

TUGAS AKHIR

**SIFAT FISIK DAN MEKANIK MORTAR
GEOPOLIMER DENGAN VARIASI RASIO ALKALI
AKTIVATOR TERHADAP PREKURSOR**

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



WINDY MILLENIA

03011381823089

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

2022

HALAMAN PENGESAHAN
SIFAT FISIK DAN MEKANIK MORTAR GEOPOLIMER
DENGAN VARIASI RASIO ALKALI AKTIVATOR
TERHADAP PREKURSOR

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh:

WINDY MILLENIA

03011381823089

Palembang, Januari 2022

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,



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

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

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT atas berkat rahmat, kasih sayang, dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Sifat Fisik dan Mekanik Mortar Geopolimer dengan Variasi Rasio Alkali Aktivator terhadap Prekursor”. Pada proses penyelesaian laporan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih dan permohonan maaf yang besar kepada semua pihak yang terkait, yaitu:

1. Kepada kedua orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan do'a, kasih sayang, motivasi, nasihat, serta dukungan baik secara moral maupun finansial.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Saloma, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan dan Dosen Pembimbing I penulis yang telah banyak memberikan bantuan, masukan dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II penulis yang telah turut membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
6. Bapak Mirka Pataras, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Teman satu tim dan satu angkatan 2018 serta pihak lain yang ikut membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa asih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Palembang, Januari 2022



Windy Millenia

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
RINGKASAN	xi
SUMMARY	xii
PERNYATAAN INTEGRITAS	xiii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xiv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ix
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1. 1 Latar Belakang.....	1
1. 2 Rumusan Masalah.....	2
1. 3 Tujuan Penelitian	3
1. 4 Ruang Lingkup	3
1. 5 Metode Pengumpulan Data.....	4
1. 6 Rencana Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2. 1. Beton Geopolimer.....	6
2. 2. Nanomaterial.....	8
2. 3. Mortar Geopolimer dengan Teknologi Nano	10
2. 4. Material Penyusun Mortar Geopolimer berbasis Nano <i>Fly Ash</i>	10
2.4.1. <i>Fly Ash</i>	10
2.4.2. Alkali Aktivator	12
2.4.3. Agregat Halus	13
2.4.4. Aquades	14
2.4.5. <i>Admixture</i>	15
2. 5. Pengujian Karakteristik <i>Fly Ash</i>	15
2.5.1 <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	15
2.5.2 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	16

2.5.3	<i>Particle Size Analyzer (PSA)</i>	17
2.5.4	<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	19
2.5.5	<i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	21
2. 6.	Faktor yang Mempengaruhi Campuran Mortar Geopolimer berbasis Nano <i>Fly Ash</i>	22
2.6.1.	Prekursor.....	22
2.6.2.	Konsentrasi NaOH.....	22
2.6.3.	Rasio Na ₂ SiO ₃ dan NaOH.....	24
2.6.4.	Rasio Alkali Aktivator dan Prekursor (<i>Fly Ash</i>).....	25
2.6.5.	Rasio Agregat dan Prekursor	26
2.6.6.	Perawatan (<i>Curing</i>).....	28
2. 7.	Pengujian Pada Mortar Geopolimer berbasis Nano <i>Fly Ash</i>	29
2.7.1.	Pengujian Sifat Fisik Pada Mortar Geopolimer berbasis Nano <i>Fly Ash</i>	29
2.7.2.	Pengujian Sifat Mekanik Pada Mortar Geopolimer berbasis Nano <i>Fly Ash</i>	31
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		34
3. 1	Studi Literatur	34
3. 2	Alur Penelitian	34
3. 3	Persiapan Material	36
3.3.1	<i>Fly Ash</i>	36
3.3.2	Agregat Halus	37
3.3.3	Aquades	37
3.3.4	Larutan Alkali Aktivator.....	38
3.3.5	Admixture	39
3. 4	Persiapan Alat.....	40
3.4.1	Neraca Digital	40
3.4.2	Gelas ukur	40
3.4.3	<i>Mixer</i>	41
3.4.4	Cetakan (bekisting).....	41
3.4.5	Alat uji <i>slump flow</i>	42
3.4.6	Alat compressive test	42
3. 5	Tahapan Penelitian dan Pengujian.....	43
3.5.1	Tahap I.....	43
3.5.2	Tahap II.....	43
3.5.3	Tahap III	47

