

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PERSENTASE *FLY ASH* DAN METAKAOLIN TERHADAP NILAI KUAT TEKAN, KUAT BELAH, POROSITAS, DAN PERMEABILITAS PADA *GEOPOLYMER PERVIOUS CONCRETE*

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



RAMADHAN PANGHONINGAN

03011182126011

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ramadhan Panghoningan

NIM : 03011182126011

Judul : Pengaruh Variasi Persentase *Fly Ash* dan Metakaolin Terhadap Nilai Kuat Tekan, Kuat Belah, Porositas, dan Permeabilitas Pada *Geopolymer Pervious Concrete*

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

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



Palembang, Mei 2025



Ramadhan Panghoningan

NIM. 03011182126011

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI PERSENTASE *FLY ASH* DAN METAKAOLIN TERHADAP NILAI KUAT TEKAN, KUAT BELAH, POROSITAS, DAN PERMEABILITAS PADA *GEOPOLYMER PERVIOUS CONCRETE*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelas Sarjana Teknik

Oleh:

RAMADHAN PANGHONINGAN

03011182126011

Palembang, Mei 2025

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Binto 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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Pengaruh Variasi Persentase *Fly Ash* dan Metakaolin Terhadap Nilai Kuat Tekan, Kuat Belah, Porositas, dan Permeabilitas Pada *Geopolymer Pervious Concrete*” yang disusun oleh Ramadhan Panghoningan, NIM. 03011182126011 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 17 April 2025.

Palembang, Mei 2025

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir:

Ketua:

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

()

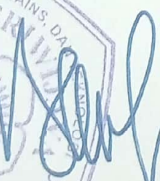
Anggota:

2. Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T., IPU.
NIP. 197705172008012039

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197502112003121002

Ketua Jurusan Teknik Sipil


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

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ramadhan Panghoningan

NIM : 03011182126011

Judul : Pengaruh Variasi Persentase *Fly Ash* dan Metakaolin Terhadap Nilai Kuat Tekan, Kuat Belah, Porositas, dan Permeabilitas Pada *Geopolymer Pervious Concrete*

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

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

Palembang, Mei 2025



Ramadhan Panghoningan

NIM. 03011182126011

RIWAYAT HIDUP

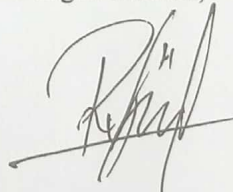
Nama Lengkap : Ramadhan Panghoningan
Jenis Kelamin : Laki-laki
Status : Belum menikah
Agama : Islam
Warga negara : Indonesia
Nomor HP : 082177716292
E-mail : panghoningan12@gmail.com

Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SDN 1 SUKANEGERI	-	-	SD	2009 - 2015
MTSN 02 OKU TIMUR	-	-	SMP	2015 - 2018
SMAN 1 CEMPAKA	-	IPA	SMA	2018 - 2021
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2021- 2025

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Ramadhan Panghoningan

NIM. 03011182126011

RINGKASAN

PENGARUH VARIASI PERSENTASE FLY ASH DAN METAKAOLIN TERHADAP NILAI KUAT TEKAN, KUAT BELAH, POROSITAS, DAN PERMEABILITAS PADA GEOPOLYMER PERVIOUS CONCRETE
KARYA TULIS ILMIAH BERUPA TUGAS AKHIR,

Ramadhan Panghoningan; Dimbing oleh Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xx + 72 halaman, 48 gambar, 23 tabel

Geopolymer pervious concrete merupakan material inovatif yang ramah lingkungan dengan kemampuan resapan air yang baik dan berpotensi menggantikan beton konvensional berbasis semen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi persentase *fly ash* dan metakaolin terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, porositas, dan permeabilitas pada *Geopolymer pervious concrete*. Bahan pengikat berupa *fly ash* dan metakaolin diaktifkan menggunakan larutan alkali kombinasi Na_2SiO_3 dan NaOH dengan rasio 2,5:1. Variasi komposisi yang diuji meliputi 80:20 hingga 70:30 dengan rasio total binder terhadap agregat 1:3,5. Proses curing dilakukan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam dan pengujian dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan proporsi metakaolin meningkatkan kekuatan tekan dan tarik belah, namun menurunkan porositas dan permeabilitas. Campuran optimal diperoleh pada rasio 75% *fly ash* dan 25% metakaolin, yang menghasilkan performa mekanik dan fungsional terbaik untuk aplikasi *Geopolymer pervious concrete* yang berkelanjutan.

