

TUGAS AKHIR

PENGARUH LAMA CURING DAN VARIASI RASIO Na₂SiO₃ DENGAN NaOH TERHADAP SIFAT MEKANIK AGREGAT BUATAN GEOPOLYMER BERBASIS FLY-ASH DENGAN METODE CRUSHING

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



**MUHAMMAD ARIF HUSIN PASARIBU
0301181823007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH LAMA CURING DAN VARIASI RASIO Na_2SiO_3 DENGAN NaOH TERHADAP SIFAT MEKANIK AGREGAT BUATAN *GEOPOLYMER* BERBASIS *FLY-ASH* DENGAN METODE *CRUSHING*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh:

MUHAMMAD ARIF HUSIN PASARIBU

03011181823007

Palembang, April 2024

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing 2

Dosen Pembimbing 1,

Bimo Brata Adhitya. S.T., M.T.

NIP. 198103102008011010

Anthony Costa. S.T., M.T

NIP. 1990007222019031014

Mengetahui/menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



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

NIP. 197610312002122001

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan segala puji dan syukur atas rahmat dan pertolongan Allah SWT baik secara jasmani dan rohani kepada saya sehingga dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini tepat pada waktunya dengan judul **“Pengaruh Lama *Curing* dan Variasi Na_2SiO_3 Dengan NaOH Terhadap Sifat Mekanik *Geopolymer* Agregat Buatan Berbasis *Fly ash* Dengan Metode *Crushing*”**.

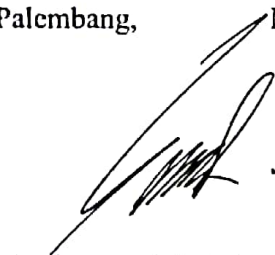
Penyusunan proposal tugas akhir ini tidak luput dari kesalahan hal ini dikarenakan keterbatasan ilmu pengetahuan dan wawasan yang dimiliki oleh penulis. Proposal ini masih jauh dari kata sempurna sehingga penulis menerima saran dan kritik dari pembaca. Dalam penulisan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, syukur Alhamdulillah untuk semua petunjuk dan nikmat sehatnya sehingga saya bisa menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
2. Nabi Muhammad SAW, syukur dengan petunjuk dan ajarannya kami mendapatkan semangat untuk menuntut ilmu dan terbebas dari kebodohan.
3. Orang tua, terutama Mama dan Papa yang senantiasa mendoakan dan memberi dukungan baik jasmani maupun rohani kepada saya.
4. Ibu Dr. Saloma, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Melawaty Agustien, S. SI., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Bimo Brata Adhitya S.T., M.T. selaku pembimbing satu sekaligus dosen pembimbing akademik saya yang telah banyak memberikan dukungan baik rohani dan jasmanian. Saran dan masukan serta memberikan ilmu bermanfaat yang telah beliau diberikan guna kelancaran penulisan tugas akhir ini.
7. Bapak Anthony Costa S.T., M.T. selaku pembimbing kedua yang telah membantu penulis dalam menyusun dan penulisan laporan tugas akhir ini

serta memberikan ide dan wawasan kepada penulis serta dukungan jasmani dan rohani.

8. Kak Budi yang telah membantu dan mendukung serta memberi masukan dan ilmu selama penyusunan tugas akhir.
9. Ahmad Adib, Faris Maulana Irfan, Aland Kurnia Zawawi Jared, dan M Qibran Al Fariz yang menjadi rekan dalam penelitian ini dan selalu memberi dukungan material baik kendaraan, makanan dan lainnya serta dukungan rohani yaitu dukungan satu sama lain dalam menyelesaikan tugas akhir. Dengan harapan, selesainya proposal tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi setiap pembacanya dan dapat digunakan sebaik mungkin.