3.5.4 Tahap IV	49
3.5.5 Tahap V.....	54
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4. 1 Pengujian Agregat Halus	56
4.1.1 Kadar Air	56
4.1.2 Kadar Lumpur	57
4.1.3 Kadar Zat Organik	57
4.1.4 Berat Volume	58
4.1.5 Analisa Saringan	58
4. 2 Pengujian Mortar Geopolimer	60
4.2.1 Pengujian Sifat Fisik	60
4.2.2 Pengujian Sifat Mekanik.....	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	68
5. 1 Kesimpulan	68
5. 2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	70

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Skema proses pembentukan beton geopolimer berbahan <i>fly ash</i>	6
Gambar 2.2. Persamaan reaksi kimia proses geopolimerisasi beton geopolimer berbahan dasar <i>fly ash</i>	7
Gambar 2.3. Skema hubungan antara ukuran butiran partikel dan luas permukaan material beton.....	8
Gambar 2.4. Metode <i>top down</i> dan <i>bottom up</i> pada produksi nanomaterial.....	9
Gambar 2.5. Hasil pengujian XRD pada material <i>fly ash</i>	17
Gambar 2.6. Distribusi persebaran material <i>fly ash</i> pada pengujian PSA	19
Gambar 2.7. Hasil uji SEM pada <i>fly ash</i> PT. Bukit Asam	20
Gambar 2.8. Hasil pengujian <i>Fourier Transform Infrared</i> material <i>fly ash</i>	21
Gambar 2.9. Pengaruh variasi molaritas NaOH dan Na ₂ SiO ₃ sebagai aktivator terhadap kuat tekan beton	23
Gambar 2.10. Pengaruh rasio Na ₂ SiO ₃ /NaOH terhadap kuat tekan beton geopolimer	25
Gambar 2.11. Pengaruh variasi rasio aktivator dan <i>fly ash</i> terhadap kuat tekan beton geopolimer	26
Gambar 2.12. Pengaruh variasi rasio agregat halus dan <i>fly ash</i> terhadap kuat tekan beton geopolimer	27
Gambar 2.13. Pengaruh variasi suhu perawatan terhadap kuat tekan pada beton geopolimer	29
Gambar 2.14. Grafik pengaruh penambahan <i>fly ash</i> terhadap nilai slump pada beton	30
Gambar 2.15. Hasil pengujian terhadap berat jenis beton dengan variasi material <i>fly ash</i>	31
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	35
Gambar 3.2. <i>Fly Ash</i>	36
Gambar 3.3. Agregat halus.....	37
Gambar 3.4. Aquades	38

Gambar 3.5. Natrium hidroksida (NaOH).....	38
Gambar 3.6. Natrium silikat (Na ₂ SiO ₃)	39
Gambar 3.7. <i>Superplasticizer</i>	39
Gambar 3.8. Neraca digital	40
Gambar 3.9. Gelas ukur	41
Gambar 3.10. <i>Mixer</i> duduk	41
Gambar 3.11. Cetakan kubus dimensi 5 cm x 5 cm x 5 cm.....	42
Gambar 3.12. <i>Flow table</i>	42
Gambar 3.13. <i>Universal Testing Machine</i> (UTM).....	43
Gambar 3.14. Pengujian kadar air.....	44
Gambar 3.15. Pengujian berat volume	44
Gambar 3.16. Pengujian analisa saringan	45
Gambar 3.17. Pengujian kadar lumpur	45
Gambar 3.18. Pengujian kadar organik.....	46
Gambar 3.19. Pembuatan larutan NaOH.....	49
Gambar 3.20. Pencampuran larutan alkali aktivator	50
Gambar 3.21. Pencampuran material mortar geopolimer pada <i>mixer</i>	51
Gambar 3.22. Campuran mortar segar pada cincin leleh	51
Gambar 3.23. Pengukuran <i>slump flow</i>	52
Gambar 3.24. Proses pelapisan permukaan cetakan dengan oli.....	52
Gambar 3.25. Penuangan campuran mortar segar ke cetakan	53
Gambar 3.26. Proses pelepasan benda uji dari bekisting	53
Gambar 3.27. Peletakan benda uji ke dalam <i>oven</i>	54
Gambar 3.28. Pengukuran dimensi benda uji	55
Gambar 3.29. Pengujian kuat tekan beton	55
Gambar 4.1. Batas gradasi agregat halus no. 3.....	59
Gambar 4.2. Pengaruh rasio AA/FA terhadap nilai <i>slump flow</i>	60
Gambar 4.3. Pengaruh umur terhadap berat jenis mortar geopolimer	62
Gambar 4.4. Pengaruh umur terhadap kuat tekan mortar geopolimer	64