Kata kunci: *Geopolymer Pervious Concrete*, *Fly Ash*, Metakaolin, Permeabilitas, Porositas

SUMMARY

THE EFFECT OF VARIATION IN PERCENTAGE OF FLY ASH AND METAKAOLIN ON COMPRESSIVE STRENGTH, SPLITTING STRENGTH, POROSITY, AND PERMEABILITY VALUES IN GEOPOLYMER PERVIOUS CONCRETE

Scientific papers in form of Final Projects,

Ramadhan Panghoningan; Guide by Advisor Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xx + 72 pages, 48 images, 23 tables

Geopolymer pervious concrete is an innovative and environmentally friendly construction material with high water permeability and potential as an alternative to conventional cement-based concrete. This study aims to analyze the effect of varying percentages of fly ash and metakaolin on the compressive strength, splitting tensile strength, porosity, and permeability of geopolymer pervious concrete. The binders, fly ash and metakaolin, were activated using an alkali solution composed of Na_2SiO_3 and NaOH in a 2.5:1 ratio. Mix variations ranged from 80:20 to 70:30, with a binder-to-aggregate ratio of 1:3.5. The curing process was conducted in an oven at 80°C for 24 hours, and testing was carried out at 7 and 28 days. The results showed that increasing the proportion of metakaolin improved both compressive and tensile strength but reduced porosity and permeability. The optimal performance was found at a 75% fly ash and 25% metakaolin ratio, providing a balanced combination of strength and drainage suitable for sustainable pervious concrete applications.

Keywords: Geopolymer Pervious Concrete, Fly Ash, Metakaolin, Permeability, Porosity

PENGARUH VARIASI PERSENTASE *FLY ASH* DAN METAKAOLIN TERHADAP NILAI KUAT TEKAN, KUAT BELAH, POROSITAS, DAN PERMEABILITAS PADA *GEOPOLYMER PERVIOUS CONCRETE*

Ramadhan Panghoningan¹⁾, Bimo Brata Adhitya²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: panghoningan12@gmail.com

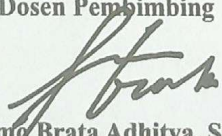
²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: bimo@unsri.ac.id

Abstrak

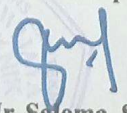
Geopolymer pervious concrete merupakan inovasi material ramah lingkungan dalam dunia konstruksi yang tidak hanya mampu mengurangi emisi karbon akibat penggunaan semen, tetapi juga memiliki kemampuan drainase yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi persentase *fly ash* dan metakaolin terhadap sifat mekanik dan fisik *geopolymer pervious concrete*, yaitu kuat tekan, kuat tarik belah, porositas, dan permeabilitas. *Fly ash* dan metakaolin digunakan sebagai bahan pengikat yang diaktivasi dengan larutan alkali berupa natrium silikat (Na_2SiO_3) dan natrium hidroksida (NaOH) dengan rasio 2,5:1. Variasi komposisi *fly ash* dan metakaolin yang diuji meliputi 80:20 ; 77,5:22,5 ; 75:25 ; 72,5:27,5 ; dan 70:30. Proses curing dilakukan pada suhu 80°C selama 24 jam, dan pengujian dilakukan pada beton berumur 7 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan persentase metakaolin mampu meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton, namun menurunkan nilai porositas dan permeabilitas. Campuran dengan komposisi 75% *fly ash* dan 25% metakaolin menghasilkan karakteristik optimum, dengan kombinasi kekuatan mekanik dan kemampuan drainase yang seimbang. Temuan ini menunjukkan bahwa variasi material pengikat pada *Geopolymer pervious concrete* dapat secara signifikan memengaruhi performa beton, serta membuka peluang untuk aplikasi beton berkelanjutan di masa depan.

