

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* DAN LIMBAH
KARBIT TERHADAP KARAKTERISTIK BATAKO
(*THE EFFECT OF THE USE OF FLY ASH AND
CARBITE WASTE ON THE CHARACTERISTICS OF
CONCRETE BRICKS*)**

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



Abhinaya Fikri Fauzan

18511095

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

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* DAN LIMBAH
KARBIT TERHADAP KARAKTERISTIK BATAKO
(*THE EFFECT OF THE USE OF FLY ASH AND
CARBITE WASTE ON THE CHARACTERISTICS OF
CONCRETE BRICKS*)**

Disusun oleh:

**Abhinaya Fikri Fauzan
18511095**

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

Pembimbing I


Jafar, S.T., M.T., MURP.
NIK: 185111305
12-09-2023

Penguji I


Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
NIK: 185111304
13-09-2023

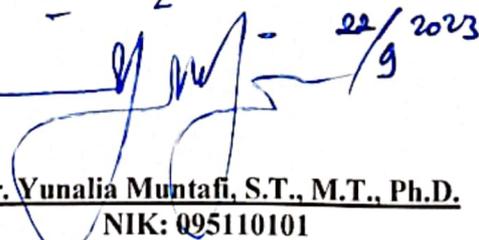
Penguji II


Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK: 165111301
13-09-23

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 095110101
22/9/2023

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh 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, 15 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Abhinaya Fikri Fauzan

18511095

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrohmatullahi Wabarokaatuh

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wata'ala Tuhan seluruh alam yang karena kehadiran dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Pengaruh Penggunaan Fly Ash dan Limbah Karbit Terhadap Karakteristik Batako*.

Tugas Akhir ini disusun dengan tujuan sebagai syarat untuk menyelesaikan Studi Program Strata 1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Selama melaksanakan dan menyusun laporan, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak sehingga dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil,
2. Jafar, S.T., M.T., MURP. selaku dosen pembimbing,
3. Anggit Mas Arifudin S.T., M.T. selaku dosen penguji I,
4. Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji II,
5. Bapak dan Ibu dosen pengajar yang telah mencurahkan ilmunya kepada penulis serta bapak dan ibu staff Program Studi Teknik Sipil dan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang telah membantu penulis dalam mengurus segala sesuatu terkait masa perkuliahan selama ini,
6. Bapak, Ibu, Adik, dan Loli serta keluarga lain yang senantiasa mendukung penulis baik secara spiritual maupun finansial selama menjalani masa perkuliahan dengan semangat dan motivasi yang tak pernah putus.
7. Wiku A. Sugianto, Hardian Wibisono, Azizan Dian Syafaat, Ilham Aji S., Ronggo Panuntun, Taufiq M Iqbal A., Afif Kemal Muzzaki, M. Firzaki Musyaffa, dan Dwi Fajar N. selaku sobat KRP yang senantiasa mendukung penulis,
8. Rheno Renaldy dan Fahmi Kunsetya L. selaku teman yang memiliki andil dalam proses penelitian,

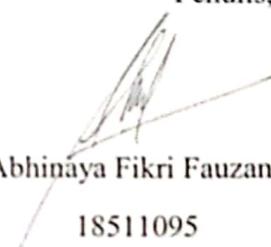
9. Abe yang selalu memberi dukungan psikis agar tetap berpemikiran sehat,
10. Chris Heria dan Leo Wang yang memberi dukungan fisik agar tetap berjasmani sehat.

Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Wassalamu'alaikum Warrohmatullahi Wabarokaatuh

Yogyakarta, 15 Agustus 2023

Penulis,



Abhinaya Fikri Fauzan

18511095

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu	6
2.3 Penelitian yang Akan Dilakukan	10
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Batako	11
3.2 Semen Portland.....	14
3.3 Agregat Halus.....	15
3.4 Air	16
3.5 Bahan Tambah.....	17
3.6 Kuat Tekan	18
3.7 Penyerapan Air	18
3.8 Redaman Panas.....	19

3.9 Analisis Statistik Benda Uji.....	19
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	20
4.1 Teknik Pengumpulan Data	20
4.2 Lokasi Penelitian	20
4.3 Bahan Penelitian	20
4.4 Peralatan Penelitian.....	22
4.5 Pelaksanaan Penelitian.....	26
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	38
5.1 Tinjauan Umum.....	38
5.2 Hasil Penelitian Material.....	38
5.3 Pemeriksaan Berat Volume Bahan	42
5.4 Perhitungan Kebutuhan Campuran.....	43
5.5 Pengamatan Proses Produksi.....	45
5.6 Pengukuran Berat Batako.....	45
5.7 Kuat Tekan Batako	47
5.8 Penyerapan Air Batako	50
5.9 Redaman Panas Batako	52
5.10 Uji Normalitas Sampel.....	54
5.11 Uji Homogenitas Sampel.....	55
5.12 Penggolongan Batako.....	57
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	60
6.1 Kesimpulan.....	60
6.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Sekarang	8
Tabel 3.1 Ukuran Bata Beton	13
Tabel 3.2 Syarat Fisis Bata Beton	14
Tabel 3.3 Kandungan dalam <i>Fly Ash</i>	17
Tabel 4.1 Jumlah dan Komposisi Campuran Batako.....	30
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.....	38
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat	40
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur	41
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200	41
Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Batako	42
Tabel 5.6 Rekapitulasi Kebutuhan Bahan.....	44
Tabel 5.7 Hasil Pengukuran Berat Batako	48
Tabel 5.8 Hasil Perhitungan Kuat Tekan	48
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Penyerapan Air	51
Tabel 5.10 Redaman Panas Batako	53
Tabel 5.11 Penggolongan Kelas Batako	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Semen Tiga Roda	21
Gambar 4.2 Pasir dari Gunung Merapi	21
Gambar 4.3 <i>Fly Ash</i> dari PLTU Paiton.....	22
Gambar 4.4 Limbah Karbit dari PT. Industri Gas Alam Murni Sejahtera.....	22
Gambar 4.5 Mesin Uji Tekan.....	23
Gambar 4.6 Ember Ukur.....	23
Gambar 4.7 Cetakan Batako.....	24
Gambar 4.8 Oven.....	24
Gambar 4.9 Molen	25
Gambar 4.10 Timbangan.....	25
Gambar 4.11 <i>Sieve Shaker</i>	26
Gambar 4.12 Menimbang Bahan Penyusun Batako	27
Gambar 4.13 Menimbang Bahan Penyusun.....	27
Gambar 4.14 Memasukkan Bahan Penyusun ke <i>Mixer Machine</i>	28
Gambar 4.15 <i>Mixing</i> Campuran Batako	28
Gambar 4.16 Memasukkan Air	29
Gambar 4.17 Menuang Campuran.....	29
Gambar 4.18 Pembebanan Batako.....	31
Gambar 4.19 Aplikasi IBM <i>Statistics</i>	34
Gambar 4.20 Memasukkan Variabel Data	34
Gambar 4.21 Mencari Regresi Data	34
Gambar 4.22 Menganalisis Kolmogorov-Smirnov	35
Gambar 4.23 Menganalisis Levene	36
Gambar 4.24 Flowchart Penelitian	37
Gambar 5.1 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus.....	40
Gambar 5.2 Grafik Berat Variasi Batako.....	40
Gambar 5.3 Grafik Kuat Tekan Variasi Batako	50

Gambar 5.4 Grafik Penyerapan Air Variasi Batako	52
Gambar 5.5 Grafik Redaman Panas Variasi Batako.....	54
Gambar 5.6 Hasil Uji Normalitas Sampel dengan IBM <i>Statistic</i>	55
Gambar 5.7 Hasil Uji Homogenitas Kuat Tekan Sampel	56
Gambar 5.8 Hasil Uji Homogenitas Penyerapan Air Sampel	56
Gambar 5.9 Hasil Uji Homogenitas Redaman Panas Sampel.....	56

ABSTRAK

Semakin berkembangnya teknologi, limbah dari proses pada pekerjaan industri akan semakin banyak. Abu terbang (*fly ash*) dan limbah karbit merupakan limbah dari proses produksi yang banyak dijumpai dan berjumlah banyak yang dibiarkan dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Dalam Penelitian ini digunakan abu terbang (*fly ash*) dan limbah karbit pada batako yang diharapkan dapat meningkatkan karakteristik batako sehingga dapat mengurangi jumlah limbah.

Penelitian ini memanfaatkan abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti sebagian pasir dikarenakan memiliki berat volume yang lebih ringan dibandingkan pasir. Penelitian ini juga memanfaatkan limbah karbit yang mana mengandung $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang dapat bereaksi dengan *pozzolan*. *Pozzolan* yang terdapat pada *fly ash* dan semen akan mengeras dalam beberapa waktu saat bereaksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Dalam penelitian ini terdapat 5 variasi dengan kadar substitusi *fly ash* dan penambahan limbah karbit yang berbeda dimana benda uji tiap variasinya berjumlah 6 buah untuk pengujian. Pengujian dilakukan mengacu pada SNI 03-0349-1989.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa batako variasi B memiliki nilai kuat tekan tertinggi sebesar $81,66 \text{ kg/cm}^2$ dan berat batako sebesar 19,76 kg dengan penyerapan air dan redaman panas berturut-turut sebesar 6,82% dan $7,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Sedangkan batako normal variasi A memiliki nilai kuat tekan sebesar $55,47 \text{ kg/cm}^2$ dan berat sebesar 24,05 kg dengan penyerapan air dan redaman panas berturut-turut sebesar 5,35% dan $6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Kata kunci : batako, abu terbang, limbah karbit, kuat tekan, daya serap air, redaman panas

ABSTRACT

The more technology develops the more waste from processes in industrial work. Fly ash and carbide waste are wastes from the production process which are often found in large quantities which cause environmental pollution. In this study, fly ash and carbide waste were used in the bricks which are expected to improve the characteristics of the concrete block to reduce the amount of waste.

This research uses fly ash as a partial replacement for sand because it has a lighter volume weight than sand. This research also utilizes carbide waste containing Ca(OH)_2 which can react with pozzolan. The pozzolan contained in fly ash and the cement will harden over time when it reacts with Ca(OH)_2 . In this study, there were 5 variations with different levels of fly ash substitution and the addition of carbide waste, where in each variation for testing there were 6 test objects. Testing was carried out referring to SNI 03-0349-1989.

The research results showed that variation B brick had the highest compressive strength value of 81.66 kg/cm^2 and brick weight of 19.76 kg with water absorption and heat attenuation of 6.82% and $7.6 \text{ }^\circ\text{C}$ respectively. Meanwhile, normal brick variation A has a compressive strength value of 55.47 kg/cm^2 and a weight of 24.05 kg with water absorption and heat attenuation of 5.35% and 6°C respectively.

Keywords : *concrete block, fly ash, carbide waste, compressive strength, water absorption, therm insulation*

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi, ruang di antara kolom bangunan diisi oleh dinding. Bagian bangunan ini berfungsi sebagai penutup isi dari bangunan tersebut. Dinding pada bagian dalam difungsikan sebagai pembatas antar ruangan. Sedangkan dinding yang terletak pada luar bangunan difungsikan sebagai pelindung seisi bangunan dari ancaman dan gangguan luar seperti cuaca ekstrim, hewan buas, pencuri, dan hal lain yang tidak diharapkan untuk masuk ke dalam bangunan. Di Indonesia pada umumnya, digunakan material pembentuk dinding seperti kayu, anyaman kayu, bata merah, batako, dan bata ringan. Batu bata merupakan material pembentuk dinding yang paling sering digunakan dibandingkan dengan material lain sejak dahulu. Batu bata terbentuk dari tanah liat atau tanah lempung yang dicetak lalu dibakar. Kebutuhan batu bata yang tinggi dan semakin meningkat menyebabkan penggerusan tanah juga semakin meningkat dan menjadikan batu bata tidak ramah lingkungan. Batako sebagai material pembentuk dinding alternatif pengganti batu bata diharapkan dapat mengatasi permasalahan tersebut.

