

TUGAS AKHIR

SIFAT FISIK DAN MEKANIK BATAKO BETON GEOPOLIMER DENGAN PEMANFAATAN *FLY ASH* PT BUKIT ASAM, TBK



MUHAMMAD DENI SAPUTRA

030112820225062

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

TUGAS AKHIR

SIFAT FISIK DAN MEKANIK BATAKO BETON GEOPOLIMER DENGAN PEMANFAATAN *FLY ASH* PT BUKIT ASAM, TBK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas
Sriwijaya**



MUHAMMAD DENI SAPUTRA

030112820225062

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

**SIFAT FISIK DAN MEKANIK BATAKO BETON
GEOPOLIMER DENGAN PEMANFAATAN *FLY ASH* PT
BUKIT ASAM, TBK
TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh :

**MUHAMMAD DENI SAPUTRA
03011282025062**

Palembang, Maret 2024

Diperiksa dan Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing,



Dr. Ir. Bimo Brata Adhitva, S.T., M.T.

NIP. 198103102008011010

Mengetahui/Menyetujui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. karena atas segala rahmat, kasih sayang, dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Pada proses penyelesaian laporan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan bantuan dari beberapa pihak. Karena itu, penulis menyampaikan terimakasih dan permohonan maaf yang besar kepada semua pihak yang terkait, yaitu :

1. Seluruh keluarga tercinta yang selalu memberi dukungan dan doa atas penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si, selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
3. Prof. Dr.Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, dukungan, ilmu yang bermanfaat, saran dan masukan serta banyak pengalaman dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Ibu Febrinasti Alia, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan bimbingan dan arahan akademik selama kegiatan perkuliahan.
8. Kak Budi Nayobi yang telah banyak membantu dan mendukung serta memberi masukan dan ilmu selama penyusunan Tugas Akhir.
9. Teman satu tim, yaitu Mohammad Taqi Wikrama, Samuel Abdi Christofer, Alif Satria, dan Khairul Shobirin yang telah kebersamai baik suka dan duka selama penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman satu angkatan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya 2020 yang selalu memberikan semangat satu sama lain dalam penyelesaian Tugas Akhir.
11. Seluruh anggota Yg Melok Melok Bae yaitu, Adzra, Azwir, Cici, Faishal, Hadi, Iqbal, Isti, Klara, Sari dan Saskia.

12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan yang telah membantu penulis dalam memberi saran dan masukan untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kemajuan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan laporan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga laporan ini dapat memberi manfaat dalam ilmu teknik sipil pada bidang material, struktur, dan lainnya.

Indralaya, Maret 2024

Muhammad Deni Saputra

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
HALAMAN ABSTRAK	xii
HALAMAN ABSTRACT	xiii
HALAMAN RINGKASAN	xiv
HALAMAN SUMMARY	xv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	xvi
HALAMAN PERSETUJUAN	xvii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xviii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Batako.....	7
2.2 Beton Geopolimer	8

2.3	Material Penyusun Batako Beton Geopolimer.....	10
2.3.1	Prekursor	10
2.3.2	Alkali Aktivator	12
2.4	Perawatan (<i>Curing</i>)	14
2.5	Pengujian <i>Fly Ash</i>	16
2.5.1	X-Ray Diffraction (XRD)	16
2.5.2	X-Ray Fluorescence (XRF)	16
2.5.3	Scanning Electron Microscope (SEM)	17
2.6	Pengujian Pada Batako Beton Geopolimer	18
2.6.1	Pengujian Tampak.....	18
2.6.2	Pengukuran Benda Uji	18
2.6.3	Penyerapan Air.....	18
2.6.4	Pengujian Kuat Tekan	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		20
3.1	Umum.....	20
3.2	Studi Literatur	20
3.3	Alur Penelitian.....	20
3.4	Material Penyusun Batako Beton Geopolimer.....	22
3.5	Peralatan	23
3.6	Tahap Penelitian	27
3.6.1	Tahap I.....	27
3.6.2	Tahap II	29
3.6.3	Tahap III.....	29
3.6.4	Tahap IV.....	30
3.6.5	Tahap V	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33

