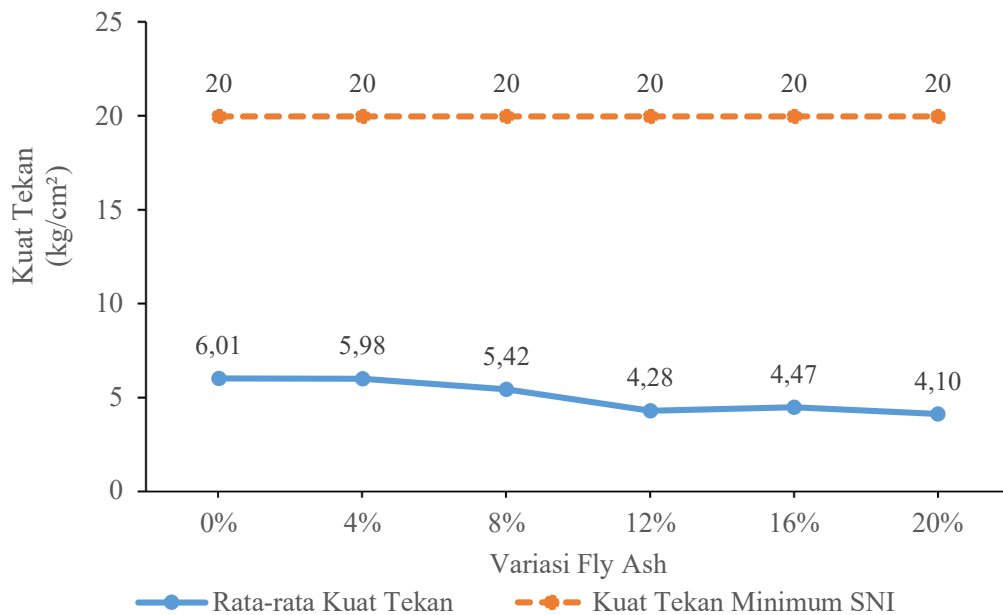
Perhitungan di atas dilakukan kepada semua sampel pada setiap variasi sehingga didapatkan hasil pada Tabel 5.5 dan grafik pada Gambar 5.4 sebagai berikut ini

Tabel 5.5 Hasil Analisis Data Kuat Tekan

Variasi	Perbandingan Semen : Fly Ash	Kode Sampel	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Rata- Rata (kg/cm ²)	Rata- Rata (MPa)
I	100% : 0%	I-1	7.33	0.72	6.01	0.59
		I-2	5.70	0.56		
		I-3	5.10	0.50		
		I-4	5.67	0.56		
		I-5	6.23	0.61		

Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Analisis Data Kuat Tekan

Variasi	Perbandingan Semen : Fly Ash	Kode Sampel	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Rata- Rata (kg/cm ²)	Rata- Rata (MPa)
II	96% : 4%	II-1	6.44	0.63	5.98	0.59
		II-2	6.23	0.61		
		II-3	6.39	0.63		
		II-4	5.57	0.55		
		II-5	5.25	0.51		
III	92% : 8%	III-1	5.03	0.49	5.42	0.53
		III-2	5.56	0.54		
		III-3	5.16	0.51		
		III-4	4.99	0.49		
		III-5	6.37	0.62		
IV	88% : 12%	IV-1	5.08	0.50	4.28	0.42
		IV-2	4.50	0.44		
		IV-3	3.27	0.32		
		IV-4	4.04	0.40		
		IV-5	4.51	0.44		
V	84% : 16%	V-1	4.37	0.43	4.47	0.44
		V-2	4.39	0.43		
		V-3	4.34	0.43		
		V-4	5.05	0.50		
		V-5	4.20	0.41		
VI	80% : 20%	VI-1	5.37	0.53	4.10	0.40
		VI-2	3.09	0.30		
		VI-3	3.70	0.36		
		VI-4	4.14	0.41		
		VI-5	4.22	0.41		



Gambar 5.4 Grafik Kuat Tekan

Dari hasil pengujian kuat tekan dan analisis data pada batako sekam padi didapatkan nilai kuat tekan tertinggi di miliki oleh batako dengan persentase fly ash 0% (variasi I) sebesar 6.01 kg/cm². Dan dapat dilihat juga pada grafik meskipun terjadi inkonsistensi nilai kuat tekan. Namun, nilai kuat tekan cenderung menurun dengan semakin banyaknya persentase fly ash. Hal tersebut dapat disebabkan karena pada saat proses pencampuran tidak tercampur secara sempurna sehingga campuran tidak homogen atau penakaran komposisi campuran yang kurang proporsional sehingga tidak sepenuhnya sesuai dengan perencanaan komposisi. karena penggunaan sekam padi yang kurang proporsional atau terlalu banyak juga dapat mempengaruhi nilai kuat tekan karena komposisi sekam padi yang semakin banyak maka akan semakin banyak rongga udara yang terdapat pada batako hal tersebut yang dapat mempengaruhi hasil kuat tekan. Sehingga pada penelitian ini didapatkan bahwa penggantian sebagian semen oleh fly ash yang dapat dilakukan yaitu sebesar 4% (variasi II) dan nilai kuat tekan yang didapat sebesar 5.98 kg/cm²

Berdasarkan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa meskipun hasil kuat tekan di atas tidak ada yang memenuhi syarat SNI 03-0349-1989 yaitu sebesar 20 kg/cm³. Namun dari hasil di atas dapat dilihat bahwa penggunaan fly ash sebagai

bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan batako dapat dilakukan, tetapi penggunaan fly ash yang semakin banyak juga dapat menurunkan nilai kuat tekan.