Batako merupakan material pembentuk dinding yang terbuat dari campuran agregat, semen, dan air yang dicetak lalu dibiarkan mengeras. Dalam pelaksanaan pekerjaan dinding menggunakan material batako, batako dapat disusun 4 kali lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan batu bata (Eva Lianasari & Dwiputra Pading, 2013). Namun jika dibandingkan dengan batu bata, kekuatan batako lebih rendah dari batu bata. Seiring dengan perkembangan zaman, telah ditemukan inovasi dan alternatif untuk meningkatkan kualitas batako. Dalam penelitian ini, digunakan batako pejal dengan menambahkan *fly ash* dan limbah karbit yang diharapkan dapat menghasilkan batako dengan kuat tekan, penyerapan air, berat, dan redaman panas yang lebih baik dibandingkan dengan batako pada umumnya yang beredar di pasaran.

Abu terbang (*fly ash*) merupakan limbah yang dihasilkan dari pembakaran batu bara di pembangkit listrik tenaga uap. Menurut Irfan Prasetia (2019), pada kondisi padat abu terbang (*fly ash*) memiliki berat jenis berkisar antara 1.120-1.500 kg/m³ yaitu lebih ringan dari berat jenis pasir. Sedangkan pada SNI 03-4804-1998, berat jenis pasir berkisar antara 1.200-1.700 kg/m³. Selain itu abu terbang (*fly ash*) merupakan *pozzolanic*, yang mana akan mengeras ketika bereaksi dengan Ca(OH)₂ (Varit Henry, 2019). Menurut Ani Firda (2021), beton ringan dapat dibuat dengan menggantikan agregat dengan material dengan berat jenis yang lebih ringan dari agregat pada batako. Pada Adi Bayu Prasetyo (2012), mortar batako dengan penggantian 20% *fly ash* pada pasir memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan mortar dengan variasi presentase penggantian *fly ash* lain sehingga dalam penelitian ini digunakan variasi penggantian *fly ash* sebesar 20% terhadap pasir pada tiap benda uji.

Limbah karbit merupakan limbah yang tergolong B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Limbah karbit merupakan sisa dari pembakaran dalam pembuatan gas *acetylene*. Limbah dijumpai dalam jumlah melimpah yang apabila tidak dimanfaatkan dapat terbawa air dan mempengaruhi lingkungan sekitar limbah.

Penambahan limbah karbit pada batako ini diharapkan dapat menghasilkan batako dengan kuat tekan yang lebih tinggi, penyerapan air yang lebih rendah, dan meningkatkan ketahanan batako terhadap panas serta mengakibatkan limbah karbit lebih banyak dimanfaatkan sehingga dapat mengurangi dampak dari pembuangan limbah karbit. Pada penelitian Varit Henry (2019), penambahan limbah karbit pada campuran beton menghasilkan campuran beton dengan kuat tekan dan kuat tarik tertinggi pada presentase 5%. Pada beton, penambahan limbah karbit yang terlalu banyak dapat menurunkan kuat tekan beton itu sendiri (Mahendra & Risdianto, 2019.). Dalam penelitian ini peneliti akan menggunakan limbah karbit sebagai bahan tambah dengan variasi 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh substitusi *fly ash* dan penambahan limbah karbit pada kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas batako?
2. Apakah substitusi *fly ash* terhadap pasir dapat menurunkan berat batako?
3. Berapa presentase optimum penambahan limbah karbit untuk meningkatkan karakteristik pada batako?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh substitusi *fly ash* dan penambahan limbah karbit terhadap kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas batako.
2. Untuk mengetahui apakah substitusi *fly ash* terhadap pasir dapat menurunkan berat batako.
3. Untuk mengetahui presentase optimum penambahan limbah karbit untuk meningkatkan karakteristik pada batako.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan membawa manfaat kepada masyarakat untuk memproduksi batako yang memiliki kualitas lebih unggul dibandingkan dengan batako yang telah beredar di pasaran saat ini. Penambahan limbah diharapkan dapat meningkatkan pemanfaatan limbah oleh masyarakat. Hal ini menyebabkan dampak dari pembuangan limbah yang berlebih akan semakin berkurang.

1.5 Batasan Penelitian

1. Benda uji batako memiliki dimensi yang sama.
2. Benda uji batako dibentuk dengan alat *press* batako.
3. Digunakan benda uji batako pejal dengan dimensi 40 cm x 22 cm x 12 cm.
4. *Fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* dari PLTU Paiton.
5. Semen yang digunakan adalah Semen Tiga Roda.
6. Pasir yang digunakan adalah pasir dari Merapi.

7. Pengujian dilakukan pada umur batako 28 hari.
8. Limbah karbit yang digunakan berasal dari PT. Industri Gas Alam Murni Sejahtera.
9. Pembuatan benda uji dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
10. Benda uji diuji di Laboratorium Bahan Konstruksi UII.
11. Syarat fisis dan penggolongan batako menggunakan standar SNI 03-0349-1989.
12. Penelitian tidak meninjau aspek biaya produksi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengacu pada beberapa hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dan berkaitan dengan batako, limbah karbit, maupun fly ash sebagai referensi dalam penelitian ini. Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi dan data penunjang dalam penelitian ini.

1. Penggunaan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Pasir dengan Variasi Tertentu Pada Pembuatan Batako (Adi Bayu, 2012).

Mortar dengan penggantian *fly ash* dari 100% sampai 0%, mortar dengan penggantian 20% *fly ash* merupakan campuran yang paling optimum dibandingkan dengan variasi lain. Berat volume mortar mengalami penurunan seiring dengan kenaikan presentase *fly ash*. Dibandingkan dengan mortar tanpa penggantian *fly ash*, mortar dengan penggantian 20% *fly ash* menghasilkan batako dengan kenaikan kuat tekan tertinggi sebesar 69,918% dan kenaikan berat volume terendah sebesar -5,475%. Batako yang dihasilkan mortar dengan penggantian *fly ash* 20% termasuk dalam klasifikasi batako BII dan BI.

2. Investigasi Kegunaan Limbah Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen pada Beton (Sunusi Aminu, 2015).

Pada usia beton 28 hari, diperoleh kuat tekan sebesar 28 N/mm² pada benda uji dengan penggantian sebagian semen dengan limbah karbit sebesar 10%. Semakin banyak kadar limbah karbit, daya serap air semakin meningkat secara tidak merata.

3. Potensi Limbah Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen pada Beton (Ndububa E. E. & Omeiza M. S., 2016).

Dilakukan penggantian sebagian semen dengan limbah karbit dengan variasi penggantian 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Beton dengan penggantian 5% limbah karbit memiliki kuat tekan sebesar 25,3 N/mm² sedangkan beton normal

memiliki kuat tekan sebesar 23,3 N/mm². Selain itu, nilai kuat tekan semakin menurun seiring bertambahnya penambahan limbah karbit yaitu 19,04 N/mm², 13,03 N/mm², 9,93 N/mm², 8,00 N/mm² pada penambahan 10%, 15%, 20%, dan 25% limbah karbit.

4. Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit dan *Fly Ash* sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (Dewi, 2016).

Kuat tekan beton campuran *fly ash* 25% dan limbah karbit 2,5%, 5%, dan 10%, mengalami kenaikan berturut-turut sebesar 34,2%, 18,25%, dan 13,14% dari beton normal pada umur 28 hari. Beton dengan kandungan *fly ash* 25% dan limbah karbit 15% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 10,6% dibandingkan beton normal.

5. Analisis Penggunaan *Fly Ash* dan Limbah Karbit Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Karakteristik Beton (Varit Henry, 2019).

Semakin banyak penggunaan *fly ash* dan limbah karbit yang digunakan pada beton akan menurunkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Campuran antara *fly ash* dan limbah karbit pada penelitian ini belum bisa menggantikan sebagian semen karena hasil kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang diperoleh masih di bawah beton normal yang diperoleh. Nilai kuat tekan dan kuat tarik paling tinggi diperoleh pada campuran *fly ash* sebesar 20% dan limbah karbit sebesar 5% dengan nilai kuat tekan sebesar 25,66 MPa dan kuat tarik belah sebesar 2,1 MPa.

2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang.

1. Penggunaan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Pasir dengan Variasi Tertentu Pada Pembuatan Batako (Adi Bayu, 2012).

Penelitian ini bertujuan mengetahui dan membandingkan kuat tekan batako normal dan batako dengan *fly ash*. Penelitian ini menggunakan benda uji batako 40 x 20 x 10 cm dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 100%, 80%, 60%, 40%, 20%, dan 0%.

2. Investigasi Kegunaan Limbah Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen pada Beton (Sunusi Aminu, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi kegunaan limbah karbit sebagai pengganti sebagian semen. Penelitian ini menggunakan benda uji kubus yang diuji pada usi 28 hari dengan kadar penambahan limbah karbit sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, 50%.

3. Potensi Limbah Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen pada Beton (Ndububa E. E. & Omeiza M. S., 2016).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi limbah karbit sebagai pengganti sebagian semen. penelitian menggunakan benda uji kubus, dengan variasi penambahan limbah karbit sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%.

4. Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit dan *Fly Ash* sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (Dewi et al., 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan dan mengelola limbah B3 seperti limbah karbit dan *fly ash*. Penelitian ini menggunakan benda uji beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 25% dan limbah karbit sebesar 2,5%, 5%, dan 10%.

5. Analisis Penggunaan *Fly Ash* dan Limbah Karbit Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Karakteristik Beton (Varit Henry, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* dan limbah karbit pada beton. Penelitian ini menggunakan benda uji beton silinder berdiameter 15 dm dan tinggi 30 cm dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 20%, 30%, dan 40% dan limbah karbit sebesar 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15%.

Perbandingan beberapa penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Sekarang

Peneliti	Adi Bayu (2012)	Sunusi Aminu (2015)	Ndububa (2016)	Dewi (2016)	Varit Henry (2019)	Penelitian yang dilakukan
Judul Penelitian	Penggunaan <i>Fly Ash</i> Sebagai Pengganti Pasir dengan Variasi Tertentu Pada Pembuatan Batako	Investigasi Kegunaan Limbah Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen pada Beton	Potensi Limbah Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen pada Beton	Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit dan <i>Fly Ash</i> sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai	Analisis Penggunaan Fly Ash dan Limbah Karbit Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Karakteristik Beton	Analisis Penggunaan <i>Fly Ash</i> dan Limbah Karbit Terhadap Karakteristik Batako
Benda Uji	Batako	Beton kubus	Beton kubus	Beton silinder	Beton silinder	Batako
Bahan Campuran	<i>Fly ash</i>	Limbah karbit	Limbah karbit	<i>Fly ash</i> dan limbah karbit	<i>Fly ash</i> dan limbah karbit	<i>Fly ash</i> dan limbah karbit

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Sekarang

Parameter Pengujian	Uji kuat tekan	Uji kuat tekan dan daya serap air	Uji kuat tekan dan kuat lentur	Uji kuat tekan dan uji TCLP	Uji kuat tekan dan kuat tarik belah	Uji kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas
----------------------------	----------------	-----------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	-------------------------------------	---

2.3 Penelitian yang Dilakukan

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilaksanakan sebelumnya maka peneliti mengadakan penelitian tentang Pengaruh Penambahan *Fly Ash* dan Limbah Karbit Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air Batako. Pada penelitian-penelitian terdahulu substitusi *fly ash* dan penambahan limbah karbit dapat meningkatkan kuat tekan dikarenakan kandungan Ca(OH)_2 pada limbah karbit bereaksi dengan *pozzolan* pada *fly ash* dan semen dengan kuat tekan tertinggi berkisar pada penggunaan *fly ash* sebesar 20% dan limbah karbit berkisar antara 5-12,5%. Dari penelitian-penelitian terdahulu penulis berinisiatif untuk melakukan pengujian ini menggunakan benda uji batako 40 cm x 22 cm x 12 cm dengan penggunaan *fly ash* sebagai substitusi sebagian pasir sebesar 20% dan penambahan limbah karbit sebesar 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Batako

Batako merupakan salah satu dari bahan konstruksi bata beton untuk pasangan dinding yang terbentuk dari campuran utama semen, air, dan pasir yang dicetak baik secara manual maupun dengan alat. Campuran penyusun batako tersebut disebut mortar. Batako lebih berat dari bata tanah liat sehingga memberi beban mati yang lebih (Kabir & Amir Sultan, 2018). Perbandingan campuran semen dengan antara 1:6 dan 1:8 merupakan campuran ideal (Rahmawati, 2020). Batako normal yang ada di pasaran memiliki kuat tekan bervariasi dari 3-50 MPa. Batako yang baik adalah batako yang memiliki permukaan rata dan saling tegak lurus serta memiliki kuat tekan yang tinggi. Faktor yang mempengaruhi kualitas batako adalah faktor air semen, kepadatan, umur, bentuk tekstur batuan, ukuran agregat, dan lain-lain.