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Perbandingan komposisi kimia <i>fly ash</i> tipe C dan tipe F.....	11
Tabel 2.2. Hasil uji XRF <i>fly ash</i>	16
Tabel 2.3. Hasil uji PSA (<i>Particle Size Analyzer</i>) pada <i>fly ash</i>	18
Tabel 2.4. Komposisi campuran dan hasil kuat tekan mortar geopolimer.....	23
Tabel 2.5. <i>Mix design</i> variasi Na ₂ SiO ₃ /NaOH pada beton geopolimer.....	24
Tabel 2.6. Komposisi campuran dan hasil kuat tekan dengan variasi rasio alkali aktivator terhadap <i>fly ash</i>	26
Tabel 2.7. Kuat tekan pada mortar geopolimer dengan variasi rasio agregat halus terhadap prekursor	27
Tabel 2.8. Komposisi campuran beton geopolimer dengan variasi suhu perawatan (<i>curing</i>)	28
Tabel 2.9. <i>Mix design</i> beton dengan penambahan <i>fly ash</i>	30
Tabel 2.10. <i>Mix design</i> pada material tiap 1 m ³	32
Tabel 2.11. Hasil pengujian kuat tekan beton	33
Tabel 3.1. JMF (<i>job mix formula</i>) mortar	47
Tabel 3.2. Komposisi campuran mortar geopolimer berbahan dasar nano- <i>fly ash</i> untuk benda uji kubus 125 cm ³	48
Tabel 4.1. Hasil pengujian agregat halus (pasir).....	56
Tabel 4.2. Hasil pengujian kadar air agregat halus (ASTM C 566).....	57
Tabel 4.3. Hasil Pengujian kadar lumpur agregat halus (ASTM C 33).....	57
Tabel 4.4. Hasil Pengujian berat volume agregat halus (ASTM C 29).....	58
Tabel 4.5. Analisa saringan agregat halus (ASTM C 136)	59
Tabel 4.6. Hasil nilai <i>slump flow</i> pada tiap campuran	60
Tabel 4.7. Persentase perubahan mortar geopolimer	61
Tabel 4.8. Berat jenis mortar geopolimer.....	62
Tabel 4.9. Kuat tekan mortar geopolimer umur 7 hari dan 28 hari.....	64
Tabel 4.10. Kuat tekan dan persentase kuat tekan mortar geopolimer umur 7 hari dan 28 hari.....	64

Tabel 4.11. Kuat tekan dan berat jenis mortar geopolimer pada umur 7 hari.....67
Tabel 4.12. Kuat tekan dan berat jenis mortar geopolimer pada umur 28 hari.....68

RINGKASAN

SIFAT FISIK DAN MEKANIK MORTAR GEOPOLIMER DENGAN VARIASI RASIO ALKALI AKTIVATOR TERHADAP PREKURSOR

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 21 Januari 2022

Windy Millenia; Dibimbing oleh Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. dan Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xvi + 74 halaman, 50 gambar, 25 tabel

Mortar geopolimer merupakan material yang terdiri dari campuran antara bahan pengikat berupa pasta geopolimer dengan bahan pengisi pada umumnya yaitu agregat halus. Pasta geopolimer tersebut adalah gabungan dari bahan pozzolan yaitu bahan yang memiliki kadar silika (SiO_2) serta alumina (Al_2O_3) yang tinggi sebagai prekursor dan larutan alkali aktivator sebagai pelarut pada proses polimerisasi. Penelitian ini merupakan salah satu dari berbagai jenis variasi yang akan diteliti terhadap mortar geopolimer dengan tinjauan yaitu rasio antara alkali aktivator berupa Na_2SiO_3 serta NaOH terhadap prekursor berupa *fly ash* sebagai substitusi pengganti semen. Variasi yang digunakan untuk rasio larutan alkali aktivator terhadap *fly ash* yang digunakan yaitu sebesar 1,50; 1,55; 1,60; 1,65; dan 1,70. Selain itu, berdasarkan berbagai jurnal yang terkait ditetapkan bahwa nilai konsentrasi NaOH yang digunakan pada penelitian ini sebesar 14 M, dengan rasio Na_2SiO_3 terhadap NaOH yang digunakan sebesar 0,80, rasio agregat halus terhadap prekursor yang digunakan sebesar 2,75 dan *superplasticizer* yang dipakai sebesar 3% dari total jumlah prekursor (*fly ash*) yang digunakan. Pengujian sifat fisik yang dilakukan berupa pengujian *slump flow* dan untuk pengujian sifat mekanik menggunakan pengujian berat jenis dan kuat tekan. Hasil pengujian *slump flow*, diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar rasio larutan alkali aktivator terhadap *fly ash* yang digunakan maka akan menyebabkan naiknya nilai *slump flow* yang terjadi. Pada uji berat jenis, diperoleh nilai berat jenis mortar geopolimer paling rendah terdapat pada rasio 1,70 dengan berat jenis mortar segar sebesar $1,532 \text{ gr/cm}^3$. Kuat tekan terbesar yang dihasilkan terdapat pada variasi rasio 1,60 dengan kuat tekan rata-rata mortar sebesar 12,70 MPa pada saat mortar berumur 28 hari.