5.4 Pengujian Penyerapan, Kerapatan & Rongga Udara

Pengujian kali ini menggunakan dasar SNI 03-6433-2016 tentang pengujian penyerapan, kerapatan dan rongga dalam beton yang telah mengeras. Seperti yang telah di jelaskan pada Sub Bab 5.2 bahwa pada pengujian ini benda uji dibuat dalam ukuran kecil seperti yang tertera pada Gambar 5.1. Di mana, dibuat 4 buah benda uji setiap variasinya sehingga totalnya menjadi 24 buah benda uji. Sebelum melakukan pengujian setiap benda uji diberi tanda agar memudahkan dan tidak tertukar. Selanjutnya benda uji dilakukan pengujian massa nya dalam 4 kondisi seperti yang ditentukan oleh SNI 03-6433-2016 yaitu massa kering sebelum & sesudah di oven, massa jenuh setelah perendaman, massa jenuh setelah pendidihan dan massa jenuh perendaman semu. Berikut ini Tabel 5.6 hasil pengamatan massa yang telah dilakukan

Tabel 5.6 Hasil Pengamatan Massa

Kode Sampel	Massa Kering Oven		Massa Jenuh Setelah Perendaman (gr)	Massa Jenuh Setelah Pendidihan (gr)	Massa Jenuh Perendaman Semu (gr)
	Sebelum	Sesudah			
		a	b	c	d
I-1	13	11	14	15	5
I-2	14	12	15	16	6
I-3	15	13	15	17	6
I-4	15	12	16	17	6
Rata-rata	14.25	12	15	16.25	5.75
II-1	14	12	15	16	6
II-2	13	11	13	15	5
II-3	13	11	14	15	5
II-4	13	11	14	15	6
Rata-rata	13.25	11.25	14	15.25	5.5

Lanjutan Tabel 5.6 Hasil Pengamatan Massa

Kode Sampel	Massa Kering Oven		Massa Jenuh Setelah Perendaman (gr)	Massa Jenuh Setelah Pendidihan (gr)	Massa Jenuh Perendaman Semu (gr)
	Sebelum	Sesudah			
		a	b	c	d
III-1	14	12	15	16	5
III-2	13	10	14	14	5
III-3	15	12	16	17	6
III-4	12	10	13	14	5
Rata-rata	13.5	11	14.5	15.25	5.25
IV-1	15	12	16	17	6
IV-2	16	13	17	18	7
IV-3	15	13	16	17	6
IV-4	14	12	15	16	5
Rata-rata	15	12.5	16	17	6
V-1	12	10	13	15	5
V-2	13	11	14	15	5
V-3	14	11	15	16	6
V-4	13	10	14	15	5
Rata-rata	13	10.5	14	15.25	5.25
VI-1	13	11	14	15	6
VI-2	13	11	15	15	5
VI-3	13	11	14	15	5
VI-4	12	10	13	14	4
Rata-rata	12.75	10.75	14	14.75	5

Selanjutnya setelah didapatkan data dari hasil pengujian berupa massa benda uji dalam 4 kondisi. Maka dapat dilanjutkan dengan analisis data sesuai dengan SNI 03-6433-2016. Pada analisis kali ini menggunakan contoh benda uji variasi I.1 dan akan menghasilkan data berupa persentase penyerapan setelah perendaman, persentase penyerapan setelah perendaman & pendidihan, kerapatan massa kering, kerapatan massa setelah perendaman, kerapatan massa setelah perendaman & pendidihan, kerapatan semu dan yang terakhir adalah persentase volume rongga udara. Berikut ini contoh perhitungannya