Setelah batako dibentuk, mutu batako akan bertambah seiring berjalannya waktu. Standar kekuatan batako dipakai pada saat batako mencapai umur 28 hari. Campuran yang padat akan meningkatkan kekuatannya. Hal ini memungkinkan untuk bahan menjadi semakin mengikat dan untuk membantu merekatnya material pembentuk batako dengan semen yang dibantu oleh air (Armendariz, 2015).

Bata beton untuk pasangan dinding diatur dalam SNI 03-0349-1989. Menurut SNI 03-0349-1989, bata beton untuk pasangan dinding dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut.

1. Bata beton pejal

Bata beton pejal merupakan bata yang memiliki penampang pejal sebesar 75% atau lebih dari lias penampang selurunya dan memiliki volume pejal lebih dari 75% volume seluruhnya. Gambar bata beton pejal dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Bata Beton Pejal
(Sumber: *Rahman, 2016*)

2. Bata beton berlubang

Bata beton berlubang merupakan bata yang memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% dari luas penampang bata dan volume lubang lebih dari 25% volume seluruhnya. Gambar bata beton berlubang dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Beton Berlubang
(Sumber: *Rahman, 2016*)

Klasifikasi dan persyaratan batako telah diatur dalam SNI 03-0349-1989. Berikut merupakan klasifikasi dan persyaratan batako.

1. Klasifikasi batako

Dalam SNI 03-0349-1989, bata beton dibedakan menjadi empat tingkatan yaitu sebagai berikut.

- a. Tingkat Mutu I, merupakan bata beton yang dapat digunakan untuk konstruksi yang memikul beban dan dapat digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung dari cuaca luar.

- b. Tingkat Mutu II, merupakan bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, namun hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar.
- c. Tingkat Mutu III, merupakan bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat, dan konstruksi lain yang terlindung dari cuaca luar, tetapi permukaan dinding bata dapat tidak diplester.
- d. Tingkat Mutu IV, merupakan bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat, dan konstruksi lain yang terlindung dari cuaca luar, tetapi permukaan dinding bata harus diplester.

2. Persyaratan batako

Berdasarkan SNI 03-0349-1989, syarat batako yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut.

a. Pandangan luar

- 1) Bidang permukaannya harus tidak cacat.
- 2) Bentuk permukaan lain yang didesain, diperbolehkan.
- 3) Rusuk-rusuknya saling siku dan tidak mudah dirapihkan dengan jari.

b. Ukuran dan toleransi

Ukuran dan toleransi batako dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Ukuran Bata Beton

Jenis	Ukuran (mm)		
	Panjang	Lebar	Tinggi
Tipis	400 ± 3	200 ± 3	100 ± 2
Sedang	400 ± 3	200 ± 3	150 ± 2
Tebal	400 ± 3	200 ± 3	200 ± 2

3. Syarat fisis

Berdasarkan SNI 03-0349-1989, bata beton harus memenuhi syarat-syarat fisis seperti pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Syarat Fisis Bata Beton

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Bata Beton Pejal				Tingkat Mutu Bata Beton Berlubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata min.	kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji min.	kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata maks.	%	25	35	-	-	25	35	-	-

3.2 Semen Portland

Menurut SNI 15-2049-2004, Semen Portland adalah butiran halus yang dihasilkan dari penggilingan terak/klinker yang memiliki kandungan kalsium silikat hidrolis dan digiling Bersama beberapa kristal senyawa kalsium sulfat serta boleh ditambahkan bahan tambahan lain.

Semen Portland akan mengalami hidrasi ketika bersentuhan dengan air. Hasil hidrasi mengendap pada bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volume mengecil. Pasta semen Portland berubah menjadi gel dan beberapa senyawa tidak bereaksi seperti kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Senyawa-senyawa yang berada pada semen kemudian menghasilkan kristal-kristal dan terbentuklah suatu rangkaian tiga dimensi yang saling melekat, kemudian akan mengisi ruang yang ditempati air. Kemudian rangkaian ini akan menjadi kaku lalu mengeras menjadi padat.

Setelah terjadi hidrasi, endapan hasil hidrasi pada permukaan butiran semen memaksa air untuk berdifusi ke bagian dalam sehingga proses hidrasi melambat. Proses hidrasi ini sangat kompleks dan tidak semua reaksi dapat diketahui secara rinci.

Menurut penggunaannya, semen portland dibagi menjadi beberapa jenis sebagai berikut.

1. Jenis I, merupakan semen portland yang digunakan secara umum.
2. Jenis II, merupakan semen portland yang memiliki ketahanan terhadap sulfat dan memiliki hasil kalor dari proses hidrasi sedang.
3. Jenis III, merupakan semen portland yang meningkatkan kekuatannya setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, merupakan semen portland dengan hasil kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V, merupakan semen portland yang digunakan pada lingkungan yang memiliki kadar sulfat tinggi.

3.3 Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat yang berbutir halus dengan ukuran maksimum 4,76 mm yang didapatkan dari alam maupun hasil olahan (SNI 03-6820-2002). Agregat halus terdiri dari partikel tajam dan keras yang tidak terhancurkan oleh cuaca (Juniasy Somalinggi et al., 2020.). Jenis agregat halus dapat dibedakan berdasarkan asal dan sifatnya. Berikut merupakan jenis-jenis agregat halus/pasir berdasarkan asal dan sifatnya.

1. Pasir pegunungan
Pasir pegunungan mengandung banyak kerikil, biasanya ditemukan di daerah yang tinggi.
2. Pasir sungai
Pasir sungai memiliki butiran yang tidak rata dan baik digunakan untuk bahan mortar.
3. Pasir laut
Pasir laut banyak mengandung kapur yang disebabkan dari sisa kulit kerrang.

4. Pasir gunung tepi pantai

Pasir gunung tepi pantai memiliki kandungan kapur yang tinggi seperti pasir laut.

5. Pasir perak

Pasir perak memiliki kilapan-kilapan sehingga banyak digunakan untuk hiasan dinding dan langit-langit.

6. Pasir lembek

Pasir lembek memiliki kandungan tanah liat, lumpur, dan air. Pasir ini memiliki butiran yang bulat.

7. Pasir timah

Pasir timah merupakan pasir yang dihanyutkan air hujan, biasanya berwarna abu-abu timah.

Berdasarkan SNI 03-6829-2002, unsur perusak agregat halus dibatasi sebagai berikut.

1. Partikel yang mudah pecah pada pasir maksimum sebanyak 1%.
2. Agregat halus murni dari kandungan zat organik.
3. Kandungan lumpur di dalam agregat halus maksimum sebanyak 5%.
4. Agregat halus tidak mengandung kotoran yang merusak warna agregat.
5. Apabila direndam pada cairan dengan berat jenis 2,0, partikel terapung maksimum sebanyak 5%.

3.4 Air

Air berperan penting dalam pembuatan beton. Air yang digunakan dalam campuran harus berupa air bersih dan tidak mengandung bahan-bahan dan kotoran yang dapat menurunkan kualitas beton. Air yang digunakan dalam pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, dan zat lain yang dapat menurunkan kualitas beton dan mengubah sifat-sifat beton.

Pasta semen merupakan hasil reaksi kimia dari semen dengan air, maka perbandingan air dengan semen atau faktor air semen perlu diperhatikan. Pujianto (2010) menyatakan, rasio faktor air semen (*water cement ratio*) merupakan berat air terhadap berat total semen dan aditifnya. Air yang berlebihan menyebabkan

banyaknya gelembung air setelah hidrasi, sedangkan air yang kurang akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak menyeluruh. Faktor air semen yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan kondisi adukan agar mudah dikerjakan.

3.5 Bahan Tambah

Bahan tambah merupakan bahan yang ditambahkan dalam campuran pembuatan beton dengan tujuan untuk mengubah atau memperbaiki sifat dan karakteristik dari beton atau mortar. Bahan tambah dapat berupa bahan kimia (*chemical admixture*) dan bahan mineral (*additive*). Pada penelitian ini digunakan bahan tambah berupa abu terbang (*fly ash*) dan limbah karbit.

1. *Fly ash*

Fly ash merupakan abu kehitam-hitaman sisa dari proses pembakaran batu bara yang memiliki ukuran maksimum sebesar 4,75 mm dan butiran minimum sebesar 0,075 mm. *Fly ash* memiliki unsur-unsur seperti silika, besi oksida, alumunia, dan kalsium oksida yang bersifat *pozzolanic* yang dapat menjadi pengikat pada campuran mortar. *Fly ash* tidak berkemampuan mengikat seperti semen, namun saat terkena air kandungan silika dan alumunia pada *fly ash* akan bereaksi dengan kalsium hidroksida dari hidrasi semen dan menghasilkan zat yang dapat mengikat (Maryoto, 2008.). Terdapat hubungan linier positif langsung antara kuat tekan dan penambahan *fly ash* (Siagian & Dermawan, 2011).

Fly ash sebagai bahan tambah dapat berguna sebagai pengisi (*filler*) yang dapat meningkatkan densitas, sehingga beton menjadi lebih kuat. Kandungan senyawa dalam *fly ash* dapat dilihat dalam Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Kandungan dalam *Fly Ash*

Senyawa (%)	Kelas Campuran Mineral		
	F	N	C
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₂ , min.	70	70	50

Lanjutan Tabel 3.3 Kandungan dalam *Fly Ash*

Senyawa (%)	Kelas Campuran Mineral		
	F	N	C
SO ₃ , maks.	4	5	5
Kadar air, maks.	3	3	3
Alkali, Na ₂ O, maks.	1,5	1,5	1,5

2. Limbah karbit

Limbah karbit merupakan produk buangan dari aktivitas penerangan, pengelasan, dan pemotongan besi. Limbah karbit merupakan sisa dari pembuatan gas acetulene (C₂H₂) dan sisa dari proses pengelasan dengan karbit (Kitnasdha et al., 2019). Limbah karbit pada awalnya berbentuk koloid (semi cair), kemudian setelah 3-7 hari gas yang terkandung menguap sehingga limbah karbit mengering berbentuk gumpalan-gumpalan yang rapuh keabu-abuan yang mudah dihancurkan serta menjadi serbuk (Utomo, 2010).

3.6 Kuat Tekan

Kuat tekan batako merupakan besarnya beban yang diterima per satuan luas. Batako diuji kuat tekan sampai hancur dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin penguji. Besarnya kuat tekan yang didapat dipengaruhi faktor air semen, kepadatan, umur benda uji, jenis semen, jumlah semen, dan sifat agregat. Kuat tekan yang diijinkan harus memenuhi syarat fisis pada Tabel 3.2.

3.7 Penyerapan Air

Penyerapan air merupakan perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat kering benda uji. Semakin banyak pori pada batako maka akan semakin besar penyerapan air. Semakin besar penyerapan air maka ketahanan

batako akan berkurang. Banyaknya pori yang terdapat pada batako di dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi material penyusunnya. Rasio yang terlalu besar dapat menyebabkan pori yang lebih banyak karena air yang berlebihan menyebabkan adanya sebagian air yang tidak bereaksi dan menguap sehingga meninggalkan rongga. Penyerapan air pada mortar ditinjau dari berat kering dan jenuhnya (Saputra et al., 2020).