Palembang, Maret 2024



Muhammad Arif Husin Pasaribu

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT.....	xiii
RINGKASAN	xiv
SUMMARY	xv
PERNYATAAN INTEGRITAS	xvi
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xvii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xviii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	20
1.1 Latar Belakang	20
1.2 Rumusan Masalah	21
1.3 Tujuan Penelitian.....	22
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	22
1.5 Sistematika Penulisan.....	23
BAB II DAFTAR PUSTAKA	24
2.1 Penelitian Terdahul.....	24
2.2 Geopolymer	25
2.3 Mortar	26

2.4	<i>Fly ash</i>	26
2.5	Larutan Alkali.....	28
2.6	Air.....	28
2.7	Agregat	29
2.8	Agregat Buatan.....	29
2.8.1	Agregat Buatan Geopolimer Berbasis <i>Fly Ash</i>	30
2.9	Metode Crushing	30
2.10	<i>Curing</i>	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		32
3.1	Umum	32
3.2	Studi Literatur.....	32
3.3	Material Penyusun Agregat Buatan	34
3.4	Peralatan	35
3.5	Tahapan-Tahapan Penelitian di Laboratorium	38
3.5.1	Tahap I	39
3.5.2	Tahap II.....	39
3.5.3	Tahap III	41
3.5.4	Tahap IV	42
3.5.5	Tahap V	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Pengujian Agregat Halus	43
4.1.1.	Pengujian <i>Specific Gravity</i> dan Penyerapan Air	43
4.1.2.	Pengujian Berat Volume	44
4.1.3.	Pengujian Analisa Saringan	45
4.1.4.	Pengujian Kandungan Kadar Lumpur.....	46
4.1.5.	Pengujian Kadar Organik.....	47

4.2. Pengujian <i>Fly ash</i>	48
4.2.1. Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	48
4.2.2. Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	49
4.2.3 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM).....	50
4.3. Pengujian Agregat Buatan Metode Crushing	51
4.3.1 Pengujian fisik Agregat Crushing	55
4.3.2 Pengujian Mekanik Agregat Geopolimer.....	71
BAB V.....	75
PENUTUP.....	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Abu Terbang Berdasarkan ASTM C 618-05	27
Tabel 3. 1 Mix Design.....	41
Tabel 4. 1 Hasil pengujian specific gravity dan Penyerapan Air	44
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Berat Volume.....	44
Tabel 4. 3 Hasil Analisa Saringan dan Modulus Kehalusan.....	45
Tabel 4. 4 Tabel Warna Pembanding	47
Tabel 4. 5 . Hasil Pengujian XRF	50
Tabel 4. 6 Pengujian Metode 1	52
Tabel 4. 7 Pengujian Metode 2	52
Tabel 4. 8 Pengujian Metode 3	53
Tabel 4. 9 Tabel Gambar Agregat.....	54
Tabel 4. 10 Kadar Air.....	56
Tabel 4. 11 Hasil Analisis Saringan Agregat Crushing Variasi Na ₂ SiO ₃ /NaOH 2,5	57
Tabel 4. 12 Hasil Analisis Saringan Agregat Crushing Variasi Na ₂ SiO ₃ /NaOH 358	
Tabel 4. 13 Hasil Analisis Saringan Agregat Crushing Variasi Na ₂ SiO ₃ /NaOH 359	
Tabel 4. 14 Hasil Analisis Saringan Agregat Crushing Variasi Pasir 0%	60
Tabel 4. 15 Hasil Analisis Saringan Agregat Crushing Variasi Pasir 20%	61
Tabel 4. 16 Hasil Analisis Saringan Agregat Crushing Variasi Pasir 40%	62
Tabel 4. 17 Hasil Analisis Saringan Agregat <i>Crushing</i> Variasi Curing 24 Jam	63
Tabel 4. 18 Hasil Analisis Saringan Agregat Crushing Variasi Curing 48 Jam	64
Tabel 4. 19 Hasil Analisis Saringan Agregat Crushing Variasi Curing 72 Jam	65
Tabel 4. 20 Nilai Kehalusan Agregat Crushing	66
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian, Specific Gravity, dan Penyerapan Air	67
Tabel 4. 22 Hasil Pengujian Berat Volume.....	70
Tabel 4. 23 Hasil Pengujian AIV	71
Tabel 4. 24 Hasil <i>Agregat Impact Value</i> (AIV)	72