Massa sebelum kering oven = 13 gr

Massa setelah kering oven (a) = 11 gr

Massa jenuh setelah perendaman (b) = 14 gr

Massa jenuh setelah pendidihan (c) = 15 gr

Massa jenuh perendaman semu (d) = 5 gr

Kerapatan air (ρ) = 1 gr/cm³

$$\begin{aligned} 1. \text{ Penyerapan setelah perendaman, \%} &= \frac{B-A}{A} \times 100 \\ &= \frac{14-11}{11} \times 100 \\ &= 27.27 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Penyerapan setelah perendaman \& pendidihan, \%} &= \frac{C-A}{A} \times 100 \\ &= \frac{15-11}{11} \times 100 \\ &= 36.36 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Kerapatan massa kering, g/l} &= \frac{A}{C-D} \times \rho \\ &= \frac{11}{15-5} \times 1 \\ &= 1.10 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ Kerapatan massa setelah perendaman} &= \frac{B}{C-D} \times \rho \\ &= \frac{14}{15-5} \times 1 \\ &= 1.40 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5. \text{ Kerapatan massa setelah perendaman \& pendidihan} &= \frac{C}{C-D} \times \rho \\ &= \frac{15}{15-5} \times 1 \\ &= 1.50 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6. \text{ Kerapatan semu, g2} &= \frac{A}{A-D} \times \rho \\ &= \frac{11}{11-5} \times 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.83 \text{ gr/cm}^3 \\
 7. \text{ Volume Rongga Permeabel, \%} &= \frac{g_2 - g_1}{g_2} \times 100 \\
 &= \frac{1.83 - 1.10}{1.83} \times 100 \\
 &= 40 \%
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai volume rongga permeabel setiap variasinya selanjutnya dilakukan perhitungan volume rongga permeabel rata-rata dengan menjumlah nilai volume rongga udara dan membaginya dengan jumlah sampel setiap variasinya. Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini

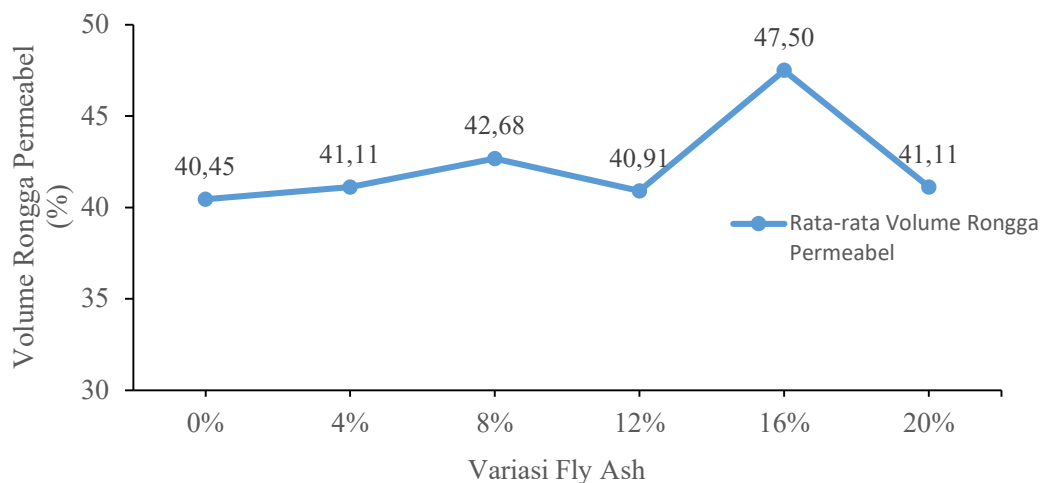
Tabel 5.7 Hasil Analisis Data Penyerapan, Kerapatan & Volume Rongga Udara

Kode Sampel	Penyerapan Setelah Perendaman (%)	Penyerapan Setelah Perendaman & Pendidihan (%)	Kerapatan Massa Kering (gr/cm) g1	Kerapatan Massa Setelah Perendaman (gr/cm ³)	Kerapatan Massa Setelah Perendaman & Pendidihan (gr/cm ³)	Kerapatan Semu (gr/cm ³) g2	Volume Rongga Udara (%)
	1	2	3	4	5	6	7
I-1	27.27	36.36	1.10	1.40	1.50	1.83	40.00
I-2	25.00	33.33	1.20	1.50	1.60	2.00	40.00
I-3	15.38	30.77	1.18	1.36	1.55	1.86	36.36
I-4	33.33	41.67	1.09	1.45	1.55	2.00	45.45
Rata-rata	25.25	35.53	1.14	1.43	1.55	1.92	40.45
II-1	25.00	33.33	1.20	1.50	1.60	2.00	40.00
II-2	18.18	36.36	1.10	1.30	1.50	1.83	40.00
II-3	27.27	36.36	1.10	1.40	1.50	1.83	40.00
II-4	27.27	36.36	1.22	1.56	1.67	2.20	44.44
Rata-rata	24.43	35.61	1.16	1.44	1.57	1.97	41.11

Lanjutan Tabel 5.7 Hasil Analisis Data Penyerapan, Kerapatan & Volume Rongga Udara