3.8 Redaman Panas

Redaman panas merupakan metode yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas. Energi panas mengalir dari benda bersuhu tinggi ke rendah. Jumlah energi panas pada tiap aliran berbeda-beda, tergantung sifat material dari bahan tersebut (Wicaksono, 2017). Redaman panas pada batako yang baik dapat dilihat dari penurunan suhunya. Semakin tinggi angka penurunan suhunya, batako akan semakin baik dalam menahan panas.

3.9 Analisis Statistik Benda Uji

Analisis statistik merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari sampel yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan uji normalitas dan homogenitas sampel dengan bantuan aplikasi IBM *Statistic*. Uji normalitas dilakukan untuk membuktikan kenormalan sampel. Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui kesamaan material pembuatan sampel.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperlukan dalam penelitian ini untuk mempermudah dalam menganalisis batako dengan penggantian sebagian semen dengan fly ash dan penambahan limbah karbit. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapat dari pengujian yang telah dilaksanakan. Data primer dalam penelitian ini merupakan data yang didapatkan dari pengujian kuat tekan, data berat, dan volume batako.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan yang didapatkan dari jurnal, artikel, dan buku. Dalam penelitian ini data sekunder yang digunakan adalah Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai acuan persyaratan dan spesifikasi dan jurnal-jurnal penelitian sebagai spesifikasi dan komposisi penyusunan batako.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta.

4.3 Bahan Penelitian

Batako berbentuk persegi panjang berumur 28 hari dengan ukuran 40 cm x 22 cm x 12 cm yang terbuat dari campuran pasir dan semen dengan *fly ash* dan limbah karbit sebagai bahan tambah. Berikut merupakan material yang digunakan.

1. Semen Portland

Semen portland yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen merek Tiga Roda. Adapun semen yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Semen Tiga Roda
(Sumber: *Google.com*)

2. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari Gunung Merapi. Adapun pasir yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Pasir dari Gunung Merapi
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

3. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

4. *Fly Ash*

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fly ash* dari PLTU Paiton. Adapun *fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 *Fly Ash* dari PLTU Paiton
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

5. Limbah Karbit

Limbah karbit yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah karbit berupa bubuk yang didapatkan dari PT. Industri Gas Alam Murni Sejahtera. Adapun limbah karbit yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Limbah Karbit dari PT. Industri Gas Alam Murni Sejahtera
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

4.4 Peralatan Penelitian

Berikut merupakan peralatan-peralatan penelitian yang digunakan dalam penelitian.

1. Mesin uji kuat tekan

Mesin uji kuat tekan digunakan untuk mengetahui kuat desak dari benda uji. Mesin uji kuat tekan yang digunakan adalah *Compression Test Machine CAT C75*. Adapun mesin uji yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Mesin Uji Tekan
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

2. Ember Ukur

Penelitian ini menggunakan ember ukur untuk membandingkan skala ukur komposisi bahan. Adapun ember ukur dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Ember Ukur
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

3. Mobil pengangkut

Mobil ini digunakan untuk mengangkut *fly ash* ke laboratorium BKT.

4. Cetakan batako persegi panjang

Cetakan batako merupakan cetakan baja berbentuk persegi Panjang. Dalam penelitian ini digunakan cetakan dengan ukuran 40 cm x 22 cm x 12 cm. Adapun cetakan batako yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Cetakan Batako
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

5. Oven

Oven digunakan untuk mendapatkan keadaan kering mutlak pada pasir. Adapun oven yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Oven
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

6. Molen

Molen digunakan dalam pencampuran bahan-bahan penyusun mortar. Adapun molen yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Molen
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

7. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat benda uji. Adapun timbangan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Timbangan
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

8. *Sieve shaker*

Sieve shaker digunakan untuk mengetahui gradasi pasir. Susunan lubang ayakan berturut-turut adalah 10,00 mm, 4,80 mm, 2,40 mm, 1,20 mm, 0,60 mm, 0,30 mm, dan 0,15 mm dilengkapi dengan tutup dan pan. Adapun *sieve shaker* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Sieve Shaker
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4.5 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan metode pelaksanaan penelitian agar sistematis sesuai kaidah ilmiah. Pelaksanaan penelitian ini meliputi persiapan, pembuatan benda uji, dan pelaksanaan pengujian.

1. Persiapan

Pekerjaan persiapan merupakan persiapan dalam pembuatan batako dan persiapan alat-alat yang akan digunakan. Persiapan bahan merupakan pemeriksaan bahan campuran batako yang difokuskan pada agregatnya.

- a. Pasir dikeringkan dengan cara diangin-anginkan.
- b. Memisahkan kerikil pada pasir dengan menggunakan saringan 5 mm dan 2 mm.
- c. Melakukan penimbangan bahan penyusun batako dan mencari berat volume bahan penyusun batako.



Gambar 4.12 Menimbang Bahan Penyusun Batako
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

2. Pencampuran bahan dan pembuatan benda uji

Berikut tahapan dalam pencampuran dan pembuatan benda uji.

- a. Membersihkan *Mixer Machine* agar terhindar dari kotoran.
- b. Menimbang tiap-tiap bahan penyusun sesuai komposisi campuran.



Gambar 4.13 Menimbang Bahan Penyusun
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

- c. Memasukkan bahan penyusun batako secara bertahap sesuai dengan presentase campuran.



Gambar 4.14 Memasukkan Bahan Penyusun ke *Mixer Machine*
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

- d. Melakukan *mixing* dengan menyalakan *Mixer Machine* sehingga bahan penyusun tercampur rata.



Gambar 4.15 *Mixing* Campuran Batako
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

- e. Menambahkan air secara bertahap sampai mendapatkan campuran yang mudah dicetak. Campuran dianggap mudah dicetak apabila saat dikepalkan dengan tangan campuran tidak pecah.



Gambar 4.16 Memasukkan Air
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

- f. Menuang campuran yang telah tercampur rata dengan membuka penutup pada bagian bawah *Mixer Machine*.



Gambar 4.17 Menuang Campuran
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

- g. Meletakkan campuran ke dalam *Press Machine* yang sudah diberi minyak agar batako mudah dikeluarkan.
- h. Menggetarkan *Press Machine* agar campuran menjadi padat dalam cetakan.
- i. Melepaskan tuas beban sehingga beban menekan campuran batako menjadi padat.
- j. Mengangkat tuas beban bersamaan dengan cetakan dengan perlahan untuk mendapatkan batako yang utuh.
- k. Memindahkan batako bersamaan dengan alas kayu batako sementara.

- l. Melepaskan alas kayu dan memindahkan batako ke tempat teduh pada saat batako berumur 1 hari.
 - m. Memberikan kode pada tiap variasi campuran benda uji.
3. Pelaksanaan pengujian

Penelitian ini terbagi atas 3 jenis pengujian yaitu pengujian kuat tekan, daya serap air, dan redaman panas batako pada batako normal dan batako penggunaan *fly ash* sebagai pengganti pasir sebesar 20% dan variasi penambahan limbah karbit sebesar 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%. Sampel adalah batako pejal dengan ukuran 40 cm x 22 cm x 12 cm. Jumlah total sampel adalah berjumlah 30 yaitu 6 batako normal dan 6 batako dengan penggunaan *fly ash* sebesar 20% pada tiap variasi penambahan limbah karbitnya. Sampel batako tersebut terdiri dari 5 batako untuk diuji kuat tekannya dan 1 batako untuk diuji penyerapan airnya. Pengujian penyerapan air batako dilakukan dengan menggunakan 1 sampel dari tiap variasi campuran lalu dipotong menjadi 3 bagian sama besar. Pengujian Redaman panas pada batako tidak merusak sifat dan bentuk fisik batako, sehingga pengujian Redaman panas dilakukan di awal dengan menggunakan 3 sampel batako. Jumlah dan komposisi campuran batako dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Jumlah dan Komposisi Campuran Batako

Variasi	<i>Fly Ash</i>	Limbah Karbit (%)	Jumlah Sampel (buah)	Total Sampel (buah)
A	1 PPC : 7,5 PS	0	6	30
B	1 PPC : 6 PS : 1,5 FA	5	6	
C		7,5	6	
D		10	6	
E		12,5	6	

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas dan karakteristik batako yang dihasilkan. Pengujian dilakukan setelah batako berusia 28 hari. Berikut merupakan pengujian yang dilakukan.

a. Pengujian kuat tekan batako

Pengujian kuat tekan batako dilakukan dengan alat uji desak milik Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Program Studi Teknis Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Arah beban pada alat uji desak disesuaikan dengan arah datangnya beban pada saat pemakaian batako. Pembebanan dilakukan tidak kurang dari 1 menit dan tidak lebih dari 2 menit sesuai dengan syarat dalam SNI 03-0349-1989. Berikut merupakan langkah-langkah dalam pengujian kuat tekan.

- 1) Pemberian kode pada tiap sampel untuk memudahkan dalam pencatatan nilai kuat tekan.
- 2) Benda uji diletakkan pada alat uji kuat desak.
- 3) Alat dinyalakan dan pembebanan dimulai.
- 4) Hasil pembebanan pada tiap sampel dicatat pada form penelitian.
- 5) Pembebanan dilakukan menerus sampai sampel rusak.



Gambar 4.18 Pembebanan Batako
(Sumber: *Aulia Rahmina, 2018*)

b. Pengujian penyerapan air batako

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *fly ash* dan limbah karbit terhadap kekedapan air pada batako. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian penyerapan air pada batako.

- 1) Satu buah sampel benda uji dipotong menjadi 3 bagian.
- 2) Benda uji direndam selama 24 jam lalu diangkat lalu ditiriskan dan dikeringkan menggunakan kain. Setelah itu benda uji ditimbang beratnya.
- 3) Benda uji dikeringkan selama 24 jam dengan menggunakan oven pada suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- 4) Benda uji ditimbang setelah di oven.

c. Pengujian Redaman panas batako

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* dan limbah karbit terhadap ketahanan panas pada batako. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian redaman panas pada batako.

- 1) Batako diletakkan sejajar menghadap sinar matahari langsung tanpa ada yang menghalangi.
- 2) Pengujian dilakukan pada siang hari selama 30-45 menit.
- 3) Pengukuran suhu dilakukan dengan cara mengarahkan *thermometer* ke sisi batako yang terkena panas matahari dan sisi batako yang tidak terkena panas matahari.
- 4) Catat suhu yang terbaca pada *thermometer*.