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 3. 2. Fly ash	34
Gambar 3. 3. NaOH dan Na ₂ SiO ₃	35
Gambar 3. 4, Pasir.....	35
Gambar 3. 5 Gelas Ukur.....	36
Gambar 3. 6 Gelas Baker	36
Gambar 3. 7 Batang Pengaduk.....	36
Gambar 3. 8 Timbangan digital	37
Gambar 3. 9. Oven	37
Gambar 3. 10. Sieve Machine	38
Gambar 3. 11 Alat Crusher	38
Gambar 3. 12. Contoh Hasil Tes XRD (Soundararajan, ddk, 2021	40
Gambar 3. 13 Contoh Hasil Tes SEM (Suleyman Ipek, dkk, 2019).....	41
Gambar 4. 1 Gradasi Analisa Saringan Agregat Halus Zona 3.....	46
Gambar 4. 2 Hasil Pengujian Kadar Lumpur.....	47
Gambar 4. 3. Hasil Pengujian Kadar Organik.....	48
Gambar 4. 4. Hasil Pengujian XRD	49
Gambar 4. 5. Hasil Pengujian SEM	51
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Kadar Air Garegat Buatan	57
Gambar 4. 7 Grafik Area Gradasi Agregat Variasi Na ₂ SiO ₃ /NaOH 2,5	58
Gambar 4. 8 Grafik Area Gradasi Agregat Variasi Na ₂ SiO ₃ /NaOH 3	59
Gambar 4. 9 Grafik Area Gradasi Agregat Variasi Na ₂ SiO ₃ /NaOH 3,5	60
Gambar 4. 10 Grafik Area Gradasi Agregat Variasi Pasir 0%	61
Gambar 4. 11 Grafik Area Gradasi Agregat Variasi Pasir 20%	62
Gambar 4. 12 Grafik Area Gradasi Agregat Variasi Pasir 0%	63
Gambar 4. 13 Grafik Area Gradasi Agregat Variasi Curing 24 Jam	64

Gambar 4. 14 Grafik Area Gradasi Agregat Variasi Curing 48 Jam	65
Gambar 4. 15 Grafik Area Gradasi Agregat Variasi Curing 72 Jam	66
Gambar 4. 16 Grafik Bulk Specific Gravity kondisi SSD	67
Gambar 4. 17 Grafik Bulk S pecific Gravity Kondisi Kering.....	68
Gambar 4. 18 Grafik Apparent Specific Gravity	68
Gambar 4. 19 Grafik Absorption Value	69
Gambar 4. 20 Grafik Berat Volume Isi Lepas	70
Gambar 4. 21 Grafik Berat Volume Penusukan	71
Gambar 4. 22 Grafik AIV Agregat Crushing	72
Gambar 4. 23 Grafik AIV Agregat Crushing Variasi $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$	73
Gambar 4. 24 Grafik AIV Agregat Crushing Variasi Penambahan Pasir	73
Gambar 4. 25 Grafik AIV Agregat Crushing Variasi Waktu Curing	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Job Mix Design.....	82
Lampiran 2 Hasil Pengujian Kadar Air.....	82
Lampiran 3 Hasil Pengujian Densitas, <i>Specific Gravity</i> , dan Penyerapan Air	84
Lampiran 4 Hasil Pengujian Analisis Saringan	86
Lampiran 5 Hasil Pengujian Berat Volume	95
Lampiran 6 Hasil Pengujian AIV.....	97

PENGARUH LAMA CURING DAN VARIASI RASIO Na_2SiO_3 DENGAN NaOH TERHADAP SIFAT MEKANIK AGREGAT BUATAN GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH DENGAN METODE CRUSHING

Muhammad Arif Husin Pasaribu¹, Bimo Brata Adhitya², Anthony Costa²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

² Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

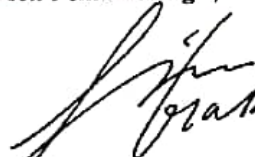
* Korespondensi Penulis: husinarif34@gmail.com