Kode Sampel	Penyerapan Setelah Perendaman (%)	Penyerapan Setelah Perendaman & Pendidihan (%)	Kerapatan Massa Kering (gr/cm) g1	Kerapatan Massa Setelah Perendaman (gr/cm ³)	Kerapatan Massa Setelah Perendaman & Pendidihan (gr/cm ³)	Kerapatan Semu (gr/cm ³) g2	Volume Rongga Udara (%)
	1	2	3	4	5	6	7
III-1	25.00	33.33	1.09	1.36	1.45	1.71	36.36
III-2	40.00	40.00	1.11	1.56	1.56	2.00	44.44
III-3	33.33	41.67	1.09	1.45	1.55	2.00	45.45
III-4	30.00	40.00	1.11	1.44	1.56	2.00	44.44
Rata-rata	32.08	38.75	1.10	1.45	1.53	1.93	42.68
IV-1	33.33	41.67	1.09	1.45	1.55	2.00	45.45
IV-2	30.77	38.46	1.18	1.55	1.64	2.17	45.45
IV-3	23.08	30.77	1.18	1.45	1.55	1.86	36.36
IV-4	25.00	33.33	1.09	1.36	1.45	1.71	36.36
Rata-rata	28.04	36.06	1.14	1.45	1.55	1.93	40.91
V-1	30.00	50.00	1.00	1.30	1.50	2.00	50.00
V-2	27.27	36.36	1.10	1.40	1.50	1.83	40.00
V-3	36.36	45.45	1.10	1.50	1.60	2.20	50.00
V-4	40.00	50.00	1.00	1.40	1.50	2.00	50.00
Rata-rata	33.41	45.45	1.05	1.40	1.53	2.01	47.50
VI-1	27.27	36.36	1.22	1.56	1.67	2.20	44.44
VI-2	36.36	36.36	1.10	1.50	1.50	1.83	40.00
VI-3	27.27	36.36	1.10	1.40	1.50	1.83	40.00
VI-4	30.00	40.00	1.00	1.30	1.40	1.67	40.00
Rata-rata	30.23	37.27	1.11	1.44	1.52	1.88	41.11

Dari data-data di atas selanjutnya divisualisasikan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut ini



Gambar 5.5 Grafik Volume Rongga Permeabel

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis di atas dapat diketahui bahwa dengan penggantian sebagian semen oleh fly ash dalam benda uji terjadi kenaikan dan penurunan volume rongga permeabel pada setiap variasinya.

Di mana dari Gambar 5.5 di atas dapat diketahui bahwa nilai rata-rata volume rongga permeabel terkecil dimiliki oleh benda uji dengan penggantian fly ash 0% (variasi I) yaitu sebesar 40.45%. Sedangkan pada variasi penggantian semen oleh fly ash sebesar 16% (variasi V) terjadi lonjakan nilai rata-rata volume rongga permeabel yang sangat signifikan yaitu sebesar 47.50%. Kenaikan dan penurunan nilai volume rongga permeabel pada setiap variasi dapat disebabkan oleh proses pemadatan yang kurang sempurna sehingga menyebabkan gaya ikat antara campuran semen, fly ash, abu batu dan sekam padi menurun dan akibatnya terjadinya pemisahan antar butiran dan volume rongga akan bertambah. Meskipun demikian penggantian sebagian semen dengan fly ash tidak menampakkan adanya trend penurunan volume rongga udara permeabel yang signifikan pada batako.

5.5 Perhitungan Harga Pokok Produksi

Setelah mendapatkan data hasil pengujian kuat tekan, penyerapan, kerapatan dan volume rongga udara selanjutnya dilakukan perhitungan harga pokok produksi batako sekam padi untuk setiap variasinya. Untuk contoh perhitungan

menggunakan contoh variasi II. Data-data untuk perhitungan harga pokok produksi didapatkan dari hasil survey dan wawancara. Berikut ini adalah contoh dan langkah-langkah perhitungannya

1. Menghitung biaya alat

a. Alat utama

1) Harga mesin press hidrolik batako = Rp80,000,000.-

2) Harga mesin mixer 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

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) Cangkul (1 buah) = Rp70,000.-

2) Cetok (1 buah) = Rp20,000.-

3) Ember (4 buah) = Rp72,000.-

4) Sekop (2 buah) = Rp50,000.-

5) Ayakan (1 buah) = Rp15,000.-

Total harga alat bantu = Rp227,000.-

Umur alat bantu = 1 tahun

Nilai sisa alat bantu = Rp 0.-

Jumlah hari kerja = 312 hari

Penyusutan = $\frac{\text{Total harga alat} - \text{Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat} \times \text{Jumlah hari kerja}}$
 $= \frac{227,000}{1 \times 312}$

= Rp727.56 per hari

c. Papan alas

- 1) Kapasitas produksi = 500 batako per hari
- 2) Lama pengerasan = 1 hari
- 3) Kebutuhan papan alas = $\frac{500}{4}$
= 125 papan
- 4) Harga satuan papan = Rp56,000.-
Total harga papan = Rp7,000,000.-
Umur papan = 1 tahun
Nilai sisa alas papan = Rp0.-
Jumlah hari kerja = 312 hari
Penyusutan = $\frac{\text{Total harga alat} - \text{Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat} \times \text{Jumlah hari kerja}}$
= $\frac{7,000,000 - 0}{1 \times 312}$
= Rp22,435.90