4.1	Hasil Pengujian <i>Fly Ash</i>	33
4.1.1	Pengujian X-Ray Diffraction (XRD)	33
4.1.2	Pengujian X-Ray Fluorescence (XRF)	34
4.1.3	Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)	35
4.2	Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Batako	36
4.2.1	Pengujian Tampak Batako Berlubang.....	36
4.2.2	Pengujian Ukuran Batako Berlubang.....	37
4.2.3	Pengujian Daya Serap Air	38
4.2.4	Pengujian Kuat Tekan	39
BAB 5 PENUTUP		43
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA		45
LAMPIRAN		48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ikatan polimerisasi Si dan Al (Davidovits, 1994)	9
Gambar 2.2. (a) Hasil pengujian penyerapan air bata beton geopolimer; (b) Hasil pengujian kuat tekan bata beton geopolimer (Susilowati & Pratikto, 2015)	12
Gambar 2.3. Pengaruh molaritas aktivator terhadap kuat tekan (Sutarno et al., 2017)	13
Gambar 2.4. Grafik hasil kuat tekan yang diperoleh pada curing; (a) <i>heat curing</i> 60°C; (b) <i>heat curing</i> 80°C; (c) <i>heat curing</i> 100°C; (Irhab & Wardhono, 2022) .	15
Gambar 2.5. SEM <i>fly ash</i> (Turkey et al., 2022)	18
Gambar 3.1. Diagram alir (<i>flowchart</i>) penelitian.....	21
Gambar 3.2. <i>Fly ash</i>	22
Gambar 3.3. Larutan NaOH 15 molar	23
Gambar 3.4. Timbangan digital	23
Gambar 3.5. Cetakan batako berlubang	24
Gambar 3.6. Gelas beker	24
Gambar 3.7. <i>Mixer</i>	25
Gambar 3.8. Mesin press batako	25
Gambar 3.9. Jangka sorong.....	26
Gambar 3.10. Oven	26
Gambar 3.11. Penggaris siku	27
Gambar 3.12. Alat uji kuat tekan (<i>Universal testing machine</i>).....	27
Gambar 4.1 <i>X-Ray Diffraction Fly Ash</i>	33
Gambar 4.2 <i>Scanning Electron Microscope Fly Ash</i>	35
Gambar 4.3 Pengujian Tampak Batako.....	37
Gambar 4.4 Pengujian Ukuran Batako	38
Gambar 4.5 Pengujian Daya Serap Air Batako.....	39
Gambar 4.6 Kuat Tekan Bruto Masing-Masing Sampel Batako.....	40
Gambar 4.7 Kuat Tekan Bruto Rata-Rata Batako	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ukuran batako (Bata beton berlubang)	7
Tabel 2.2. Syarat-syarat fisis batako	8
Tabel 2.3. Pembagian kelas <i>fly ash</i>	11
Tabel 2.4. Komposisi kimia <i>fly ash</i> (%).....	17
Tabel 3.1. Perbandingan campuran batako beton geopolimer	29
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian <i>X-Ray Fluorescence Fly Ash</i>	34
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tampak Batako Berlubang.....	36
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Batako	37
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Daya Serap Air Batako Berlubang.....	38
Tabel 4.5 Kuat Tekan Batako Beton Geopolimer	39
Tabel 4.6 Kuat Tekan Batako Konvensional.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Asistensi Tugas Akhir	49
Lampiran 2. Hasil Seminar Sidang Sarjana/Ujian Tugas Akhir	50
Lampiran 3. Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	51
Lampiran 4. Surat Keterangan Selesai Revisi Tugas Akhir	52

SIFAT FISIK DAN MEKANIK BATAKO BETON GEOPOLIMER DENGAN PEMANFAATAN FLY ASH PT BUKIT ASAM, TBK

Muhammad Deni Saputra¹⁾, dan Bimo Brata Adhitya²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Email: mdeni493@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Email: bimo@unsri.ac.id