Kata kunci: Beton geopolimer, berat jenis, *fly ash*, *slump flow*, kuat tekan

SUMMARY

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF GEOPOLYMER MORTARS WITH VARIATION OF ALKALI ACTIVATION RATIO TO PRECURSOR

Scientific paper in the form of Final, January 21, 2022

Windy Millenia; Supervised by Dr. Ir. Saloma, ST, MT and Dr. Arie Putra Usman, ST, MT

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xi + 74 pages, 50 pictures, 25 tables

Geopolymer mortar is a material consisting of a mixture of a binder in the form of geopolymer paste and a filler material in general, as known as fine aggregate. The geopolymer paste is a combination of pozzolan materials that has high levels of silica (SiO_2) and alumina (Al_2O_3) as high as the precursor and also alkaline activator solution as a solvent in the polymerization process. This research is one of the various variations that will be investigated on geopolymer mortar with a review of the ratio between alkaline activator in the form of Na_2SiO_3 and NaOH to a precursor in the form of fly ash as a substitute for cement. The variation used for the ratio of alkaline activator solution to fly ash used is 1.50; 1.55; 1.60; 1.65; and 1.70. In addition, based on various related journals, it was determined that the concentration value of NaOH used in this study was 14 M, with a ratio of Na_2SiO_3 to NaOH used is 0.80, the ratio of fine aggregate to the precursor that used in this research was 2.75 and the superplasticizer are 3% of the total amount of precursor (fly ash) used. Physical properties testing is carried out in the form of slump flow testing and for testing mechanical properties using specific gravity and compressive strength tests. The results of slump flow test concluded that the greater the ratio of the alkaline activator solution to the fly ash used, the higher the value slump flow that occurred. In the specific gravity test, the lowest density value of geopolymer mortar was found at a ratio of 1.70 with a fresh mortar density of 1.532 gr/cm^3 . The greatest compressive strength produced was found in the ratio variation of 1.60 with an average compressive strength of 12.70 MPa of mortar when the mortar was 28 days old.

Keywords: Geopolymer concrete, specific gravity, fly ash, slump flow, compressive strength

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Windy Millenia
NIM : 03011381823089
Judul : Sifat Fisik dan Mekanik Mortar Geopolimer dengan Variasi Rasio Alkali Aktivator terhadap Prekursor

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, Januari 2022

Yang membuat pernyataan,



Windy Millenia

NIM. 03011381823089



HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Sifat Fisik dan Mekanik Mortar Geopolimer dengan Variasi Rasio Alkali Aktivator terhadap Prekursor” yang disusun oleh Windy Millenia, 03011381823089 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal Januari 2022.


Palembang, Januari 2022

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Pembimbing:

1. Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. ()
NIP. 197610312002122001
2. Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T. ()
NIP. 198605192019031007

Penguji:

3. Ahmad Muhtarom, S.T., M.Eng. ()
NIP. 198208132008121002

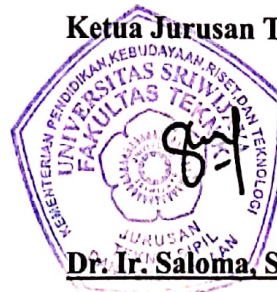
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan Teknik Sipil



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

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Windy Millenia
NIM : 03011381823089
Judul : Sifat Fisik dan Mekanik Mortar Geopolimer dengan Variasi Rasio Alkali Aktivator terhadap Prekursor