Kata kunci: *Geopolymer Pervious Concrete*, *Fly Ash*, Metakaolin, Permeabilitas, Porositas

Palembang, Mei 2025
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

THE EFFECT OF FLY ASH AND METAKAOLIN PERCENTAGE VARIATIONS ON COMPRESSIVE STRENGTH, SPLIT STRENGTH, POROSITY, AND PERMEABILITY VALUES IN GEOPOLYMER PERVIOUS CONCRETE

Ramadhan-Panghoningan¹⁾, Bimo Brata Adhitya²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: panghoningan12@gmail.com

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

Abstract

Geopolymer pervious concrete is an environmentally friendly material innovation in the construction industry, offering both a reduction in carbon emissions due to the elimination of cement usage and effective water drainage capability. This study aims to analyze the effect of varying percentages of fly ash and metakaolin on the mechanical and physical properties of geopolymer pervious concrete, including compressive strength, splitting tensile strength, porosity, and permeability. Fly ash and metakaolin function as binding materials activated by an alkaline solution consisting of sodium silicate (Na_2SiO_3) and sodium hydroxide (NaOH) in a 2.5:1 ratio. The tested fly ash to metakaolin ratios were 80:20 ; 77.5:22.5 ; 75:25 ; 72.5:27.5 ; and 70:30. The curing process was conducted at 80°C for 24 hours, with testing carried out at concrete ages of 7 and 28 days. The results showed that increasing the proportion of metakaolin enhanced both compressive and tensile strength, while decreasing porosity and permeability. The optimal mix was found at a composition of 75% fly ash and 25% metakaolin, offering a well-balanced combination of mechanical strength and drainage performance. These findings indicate that variations in binder composition significantly influence the performance of geopolymer concrete, supporting its potential for sustainable construction applications.

Keywords: Geopolymer Pervious Concrete, Fly Ash, Metakaolin, Permeability, Porosity

Palembang, Mei 2025
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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapatkan melaksanakan dan menyelesaikan prposal tugas akhir dengan judul “**pengaruh variasi persentase *fly ash* dan metakaolin terhadap nilai kuat tekan, kuat belah, porositas, dan permeabilitas pada *geopolymer pervious concrete***”. Penyusunan proposal tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Edi Kadarsa, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan selama kegiatan perkuliahan.
6. Bapak Yadi dan Ibu Lina selaku orang tua yang selalu memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang kepada penulis sampai saat ini.
7. Fitria Putri Lintang Sari, S.T., selaku asisten dosen pembimbing yang telah membimbing, memberikan masukan dan arahan dalam penulisan laporan ini.
8. Teman saya Fadillah Kurnia Rahayu yang selalu menemani, memberikan saran, dan memberikan dukungan selama kegiatan penelitian.
9. Nuzul, Ridho, Auliya, dan Berliana selaku rekan tim dalam penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan proposal penelitian ini masih jauh dari kata sempurna dan banyak kekurangan. Penulis menyampaikan permohonan maaf atas kekurangan atau kesalahan dalam penulisan laporan. Maka dari itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan dan

pembelajaran kedepan. Demikian, atas perhatian yang diberikan, saya sampaikan terimakasih.

Indralaya, April 2025

Penulis

Ramadhan Panghoningan

DAFTAR ISI

PERNYATAAN INTEGRITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
RIWAYAT HIDUP	vi
RINGKASAN.....	vii
SUMMARY	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Metode Pengumpulan Data	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Definisi <i>Geopolymer Concrete</i>	6
2.2. Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>).....	7
2.3. Metakaolin.....	8
2.4. Alkali Aktivator.....	8
2.5. Pengujian Mikrostruktur	9
2.5.1.X-Ray Fluorescence (XRF)	9
2.5.2 Scanning Electron Microscope (SEM)	11

2.6	Pengujian Material Properties	12
2.6.1	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	12
2.6.2	Pengujian Berat Volume Agregat Kasar	12
2.6.3	Pengujian <i>Specific Gravity</i> dan Penyerapan Agregat Kasar	13
2.6.4	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	14
2.7	Perawatan Beton (Curing)	15
2.8	Pengujian Geopolymer Pervious Concrete	16
2.8.1	Kuat Tekan	16
2.8.2	Kuat Tarik	17
2.8.3	Kuat Lentur	18
2.8.4	Porositas	19
2.8.5	Permeabilitas	20
2.9.	Peneliti Terdahulu	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		24
3.1.	Umum	24
3.2.	Studi Literatur	24
3.3.	Alur Penelitian	24
3.4.	Bahan Penyusun <i>Geopolymer Pervious Concrete</i>	26
3.5.	Peralatan yang digunakan	29
3.6	Prosedur Penelitian	34
3.6.1	Tahap I	34
3.6.2	Tahap II	36
3.6.3	Tahap III	37
3.6.4	Tahap IV	38
3.6.5	Tahap V	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Hasil Pengujian Agregat Kasar	45
4.2	Hasil Pengujian <i>Fly Ash</i> dan Metakaolin	47
4.2.1	Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	47
4.2.2	Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	49
4.2.3	Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)	50
4.3	Hasil Pengujian Geopolymer Pervious Concrete	52