2. Menghitung biaya material

Perhitungan biaya material menggunakan contoh dari variasi III. Sebelum dapat menghitung biaya material, kita perlu mengetahui kebutuhan bahan campuran untuk setiap variasi terlebih dahulu. Hal tersebut sudah penulis lakukan pada Sub Bab 5.1 tentang perhitungan kebutuhan material. Berikut ini Tabel 5.8 adalah kebutuhan material dari variasi III

Tabel 5.8 Kebutuhan Material Variasi III

No.	Nama	Berat (kg)	Berat volume (kg/m ³)	Kebutuhan untuk 1 batako (m ³)
1	Semen	1.099	716.50	0.00153
2	Abu batu	3.836	837.00	0.00458
3	Fly Ash	0.107	805.50	0.00013
4	Sekam Padi	1.500	150.00	0.01000

Selanjutnya setelah didapatkan kebutuhan material untuk setiap variasi maka dapat dilakukan perhitungan biaya material seperti berikut ini

- a. Biaya semen per hari
- Kebutuhan semen per hari $= [1.099 \times 500 \text{ batako}] : 1 \text{ zak}$
 $= \frac{550}{40}$
 $= 14 \text{ zak per hari (dibulatkan)}$
- Harga semen per zak $= \text{Rp}50,000$
- Biaya semen perhari $= \text{Rp}50,000 \times 14$
 $= \text{Rp}700,000 \text{ /hari}$
- b. Biaya abu batu per hari
- Kebutuhan abu batu per hari $= 0.00458 \times 500 \text{ batako}$
 $= 2.292 \text{ m}^3$
- Harga abu batu per m^3 $= \text{Rp}135,000.-$
- Biaya abu batu per hari $= 2.292 \times 135,000$
 $= \text{Rp}309,375 \text{ /hari}$
- c. Biaya Fly ash per hari
- Kebutuhan fly ash per hari $= 0.107 \times 500 \text{ batako}$
 $= 54 \text{ kg (dibulatkan)}$
- Harga fly ash per 20 kg $= \text{Rp}10,500.-$
- Harga fly ash per kg $= \frac{10,500}{20} = \text{Rp } 525.-$
- Biaya fly ash per hari $= 54 \times 525$
 $= \text{Rp}28,350 \text{ /hari}$
- d. Biaya sekam padi per hari
- Kebutuhan sekam padi per hari $= 1.5 \times 500 \text{ batako}$
 $= 750 \text{ kg}$
- Harga sekam padi per 25 kg $= \text{Rp}18,000$
- Harga sekam padi per kg $= \text{Rp}720$
- Biaya sekam padi per hari $= 720 \times 720$

		= Rp17,227.90 /hari
3.	Menghitung biaya bangunan	
	Harga beli bangunan	= Rp60,000,000
	Umur bangunan	= 6 tahun
	Nilai sisa bangunan	= Rp0
	Jumlah hari kerja	= 312 hari
	Penyusutan	$= \frac{\text{Total harga alat} - \text{Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat} \times \text{Jumlah hari kerja}}$
		$= \frac{60,000,000 - 0}{6 \times 312}$
		= Rp32,051.28
4.	Menghitung upah tenaga kerja	
	Jumlah pekerja	= 2 orang
	Upah pekerja	= Rp2,100 /papan
	Total upah pekerja	= 2,100 x 125 papan
		= Rp262,500.-
	Total upah pekerja per orang	= Rp131,500 per OH
5.	Menghitung biaya konsumsi	
	Jumlah pekerja	= 2 orang
	Uang makan	= Rp30,000 /orang
	Total uang makan	= Rp60,000
6.	Menghitung biaya operasional	
	Listrik dan air perbulan	= Rp600,000
	Jumlah hari kerja per bulan	= 25 hari
	Listrik dan air per hari	$= \frac{600,000}{25}$
		= Rp24,000
7.	Menghitung biaya THR	
	Jumlah pekerja	= 2 orang
	THR per pekerja	= Rp1,500,000
	Total THR	= Rp3,000,000
	Jumlah hari kerja per tahun	= 312 hari
	Tabungan THR	$= \frac{3,000,000}{312}$

		= Rp9,615.38 /hari
8.	Rekapitulasi pengeluaran harian	
	a. Biaya alat utama	= Rp19,230.77
	b. Biaya alat bantu	= Rp728
	c. Biaya papan alas	= Rp22,435.90
	d. Biaya material	= Rp1,577,725
	e. Biaya bangunan	= Rp32,051.28
	f. Biaya tenaga kerja	= Rp262,500.00
	g. Biaya konsumsi	= Rp60,000
	h. Biaya operasional	= Rp24,000
	i. Biaya THR	= Rp9,615.38
	j. Total pengeluaran harian	= Rp2,008,286 /hari
9.	Menghitung harga pokok produksi lapangan	
	a. Kapasitas produksi	= 500 batako
	b. Total pengeluaran	= Rp2,008,286
	c. Harga pokok produksi lapangan	$= \frac{2,008,286}{500}$
		= Rp4,017
	d. PPN 11%	$= 4,017 \times 11\%$
		= Rp442
	e. Harga dasar batako	= Rp4,459 /buah
	f. Margin perusahaan (20%)	$= 4,459 \times 20\%$
		= Rp892
	g. Harga jual batako	$= 4,459 + 892$
		= Rp5,351 /buah