Abstrak

Perkembangan zaman yang semakin modern mendorong peningkatan pembangunan yang ada di dunia. Peningkatan pembangunan tersebut menyebabkan meningkatnya pula penggunaan batako sebagai salah satu bahan material untuk dinding. Pada umumnya, batako tersusun atas pasir, semen dan air dengan komposisi tertentu. Penggunaan pasir dan semen yang berlebihan dapat menyebabkan dampak yang buruk bagi lingkungan. Untuk meminimalisir hal tersebut, maka dicari bahan alternatif pengganti pasir dan semen sebagai penyusun utama batako. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik batako beton geopolimer yang menggunakan fly ash PT Bukit Asam, Tbk. Batako beton geopolimer yang telah dibuat, dilakukan pengujian berupa pengujian tampak, pengujian ukuran, pengujian daya serap air, dan pengujian kuat tekan batako. Benda uji berupa batako berlubang yang dicetak dengan ukuran $38 \times 8 \times 15$ cm dengan perbandingan FA/AA 1,5 dan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ adalah 3. Molaritas NaOH yang digunakan adalah 15 mol. Hasil pengujian tampak menunjukkan bahwa batako dalam kondisi yang optimal, yaitu tidak cacat, rusuk batako siku, dan sudut batako tidak mudah dirapikan. Pengukuran ukurannya tidak melebihi 3,2 mm, kemampuan daya serapnya mencapai 11% - 16%, dan nilai rata-rata kuat tekannya adalah 2,82 MPa untuk perawatan menggunakan oven, 2,56 MPa untuk perawatan dengan matahari langsung, 2,12 MPa untuk perawatan tanpa matahari langsung, dan 1,97 MPa untuk perawatan dalam ruangan.

Kata kunci: batako, *fly ash*, beton geopolimer, perawatan, kuat tekan

Palembang, Maret 2024
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing,



Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.
NIP. 198103102008011010

Mengetahui/Menyetujui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF GEOPOLYMER BRICKS WITH THE UTILIZATION OF FLY ASH OF PT BUKIT ASAM, TBK

Muhammad Deni Saputra¹⁾, dan Bimo Brata Adhitya²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Email: mdeni493@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Email: bimo@unsri.ac.id

Abstract

The advancement of increasingly modern times drives the development enhancement worldwide. This development escalation results in the increased usage of bricks as one of the material components for walls. Generally, bricks are composed of sand, cement, and water with specific compositions. Excessive use of sand and cement can have adverse effects on the environment. To minimize this, alternative materials to replace sand and cement as the main components of bricks are sought. This research was conducted to determine the physical and mechanical properties of geopolymers concrete bricks using fly ash from PT Bukit Asam, Tbk. Geopolymer concrete bricks that have been made underwent tests including visual inspection, size measurement, water absorption test, and compressive strength test of the bricks. The test specimens were hollow bricks with dimensions of $38 \times 8 \times 15$ cm with a ratio of FA/AA 1.5 and a ratio of $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ of 3. The molarity of NaOH used was 15 mol. The visual inspection results showed that the bricks were in optimal condition, without defects, with sharp brick edges, and the brick angles were not easily smoothed. The measurement of the size did not exceed 3.2 mm, its water absorption capacity reached 11% - 16%, and the average compressive strength values were 2.82 MPa for oven curing, 2.56 MPa for direct sunlight curing, 2.12 MPa for curing without direct sunlight, and 1.97 MPa for ambient curing.

Key Words: brick, fly ash, geopolymer concrete, curing, compressive strength

Palembang, Maret 2024
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing,



Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.
NIP. 198103102008011010



RINGKASAN

SIFAT FISIK DAN MEKANIK BATAKO BETON GEOPOLIMER DENGAN PEMANFAATAN *FLY ASH* PT BUKIT ASAM, TBK

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 08 Maret 2024

Muhammad Deni Saputra; Dibimbing oleh Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xix + 52 halaman, 24 gambar, 11 tabel, 4 lampiran