4. Analisis batako

Setelah dilakukan pengujian, hasil dari pengujian yang telah dicatat dalam form penelitian dianalisis sesuai dengan pengujiannya.

a. Analisis pengujian kuat tekan batako

Data hasil pengujian kuat tekan batako yang telah dicatat dalam form penelitian dapat dianalisis dengan menggunakan Persamaan 4.1.

$$\text{Kuat tekan (kg/cm}^2\text{)} = \frac{P}{A} \quad (4.3)$$

dengan :

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas permukaan bidang desak (cm²)

b. Analisis pengujian penyerapan air batako

Data hasil dari pengujian penyerapan air batako yang telah dicatat pada form penelitian dapat dianalisis dengan menggunakan Persamaan 4.2.

$$\text{Penyerapan (\%)} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (4.4)$$

dengan :

A = Berat batako sebelum di oven (kg)

B = Berat batako setelah di oven (kg)

c. Analisis pengujian redaman panas batako

Pengujian redaman panas dilakukan dengan membandingkan temperatur sisi batako yang terkena panas dengan temperatur sisi batako yang tidak terkena panas.

$$\text{Penurunan Suhu (}^{\circ}\text{C)} = A - B \quad (4.5)$$

dengan :

A = Suhu batako terkena panas (°C)

B = Suhu batako tidak terkena panas (°C)

5. Analisis Statistik

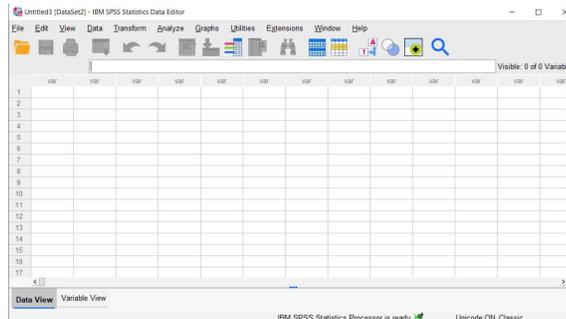
Setelah data dari sampel didapat, dilakukan analisis statistic terhadap sampel batako. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan dari data sampel yang didapat dalam penelitian. Dalam penelitian ini dilakukan analisis statistic berupa uji normalitas dan homogenitas.

a. Uji normalitas sampel

Analisis pengujian ini dilakukan untuk membuktikan normal atau tidaknya data sampel penelitian. Dalam penelitian ini uji normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov. Uji Kolmogorov-Smirnov digunakan untuk ukuran jumlah sampel 20-1000 buah. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan

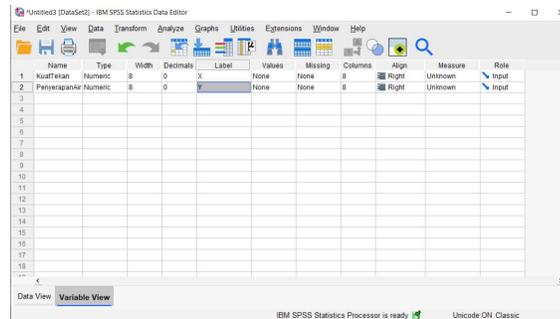
bantuan *software IBM Statistics*. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian Kolmogorov-Smirnov menggunakan *IBM Statistics*.

1) Membuka aplikasi *IBM Statistics*.



Gambar 4.19 Aplikasi IBM Statistics
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

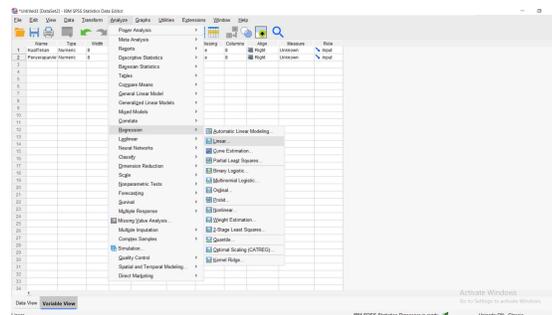
2) Memberi nama variabel kuat tekan dan penyerapan air.



Gambar 4.20 Memasukkan Variabel Data
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

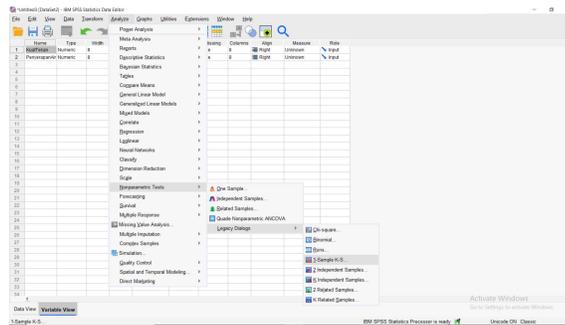
3) Memasukkan data pengujian.

4) Mencari regresi data dengan analisis linear.



Gambar 4.21 Mencari Regresi Data
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

5) Melakukan analisis normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov.



Gambar 4.22 Menganalisis Kolmogorov-Smirnov
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

6) Didapatkan signifikansi dari data pengujian.

Apabila nilai signifikansi lebih dari 0,05 maka data dianggap berdistribusi normal. Sedangkan apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka data dianggap berdistribusi tidak normal.

b. Uji homogenitas sampel

Setelah uji normalitas diterima, selanjutnya dilakukan uji homogenitas. Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui bahwa data yang diambil berasal dari material yang sama. Dalam penelitian ini uji homogenitas sampel menggunakan Levene. Uji homogenitas dengan Levene dilakukan dengan bantuan *software IBM Statistics*. Berikut merupakan langkah-langkah dalam pengujian Anova.

- 1) Membuka aplikasi *IBM Statistics*.
- 2) Memberi nama variabel.
- 3) Memasukkan data pengujian.
- 4) Melakukan pengujian Levene.

No	FPA	p
1	6,68	1,00
2	6,66	1,00
3	5,36	1,00
4	5,67	1,00
5	6,66	1,00
6	6,50	2,00
7	4,33	2,00
8	10,30	2,00
9	6,97	2,00
10	5,76	2,00
11	7,86	3,00
12	6,49	3,00
13	6,60	3,00
14	7,52	3,00
15	6,20	3,00
16	6,72	4,00
17	6,60	4,00
18	6,75	4,00
19	6,61	4,00
20	7,53	4,00
21	11,74	5,00
22	11,50	5,00
23	6,50	5,00
24	7,62	5,00
25	7,63	5,00
26		
27		
28		
29		

Gambar 4.23 Menganalisis Levene
(Sumber: *Dokumentasi Pribadi*)

5) Didapatkan signifikansi dari data pengujian.

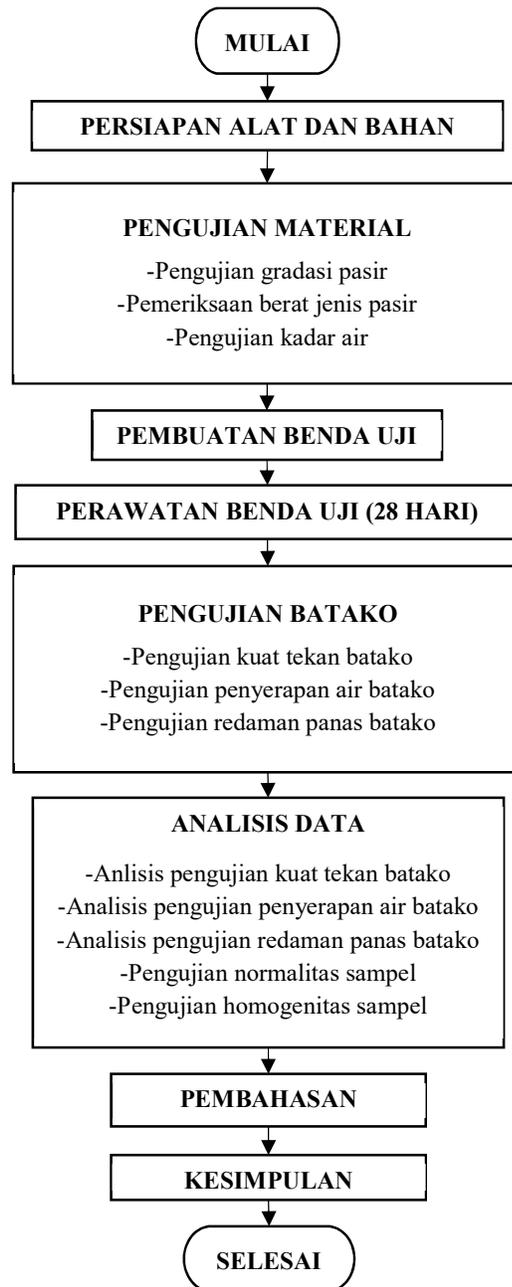
Apabila nilai signifikansi lebih dari 0,05 maka data dianggap berdistribusi homogen. Sedangkan apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka data dianggap berdistribusi tidak homogen.

6. Pembahasan

Hasil dari pengujian yang telah dicatat pada form penelitian dan dianalisis dibandingkan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* dan limbah karbit terhadap kuat tekan dan penyerapan air pada batako serta redaman panas. Hasil perbandingan tersebut disajikan dalam bentuk grafik dengan sumbu x merupakan variasi campuran *fly ash* dan limbah karbit dan sumbu y merupakan variabel yang ditinjau. Setelah itu dilakukan pengecekan nilai kuat tekan dan penyerapan air pada batako yang telah diuji dengan syarat mutu batako yang telah diatur dalam SNI. Syarat fisis bata beton pada SNI 03-0349-1989 dapat dilihat pada Tabel 3.2.

7. Kesimpulan

Kesimpulan didapat dengan melihat hasil dari pembahasan dalam penelitian. Diharapkan *fly ash* dan limbah karbit dapat meningkatkan kuat tekan, mereduksi penyerapan air pada batako, dan memiliki redaman panas yang baik, serta masuk dalam kategori yang disyaratkan dalam SNI sehingga penggunaan *fly ash* dan limbah karbit pada batako dapat menjadi alternatif baru dalam dunia konstruksi.



Gambar 4.24 Flowchart Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini berisikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan akan dijelaskan. Pembuatan dan pengujian benda uji dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis UII dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknis UII. Garis besar dari runtutan penelitian ini adalah pengecekan material, pengamatan proses produksi, dan pengujian sampel.

5.2 Hasil Penelitian Material

Dari penelitian material yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi UII didapatkan hasil pengujian analisa saringan agregat, pengujian berat volume material, pengujian lolos saringan no. 200. Penelitian material ini dilakukan agar mendapatkan hasil benda uji yang sesuai dengan rencana.

1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Penelitian ini menggunakan agregat halus berupa pasir dari Merapi. Berikut merupakan hasil pemeriksaan pada material agregat halus.

a. Pengujian analisa saringan agregat halus

Pengujian analisa saringan agregat halus dilakukan untuk mengetahui nilai modulus halus butir (MHB) dengan metode dan standar SNI 03-1968-1990.

Berikut merupakan hasil dari analisa saringan agregat halus.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	8	0.53	0.53	99.47
2,40	78	5.21	5.74	94.26

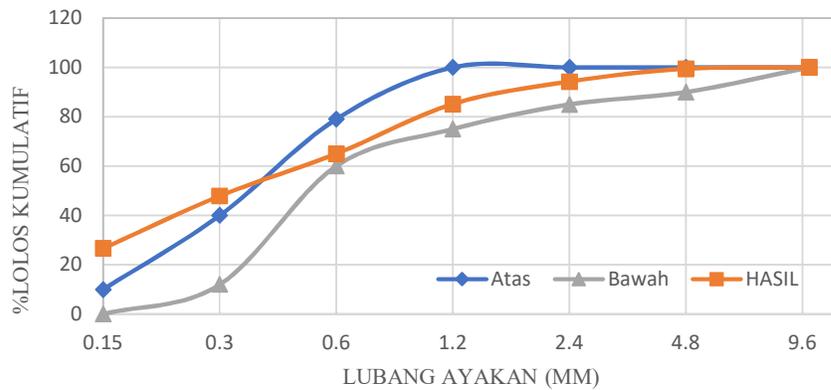
Lanjutan Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
1,20	136	9.08	14.83	85.17
0,60	302	20.17	35.00	65.00
0,30	256	17.10	52.10	47.90
0,15	318	21.24	73.35	26.65
Sisa	399	26.65	100.00	0.00
Jumlah	1497	100	281,56	

Berdasarkan Tabel 5.1 dapat dilakukan perhitungan MHB dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} & (5.1) \\
 &= \frac{281,56}{100} \\
 &= 2,8156
 \end{aligned}$$

Menurut Tjokrodimuljo (2007) modulus halus butir (MHB) pada agregat halus umumnya mempunyai nilai sebesar 1,5 – 3,8. Pada pengujian ini diperoleh MHB sebesar 2,8156 yang mana memenuhi. Selain untuk mengetahui MHB agregat halus, hasil analisa saringan ini dapat digunakan untuk mengetahui gradasi dari agregat halus. Gradasi dari agregat halus tergolong ke dalam gradasi daerah III yaitu termasuk dalam pasir agak halus. Grafik persen lolos kumulatif dengan agregat lolos saringan dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus

b. Pengujian berat volume padat agregat halus

Hasil pengujian berat volume padat dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	10599	10599	10599
Berat Tabung + Agregat SSD (W1+W2), gram	19523	19509	19516
Berat Agregat (W3), gram	8924	8910	8917
Volume Tabung (V), cm ³	5301,438	5301,438	5301,438
Berat Volume Padat (W3/V), gram/cm ³	1,683	1,681	1,682