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, Januari 2022

Yang membuat pernyataan,



Windy Millenia

NIM. 03011381823089

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Windy Millenia
Tempat, Tanggal Lahir : Palembang, 22 Agustus 2000
Jenis Kelamin : Perempuan
Email : milleniawindy@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Masa
SD Muhammadiyah 14 Palembang	-	-	2006-2012
SMP Negeri 9 Palembang	-	-	2012-2015
SMA Negeri 1 Palembang	-	IPA	2015-2018
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	2018-2022

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan hormat,



(Windy Millenia)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan prasarana yang menjadikan beton sebagai substansi yang paling sering dimanfaatkan karena berperan sebagai komponen utama pada berbagai jenis konstruksi bangunan (Amran, dkk., 2021). Pada beton konvensional umumnya menggunakan semen *portland* tipe I sebagai bahan pengikat utama dalam pembuatannya (Meesala, dkk., 2020). Namun, aktivitas pembuatan *portland cement* memberikan dampak yang negatif bagi lingkungan karena melepaskan gas emisi CO₂ ke atmosfer setara dengan jumlah semen yang diproduksi oleh pabrik. Sehingga, menyebabkan terjadinya peningkatan suhu bumi karena menyumbang sekitar 7% dari total gas emisi rumah kaca atau berkisar antara 1,4 – 5,8°C selama 100 tahun kedepan (Xie, dkk., 2019). Oleh sebab itu, dikembangkan alternatif berupa beton ramah lingkungan dengan bahan pengikat non semen portland yaitu beton geopolimer sebagai solusi pencegahan terhadap pemanasan global dari dampak tingginya permintaan produksi semen portland (Risnareni, dkk., 2017).

Mortar geopolimer merupakan material yang terdiri dari campuran antara bahan pengikat berupa pasta geopolimer dengan bahan pengisi pada umumnya yaitu agregat halus. Pasta geopolimer tersebut adalah gabungan dari bahan pozzolan yaitu bahan yang memiliki kadar silika (SiO₂) serta alumina (Al₂O₃) yang tinggi sebagai prekursor dan larutan alkali aktivator sebagai pelarut pada proses polimerisasi (Esparham dan Moradikhou, 2021). Salah satu bahan pozzolan yang paling umum digunakan pada beton geopolimer adalah *fly ash*, karena terdapat unsur *silica* (SiO₂) serta alumina (Al₂O₃) cukup banyak (Ghafoor, dkk., 2021). *Fly ash* atau abu terbang adalah bahan sisa pemakaran batubara di pembangkit listrik tenaga uap. Berbagai jenis larutan aktivator yang memiliki sifat basa dan sering digunakan untuk berlangsungnya proses geopolimerisasi yaitu senyawa Na₂SiO₃ (sodium silikat), senyawa NaOH (sodium hidroksida), senyawa K₂SO₃ (potassium silikat) dan senyawa KOH (potassium hidroksida) (Ghafoor,

dkk., 2021). Salah satu penerapan inovasi pada bidang rekayasa konstruksi yang banyak digunakan yaitu penambahan *nanomaterial* pada campuran matriks semen yang dapat meningkatkan kekuatan mekanik pada beton (Bautista-Gutierrez, dkk., 2019). *Nanomaterial* adalah material yang memiliki ukuran partikel kurang dari 500 nm (Norhasri, dkk., 2017). Berbagai jenis *nanomaterial* dengan bentuk dan ukuran yang beragam seperti senyawa nano-SiO₂, senyawa nano-Fe₂O₃, senyawa nano-Al₂O₃, senyawa nano-TiO₂, nano-clay, *carbon nanotubes* (CNTs), *graphene oxide* dan *graphene* yang bermanfaat untuk peningkatan sifat mekanik dan rheologi pada beton (Singh, 2020).

Penelitian ini merupakan salah satu dari berbagai jenis variasi yang akan diteliti terhadap mortar geopolimer dengan tinjauan terhadap rasio antara alkali aktivator berupa Na₂SiO₃ serta NaOH dan prekursor berupa *fly ash* sebagai substitusi pengganti semen. Seperti diketahui bahwa *fly ash* mempunyai beberapa kekurangan seperti *mix desain* yang tidak menentu atau tidak stabil serta tidak tetapnya sifat dan karakteristik dari *fly ash* yang disebabkan karena kandungan kimia yang terdapat pada *fly ash* yang dihasilkan tiap PLTU berbeda. Sedangkan, untuk alkali aktivator penggunaannya disesuaikan terhadap ketentuan yang telah ditetapkan serta molaritas dari larutan yang akan digunakan. Pada umumnya, beberapa penelitian yang telah ada sebelumnya terkait penelitian ini menyelidiki pengaruh dari rasio alkali aktivator terhadap prekursor berupa *fly ash*, untuk itu pada penelitian ini dicoba untuk menambahkan *fly ash* dengan ukuran nano yang bertujuan agar mempercepat waktu pengikatan serta meningkatkan kuat tekan yang dihasilkan. Sehingga, penggunaan mortar geopolimer berbasis *fly ash* dapat sepenuhnya digunakan oleh masyarakat dan dapat mengurangi tingkat pencemaran lingkungan serta biaya penyimpanan akibat menumpuknya limbah sisa pembakaran batu bara.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun ruang lingkup pembahasan yang akan dilakukan adalah :