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan bahwa untuk variasi III dengan penggantian fly ash 8% terhadap semen dalam sehari memerlukan pengeluaran sebesar Rp2,008,286 dengan harga pokok produksi batako (HPP) sebesar Rp4,017 per batako. HPP tersebut belum termasuk PPN 11%, jika di tambahkan dengan PPN maka didapatkan harga dasar batako sebesar Rp4,459 /buah. Kemudian dari hasil wawancara maka di ambil margin perusahaan sebesar 20%. Sehingga menghasilkan

harga jual batako sekam padi ke pasaran sebesar Rp5,351 /buah. Untuk pembulatan harga jual dilakukan berdasarkan peredaran nilai mata uang yang ada di pasaran. Untuk hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut ini

Tabel 5.9 Harga Pokok Produksi, Harga Dasar & Harga Jual Batako

Variasi	Total pengeluaran	HPP lapangan	Harga dasar	Harga Jual
I	Rp2,029,936	Rp4,060	Rp4,507	Rp5,408
II	Rp2,044,111	Rp4,089	Rp4,539	Rp5,447
III	Rp2,008,286	Rp4,017	Rp4,459	Rp5,351
IV	Rp2,022,461	Rp4,045	Rp4,490	Rp5,388
V	Rp1,986,636	Rp3,974	Rp4,412	Rp5,294
VI	Rp1,950,811	Rp3,902	Rp4,332	Rp5,198

10. Analisis Perhitungan *Break Even Point* (BEP) & Kelayakan Investasi

a. Modal awal

- 1) Biaya alat press dan mixer = Rp100,000,000.-
- 2) Biaya alat bantu = Rp227,000.-
- 3) Biaya papan = Rp7,000,000.-
- 4) Biaya bangunan = Rp60,000,000
- 5) Total modal awal = Rp167,227,000.-

b. BEP

- 1) Perhitungan BEP

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

$$= \frac{167,227,000}{5,351 - 4,490}$$

$$= 187,517 \text{ buah}$$
- 2) Waktu BEP dalam hari

$$= \frac{187,517}{500}$$

$$= 375 \text{ hari}$$
- 3) Waktu BEP dalam bulan

$$= \frac{375}{25}$$

$$= 15 \text{ bulan}$$
- 4) Waktu BEP dalam tahun

$$= \frac{15}{12}$$

$$= 1.25 \text{ tahun}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan BEP diatas, dapat diketahui bahwa dengan modal awal sebesar Rp167,227,000 serta harga dasar sebesar Rp4,490 dan harga jual sebesar Rp5,351 didapatkan bahwa BEP dapat tercapai dalam 375 hari atau 1 tahun 3 bulan. Dengan asumsi masa investasi selama 5 tahun maka analisis kelayakan investasi pada batako sekam padi dapat dikatakan LAYAK. Untuk hasil perhitungan BEP selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan BEP

Variasi	Harga Dasar	Harga Jual	BEP (Tahun)
I	Rp4,507	Rp5,408	1.24
II	Rp4,539	Rp5,447	1.23
III	Rp4,459	Rp5,351	1.25
IV	Rp4,490	Rp5,388	1.24
V	Rp4,412	Rp5,294	1.26
VI	Rp4,332	Rp5,198	1.29

5.6 Hubungan Biaya dan Mutu

Setelah melakukan semua pengujian mulai dari kuat tekan, volume rongga udara dan biaya maka dapat dilihat hasil rekapitulasi dari seluruh pengujian tersebut pada Tabel 5.11 berikut ini

Tabel 5.11 Rekapitulasi Mutu dan Biaya

Variasi	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Volume Rongga Udara (%)	Harga Jual Per Buah
I	6.01	40.45	Rp5,408
II	5.98	41.11	Rp5,447
III	5.42	42.68	Rp5,351
IV	4.28	40.91	Rp5,388
V	4.47	47.50	Rp5,294
VI	4.10	41.11	Rp5,198

Dari hasil rekapitulasi di atas, dapat diketahui bahwa batako sekam padi dengan penggantian sebagian semen oleh fly ash yang optimum terdapat pada variasi II. Dari segi kuat tekan variasi II memiliki nilai kuat tekan dengan penggunaan fly ash tertinggi yaitu sebesar 5.98 kg/cm^2 . Namun jika dilihat dari segi volume rongga udara dan biaya pada variasi II memiliki hasil yang masih kurang maksimal jika dibandingkan dengan variasi IV. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kandungan fly ash akan berdampak terhadap semakin rendahnya kuat tekan, dan biaya produksi. Tetapi tidak dengan volume rongga udara yang hasilnya cenderung fluktuatif.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada Bab V diperoleh kesimpulan sebagai berikut