ABSTRAK


Pembakaran batu bara untuk menghasilkan energi listrik di PLTU menghasilkan limbah berupa fly ash. Limbah ini harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan. Fly ash mempunyai potensi sebagai bahan bangunan karena mengandung silika, aluminium, dan oksida lainnya yang dapat bereaksi dengan larutan basa membentuk senyawa geopolimer. Geopolimer memiliki sifat mekanik yang baik dan tahan terhadap lingkungan asam dan basa. Pengembangan material agregat geopolimer buatan dengan metode penghancuran berbasis fly ash menjadi suatu hal yang menarik. Dilakukan Karena dapat memanfaatkan limbah fly ash dan mengurangi ketergantungan terhadap agregat alam. Selain itu, material ini juga dapat digunakan untuk membantu mengurangi dampak lingkungan dari konstruksi pembangunan. Metode penghancuran digunakan untuk mendapatkan agregat geopolimer buatan dengan ukuran yang diinginkan. Agregat dapat dihancurkan menjadi lebih banyak partikel kecil menggunakan teknik penghancuran seperti penghancur mekanis atau alat seperti Hammer Mill, Jaw Crusher, atau Ball Mill. Persentase AIV mencapai 13,20% pada rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ 2, namun menurun menjadi 12,64% pada rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ 3,5. Persentase AIV mencapai 12,82% tanpa penambahan pasir, namun menurun menjadi 12,64% dengan penambahan pasir sebesar 20%. Namun nilai AIV meningkat menjadi 12,76% ketika penambahan pasir mencapai 40%. Persentase AIV setelah perawatan 24 jam mencapai 12,64%, namun menurun menjadi 12,46% pada perawatan 48 jam, dan AIV meningkat menjadi 12,94% pada perawatan 72 jam.

Kata kunci: agregat geopolimer, penghancuran, waktu pemeraman, $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$, penambahan pasir, nilai dampak agregat

Dosen Pembimbing I,


Bimo Brata Adhitya, ST, MT
NIP. 198103102008011010

Palembang, April 2024
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing II


Anthony Costa, ST, MT
NIP. 1990007222019031014



EFFECT OF CURING TIME AND VARIATIONS Na_2SiO_3 RATIO WITH NaOH ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF FLY ASH BASED GEOPOLYMER ARTIFICIAL AGGREGATES USING THE METHOD CRUSHING

Muhammad Arif Husin Pasaribu¹, Bimo Brata Adhitya², Anthony Costa²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

²Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

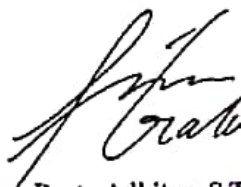
*Korespondensi Penulis: husinarif34@gmail.com

ABSTRACT

Burning coal to produce electrical energy in PLTU produces waste in the form of fly ash. This waste must be managed properly so that it does not cause detrimental environmental impacts. Fly ash has potential as a building material because it contains silica, aluminum, and other oxides which can react with alkaline solutions to form geopolymer compounds. Geopolymer has good mechanical properties and is resistant to acidic and alkaline environments. Development of aggregate materials artificial geopolymer Fly ash-based crushing method becomes an interesting thing. Done Because can utilize fly ash waste and reduce dependence on aggregate nature. Apart from that, this material can also be used to help reduce the impact environment from development construction. The crushing method is used to get aggregate artificial geopolymer with to desired size. Aggregate can be destroyed become more particles small use technique destruction like destroyer mechanical or tools such as Hammer Mill, Jaw Crusher, or Ball Mill. The AIV percentage reached 13.20% at a $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ ratio of 2, however, decreased to 12.64% at a $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ ratio of 3.5. The AIV percentage reached 12.82% without the addition of sand, however, decreased to 12.64% when the addition of sand by 20%. However, the AIV value increased to 12.76% when the addition of sand reached 40%. The AIV percentage reached 12.64% after curing for 24 hours, however, decreased to 12.46% at 48 hours of curing, and AIV increased to 12.94% at 72 hours of curing.

Keywords: geopolymer aggregate, crushing, curing time, $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$, addition sand, aggregate impact value

Dosen Pembimbing 1,



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

Palembang, April 2024
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing 2



Anthony Costa, S.T., M.T.
NIP. 1990007222019031014

Mengetujui/menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



Dr. Isyana Saloma, S.T., M.T.
NIP. 19610312002122001

RINGKASAN

PENGARUH LAMA CURING DAN VARIASI RASIO Na_2SiO_3 DENGAN NaOH TERHADAP SIFAT MEKANIK AGREGAT BUATAN GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH DENGAN METODE CRUSHING

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 22 Maret 2024

Muhammad Arif Husin Pasaribu; Dibimbing oleh Dr. Bimo Brata Adhitya, ST, MT dan Anthony Costa. ST, MT

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xix + 73 halaman, 18 gambar, 26 tabel, 20 grafik dan 6 lampiran