4.3.1 Pengujian Berat Jenis Geopolymer Pervious Concrete.....	53
4.3.2 Pengujian Kuat Tekan Geopolymer Pervious Concrete	55
4.3.3 Pengujian Kuat Belah Geopolymer Pervious Concrete	58
4.3.4 Pengujian Permeabilitas <i>Geopolymer Pervious Concrete</i>	60
4.3.5 Pengujian Porositas Geopolymer Pervious Concrete.....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil pengujian XRF	10
Gambar 2.2 Hasil Pengujian SEM	11
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i>	25
Gambar 3.2 <i>Fly ash</i>	26
Gambar 3.3 Metakaolin.....	27
Gambar 3.4 NaOH	27
Gambar 3.5 Na ₂ SiO ₃	28
Gambar 3.6 Agregat kasar	28
Gambar 3.7 <i>Aquades</i>	29
Gambar 3.8 Timbangan Digital	29
Gambar 3.9 Neraca Ohaus.....	30
Gambar 3.10 Gelas Ukur.....	30
Gambar 3.11 Pan.....	31
Gambar 3.12 Molen	31
Gambar 3.13 Bekisting.....	32
Gambar 3.14 Sekop.....	32
Gambar 3.15 Tongkat Penumbuk	33
Gambar 3.16 Oven	33
Gambar 3.17 <i>Universal Testing Machine</i> (UTM).....	33
Gambar 3.18 <i>Falling Head Permeameter</i>	34
Gambar 3.19 NaOH dalam gelas ukur	35
Gambar 3.20 Proses pencampuran NaOH dengan <i>aquades</i>	35
Gambar 3.21 Pengujian <i>specific gravity</i> dan penyerapan	36
Gambar 3.22 Pengujian berat volume.....	36
Gambar 3.23 Menimbang material	39
Gambar 3.24 Mencampur Na ₂ SiO ₃ dan NaOH	39
Gambar 3.25 Mencampur agregat, metakaolin, dan fly ash	40
Gambar 3.26 Menuangkan alkali aktivator ke dalam molen	40
Gambar 3.27 Hasil campuran.....	40
Gambar 3.28 Menuangkan campuran ke dalam bekisting	41

Gambar 3.29 Metode pemadatan	41
Gambar 3.30 Curing oven	41
Gambar 3.31 Pengujian kuat tekan	42
Gambar 3.32 Pengujian kuat tarik belah	43
Gambar 3.33 Pengujian porositas	43
Gambar 3.34 Pengujian permeabilitas	44
Gambar 4.1 Hasil Pengujian XRD <i>fly ash</i>	49
Gambar 4.2 Hasil Pengujian XRD metakaolin	50
Gambar 4.3 Hasil Pengujian SEM-EDS <i>fly ash</i>	50
Gambar 4.4 Hasil Pengujian SEM-EDS metakaolin.....	51
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Berat Jenis 7 Hari.....	54
Gambar 4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis 28 Hari.....	55
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan 7 Hari.....	57
Gambar 4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan 28 Hari.....	57
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Kuat Belah	59
Gambar 4.10 Hasil Pengujian Kuat Belah	59
Gambar 4.11 Hasil Pengujian Permeabilitas.....	61
Gambar 4.12 Hasil Pengujian Porositas.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengujian kuat tekan dengan variasi ukuran agregat	17
Tabel 2.2 Pengujian kuat tarik dengan variasi ukuran agregat	18
Tabel 2.3 Pengujian kuat lentur dengan variasi ukuran agregat	19
Tabel 2.4 Pengujian porositas dengan variasi ukuran agregat	20
Tabel 2.5 Pengujian permeabilitas dengan variasi ukuran agregat	20
Tabel 2.6 Proporsi campuran yang digunakan pada penelitian terdahulu	22
Tabel 2.7 Proporsi Campuran <i>Fly Ash</i> dan Metakaolin	23
Tabel 2.8 Proporsi Campuran Yang Akan Digunakan Pada Penelitian Ini 5	23
Tabel 3.1 Perencanaan Campuran Geopolymer Pervious Concrete	38
Tabel 4.1 Hasil pengujian berat volume agregat.....	45
Tabel 4.2 Hasil pengujian specific gravity dan penyerapan agregat.....	45
Tabel 4.3 Hasil pengujian kadar air agregat.....	46
Tabel 4.4 Hasil pengujian kadar lumpur agregat.	46
Tabel 4.5 Hasil Pengujian XRF <i>Fly Ash</i>	48
Tabel 4.6 Hasil Pengujian XRF Metakaolin	48
Tabel 4.7 Hasil Pengujian XRD <i>Fly Ash</i>	51
Tabel 4.8 Hasil Pengujian XRD Metakaolin	52
Tabel 4.9 Data yang digunakan.....	52
Tabel 4.10 Hasil pengujian berat jenis.....	53
Tabel 4.11 Hasil pengujian kuat tekan.....	56
Tabel 4.12 Hasil pengujian kuat belah.....	58
Tabel 4.13 Hasil pengujian permeabilitas.....	60
Tabel 4.14 Hasil pengujian porositas	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian Densitas	68
Lampiran 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan	69
Lampiran 3. Hasil Pengujian Kuat Belah.....	70
Lampiran 4. Hasil Pengujian Permeabilitas	71
Lampiran 5. Hasil Pengujian Porositas	72