1. Kuat Tekan

Hasil penelitian kuat tekan pada variasi 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, 20% secara berturut-turut yaitu 6.01 kg/cm², 5.98 kg/cm², 5.42 kg/cm², 4.28 kg/cm², 4.47 kg/cm², 4.10 kg/cm². Penggantian semen oleh fly ash hanya dapat dilakukan sampai dengan 4%. Karena penggantian sebagian semen dengan fly ash tidak dapat menaikkan nilai kuat tekan secara signifikan. Bahkan sebaliknya penggantian fly ash cenderung akan menurunkan nilai kuat tekan sehingga kadar fly ash yang diperkenankan hanya sampai 4%.

2. Volume Rongga Udara

Penggantian sebagian semen dengan fly ash pada batako sekam padi tidak menunjukkan adanya trend penurunan volume rongga udara yang signifikan. Di mana nilai volume rongga permeabel tertinggi terdapat pada batako dengan persentase fly ash 16% (variasi V) sebesar 47.50% sedangkan nilai volume rongga permeabel terendah dimiliki oleh batako dengan persentase fly ash 0% (variasi I) sebesar 40.45%

3. Harga Pokok Produksi

Penggantian sebagian semen dengan fly ash pada batako sekam padi memberikan pengaruh terhadap harga pokok produksi batako. Di mana harga pokok produksi tertinggi terdapat pada variasi II dengan harga pokok produksi Rp4,089.- dan harga jual Rp5,447.- sedangkan harga produksi terendah terdapat pada variasi VI sebesar Rp3,902.- dan harga jual sebesar Rp5,198. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan fly ash maka harga pokok produksi akan semakin

murah. Karena harga jual fly ash jauh lebih murah dibandingkan dengan harga jual semen

6.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian di atas terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan saran agar penelitian selanjutnya dapat menjadi lebih baik dan berkembang diantaranya adalah

1. Perlu diperhatikan lebih teliti pada saat proses pencampuran agar campuran tidak ada gumpalan dan menjadi lebih rata.
2. Perlu dilakukan dengan variasi perbandingan sekam padi dan abu batu yang berbeda untuk mendapatkan mutu batako yang sesuai dengan target.
3. Perlu menggunakan variasi semen dan fly ash yang berbeda agar dapat diketahui kadar optimum batako sekam padi.
4. Perlu diperhatikan lebih teliti lagi pada saat pembersihan dan pencucian sekam padi agar debu dan kotoran yang menempel tidak ikut tercampur dalam campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Amali, M. R. 2019. Optimasi Batako Sekam Padi Yang Dicitak Secara Manual. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Amali, M. R. dan Winarno, S. 2019. Inovasi Batako Sekam Padi Yang Dicitak Secara Manual. *Naskah Publikasi*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Anggraini, R, Refky, E. N., Hendri, W., dan Taufik, R. M. 2022. Penggunaan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous. *Jurnal REKAYASA*, 12(1), 11- 25.
- Budirahardjo, S., Kristiawan, A., dan Wardani, A. 2014. Pemanfaatan Sekam Padi Pada Batako. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 1(1), 7–12.
- Ghifari, A. R. 2022. Pengaruh Pengurangan Proporsi Sekam Padi Pada Bahan Susun Batako Sekam Padi Ditinjau Dari Aspek Teknis, Redaman Panas dan Biaya Produksi. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hesti, S. I. 2014. Inovasi Batako Persegi dengan Sekam Padi dan Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Koraia, M. D. 2013. Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Dalam Campuran Beton Sebagai Substitusi Semen Ditinjau Dari Umur dan Kuat Tekan. *Pilar: Jurnal Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya*, 9(2), 149-153.
- Patil, S. N., Gupta, A. K., dan Deshpande, S. S. 2013. *Metakaolin- Pozzolan Material For Cement in High Strength Concrete*. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 46-49.
- Prakoso, B., Elhusna, dan Wahyuni, A. S. 2018. Pengaruh Penambahan *Fly Ash* dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Bata Merah Pejal Konvensional. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 39-44.
<https://doi.org/10.33369/ijts.10.1.39-44>
- Prasetyo, A. 2022. Pengaruh *Fly Ash* pada batako Terhadap Kuat Tekan, Penyerapan Air dan Redaman Suhu. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Purnama, A. C. dan Ekaputri, J. J. 2021. Penggunaan *Fly ash* sebagai Agregat Buatan Pengganti Agregat Alami pada Campuran Beton. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 5(2), 107-120.
- Shahab, A. 2020. Kuat Tekan dan Porositas Beton Berpori dengan Bahan Tambah *Fly Ash* dan Polyester Resin. *Jurnal Forum Mekanika*, 9(2), 82-89.