Pembakaran batu bara untuk menghasilkan energi listrik di PLTU menghasilkan limbah berupa fly ash. Limbah ini harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan. Fly ash mempunyai potensi sebagai bahan bangunan karena mengandung silika, aluminium, dan oksida lainnya yang dapat bereaksi dengan larutan basa membentuk senyawa geopolimer. Geopolimer memiliki sifat mekanik yang baik dan tahan terhadap lingkungan asam dan basa. Pengembangan material agregat geopolimer buatan dengan metode penghancuran berbasis fly ash menjadi suatu hal yang menarik. Dilakukan Karena dapat memanfaatkan limbah fly ash dan mengurangi ketergantungan terhadap agregat alam. Selain itu, material ini juga dapat digunakan untuk membantu mengurangi dampak lingkungan dari konstruksi pembangunan. Metode penghancuran digunakan untuk mendapatkan agregat geopolimer buatan dengan ukuran yang diinginkan. Agregat dapat dihancurkan menjadi lebih banyak partikel kecil menggunakan teknik penghancuran seperti penghancur mekanis atau alat seperti Hammer Mill, Jaw Crusher, atau Ball Mill. Persentase AIV mencapai 13,20% pada rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3 / \text{NaOH}$ 2, namun menurun menjadi 12,64% pada rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3 / \text{NaOH}$ 3,5. Persentase AIV mencapai 12,82% tanpa penambahan pasir, namun menurun menjadi 12,64% dengan penambahan pasir sebesar 20%. Namun nilai AIV meningkat menjadi 12,76% ketika penambahan pasir mencapai 40%. Persentase AIV setelah perawatan 24 jam mencapai 12,64%, namun menurun menjadi 12,46% pada perawatan 48 jam, dan AIV meningkat menjadi 12,94% pada perawatan 72 jam.

Kata kunci: agregat geopolimer, penghancuran, waktu pemeraman, penambahan pasir, $\text{Na}_2\text{SiO}_3 / \text{NaOH}$, nilai impak agregat

SUMMARY

EFFECT OF CURING TIME AND VARIATIONS Na_2SiO_3 RATIO WITH NaOH ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF FLY ASH BASED GEOPOLYMER ARTIFICIAL AGGREGATES USING THE METHOD CRUSHING

Scientific paper in from of final project, March 22th, 2024

Muhammad Arif Husin Pasaribu; *guided by* Dr. Bimo Brata Adhitya . ST, MT and Anthony Costa. ST, MT

Departement If Civil Engineering And Planning, Faculty Of Enggineering, Sriwijaya University

xix + 73 pages, 18 picture, 26 table, 20 graphs and 6 attachments

Burning coal to produce electrical energy in PLTU produces waste in the form of fly ash. This waste must be managed properly so that it does not cause detrimental environmental impacts. Fly ash has potential as a building material because it contains silica, aluminum, and other oxides which can react with alkaline solutions to form geopolymer compounds. Geopolymer has good mechanical properties and is resistant to acidic and alkaline environments. Development of aggregate materials artificial geopolymer Fly ash-based crushing method becomes an interesting thing. Done Because can utilize fly ash waste and reduce dependence on aggregate nature. Apart from that, this material can also be used to help reduce the impact environment from development construction. The crushing method is used to get aggregate artificial geopolymer with to desired size. Aggregate can be destroyed become more particles small use technique destruction like destroyer mechanical or tools such as Hammer Mill, Jaw Crusher, or Ball Mill. The AIV percentage reached 13.20% at a $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ ratio of 2, however, decreased to 12.64% at a $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ ratio of 3.5. The AIV percentage reached 12.82% without the addition of sand, however, decreased to 12.64% when the addition of sand by 20%. However, the AIV value increased to 12.76% when the addition of sand reached 40%. The AIV percentage reached 12.64% after curing for 24 hours, however, decreased to 12.46% at 48 hours of curing, and AIV increased to 12.94% at 72 hours of curing.

Keywords: geopolymer aggregate, crushing, curing time, Na_2SiO_3 / NaOH , addition sand, aggregate impact value

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Arif Husin Pasaribu

NIM : 03011181823007

Judul : Pengaruh Lama Curing Dan Variasi Rasio Na_2SiO_3 Dengan NaOH Terhadap Sifat Mekanik Agregat Buatan Geopolimer Berbasis Fly Ash Dengan Metode Crushing

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, April 2024
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Arif Husin Pasaribu
NIM. 03011181823007

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Pengaruh Lama Curing dan Variasi Na_2SiO_3 Dengan NaOH Terhadap Sifat Mekanik Agregat Geopolimer Berbasis Fly Ash Dengan Metode Crushing” yang disusun oleh Muhammad Arif Husin Pasaribu, 03011181823007 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 Maret 2024.