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada masa kepemimpinan Presiden Joko Widodo (Jokowi), Indonesia telah mencatat kemajuan yang pesat dalam pembangunan infrastruktur. Dukungan penuh dari pemerintah dalam mengembangkan sektor ini menjadi faktor utama dalam mendorong pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai proyek infrastruktur ambisius telah dicanangkan, memberikan dampak positif bagi kehidupan masyarakat dan ekonomi nasional (Rohim, 2024).

Dalam dunia konstruksi modern, Salah satu bahan yang paling umum digunakan adalah beton, yang tidak hanya dikenal karena kemampuannya menahan gaya tekan dengan kekuatan yang luar biasa, tetapi juga karena faktor kepraktisan dalam proses produksi dan aplikasinya. Namun, di balik berbagai keunggulan beton, khususnya dalam konteks kekuatan mekanis dan ketersediaannya yang melimpah, terdapat masalah serius yang berkaitan dengan dampak lingkungan, terutama yang disebabkan oleh salah satu bahan penyusunnya, yaitu semen.

Meskipun semen adalah komponen esensial yang memberikan beton sifat kekuatan yang dibutuhkan, diketahui proses produksi semen melibatkan pembakaran bahan baku pada suhu sangat tinggi, sehingga menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah yang sangat besar yaitu tujuh persen dari total emisi karbon dioksida (Fitriyanti dan Fatimura, 2019). Peningkatan penggunaan semen dalam jumlah yang sangat besar menjadi isu yang perlu diperhatikan dengan serius. Karena dapat berdampak langsung terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca.

Heryana dan Amrie Firmansyah (2024) menyatakan bahwa perkembangan sektor konstruksi di Indonesia yang semakin pesat menyebabkan berkurangnya kawasan hijau yang berfungsi sebagai daerah resapan air. Penggunaan lahan yang tidak mempertimbangkan efek ekologis berpotensi memperbesar kemungkinan terjadinya banjir di berbagai wilayah. Salah satunya yaitu area parkir terbuat dari bahan seperti beton atau aspal, yang tidak memungkinkan air meresap ke dalam tanah. Akibatnya, air hujan tidak dapat diserap dan menyebabkan limpasan permukaan yang berujung pada banjir selama musim hujan. Sebagai langkah untuk

mengurangi penggunaan semen serta meminimalkan limpasan permukaan saat hujan demi menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan, berbagai inovasi telah dikembangkan. Salah satunya adalah penelitian oleh Murugan (2022) mengenai *geopolymer pervious concrete*. Inovasi ini mengombinasikan teknologi beton geopolimer dengan beton berpori.