- Badan Standardisasi Nasional. 1989. SNI 03-0349-1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 03-1974-2011. *Metode Pengujian Kuat Tekan Pada Beton*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. SNI 03-6433-2016. *Metode Pengujian Kerapatan, Penyerapan Dan Rongga Dalam Beton Yang Telah Mengeras*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. Teknologi Beton. *Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Winarno, S. dan Pramono, W. A. 2019. Batako Sekam Padi: Sifat Fisik, Kemudahan Produksi, dan Harga Pokok Produksi. *Laporan Penelitian*. Universitas Islam Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Pembuatan Benda Uji



Gambar L-1.1 Pencucian dan Pembersihan Sekam Padi



Gambar L-1.2 Pengeringan Sekam Padi Sampai Kondisi SSD



Gambar L-1.3 Pembuatan Cetakan Untuk Benda Uji Penyerapan, Kerapatan dan Volume Rongga Udara



Gambar L-1.4 Penakaran Bahan Campuran



Gambar L-1.5 Pencampuran Bahan dengan Mixer



Gambar L-1.6 Penakaran dan Pencampuran Air



Gambar L-1.7 Proses Pencetakan Batako



Gambar L-1.8 Penyimpanan Batako Setelah Dicetak

Lampiran 2 Proses Pengujian Benda Uji



(a)



(b)

Gambar L-2.1 Pengukuran & Pemberian Nama Sampel Kuat Tekan (a) & Sampel Penyerapan, Kerapatan, Volume Rongga Udara

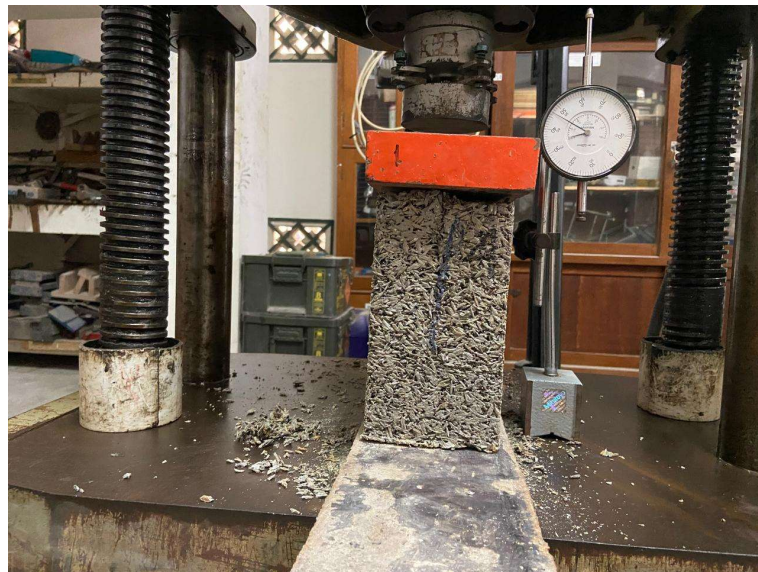


(a)

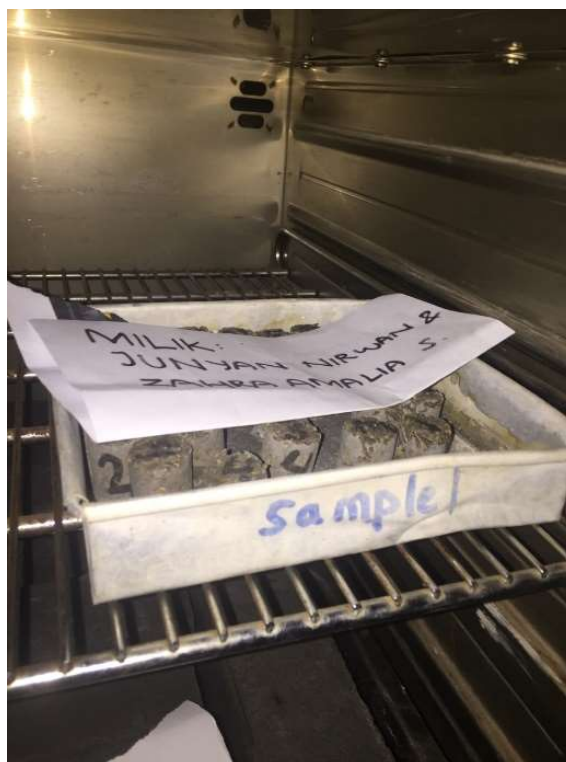


(b)

Gambar L-2.2 Penimbangan benda uji Sampel Kuat Tekan (a) & Sampel Penyerapan, Kerapatan, Volume Rongga Udara



Gambar L-2.3 Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-2.4 Pengeringan Oven



Gambar L-2.5 Perendaman Benda Uji



Gambar L-2.6 Pendidihan Benda Uji



Gambar L-2.7 Penimbangan Massa Perendaman Semu