1. Bagaimana merencanakan dan menetapkan komposisi untuk campuran mortar geopolimer dengan menggunakan senyawa Na₂SiO₃ dan senyawa

NaOH yang berperan sebagai alkali aktivator serta *fly ash* ukuran nano sebagai prekursor.

2. Bagaimana pengaruh variasi rasio alkali aktivator berupa NaOH serta Na_2SiO_3 dan prekursor berupa *fly ash* ukuran nano terhadap berbagai macam sifat fisik serta sifat mekanik pada campuran mortar geopolimer.

1.3 Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan dilakukannya penelitian diantaranya:

1. Merencanakan serta menetapkan gabungan untuk pencampuran mortar geopolimer menggunakan senyawa Na_2SiO_3 dan senyawa NaOH sebagai alkali aktivator serta *fly ash* ukuran nano sebagai prekursor.
2. Menganalisis pengaruh variasi rasio alkali aktivator berupa NaOH dan Na_2SiO_3 serta prekursor berupa *fly ash* ukuran nano terhadap berbagai macam sifat fisik serta sifat mekanik pada campuran mortar geopolimer.

1.4 Ruang Lingkup

Beberapa jenis ruang lingkup yang dibahas diantaranya:

1. *Fly ash* kelas C berasal dari PT. Bukit Asam dengan ukuran diameter paling kecil adalah $0,24 \mu\text{m}$ atau 240 nm.
2. Nano-*fly ash* yang digunakan sebagai material pengikat dan larutan aktivator berupa senyawa Na_2SiO_3 dan senyawa NaOH sebagai pelarutnya.
3. Rasio variasi aktivator terhadap prekursor pada penelitian ini yaitu sebesar 1,50; 1,55; 1,60; 1,65; dan 1,70.
4. Rasio aktivator yang digunakan adalah 0,8.
5. Rasio agregat halus terhadap prekursor adalah 2,75.
6. Konsentrasi larutan NaOH pada aktivator yang dipakai adalah 14 M.
7. Perawatan terhadap benda uji dilakukan pada suhu ruang dengan metode *oven curing*.
8. Percobaan dari sifat fisik dengan *slump flow test* serta tes sifat mekanik dengan tes berat jenis dan kuat tekan.
9. Pengujian karakteristik atau mikrostruktur pada material *fly ash* adalah uji SEM, XRF, XRD, FTIR, dan PSA.

10. Pelaksanaan penelitian untuk tugas akhir dilakukan pada skala laboratorium.
11. Penelitian ini mengacu dari ketentuan ASTM (*America Standart Test Materials*).

1.5 Metode Pengumpulan Data

Beberapa cara digunakan untuk mengumpulkan data analisis nanomaterial mortar geopolimer dengan variasi rasio alkali aktivator dan prekursor diantaranya:

1. Data Primer

Data primer atau data langsung yang bersumber cara langsung saat pekerjaan tengah dijalankan di laboratorium, serta hasil dari proses berkonsultasi pada dosen pendamping terkait bahasan penelitian tugas akhir.

2. Data Sekunder

Data sekunder ialah sebuah data berdasarkan dari penelitian terdahulu. Adapun data sekunder yang dipakai sebagai referensi pada penelitian ini bersumber dari jurnal internasional serta hasil dari studi literatur yang berhubungan dari bahasan.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada bagian penetapan sistematika dari penulisan terdapat beberapa bagian, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang, perumusan permasalahan kemudian ada harapan dilakukannya penelitian, ruang lingkup serta acuan yang digunakan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab dua membahas berbagai ulasan literatur berhubungan dengan pembahasan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian tiga menguraikan terkait bahan serta peralatan yang akan dipakai. Untuk proses pengerjaan dari penelitian ini dimulai dari pengujian material, pencetakan sampel campuran mortar geopolimer, serta pengujian sampel campuran mortar geopolimer.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab empat akan diuraikan terkait hasil penelitian yang sudah dilaksanakan seperti hasil dari pengujian material digunakan serta hasil dari pengujian terhadap sifat fisik dan sifat mekanik dari sampel campuran mortar geopolimer yang telah dihasilkan. Untuk material campuran mortar geopolimer yang dilakukan pengujian berupa agregat halus dan *fly ash* (prekursor).