Perkembangan zaman yang semakin modern mendorong peningkatan pembangunan yang ada di dunia. Peningkatan pembangunan tersebut menyebabkan meningkatnya pula penggunaan batako sebagai salah satu bahan material untuk dinding. Pada umumnya, batako tersusun atas pasir, semen dan air dengan komposisi tertentu. Penggunaan pasir dan semen yang berlebihan dapat menyebabkan dampak yang buruk bagi lingkungan. Untuk meminimalisir hal tersebut, maka dicari bahan alternatif pengganti pasir dan semen sebagai penyusun utama batako. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik batako beton geopolimer yang menggunakan fly ash PT Bukit Asam, Tbk. Batako beton geopolimer yang telah dibuat, dilakukan pengujian berupa pengujian tampak, pengujian ukuran, pengujian daya serap air, dan pengujian kuat tekan batako. Benda uji berupa batako berlubang yang dicetak dengan ukuran $38 \times 8 \times 15$ cm dengan perbandingan FA/AA 1,5 dan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ adalah 3. Molaritas NaOH yang digunakan adalah 15 mol. Hasil pengujian tampak menunjukkan bahwa batako dalam kondisi yang optimal, yaitu tidak cacat, rusuk batako siku, dan sudut batako tidak mudah dirapikan. Pengukuran ukurannya tidak melebihi 3,2 mm, kemampuan daya serapnya mencapai 11% - 16%, dan nilai rata-rata kuat tekannya adalah 2,82 MPa untuk perawatan menggunakan oven, 2,56 MPa untuk perawatan dengan matahari langsung, 2,12 MPa untuk perawatan tanpa matahari langsung, dan 1,97 MPa untuk perawatan dalam ruangan.

Kata kunci : batako, *fly ash*, beton geopolimer, perawatan, kuat tekan

SUMMARY

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF GEOPOLYMER BRICKS WITH THE UTILIZATION OF FLY ASH OF PT BUKIT ASAM, TBK

Scientific paper in the form of Final Project, March 8th 2024

Muhammad Deni Saputra; Guide by Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Sriwijaya

xix + 52 pages, 24 images, 11 tables, 4 attachments

The advancement of increasingly modern times drives the development enhancement worldwide. This development escalation results in the increased usage of bricks as one of the material components for walls. Generally, bricks are composed of sand, cement, and water with specific compositions. Excessive use of sand and cement can have adverse effects on the environment. To minimize this, alternative materials to replace sand and cement as the main components of bricks are sought. This research was conducted to determine the physical and mechanical properties of geopolymers concrete bricks using fly ash from PT Bukit Asam, Tbk. Geopolymer concrete bricks that have been made underwent tests including visual inspection, size measurement, water absorption test, and compressive strength test of the bricks. The test specimens were hollow bricks with dimensions of $38 \times 8 \times 15$ cm with a ratio of FA/AA 1.5 and a ratio of $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ of 3. The molarity of NaOH used was 15 mol. The visual inspection results showed that the bricks were in optimal condition, without defects, with sharp brick edges, and the brick angles were not easily smoothed. The measurement of the size did not exceed 3.2 mm, its water absorption capacity reached 11% - 16%, and the average compressive strength values were 2.82 MPa for oven curing, 2.56 MPa for direct sunlight curing, 2.12 MPa for curing without direct sunlight, and 1.97 MPa for ambient curing.

Key Words : brick, fly ash, geopolymer concrete, curing, compressive strength

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Deni Saputra
NIM : 03011282025062
Judul : Sifat Fisik dan Mekanik Batako Beton Geopolimer dengan Pemanfaatan *Fly Ash* PT. Bukit Asam, Tbk

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Maret 2024
Yang membuat pernyataan,



MUHAMMAD DENI SAPUTRA
NIM. 03011282025062

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Sifat Fisik dan Mekanik Batako Beton Geopolimer dengan Pemanfaatan *Fly Ash* PT Bukit Asam, Tbk.” yang disusun oleh Muhammad Deni Saputra, 03011282025062 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 08 Maret 2024.