Berat volume padat merupakan perbandingan berat agregat dengan volume dalam kondisi padat. Dari pengujian di atas didapatkan berat volume padat rata-rata sebesar 1,682 gram/cm³ yang mana telah memenuhi syarat SNI 03-4804-1998 yaitu sebesar 1,2-1,7 gram/cm³.

c. Pengujian berat volume gembur agregat halus

Hasil pengujian berat volume gembur dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	10599	10599	10599
Berat Tabung + Agregat SSD (W1+W2), gram	18359	18371	18365
Berat Agregat (W3), gram	7760	7772	7766
Volume Tabung (V), cm ³	5301,438	5301,438	5301,438
Berat Volume Padat (W3/V), gram/cm ³	1,464	1,466	1,465

Berat volume gembur merupakan perbandingan berat agregat dengan volume dalam kondisi gembur. Dari pengujian di atas didapatkan berat volume padat rata-rata sebesar 1,465 gram/cm³ yang mana telah memenuhi syarat SNI 03-4804-1998 yaitu sebesar 1,2-1,7 gram/cm³.

d. Pengujian lolos saringan no. 200

Pengujian ini menentukan nilai dari presentase kadar lumpur dalam pasir sebagai syarat mutu dalam SNI 03-4142-1996. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah Dicuci (W2), gram	479	476	477,5
Berat Lolos Saringan No. 200	4,2%	4,8%	4,5%

Berdasarkan Tabel 5.4 di atas pasir Merapi yang digunakan untuk penelitian memiliki kadar lumpur rata-rata sebesar 4,5%. Kadar lumpur maksimal di atur dalam PBI 1982 yaitu sebesar maksimal 5%. Pasir Merapi dapat digunakan karena memenuhi syarat dalam PBI 1982.

5.3 Pemeriksaan Berat Volume Bahan

Bahan susun batako yang digunakan perlu dilakukan pemeriksaan untuk mengetahui kelayakannya. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memperoleh berat volume dari bahan susun. Adapun perhitungan berat volume adalah sebagai berikut.

1. Berat Bahan

Berat bahan penyusun batako ditimbang sebanyak 5 kali dalam kondisi gembur lalu hasilnya dihitung rata-ratanya. Hasil dari perhitungan berat bahan dapat dilihat dalam Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Batako

No.	Berat Semen (kg)	Berat Pasir (kg)
1	4,020	6,325
2	4,033	6,319
3	4,031	6,324
4	4,022	6,336
5	4,026	6,329
Rata-rata	4,026	6,327

2. Volume Ember Ukur

Volume ember ukur dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Ember Ukur} &= \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Volume Air}} && (5.2) \\
 &= \frac{2,760}{1000} \\
 &= 0,00276 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

3. Berat Volume Bahan

Berat volume bahan dapat dihitung dengan membagi berat rata-rata bahan yang ditampung dengan volume ember ukur. Adapun perhitungan berat volume bahan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat volume semen} &= \frac{\text{Berat Semen}}{\text{Volume Ember Ukur}} \\
 &= \frac{3,906}{0,00276} \\
 &= 1415,22 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Berat volume pasir} &= \frac{\text{Berat Pasir}}{\text{Volume Ember Ukur}} \\
 &= \frac{6,207}{0,00276} \\
 &= 2248,91 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat volume } fly \text{ ash} &= \frac{\text{Berat } fly \text{ ash}}{\text{Volume Ember Ukur}} \\
 &= \frac{3,598}{0,00276} \\
 &= 1303,62 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Berat volume *fly ash* didapatkan sebesar 1303,62 kg/m³ yang mana lebih ringan dari berat volume pasir yaitu sebesar 2248,91 kg/m³. Penggantian sebagian pasir dengan material lain dengan berat volume yang lebih ringan dapat mengurangi berat beton (Ani Firda, 2021).

5.4 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Perhitungan kebutuhan campuran dihitung dengan menghitung kebutuhan bahan untuk membuat 1 buah benda uji. Setelah dihitung kebutuhan untuk 1 buah batako maka dapat dihitung kebutuhan total batako. Adapun perhitungan kebutuhan campuran untuk 1 batako dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{1. Kebutuhan Semen} &= \frac{1}{8,5} \times V_{\text{batako}} \times BV_{\text{semen}} \\
 &= \frac{1}{8,5} \times 0,01056 \times 1415,22 \\
 &= 1,76 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{2. Kebutuhan Pasir} &= \frac{7,5}{8,5} \times V_{\text{batako}} \times BV_{\text{pasir}} \\
 &= \frac{7,5}{8,5} \times 0,01056 \times 2248,91 \\
 &= 20,95 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Berat 1 Batako Normal = Kebutuhan Pasir + Kebutuhan Semen
 = 20,95 + 1,76
 = 22,71 kg
4. Kebutuhan *Fly Ash* 20% = 20% x Kebutuhan Pasir
 = 20% x 20,95
 = 4,19 kg
5. Kebutuhan Limbah Karbit 5% = 5% x Perkiraan Berat Batako Normal
 = 5% x 22,71
 = 1,14 kg
6. Kebutuhan Limbah Karbit 7,5% = 7,5% x Perkiraan Berat Batako Normal
 = 7,5% x 22,71
 = 1,70 kg
7. Kebutuhan Limbah Karbit 10% = 10% x Perkiraan Berat Batako Normal
 = 10% x 22,71
 = 2,27 kg
8. Kebutuhan Limbah Karbit 12,5% = 12,5% x Perkiraan Berat Batako Normal
 = 12,5% x 22,71
 = 2,84 kg

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan rekapitulasi hasil perhitungan bahan campuran batako. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Kebutuhan Bahan

Variasi	Semen (kg)	Pasir (kg)	<i>Fly Ash</i> (kg)	Limbah Karbit (kg)	Jumlah Sampel (buah)
A	1,76	20,95	0	0	6
B	1,76	16,76	4,19	1,14	6
C	1,76	16,76	4,19	1,70	6
D	1,76	16,76	4,19	2,27	6
E	1,76	16,76	4,19	2,84	6

5.5 Pengamatan Proses Produksi

Batako pada penelitian ini dibuat dengan bantuan alat berupa *mixer* dan mesin cetak batako *press*. Proses produksi dibagi menjadi beberapa tahap, yang pertama adalah memasukkan bahan ke dalam *mixer* lalu dilanjutkan pencampuran. Air ditambahkan saat proses pencampuran dengan kadar menyesuaikan campuran pada *mixer* sampai bahan tercampur dengan baik. Campuran dianggap sudah baik apabila dapat digenggam dengan telapak tangan. Setelah itu campuran yang sudah tercampur dengan baik dituang dan dipindahkan ke cetakan batako lalu dilakukan pemadatan dengan menyalakan mesin cetak batako *press*. Setelah padat, campuran dipindahkan dan ditata sesuai variasinya dengan diberi alas papan kayu.

5.6 Pengukuran Berat Batako

Batako ditimbang untuk diketahui beratnya. Digunakan 3 sampel pada tiap variasi untuk dibandingkan dengan variasi lainnya sehingga dapat diketahui pengaruh penggantian sebagian pasir dengan *fly ash* terhadap berat batako. Hasil pengukuran berat batako dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

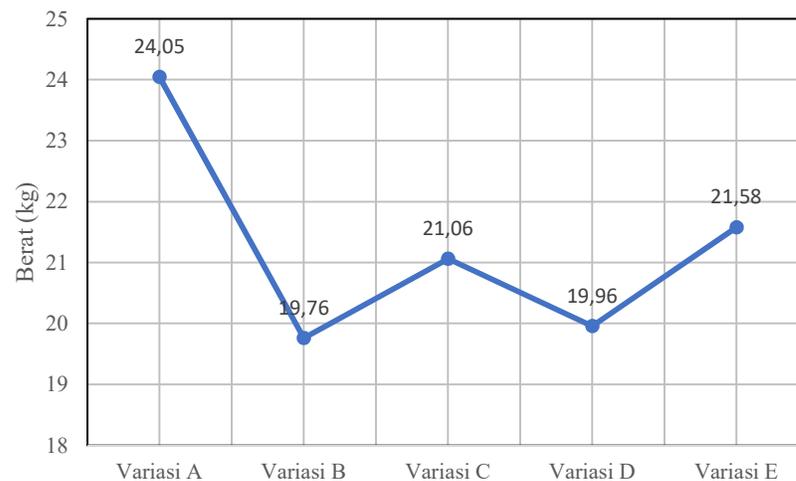
Tabel 5.7 Hasil Pengukuran Berat Batako

Variasi	Berat Sampel (kg)	Berat Rata-rata Variasi (kg)	Berat Volume (kg/m ³)
A	23,91	24,05	2.227,46
	24,14		
	24,09		
B	19,72	19,76	1.871,21
	19,86		
	19,7		
C	21,41	21,06	1.994,32
	20,98		
	20,8		

Lanjutan Tabel 5.7 Hasil Pengukuran Berat Batako

Variasi	Berat Sampel (kg)	Berat Rata-rata Variasi (kg)	Berat volume (kg/m ³)
D	19,89	19,96	1.890,15
	19,87		
	20,11		
E	21,94	21,58	2.043,56
	21,9		
	20,89		

Dari hasil di atas dapat dibuat grafik berat batako rata-rata tiap variasi. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Grafik Berat Variasi Batako

Dari hasil pada Gambar 5.2 di atas, dapat dilihat bahwa Variasi A dengan tanpa penggunaan *fly ash* memiliki berat rata-rata paling besar yaitu senilai 24,05 kg. Sedangkan Variasi B, C, D, dan E memiliki penurunan berat berturut-turut sebesar 17,8%, 12,4%, 17%, dan 10,3%. Penurunan berat tidak linier dibandingkan jumlah limbah karbit yang semakin bertambah pada tiap variasinya. Berat volume

bata ringan berkisar antara 600-1600 kg/m³ dengan kuat tekan tergantung pada komposisi campuran (Ngabdurrochman, 2009). Dari hasil pengukuran berat volume tersebut batako belum bisa dikategorikan sebagai bata ringan.

5.7 Kuat Tekan Batako

Batako yang telah dibuat di pindahkan ke Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII untuk dilakukan pengujian. Setelah didapatkan beban maksimum, dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai kuat tekan. Berikut merupakan perhitungan kuat tekan pada batako Variasi A.