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir yang menjelaskan mengenai berbagai hasil setelah melaksanakan kegiatan serta berbagai saran dapat peneliti berikan kepada pembaca untuk referensi melakukan penelitian yang serupa.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal US, Wanjari SP, Naresh DN. 2017. Characteristic study of geopolymer fly ash sand as a replacement to natural river sand. *Constr. Build. Mater.* 150:681–688.doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.06.029.
- Aliabdo AA, Abd Elmoaty AEM, Salem HA. 2016. Effect of cement addition, solution resting time and curing characteristics on fly ash based geopolymer concrete performance. *Constr. Build. Mater.* 123:581–593.doi:10.1016/j.conbuildmat.2016.07.043.
- Amran M, Debbarma S, Ozbakkaloglu T. 2021. Fly ash-based eco-friendly geopolymer concrete: A critical review of the long-term durability properties. *Constr. Build. Mater.* 270:121857.doi:10.1016/j.conbuildmat.2020.121857.
- ASTM C109-13. *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*. 2013. American Society for Testing and Materials International, USA.
- ASTM C138/C138M – 17a. *Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete*. 2017. American Society for Testing and Materials International, USA.
- ASTM C143/C143M – 12. *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. 2012. American Society for Testing and Materials International, USA.
- ASTM C29/C29M – 09. *Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate*. 2010. American Society for Testing and Materials International, USA.

ASTM C33/C33M – 08. *Standard Specification for Concrete Aggregates*. 2009. American Society for Testing and Materials International, USA.

ASTM C39/C39M – 14. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. 2014. American Society for Testing and Materials International, USA.

ASTM C40/C40M-11. *Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete*. 2011. American Society for Testing and Materials International, USA.

ASTM C469/C469M – 14. *Standard Test Method For Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. 2014. American Society for Testing and Materials International, USA.

ASTM C496/C496M – 11. *Standard Test Method For Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. 2017. American Society for Testing and Materials International, USA.

Berlianda, Fima. 2021. *Analisis Mikrostruktur Beton Ringan Kombinasi Fly Ash dan Bottom Ash*. Department of Civil Engineering:Sriwijaya University.

Bautista-Gutierrez KP, Herrera-May AL, Santamaría-López JM, Honorato-Moreno A, Zamora-Castro SA. 2019. Recent progress in nanomaterials for modern concrete infrastructure: Advantages and challenges. *Materials (Basel)*. 12(21):1–41.doi:10.3390/ma12213548.

Brabazon D, Pellicer E, Zivic F, Sort J, Baró MD, Grujovic N, Choy KL. 2017. Commercialization of nanotechnologies-A case study approach. *Commer. Nanotechnologies-A Case Study Approach*.:1–315.doi:10.1007/978-3-319-56979-6.

- Esparham A, Moradikhou AB. 2021. A Novel Type of Alkaline Activator for Geopolymer Concrete Based on Class C Fly Ash. 3(1):1–13.
- Fu T, Moon RJ, Zavattieri P, Youngblood J, Weiss WJ. 2017. *Cellulose nanomaterials as additives for cementitious materials*. Volume ke-C. Elsevier Ltd.
- Ghafoor MT, Khan QS, Qazi AU, Sheikh MN, Hadi MNS. 2021. Influence of alkaline activators on the mechanical properties of fly ash based geopolymer concrete cured at ambient temperature. *Constr. Build. Mater.* 273(December).doi:10.1016/j.conbuildmat.2020.121752.
- Giergiczny Z. 2019. Fly ash and slag. *Cem. Concr. Res.* 124(July).doi:10.1016/j.cemconres.2019.105826.
- Golewski GL. 2017. Improvement of fracture toughness of green concrete as a result of addition of coal fly ash. Characterization of fly ash microstructure. *Mater. Charact.* 134(November):335–346.doi:10.1016/j.matchar.2017.11.008.
- Hariska E, Kasman K, Ulum S. 2019. Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Beton Geopolymer Dengan Pengikat Berbahan Dasar Fly Ash PLTU Mpanau. *Gravitasi*. 18(1):24–35.doi:10.22487/gravitasi.v18i1.13307.
- Haruna S, Mohammed BS, Shahir-Liew M, Alaloul WS, Haruna A. 2018. Effect of water-binder ratio and naoh molarity on the properties of high calcium fly ash geopolymer mortars at outdoor curing. *Int. J. Civ. Eng. Technol.* 9(10):1339–1352.
- Kaur Mandeep, Singh J, Kaur Manpreet. 2018. Synthesis of fly ash based geopolymer mortar considering different concentrations and combinations of alkaline activator solution. *Ceram. Int.* 44(2):1534–