Palembang, 08 Maret 2024

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Dosen Pembimbing:

1. Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.
NIP. 198103102008011010

()

Dosen Penguji :

2. Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.
NIP. 198605192019031007

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 19670615199512002

Ketua Jurusan Teknik Sipil
dan Perencanaan



Dr. H. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Deni Saputra
NIM : 03011282025062
Judul : Sifat Fisik dan Mekanik Batako Beton Geopolimer dengan Pemanfaatan *Fly Ash* PT. Bukit Asam, Tbk

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak dipublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Maret 2024

Yang membuat pernyataan,



MUHAMMAD DENI SAPUTRA

NIM. 03011282025062

RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Muhammad Deni Saputra
Tempat, Tanggal Lahir : Pulau Panggung, 18 Oktober 2024
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Nomor HP : 0822-8162-7065
E-mail : mdeni493@gmail.com

Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Negeri 01 Bumi Dipasena Utama	-	-	SD	2008 – 2014
SMPN 1 Semende Darat Laut	-	-	SMP	2014 – 2017
SMAN 1 Unggulan Muara Enim	-	MIPA	SMA	2017 – 2020
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S-1	2020 – 2024

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan hormat,



MUHAMMAD DENI SAPUTRA

NIM. 03011282025062

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan peradaban pada zaman modern telah mendorong manusia untuk menjadi lebih maju dan progresif. Tingkat mobilitas yang tinggi dalam kehidupan sehari-hari mendorong manusia untuk terus menciptakan dan mengembangkan teknologi demi kemudahan dalam pekerjaan dan aktivitas manusia. Berkembangnya teknologi ini mengakibatkan kebutuhan akan tempat yang sesuai untuk menjalankan berbagai aktivitas menjadi semakin penting, dan inilah alasan mengapa pembangunan sangat diperlukan. Pembangunan yang diupayakan oleh manusia tidak hanya berfokus pada pembangunan rumah huni, tetapi juga mencakup pembangunan gedung tinggi dan infrastruktur lainnya meliputi jalan dan juga jembatan. Semua ini bertujuan untuk memberikan dukungan dan fasilitas yang sesuai agar kehidupan masyarakat dapat berjalan dengan lancar dan efisien. Dalam rangka mencapai tujuan pembangunan, perlu juga mempertimbangkan pentingnya keberlanjutan dan pelestarian lingkungan. Oleh karena itu, masyarakat dan pemerintah perlu bekerja sama untuk merencanakan dan melaksanakan pembangunan dengan bijaksana agar bisa memberikan dampak dan manfaat yang baik dan berkepanjangan bagi semua pihak.

Batako merupakan opsi yang relatif ekonomis dan kuat sebagai bahan konstruksi dinding. Bahan penyusun batako terdiri dari pasir (agregat), semen, dan air dengan komposisi tertentu yang banyak digunakan untuk dinding bangunan. Seiring dengan meningkatnya angka pembangunan di Indonesia, menyebabkan permintaan bahan baku pembuatan batako juga meningkat. Tingginya kebutuhan material penyusun batako dapat mengakibatkan beberapa dampak negatif untuk lingkungan meliputi pencemaran udara dan pemanasan global. Penggunaan semen dalam jumlah besar sebagai bahan penyusun batako akan mengakibatkan jumlah CO₂ (Karbon dioksida) di bumi meningkat, karena produksi semen merupakan salah satu penghasil gas CO₂. Banyaknya penggunaan semen di dunia menjadikan industri semen sebagai penyumbang sekitar 8% emisi gas CO₂ secara global (Shen et al., 2015). Seperti yang diketahui bahwa CO₂ adalah salah satu emisi gas rumah

kaca terbesar yang juga menjadi penyumbang utama pemanasan global. Sehingga dibutuhkan bahan alternatif yang bisa digunakan untuk menggantikan semen sebagai material bangunan guna mengurangi dampak negatif dari penggunaan semen yang kian bertambah seiring dengan bertambahnya angka pembangunan.

Selain semen, penggunaan pasir dalam jumlah besar juga mengakibatkan peningkatan kegiatan penambangan pasir oleh manusia. Penambangan pasir ini sering terjadi di sepanjang sungai, dan jika terus dibiarkan, dapat mengakibatkan perubahan pada ekosistem sungai dan berpotensi memperluas area sungai. Untuk meminimalisir hal tersebut dibutuhkan cara alternatif untuk mengurangi penggunaan pasir sebagai material bahan bangunan. Cara ini salah satunya dapat dilakukan dengan tidak menggunakan pasir sebagai material bahan bangunan sehingga penambangan pasir juga dapat dikurangi.