Palembang, 22 Maret 2024

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Dosen Pembimbing:

1. Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, ST, MT
NIP. 198103102008011010
2. Anthony Costa, S.T., M.T.
NIP. 1990007222019031014

()
()


Dosen Penguji:

3. Dr. Ir. Hanafiah, M. S.
NIP. 195603141985031020


()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik


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

Ketua Jurusan Teknik Sipil


Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T
NIP. 1976103120021220011

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Arif Husin Pasaribu

NIM : 03011181823007

Judul : Pengaruh Lama Curing Dan Variasi Rasio Na_2SiO_3 Dengan NaOH Terhadap Sifat Mekanik Agregat Buatan Geopolimer Berbasis Fly Ash Dengan Metode Crushing

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

Palembang, April 2024
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Arif Husin Pasaribu
NIM. 03011181823007

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Muhammad Arif Husin Pasaribu

Jenis Kelamin : Laki-laki

E-mail : husinanif34@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD 081 Panyabungan	-	-	SD	2006-2012
MTS, Darul Mursyid	-	-	SMP	2012-2015
MAS, Darul Mursyid	-	IPA	SMA	2015-2018
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2018-2024

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



(Muhammad Arif Husin Pasaribu)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembakaran batu bara untuk menghasilkan energi listrik di PLTU menghasilkan limbah berupa *fly ash*. Limbah ini harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan dampak lingkungan yang merugikan. Namun, pengolahan *fly ash* menjadi suatu material yang bermanfaat masih belum banyak dilakukan.

Fly ash memiliki potensi sebagai bahan bangunan karena kandungan silika, aluminium, dan oksida lainnya yang dapat bereaksi dengan larutan alkali untuk membentuk senyawa geopolimer. Geopolimer memiliki sifat mekanik yang baik dan tahan terhadap lingkungan asam dan basa.

Agregat merupakan bahan utama dalam konstruksi, terutama untuk beton. Permintaan agregat terus meningkat seiring dengan pertumbuhan pembangunan, namun stok agregat alam semakin menipis. Agregat buatan geopolimer berbasis *fly ash* dapat menjadi alternatif pengganti agregat alam karena memiliki sifat mekanik yang baik dan tahan terhadap lingkungan asam dan basa. Selain itu, pembuatan agregat buatan geopolimer dapat mengurangi penggunaan bahan tambahan seperti pasir dan batu pecah.

Agregat alami memiliki ketersediaan yang tidak stabil, tergantung pada kondisi geografis dan geologi di suatu daerah. Sementara itu, agregat buatan dapat diproduksi secara konsisten dan terkontrol, sehingga ketersediaannya lebih stabil dan dapat diandalkan.

Pengembangan material agregat buatan geopolimer metode crushing berbasis *fly ash* menjadi hal yang menarik untuk dilakukan karena dapat memanfaatkan limbah *fly ash* dan mengurangi ketergantungan pada agregat alam. Selain itu, material ini juga dapat membantu mengurangi dampak lingkungan dari pembangunan konstruksi.

Moralitas NaOH mempengaruhi sifat fisik dan mekanik agregat buatan, terutama dalam hal kekuatan dan daya serap air. Semakin tinggi moralitas NaOH yang digunakan, maka semakin kuat dan semakin tinggi daya serap air agregat buatan yang dihasilkan (Budh and Warhade 2014). Hal ini dapat disebabkan karena

molaritas NaOH yang tinggi dapat meningkatkan reaktivitas bahan dasar geopolimer, sehingga pembentukan ikatan kimia yang kuat dapat terjadi dengan lebih efektif.

Pasir berfungsi sebagai pengisi dalam pembuatan mortar dan dapat meningkatkan kekuatan bahan serta mengurangi penyusutan. Pasir juga mampu meningkatkan volume mortar dan memperkuat campuran karena memiliki sifat mekanik yang superior seperti kekuatan geser dan tarik.