1537.doi:10.1016/j.ceramint.2017.10.071.

Meesala CR, Verma NK, Kumar S. 2020. Critical review on fly-ash based geopolymer concrete. *Struct. Concr.* 21(3):1013–1028.doi:10.1002/suco.201900326.

Moni SMFK, Ikeora O, Pritzel C, Görtz B, Trettin R. 2020. Preparation and properties of fly ash-based geopolymer concrete with alkaline waste water obtained from foundry sand regeneration process. *J. Mater. Cycles Waste Manag.* 22(5):1434–1443.doi:10.1007/s10163-020-01032-3.

Murti Petrus HTB, Adelizar AS, Widiyatmoko A, Olvianas M, Suprpta W, Perdana I, Prasetya A, Astuti W. 2019. Kinetics of Fly Ash Geopolymerization using Semi Quantitative Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR); Corr Data. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 532(1).doi:10.1088/1757-899X/532/1/012001.

Norhasri MSM, Hamidah MS, Fadzil AM. 2017. Applications of using nano material in concrete: A review. *Constr. Build. Mater.* 133:91–97.doi:10.1016/j.conbuildmat.2016.12.005.

Rattanasak U, Chindaprasirt P. 2009. Influence of NaOH solution on the synthesis of fly ash geopolymer. *Miner. Eng.* 22(12):1073–1078.doi:10.1016/j.mineng.2009.03.022.

Risdanareni P, Ekaputri JJ, Al Bakri Abdullah MM. 2015. Effect of Alkaline Activator Ratio to Mechanical Properties of Geopolymer Concrete with Trass as Filler. *Appl. Mech. Mater.* 754–755:406–412.doi:10.4028/www.scientific.net/amm.754-755.406.

Risdanareni P, Puspitasari P, Januarti Jaya E. 2017. Chemical and Physical Characterization of Fly Ash as Geopolymer Material. *MATEC Web Conf.* 97.doi:10.1051/mateconf/20179701031.

- Saloma, Hanafiah, Elysandi DO, Meykan DG. 2017. Effect of Na₂SiO₃/NaOH on mechanical properties and microstructure of geopolymer mortar using fly ash and rice husk ash as precursor. *AIP Conf. Proc.* 1903.doi:10.1063/1.5011552.
- Singh NP. 2020. Properties of cementitious systems in presence of nanomaterials. *Mater. Today Proc.* 29(xxxx):1143–1149.doi:10.1016/j.matpr.2020.05.377.
- Sondakh C, Gumalang S. 2020. The processing, properties and optimum mix of fly ash based - Self compacting geopolymer concrete. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 419(1).doi:10.1088/1755-1315/419/1/012067.
- Srinivas K, M.Padmakar, B.Barhmaiah, Vijaya SK. 2020. Effect of Alkaline Activators on Strength Properties of Metakaolin and Fly Ash Based Geopolymer Concrete. *J. Crit. Rev.* 7(13):2194–2204.
- Xie J, Wang J, Rao R, Wang C, Fang C. 2019. *Effects of combined usage of GGBS and fly ash on workability and mechanical properties of alkali activated geopolymer concrete with recycled aggregate.* Volume ke-164. Elsevier Ltd.
- Xie T, Fang C. 2019. Nanomaterials Applied in Modifications of Geopolymer Composites: a Review. *Aust. J. Civ. Eng.* 17(1):32–49.doi:10.1080/14488353.2019.1614353.
- Zhuang XY, Chen L, Komarneni S, Zhou CH, Tong DS, Yang HM, Yu WH, Wang H. 2016. Fly ash-based geopolymer: Clean production, properties and applications. *J. Clean. Prod.* 125:253–267.doi:10.1016/j.jclepro.2016.03.019.