Indikator ke-13 dari SDGs oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) yang dinyatakan pada bulan September 2015 lalu, adalah Penanganan Perubahan Iklim. Satu langkah yang dapat diambil dalam menghadapi perubahan iklim adalah dengan mengubah berbagai bentuk limbah menjadi barang yang memiliki nilai dan manfaat. Salah satu contohnya adalah dengan memanfaatkan limbah dari pembakaran batu bara PLTU untuk membuat batako. Limbah yang berasal dari pembakaran batu bara PLTU, seperti *fly ash* bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan batako.

Fly ash adalah produk sisa yang halus dari proses pembakaran batu bara yang dipindahkan dari ruang pembakaran (ketel), yang terdiri dari campuran asap dan dikenal sebagai serbuk abu hasil pembakaran (Subekti, 2012). *Fly ash* tercipta ketika Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menggunakan batu bara sebagai bahan bakar. *Fly ash* dapat digunakan sebagai pengganti semen portland karena *fly ash* mempunyai sifat *pozzolanic* yang sama seperti semen *portland* (Setiawati, 2018). *Fly ash* akan bekerja sebagai pengikat apabila telah melewati proses polimerisasi yaitu reaksi kimia antara alkali dengan Si – Al sehingga akan menghasilkan ikatan struktur Si – O – Al – O yang konsisten (Davidovits, 1991). Produk yang dihasilkan dari proses polimerisasi ini disebut dengan beton geopolimer. Batako beton geopolimer dengan pemanfaatan *fly ash* adalah salah satu inovasi dalam dunia teknik sipil yang dapat digunakan dalam mengurangi

penggunaan semen dan pasir, sehingga dapat mendukung indikator ke-13 SDGs PBB yaitu dengan cara memanfaatkan limbah sebagai bahan bangunan sekaligus mengurangi pelepasan gas karbon ke lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan semen.

PLTU Bukit Asam yang berlokasi di Tanjung Enim, Kab. Muara Enim, Sumatra Selatan merupakan PLTU yang memasok kebutuhan listrik di kawasan Sumatra Selatan dan sekitarnya. Dalam proses produksi listrik, tentu limbah pembakaran batu bara akan berkontribusi pada pencemaran lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, limbah tersebut akan dimanfaatkan menjadi produk seperti batako beton geopolimer sebagai bagian dari upaya pengelolaan limbah berbahaya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, dibutuhkan opsi pengisi batako yang berasal dari limbah hasil pembakaran batu bara yang dihasilkan oleh PT Bukit Asam Tbk, maka didapat rumusan masalah yaitu bagaimana pengaruh *fly ash* sebagai penyusun utama batako terhadap sifat fisik dan mekanik batako beton geopolimer dengan variasi perawatan (*curing*).

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka dari itu tujuan penelitian ini adalah untuk memahami sifat fisik dan mekanik batako beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* sebagai bahan penyusun utama dengan variasi perawatan (*curing*).

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini yaitu mengenai analisis sifat fisik dan mekanik batako beton geopolimer dengan bahan penyusun utama *fly ash* sebagai berikut:

1. *Fly ash* yang dimanfaatkan dalam penelitian ini didapatkan dari limbah pembakaran batu bara yang dihasilkan oleh PT Bukit Asam Tbk, Muara Enim.
2. Konsentrasi (molaritas) natrium hidroksida (NaOH) yang dipakai adalah 15 molar.