Pengaruh waktu curing terhadap agregat buatan geopolimer dalam metode crushing sangat penting. Umumnya, curing merupakan tahap krusial dalam pembentukan dan pengerasan geopolimer. Saat agregat buatan geopolimer mengalami curing yang tepat, ikatan kimia antara material geopolimer dan agregat akan meningkat, menghasilkan kekuatan yang lebih baik dan struktur yang lebih padat.

Dalam metode crushing, agregat buatan geopolimer yang telah menjalani proses curing akan dihancurkan menjadi ukuran yang diinginkan. Waktu curing yang tepat akan mempengaruhi kekuatan agregat setelah dilakukan crushing. Jika waktu curing yang cukup tidak diberikan, agregat mungkin belum mencapai kekerasan optimal, sehingga dapat menghasilkan kekuatan yang rendah setelah dilakukan crushing.

Penelitian ini melibatkan tiga variasi campuran yang berbeda, yakni variasi campuran pembentuk alkali aktivator ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$), variasi penambahan pasir dan variasi waktu proses curing dalam oven. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan campuran yang paling optimal pada setiap variasi yang diuji.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, rumusan masalah dari penelitian Pengaruh Lama *Curing* dan Molaritas NaOH Terhadap Sifat Mekanik Agregat Buatan *Geopolymer* Berbasis *Fly-Ash* dengan Metode *Crushing* ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh rasio sodium silikat (Na_2SiO_3) dengan sodium hidroksida (NaOH) terhadap sifat mekanik agregat buatan *geopolymer* dengan metode *crushing*?