1. Perhitungan Luas Penampang

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang} &= P \times L \\ \text{Luas Penampang 1 (A1)} &= 40 \times 11,9 \\ &= 476 \text{ cm}^2 \\ \text{Luas Penampang 2 (A2)} &= 39,8 \times 12 \\ &= 477,6 \text{ cm}^2 \\ \text{Luas Penampang 3 (A3)} &= 39,8 \times 12 \\ &= 477,6 \text{ cm}^2 \\ \text{Luas Penampang 4 (A4)} &= 39,9 \times 12 \\ &= 478,8 \text{ cm}^2 \\ \text{Luas Penampang 5 (A5)} &= 40 \times 12 \\ &= 480 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2. Beban Maksimum

$$\begin{aligned} \text{Beban Maksimum 1 (P1)} &= 23174.14 \text{ kg} \\ \text{Beban Maksimum 2 (P2)} &= 32079.48 \text{ kg} \\ \text{Beban Maksimum 3 (P3)} &= 29954.34 \text{ kg} \\ \text{Beban Maksimum 4 (P4)} &= 22870.54 \text{ kg} \\ \text{Beban Maksimum 5 (P5)} &= 24489.70 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Kuat Tekan

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Batako} &= \frac{P}{A} \\ \text{Kuat Tekan Batako 1} &= \frac{23174.14}{476} \\ &= 48,69 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kuat Tekan Batako 2} = \frac{32079,48}{477,6}$$

$$= 67,17 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Kuat Tekan Batako 3} = \frac{29954,34}{477,6}$$

$$= 62,71 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Kuat Tekan Batako 4} = \frac{22870,54}{478,8}$$

$$= 47,77 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Kuat Tekan Batako 5} = \frac{24489,70}{480}$$

$$= 51,02 \text{ kg/cm}^2$$

4. Perhitungan Kuat Tekan Variasi A

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{\sum \text{Kuat Tekan}}{5}$$

$$= \frac{48,69 + 67,17 + 62,71 + 47,77 + 51,02}{5}$$

$$= 55,47 \text{ kg/cm}^2$$

Dengan cara yang sama dihitung kuat tekan seluruh sampel pada tiap-tiap variasi lainnya sehingga hasil pengujian kuat tekan seluruh sampel dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

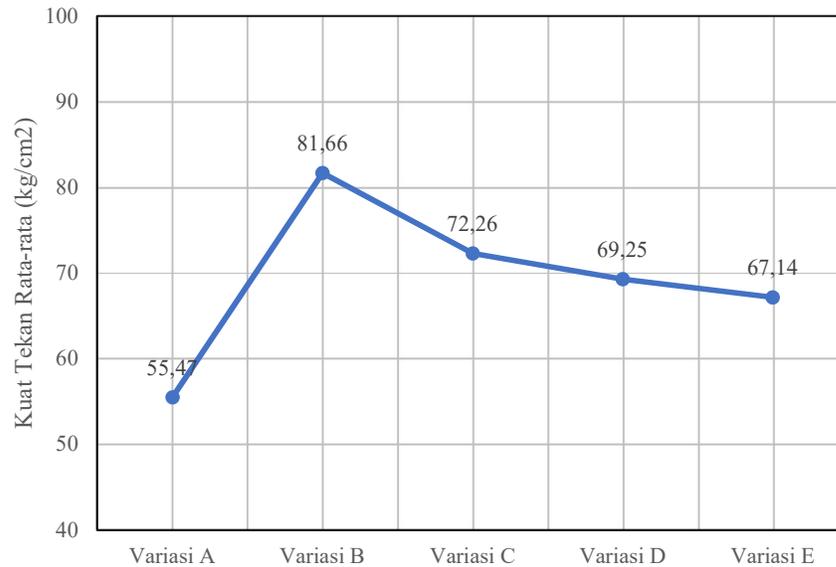
Tabel 5.8 Hasil Perhitungan Kuat Tekan

Variasi	No. Sampel	Beban Maksimum (kg)	Luas Penampang (cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
A	1	23174,14	476	48,69	55,47
	2	32079,48	477,6	67,17	
	3	29954,34	477,6	62,72	
	4	22870,54	478,8	47,77	
	5	24489,70	480	51,02	

Lanjutan Tabel 5.8 Hasil Perhitungan Kuat Tekan

Variasi	No. Sampel	Beban Maksimum (kg)	Luas Penampang (cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
B	1	43109,96	480	89,81	81,66
	2	40782,43	470,82	86,62	
	3	39360,01	480	82,00	
	4	35115,39	478,8	73,34	
	5	36329,76	474,81	76,51	
C	1	30359,13	477,6	63,57	72,26
	2	36127,36	478,8	75,45	
	3	39972,85	476	83,98	
	4	36026,17	480	75,05	
	5	30359,13	480	63,25	
D	1	30763,92	480	64,09	69,25
	2	30662,72	476	64,42	
	3	30662,72	478,8	64,04	
	4	37544,12	476	78,87	
	5	35823,77	478,8	74,82	
E	1	32787,86	466,1	70,35	67,14
	2	31269,90	480	65,15	
	3	31877,09	480	66,41	
	4	30359,13	478,8	63,41	
	5	33496,24	476	70,37	

Dari hasil pengujian di atas dapat dibuat grafik hasil kuat tekan rata-rata setiap variasi campuran untuk mengetahui pengaruh *fly ash* dan limbah karbit terhadap kuat tekan batako. Grafik hasil uji kuat tekan rata-rata dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Grafik Kuat Tekan Variasi Batako

Berdasarkan Gambar 5.3 di atas, batako Variasi A dengan tanpa penggunaan *fly ash* dan limbah karbit memiliki kuat tekan terendah yaitu sebesar 55,47 kg/cm². Sedangkan Variasi B, C, D, dan E mengalami kenaikan kuat tekan berturut-turut sebesar 47,2%, 30,3%, 24,8%, dan 21%. Hal ini disebabkan kandungan *pozzolan* pada Variasi A hanya berasal dari semen sehingga lebih rendah dari variasi lain. Kandungan Ca(OH)₂ pada limbah karbit bereaksi dengan *pozzolan* pada *fly ash* dan semen pada Variasi B, C, D, dan E sehingga kuat tekan meningkat. Hasil uji kuat tekan selaras dengan penelitian Adi Bayu Prasetyo (2012) yaitu batako dengan penggunaan *fly ash* sebesar 20% memiliki kuat tekan terbesar dibandingkan dengan variasi lain yaitu sebesar 109,26 kg/cm².

5.8 Penyerapan Air Batako

Penyerapan air batako adalah presentase air yang dapat diserap batako saat terkena air. Benda uji dalam penelitian ini berupa 3 buah batako yang didapatkan dari satu buah batako yang dipotong sama rata tiap variasinya. Benda uji direndam dalam air bersuhu ruangan selama 24 jam. Setelah itu benda uji dikeluarkan dan

dihitung presentase perbedaan berat sebelum dan sesudah direndam dalam air. Hasil perhitungan penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

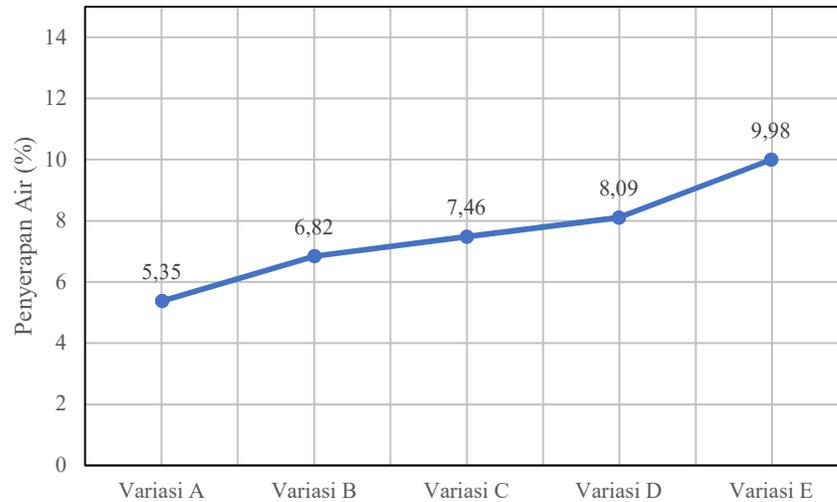
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Variasi	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
A	8.44	8	5.50	5,35
	7.78	7.36	5.71	
	8.03	7.66	4.83	
B	6,61	6,24	5,93	6,82
	6,74	6,46	4,33	
	6,7	6,08	10,20	
C	6,82	6,37	7,06	7,46
	7,55	7,09	6,49	
	7,4	6,8	8,82	
D	6,83	6,4	6,72	8,09
	6,43	5,91	8,80	
	6,96	6,4	8,75	
E	7,33	6,56	11,74	9,98
	7,71	6,93	11,26	
	7,25	6,78	6,93	
E	7,33	6,56	11,74	9,98
	7,71	6,93	11,26	
	7,25	6,78	6,93	

Nilai penyerapan air di atas didapatkan dari perhitungan seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan air} &= \frac{\text{Berat Basah} - \text{Berat Kering}}{\text{Berat Kering}} \times 100\% \\
 &= \frac{7,68 - 7,24}{7,24} \times 100\% \\
 &= 6,08\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil penyerapan air di atas, dapat dibuat grafik penyerapan air pada tiap variasi yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Grafik Penyerapan Air Variasi Batako

Dari Gambar 5.4 di atas dapat diketahui bahwa batako Variasi A tanpa penggunaan *fly ash* dan limbah karbit memiliki nilai daya serap air paling rendah yaitu 5,35%. Sedangkan batako Variasi B, C, D, dan E mengalami kenaikan linier seiring bertambahnya jumlah limbah karbit yaitu berturut-turut sebesar 27,5%, 39,4%, 51,2%, dan 86,5%. Hasil penelitian selaras dengan Cut Rahmawati (2019) yaitu daya serap air bata ringan semakin meningkat seiring penambahan jumlah limbah karbit.

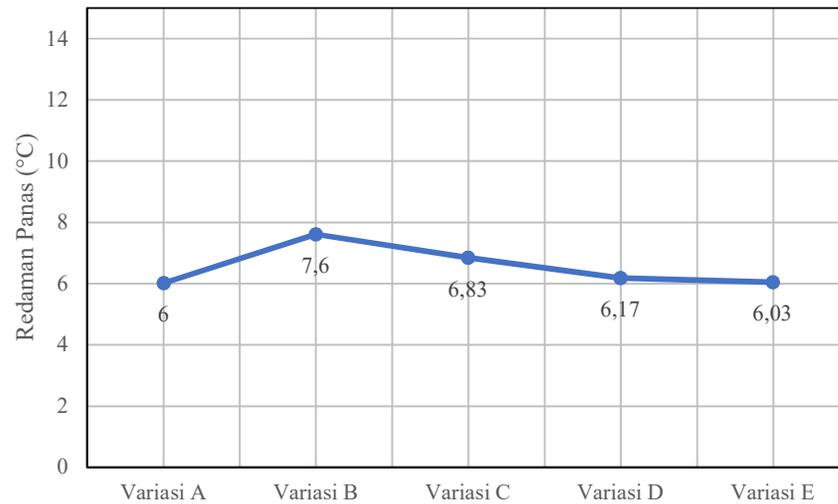
5.9 Redaman Panas Batako

Pengujian redaman panas dilakukan dengan menjemur 5 buah batako tiap variasinya. Penjemuran dilakukan saat matahari bersinar terik dan dilakukan selama kurang lebih satu setengah jam dengan mengarahkan batako menghadap arah datangnya cahaya matahari pada satu sisi batako dan sisi batako lain tidak terkena panas matahari secara langsung. Hasil redaman panas batako dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Redaman Panas Batako

Variasi	Suhu Depan (°C)	Suhu Belakang (°C)	Redaman Panas (°C)	Rata-rata Redaman Panas (°C)
A	41,1	34,9	6,2	6
	39,5	33,8	5,7	
	39,1	33	6,1	
B	40,5	33,3	7,2	7,6
	42,1	34,1	8	
	41,5	33,9	7,6	
C	40,6	33,6	7	6,83
	39,8	33	6,8	
	41	34,3	6,7	
D	41,3	34,8	6,5	6,17
	39,7	34,2	5,5	
	41,3	34,8	6,5	
E	40,3	34	6,3	6,03
	39,3	33,9	5,4	
	40,6	34,2	6,4	

Berdasarkan hasil uji redaman panas di atas, grafik redaman panas tiap variasi batako dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Grafik Redaman Panas Variasi Batako

Berdasarkan Gambar 5.5 di atas, batako Variasi B dengan penggunaan 20% *fly ash* dan 5% limbah karbit memiliki daya redam panas tertinggi yaitu 7,6 °C, sedangkan batako Variasi A tanpa penggunaan *fly ash* dan limbah karbit memiliki nilai daya redam panas terendah yaitu 6 °C. Menurut Andrian Prasetyo (2022), penggunaan *fly ash* pada batako meningkatkan kalor yang terjebak di dalam batako. Pada penelitian ini daya redam batako semakin menurun seiring bertambahnya kadar limbah karbit pada batako. Pengaruh limbah karbit terhadap redaman panas pada penelitian ini tidak dibandingkan dengan penelitian terdahulu dikarenakan belum adanya penelitian yang membahas hal tersebut.