Menurut Ashfaq et al. (2024), *geopolymer concrete* merupakan jenis beton yang tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikat, melainkan memanfaatkan *fly ash* dan metakaolin. Kedua bahan ini memiliki peran sebagai perekat dalam komposisi beton. Pembentukan beton geopolimer membutuhkan *alkali activator* yang terdiri dari larutan natrium silikat (Na_2SiO_3) dan natrium hidroksida (NaOH) dengan rasio tertentu. Campuran ini berfungsi untuk memicu reaksi pada *fly ash* dan metakaolin. Natrium silikat berkontribusi dalam mempercepat proses polimerisasi, sedangkan natrium hidroksida bereaksi dengan unsur aluminium (Al) dan silikon (Si) yang terdapat dalam *fly ash* serta metakaolin untuk membentuk struktur polimer yang kokoh. Interaksi kimia antara *fly ash*, metakaolin, dan larutan alkali menghasilkan material yang dikenal sebagai geopolimer.

Dalam pembuatan *geopolymer pervious concrete*, jenis bahan pengikat sangat menentukan kinerja beton, terutama karena peran *fly ash* dan metakaolin sebagai material utama. Jumlah pengikat yang digunakan akan memengaruhi ukuran rongga serta kekuatan beton yang dihasilkan (Ashfaq et al., 2024). Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk mengkaji pengaruh variasi persentase *fly ash* dan metakaolin terhadap kuat tekan, permeabilitas, dan tingkat porositas yang optimal. Jumlah pengikat yang diuji mengacu pada penelitian Ashfaq et al., (2024) yaitu 80% *fly ash* dan 20% metakaolin ; 77,5% *fly ash* dan 22,5% metakaolin ; 75% *fly ash* dan 25% metakaolin ; 72,5% *fly ash* dan 27,5% metakaolin ; 70% *fly ash* dan 30% metakaolin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, laporan tugas akhir ini akan membahas beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana variasi persentase *fly ash* dan metakaolin memengaruhi nilai berat jenis pada *geopolymer pervious concrete*?

2. Bagaimana pengaruh variasi persentase *fly ash* dan metakaolin terhadap kuat tekan dan kuat belah pada *geopolymer pervious concrete*?
3. Bagaimana variasi persentase *fly ash* dan metakaolin memengaruhi nilai permeabilitas dan porositas pada *geopolymer pervious concrete*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya, yaitu sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi persentase *fly ash* dan metakaolin terhadap nilai berat jenis pada *geopolymer pervious concrete*.
2. Menganalisis pengaruh variasi persentase *fly ash* dan metakaolin terhadap kuat tekan dan kuat belah pada *geopolymer pervious concrete*.
3. Menganalisis pengaruh variasi persentase *fly ash* dan metakaolin terhadap nilai porositas dan permeabilitas pada *geopolymer pervious concrete*.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah dan tujuan yang telah dijelaskan, cakupan penelitian ini meliputi:

1. *Flyash* berasal dari PT. Pupuk Sriwijaya (Pusri).
2. Metakaolin berasal dari PT. Bina Mitra Artha (BMA).
3. Digunakan alkali aktivator berupa larutan Na_2SiO_3 dan NaOH dengan rasio sebesar 2,5.
4. Konsentrasi NaOH yang digunakan 15 Molar.
5. Rasio alkali : *fly ash* dan metakaolin : agregat kasar adalah 0,45 : 1 : 3,5.
6. Ukuran agregat yang digunakan lolos saringan 19 mm tertahan saringan 12,5 mm.
7. Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder dengan dimensi 10x20 cm.
8. Metode perawatan (*curing*) dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 24 jam.

9. Pengujian dilakukan pada beton berumur 7 hari dan 28 hari. Setiap variasi jumlah pengikat menggunakan 3 benda uji per pengujian, sehingga total sampel yang diuji berjumlah 60 buah.
10. Standar pengujian material mengikuti ASTM C 29 untuk pengujian berat volume dan ASTM C 127 untuk pengujian berat jenis (*specific gravity*) dan penyerapan.

1.5 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu:

1. Data Primer

Data primer diperoleh langsung dari hasil penelitian melalui pengamatan dan eksperimen di laboratorium terhadap objek yang diteliti secara langsung.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang dikumpulkan secara tidak langsung, yaitu berasal dari sumber yang telah ada sebelumnya, seperti hasil penelitian terdahulu, jurnal ilmiah, buku, serta referensi lainnya yang relevan.