3. Perbandingan Na_2SiO_3 dan NaOH sebagai pembentuk larutan alkali aktivator yang digunakan adalah 3.
4. Perbandingan *fly ash* dengan alkali aktivator (FA/AA) adalah 1,5.
5. Benda uji yang diteliti merupakan batako berlubang dengan ukuran $36 \times 8 \times 15$ cm.
6. Perawatan (*curing*) menggunakan oven selama 12 jam dengan suhu 80°C , dijemur dengan panas matahari selama 3 hari, diletakkan di luar ruangan tanpa sinar matahari langsung dan *curing* suhu ruangan (*ambient curing*) selama 28 hari.
7. Pengujian kuat tekan batako berlubang dilakukan pada umur 28 hari.
8. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian adalah pengujian tampak batako, pengujian ukuran batako, pengujian daya serap air batako, dan pengujian kuat tekan batako.
9. Pengujian mikrostruktur yang dilakukan adalah pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).
10. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh ASTM (*American Standard Testing and Material*) dan SNI (Standar Nasional Indonesia).

1.5 Metode Pengumpulan Data

Dalam mengumpulkan data, dilakukan dua metode pengumpulan data yang diuraikan sebagai berikut :

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan melalui penyelidikan yang dilaksanakan secara langsung kepada objek studi. Dalam penelitian ini, data primer diperoleh dengan melakukan eksperimen, mengamati, dan menguji secara langsung di dalam laboratorium.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan melalui tinjauan literatur yang telah ada. Dalam penelitian ini, data sekunder diperoleh dari tinjauan

pustaka, seperti jurnal, yang digunakan untuk referensi yang relevan dengan topik penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, terdapat sistem penulisan agar menjadi lebih teratur. Elemen yang ada dalam laporan tugas akhir ini terdiri dari pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan, penutup dan daftar pustaka :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode pengumpulan data, serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan hasil kajian studi literatur yang dilakukan terkait dengan teori yang terkait dengan topik-topik seperti batako, beton geopolimer, *fly ash*, faktor pengaruh batako, serta penelitian sebelumnya yang menjadi referensi dalam penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini mencakup deskripsi mengenai bahan-bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, serta metodologi yang diterapkan, yang meliputi pengujian material yang digunakan dalam pembuatan batako, proses pembuatan benda uji, dan pengujian terhadap benda uji tersebut.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian dari pengujian. Hasil yang dimaksud adalah pengolahan data dan pembahasan hasil pengujian *fly ash* dan pengujian sifat fisik dan mekanik batako beton geopolimer dengan pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan penyusun utamanya seperti pengujian tampak batako, pengujian ukuran batako, pengujian daya serap air batako, dan pengujian kuat tekan batako.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini meliputi pembahasan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk perbaikan penelitian serupa selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarabi, M. A., & Usman, A. P. (2023). *SIFAT FISIK DAN MEKANIK BATAKO DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH PABRIK KERTAS*.
- Anitha, M., Garg, A., & Ramesh Babu, T. S. (2023). Experimental study of geopolymers concrete with recycled fine aggregates and alkali activators. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100501>
- ASTM C618. *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. American society for testing and materials. West Conshohocken, PA, USA : ASTM International; 2003.
- ASTM Standard C55. *Standard Specification for Concrete Building Brick*. ASTM International. PA: ASTM International: 2017.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (1982). *Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUB I – 1982)*. Jakarta:BSN.
- Badan Standart Nasional. 1989. SNI 03-0348-1989 *Bata Beton Berlubang, Mutu, dan Cara Uji*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standart Nasional. 1989. SNI 03-0348-1989 *Bata Beton untuk Pasangan Dinding*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Davidovits, J. (1991). Geopolymers - Inorganic polymeric new materials. *Journal of Thermal Analysis*, 37(8), 1633–1656. <https://doi.org/10.1007/BF01912193>
- Davidovits, J. (1994). *Properties of Geopolymer Cements*. <https://www.researchgate.net/publication/284651826>
- Davidovits, J. (2005). *Geopolymer chemistry and sustainable development*. <https://www.researchgate.net/publication/284514069>
- Davidovits, J. (2008). *Geopolymer Chemistry and Applications, 5th edition*. <https://www.researchgate.net/publication/265076752>