5.10 Uji Normalitas Sampel

Uji ini dilakukan untuk mengetahui normal atau tidaknya data sampel. Uji normalitas sampel yang digunakan adalah menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov. Dalam penelitian ini, uji normalitas sampel dilakukan dengan bantuan aplikasi IBM *Statistic*. Pengujian normalitas sampel dapat dilihat pada Gambar 5.6 di bawah ini.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		15
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	11.56594254
Most Extreme Differences	Absolute	.183
	Positive	.183
	Negative	-.158
Test Statistic		.183
Asymp. Sig. (2-tailed)		.186 ^c

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

Gambar 5.6 Hasil Uji Normalitas Sampel dengan IBM *Statistic*

Berdasarkan uji normalitas pada tabel, dapat diambil kesimpulan bahwa data sampel terdistribusi normal yaitu Sig sebesar 0,186 yang mana lebih dari 0,05. Dapat disimpulkan bahwa regresi dari sampel tersebut layak untuk digunakan analisis.

5.11 Uji Homogenitas Sampel

Uji ini dilakukan untuk mengetahui homogen atau tidaknya material sampel. Uji homogenitas dilakukan setelah hasil uji normalitas sampel diterima. Uji homogenitas yang digunakan adalah menggunakan metode Levene. Dalam penelitian ini, uji homogenitas sampel dilakukan dengan bantuan aplikasi IBM *Statistic*. Pengujian homogenitas sampel dapat dilihat pada gambar berikut.

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kuat Tekan	Based on Mean	2.524	4	20	.073
	Based on Median	.507	4	20	.731
	Based on Median and with adjusted df	.507	4	14.238	.731
	Based on trimmed mean	2.424	4	20	.082

Gambar 5.7 Hasil Uji Homogenitas Kuat Tekan Sampel

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Penyerapan Air	Based on Mean	2.195	4	20	.106
	Based on Median	1.482	4	20	.245
	Based on Median and with adjusted df	1.482	4	8.588	.289
	Based on trimmed mean	2.009	4	20	.132

Gambar 5.8 Hasil Uji Homogenitas Penyerapan Air Sampel

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Redaman Panas	Based on Mean	.492	4	20	.742
	Based on Median	.329	4	20	.855
	Based on Median and with adjusted df	.329	4	13.940	.854
	Based on trimmed mean	.464	4	20	.762

Gambar 5.9 Hasil Uji Homogenitas Redaman Panas Sampel

Berdasarkan uji homogenitas di atas didapatkan Sig untuk kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas secara berturut-turut sebesar 0,073, 0,106, dan 0,742 yang mana lebih dari 0,05. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa data yang digunakan dalam penelitian tidak berbeda secara signifikan atau dapat dikategorikan varian yang dibandingkan homogen.

5.12 Penggolongan Batako

Setelah data pengujian dikatakan terdistribusi normal dan homogen yang mana berarti sampel layak digunakan dalam penelitian, batako dapat digolongkan ke dalam berbagai kelas mutu sesuai pada SNI 03-0349-1989. Penggolongan pada SNI 03-0349-1989 tersebut berdasarkan kuat tekan rata-rata, kuat tekan per sampel, dan daya serap rata-rata maksimum batako yang didapat dari penelitian ini. Penggolongan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Penggolongan Kelas Batako

Variasi	Kuat Tekan Sampel (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)	Kuat Tekan Tiap Sampel Minimum (kg/cm ²)	Penyerapan Air Rata-rata (%)	Mutu Batako Tiap Variasi (kg/cm ²)
A	48,69	55,47	47,77	5,39	III
	67,17				
	62,72				
	47,77				
	51,02				
B	89,81	81,66	73,34	6,82	II
	86,62				
	82,00				
	73,34				
	76,51				
C	63,57	72,26	63,25	7,46	III
	75,45				
	83,98				
	75,05				
	63,25				

Lanjutan Tabel 5.11 Penggolongan Kelas Batako

Variasi	Kuat Tekan Sampel (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)	Kuat Tekan Tiap Sampel Minimum (kg/cm ²)	Penyerapan Air Rata-rata (%)	Mutu Batako Tiap Variasi (kg/cm ²)
D	64,09	69,25	64,04	8,09	III
	64,42				
	64,04				
	78,87				
	74,82				
E	70,35	67,14	63,41	9,98	III
	65,15				
	66,41				
	63,41				
	70,37				

Dari Tabel 5.11 di atas diperoleh golongan kelas mutu tiap batako. Batako Variasi B memiliki mutu tertinggi dibandingkan dengan batako variasi lain. Golongan kelas mutu batako Variasi B dengan penggunaan 20% *fly ash* dan 5% limbah karbit adalah mutu II, dengan kuat tekan berkisar antara 73,34-89,81 kg/cm² dan penyerapan air maksimum rata-rata senilai 6,82%. Sedangkan batako Variasi A dengan tanpa penggunaan *fly ash* dan limbah karbit adalah mutu III, dengan kuat tekan berkisar antara 48,69-67,17 kg/cm² dan penyerapan air maksimum rata-rata senilai 5,39%. Pada Varit Henry (2019), nilai kuat tekan dan tarik beton tertinggi diperoleh pada campuran *fly ash* sebesar 20% dan limbah karbit sebesar 5% yaitu senilai 25,66 MPa dan 2,1 MPa. Pada Nindya Rossavina (2016), komposisi terbaik pembuatan beton campuran *fly ash* dan limbah karbit pada komposisi *fly ash*

sebesar 25% dan limbah karbit 10% yaitu mengalami kenaikan sebesar 12,14% dari beton normal.

Penggunaan penggunaan *fly ash* dan limbah karbit yang optimal akan meningkatkan karakteristik batako. Pada penelitian ini, penggunaan 20% *fly ash* dan 5% limbah karbit merupakan campuran yang optimal. Campuran tersebut dapat meningkatkan mutu batako ditinjau dari kelas mutunya dalam SNI 03-0329-1989.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan, didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Penggunaan *fly ash* dan limbah karbit pada penelitian ini mempengaruhi kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas pada batako. Batako Variasi A dengan tanpa penggunaan *fly ash* dan limbah karbit memiliki kuat tekan, penyerapan air, dan redaman panas yang lebih rendah dibandingkan batako variasi lain.
2. Penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian pasir dapat menurunkan berat dari batako secara tidak signifikan. Batako mengalami penurunan berat namun belum bisa dikategorikan sebagai bata ringan.
3. Batako Variasi B dengan penggunaan 20% *fly ash* dan 5% limbah karbit memiliki nilai kuat tekan dan redaman panas yang tertinggi bila dibandingkan dengan batako variasi lain. Sesuai kuat tekan dan penyerapan airnya, batako Variasi B digolongkan dalam batako kelas II sementara variasi lain tergolong dalam batako kelas III dalam SNI 03-0349-1989. Sedangkan redaman panas rata-rata batako Variasi B sebesar 7,6 °C. Dengan begitu jumlah penambahan limbah karbit paling optimal adalah sebesar 5%.

6.2 Saran

1. Perlu lebih diperhatikan pada saat proses pengadukan campuran agar campuran lebih homogen.
2. Pada pengujian redaman panas sebaiknya digunakan *thermocouple* untuk mengukur suhu pada beberapa titik pada batako dan suhu di dalam batako.
3. Perlu melakukan peninjauan terhadap biaya produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anhadi, a. R. (2018). Pengaruh pemanfaatan serbuk kayu dan fly ash terhadap kuat tekan dan penyerapan air pada batako (*the effect of using sawdust and fly ash on the compressive strength and water absorption of batako*).
- Dewi, N. R., Dermawan, D., & Ashari, M. L. (2016). STUDI PEMANFAATAN LIMBAH B3 KARBIT DAN FLY ASH SEBAGAI BAHAN CAMPURAN BETON SIAP PAKAI (BSP) (STUDI KASUS : PT. VARIA USAHA BETON). *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 13(1), 34. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v13i1.34-43>
- E, N. E., & S, O. M. (2018). *POTENTIALS OF CALCIUM CARBIDE WASTE AS A PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT IN CONCRETE*. Retrieved July 28, 2023, from https://www.researchgate.net/profile/Emmanuel-Ndububa/publication/326631759_POTENTIALS_OF_CALCIUM_CARBIDE_WASTE_AS_A_PARTIAL_REPLACEMENT_OF_CEMENT_IN_CONCRETE/links/5b59c781a6fdccf0b2f8e13e/POTENTIALS-OF-CALCIUM-CARBIDE-WASTE-AS-A-PARTIAL-REPLACEMENT-OF-CEMENT-IN-CONCRETE
- Eva Lianasari, A., & Dwiputra Paiding, S. (2013). *Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo), 24-25 Oktober 2013*.
- Juniasy Somalinggi, L., Phengkarsa, F., & Febriani, L. (2020). *Paulus Civil Engineering Journal Pengaruh Limbah Karbit / Calcium Carbit Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton*. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej>
- Kabir, D., & Amir Sultan, M. (2018). *PENGGUNAAN FLY ASH SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA PROSES PEMBUATAN MORTAR DENGAN BAHAN DASAR PASIR APUNG*. <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/Techno>
- Kitnasdha, R., Supriani, F., & Afrizal, Y. (2019). *PENGARUH LIMBAH KARBIT SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR (Kajian terhadap Adukan Mortar 1Pc : 3Ps)*.
- Mahendra, P., & Risdianto, Y. (2019). *PEMANFAATAN LIMBAH KARBIT SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL*.

- Maryoto, A. (2008). *Pengaruh Penggunaan High Volume Fly Ash Pada Kuat Tekan Mortar-Agus Maryoto PENGARUH PENGGUNAAN HIGH VOLUME FLY ASH PADA KUAT TEKAN MORTAR.*
- Rahmawati, D. (2020). Penentuan Kombinasi Level Optimal Dalam Peningkatan Kualitas Batako.
- Saputra, W. A., Anisah, A., & Saleh, R. (2020). Pemanfaatan Limbah Karbit Sebagai Bahan Tambah Pada Mortar Ditinjau Dari Kuat Tekan. *Jurnal PenSil*, 9(3), 146–151. <https://doi.org/10.21009/jpensil.v9i3.16454>
- Siagian, H., & Dermawan, A. (2011). Pengujian Sifat Mekanik Batako Yang Dicampur Abu Terbang (Fly Ash). *Jurnal Sains Indonesia*, 35(1), 23–28.
- Yunusa, S. A. (2015). INVESTIGATION IN TO THE USE OF CALCIUM CARBIDE WASTE AS A PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT IN CONCRETE. *International Journal of Engineering and Management Research* Page Number, 5, 675–680. <https://www.researchgate.net/publication/275937360>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Benda Uji



Gambar L-1.1 Benda Uji Setelah di Cetak



Gambar L-1.2 Benda Uji Setelah 28 Hari

Lampiran 2 Pengujian Material



Gambar L-2.1 Pengeringan Oven Pasir



Gambar L-2.2 Pengguncangan Pasir dengan Shaker



Gambar L-2.3 Pengujian Analisis Saringan Pasir



Gambar L-2.4 Pengujian Kadar Lumpur

Lampiran 3 Pengukuran Batako



Gambar L-3.1 Pengukuran Dimensi Batako



Gambar L-3.2 Pengukuran Berat Batako

Lampiran 4 Pengujian Kuat Tekan Batako



Gambar L-4.1 Pengujian Kuat Tekan

Lampiran 5 Pengujian Penyerapan Air Batako



Gambar L-5.1 Perendaman Batako



Gambar L-5.2 Pengeringan Oven Batako



Gambar L-5.3 Penimbangan Batako

Lampiran 6 Pengujian Redaman Panas Batako



Gambar L-6.1 Pengujian Redaman Panas Batako