1.6 Sistematika Penulisan

Struktur penulisan merupakan kerangka sistematis dalam menyusun sebuah karya ilmiah. Adapun sistematika penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, cakupan penelitian, teknik pengumpulan data, serta struktur penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian literatur mengenai definisi *geopolymer concrete* (beton geopolimer). Selain itu, bab ini juga menjelaskan tentang pengujian yang akan

dilakukan dalam penelitian, serta referensi dari peneliti terdahulu yang digunakan sebagai landasan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas material dan peralatan yang diperlukan, metodologi yang digunakan dalam penelitian, serta jadwal penelitian dalam bentuk tabel. Termasuk pengujian material campuran *geopolymer pervious concrete*, tahapan pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji.

BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi mengenai pembahasan dari pemodelan dan pengolahan data beserta hasil pengujian *geopolymer pervious concrete*.

BAB V. PENUTUP

Pada bab ini berisi mengenai kesimpulan akhir dan saran terhadap hasil dari penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisi referensi-referensi dari berbagai sumber yang mendukung landasan teori, data, dan pembahasan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 522R-10. (2010). *Pervious Concrete*. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute.
- Adji, S., & Oemiati, N. (2022). Studi mikrostruktur beton ringan geopolimer dengan *scanning electron microscope* (SEM) dan *X-ray diffraction* (XRD).
- Adhitya, B. B. (2024). *Characteristics of geopolimer artificial aggregate use in normal concrete*
- Ashfaq, M. H., et al. (2024). *Up-scaling of fly ash-based geopolimer concrete to investigate the binary effect of locally available metakaolin with fly ash*.
- ASTM C29. *Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate*. Annual Book of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C39. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Annual Book of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C127. *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate*. Annual Book of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C496. *Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Annual Book of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- Batubara, B. N., et al. (2022). Karakteristik beton geopolimer pada aktivator natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na₂SiO₃).
- Fitriyanti, R., & Fatimura, M. (2019). Aplikasi produksi bersih pada industri semen.
- Huang, W., & Wang, H. (2022). *Multi-aspect engineering properties and sustainability impacts of geopolimer pervious concrete*.
- Husain, Y. T., Adi, W. A., Nurhayati, Saleh, M., & Dewi, N. (2024). Analisis *X-ray fluorescence* dan *X-ray diffraction* mineral pasir dan batu besi Indonesia sebagai material magnetik.

- Islam, M. S., Mohr, B.J., & VandenBerge, D. (2022). *Performance of natural clinoptilolite zeolite in the cementitious materials: A comparative study with metakaolin, fly ash, and blast furnace slag*
- Mira, S., Martini, R. A. S., & Nurulita, R. (2022). Variasi molaritas NaOH dan alkali aktivator beton geopolimer.
- Nguyen-Van, D., et al. (2022). *Experimental study on pervious cement and pervious geopolimer concretes using sea sand and seawater.*
- Niyomukiza, J. B., Eisazadeh, A., & Tangtermsirikul, S. (2023). *Recent advances in slope stabilization using porous vegetation concrete in landslide-prone regions: A review*
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton.
- Purbasari, A., & Samadhi, T. W. (2019). Sintesis geopolimer dari metakaolin dan abu bambu untuk aplikasi semen: Kajian waktu ikat dan *mikrostruktur*.
- Putri, A. A., & Herlina, L. (2021). Pengaruh kuat tekan beton geopolimer mutu tinggi menggunakan *fly ash* tipe C.
- Rivai, M. A., Martini, R. A. S., & Kusuma, E. D. T. (2022). Pengaruh penambahan metakaolin dan *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton pada mutu K-400.
- Rohim, H. A. A. (2024). Pembangunan infrastruktur dorong pertumbuhan ekonomi Indonesia.
- Singh, S. B., et al. (2022). *Effect of metakaolin on the properties of pervious concrete.*
- Ulya, M., et al. (2023). Studi eksperimental kuat tekan beton geopolimer berbasis *fly ash* dengan Na_2SO_4 dan Na_2SiO_3 sebagai aktivator.
- Vua, C. C., et al. (2020). *Revisiting the concept of characteristic compressive strength of concrete.*
- Wurangian, Y., et al. (2022). Komposisi campuran dan metode pembuatan mortar metakaolin geopolimer.