- Hardjito, D., & Rangan, B. V. (2005). *Development and Properties of Low-calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete*.
<https://www.researchgate.net/publication/228794879>
- Irhab, H. M., & Wardhono, A. (2022). *PENGARUH VARIASI WAKTU DAN SUHU PERAWATAN TERHADAP MORTAR GEOPOLIMER DENGAN ABU TERBANG DAN NaOH 12 MOLAR SEBAGAI BAHAN DASAR*.
- Jia, Y., Hamberg, R., Qureshi, A., Mäkitalo, M., & Maurice, C. (2019). Variation of green liquor dregs from different pulp and paper mills for use in mine waste remediation. *Environmental Science and Pollution Research*, 26.
<https://doi.org/10.1007/s11356-019-06180-0>
- Kasyanto, H. (2012). Tinjauan Kuat Tekan Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Dengan Aktivator Sodium Hidroksida Dan Sodium Silikat. In *Industrial Research Workshop and National Seminar*. www.sinarharapan.co.id
- Komnitsas, K. A. (2011). Potential of geopolymer technology towards green buildings and sustainable cities. *Procedia Engineering*, 21, 1023–1032.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2108>
- Lloyd, N. A., & Rangan, B. V. (2010). *Geopolymer Concrete with Fly Ash*.
<http://www.claisse.info/Proceedings.htm>
- Osio-Norgaard, J., Gevaudan, J. P., & Srubar, W. V. (2018). A review of chloride transport in alkali-activated cement paste, mortar, and concrete. In *Construction and Building Materials* (Vol. 186, pp. 191–206). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.119>
- Periaswamy, A., Arjunan, P., Silsbee, M. R., & Roy, D. M. (2001). *Chemical Activation of Low Calcium Fly Ash Part 1: Identification of Suitable Activators and their Dosage*. <https://www.researchgate.net/publication/237798077>
- Prapto, Pusoko. 1997. Pemanfaatan Pasir Laut untuk Keperluan Bahan Bangunan (Pembuatan Batako). *Laporan Penelitian*. Yogyakarta : Lembaga Penelitian IKIP Yogyakarta.

- Rachmalia, Q. (2018). *PENGARUH URUTAN PENAMBAHAN ALKALI AKTIVATOR PADA BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR FLY ASH TIPE C*.
- Rovnaník, P. (2010). Effect of curing temperature on the development of hard structure of metakaolin-based geopolymer. *Construction and Building Materials*, 24(7), 1176–1183. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.12.023>
- Rumbayan, R., & Sudarno. (2020). Kuat Tekan, Kuat Lentur dan Daya Serap Air untuk Batako dengan Penambahan Serat Sabut Kelapa. *JTST*, 2(3), 48–57. <http://Jurnal.polimdo.ac.id/>
- Setiawati, M. (2018). *FLY ASH SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN PADA BETON* (Vol. 17).
- Shen, W., Cao, L., Li, Q., Zhang, W., Wang, G., & Li, C. (2015). Quantifying CO2 emissions from China's cement industry. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 50, pp. 1004–1012). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.031>
- Subekti, S. (2012). *ANALISIS PROPORSI LIMBAH FLY ASH PAITON DAN TJIWI KIMIA TERHADAP KUAT TEKAN PASTA GEOPOLIMER*. ATPW) Surabaya. <http://betoncoid.wordpress.com/2008/06/30/>
- Susilowati, A., & Pratikto. (2015). *BATA BETON GEOPOLIMER TANPA PASIR DENGAN PERAWATAN UAP 24 JAM*.
- Sutarno, Utomo, M. B., Wahyoedi, & Mawardi. (2017). *BATA BETON GEOPOLIMER DARI BAHAN FLY ASH LIMBAH PLTU TANJUNG JATI MEMILIKI BANYAK KEUNGGULAN*.
- Tambingan, F. R., Sumajouw, M. D. J., & Wallah, S. E. (2018). *Kuat Tekan Beton Geopolymer dengan Perawatan Temperature Ruangan*.
- Turkey, F. A., Beddu, S. B., Ahmed, A. N., & Al-Hubboubi, S. K. (2022). Effect of high temperatures on the properties of lightweight geopolymer concrete based fly ash and glass powder mixtures. *Case Studies in Construction Materials*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01489>