2. Bagaimana pengaruh penambahan pasir terhadap sifat mekanik agregat buatan *geopolymer* dengan metode *crushing*?
3. Bagaimana pengaruh lama *curing* terhadap sifat mekanik agregat buatan *geopolymer* dengan metode *crushing*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan di atas, tujuan Pengaruh Lama *Curing* dan Molaritas NaOH Terhadap Sifat Mekanik Agregat Buatan *Geopolymer* Berbasis *Fly-Ash* dengan Metode *Crushing* ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh rasio sodium silikat (Na_2SiO_3) dengan sodium hidroksida (NaOH) terhadap sifat mekanik agregat buatan *geopolymer* dengan metode *crushing*.
2. Menganalisis pengaruh penambahan pasir terhadap sifat mekanik agregat buatan *geopolymer* dengan metode *crushing*.
3. Menganalisis pengaruh lama *curing* terhadap sifat mekanik agregat buatan *geopolymer* dengan metode *crushing*.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah dan tujuan di atas, ruang lingkup yang ditetapkan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Agregat yang digunakan dalam penelitian ini satu ukuran gradasi yaitu 4,75 – 9,5 mm dan agregat buatan berdasarkan limbah industry.
2. *Fly ash* kelas F dari PT. Pupuk Sriwijaya sebagai prekursor
3. Rasio *Fly ash* dengan alkali activator (FA/AA) dengan rasio 2.
4. Penambahan variasi presentasi pasir 0%, 20% dan 40% terhadap molaritas sodium hidroksida (NaOH) sebesar 15 Mol.
5. Rasio sodium silikat (Na_2SiO_3) dengan sodium hidroksida (NaOH) sebesar 2,5, 3, dan 3,5.
6. *Curing* menggunakan oven dalam suhu 80 °C selama 24, 48, dan 72 jam.
7. Total jumlah sampel yang akan diuji adalah 27 sampel.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam rangka mempermudah proses pengaturan laporan tugas akhir, lima bab yang terdapat di dalamnya akan diorganisir dengan sistematika penulisan yang disusun sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bagian awal, pendahuluan akan menjelaskan mengenai konteks penelitian, permasalahan yang akan dibahas, tujuan penelitian, cakupan penelitian, serta pengaturan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bagian tinjauan Pustaka ini memuat analisis literatur yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya mengenai teori dan literatur yang terkait dengan konsep mortar geopolimer. Hal ini meliputi definisi mortar geopolimer, variasi konsentrasi NaOH, pengaruh agregat halus terhadap mortar geopolimer, komponen bahan yang digunakan dalam mortar geopolimer, serta temuan dari penelitian sebelumnya yang menjadi acuan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan dalam studi ini adalah metode penelitian eksperimen. Pada bab ini, akan dibahas mengenai metode dan langkah-langkah yang digunakan untuk mengumpulkan data, serta tahapan penelitian yang dilakukan. Selain itu, juga akan dijelaskan metode yang digunakan dalam menganalisis data yang dihasilkan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, disajikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dengan mengolah data yang diperoleh dari pengujian bahan yang digunakan dan pengujian kekuatan tekan pada sampel.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini bertujuan untuk menyampaikan kesimpulan yang meliputi ringkasan hasil penelitian ini, serta memberikan saran yang dapat mendukung penelitian di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Xu, L. Y., Qian, L. P., Huang, B. T., & Dai, J. G. (2021). Development of artificial one-part geopolymer lightweight aggregates by crushing technique. *Journal of Cleaner Production*, 315, 128200.
- Al Mahbubi, M., & Ahyudanari, E. (2019). Analysis the Use of Artificial Aggregates As a Substitute of Coarse Agreggates for Surface of Flexible Pavement. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), D47-D51.
- Lee, K. H., Lee, K. G., Lee, Y. S., & Wie, Y. M. (2021). Manufacturing and application of artificial lightweight aggregate from water treatment sludge. *Journal of Cleaner Production*, 307, 127260.
- Sengkey, S. L. (2021). *Studi Kuat Tekan dan Durabilitas Mortar Geopolimer Berbahan Fly ash dan Trass= Study of Compressive Strength and Durability of Fly ash and Trass Based Geopolymer Mortar* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Risdanareni, P., Schollbach, K., Wang, J., & De Belie, N. (2020). The effect of NaOH concentration on the mechanical and physical properties of alkali activated fly ash-based artificial lightweight aggregate. *Construction and Building Materials*, 259, 119832.
- EKAPUTRI, J. J., WIDYATMOKO, I., & AHYUDANARI, E. (2020). The effect of various Na₂SiO₃/NaOH ratios on the physical properties and microstructure of artificial aggregates. *Journal of Engineering Science and Technology*, 15(2), 1139-1154.
- Al Mahbubi, M. and Ahyudanari, E., 2019. Analysis the Use of Artificial Aggregates As a Substitute of Coarse Agreggates for Surface of Flexible Pavement. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), pp.D47-D51.
- Ayachit, A. C., Nikam, P. B., Pise, S. N., Shah, A. D., Pawar, V. H., & Wagh, K. K. 2016. *Mix Design of Fly-Ash Based Geopolymer Concrete*. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 6(2).
- Wijaya, H. (2021). PENGARUH RASIO Na₂SiO₃: NaOH TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER BATU NAPAL. *JURNAL ILMIAH BERING'S*, 8(01), 25-29.
- DANAN, J. T. Y. PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER MEMANFAATKAN FLY ASH DENGAN MOLARITAS 8M DAN 10M.
- Anastasia, K., Prihantono, P., & Anisah, A. (2020). PENINGKATAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI ABU CANGKANG TELUR BEBEK MELALUI PROSES PENGOVENAN. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 23-29.

- Sultan, H. R., & Ahmad, S. B. (2019, December). KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)* (pp. 51-55).
- Panjaitan, P. E., & Herlina, L. (2020). Review Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Karakteristik Kuat Tekan Beton Geopolimer. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil*, 65-79.
- Budh, C. D., and N. R. Warhade. 2014. "Effect of Molarity on Compressive Strength of Geopolymer Mortar." *International Journal of Civil Engineering Research* 5(1):2278–3652.
- Mohseni, Ehsan. 2018. "Assessment of Na₂SiO₃ to NaOH Ratio Impact on the Performance of Polypropylene Fiber-Reinforced Geopolymer Composites." *Construction and Building Materials* 186:904–11. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.08.032.
- Rafiza, A. R., A. M. Mustaf. Al Bakri, H. Kamarudin, I. Khairul Nizar, D. Hardjito, and Y. Zarina. 2013. "Reviews on the Properties of Aggregates Made with or without Geopolymerisation Method." *Advanced Materials Research* 626(May 2014):892–95. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.626.892.
- Olivia, M. 2013. Durability Related Properties of Low Calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete, (May).
- Huda, C. 2013. Analisa sifat meknaik pasta geopolimer ringan berbahan dasar fly ash, lumpur sidoarjo dan foam, 1(1), 1-5.
- Davidovits, J., 2008. Geopolymer. Chemistry and Applications. Institute Geopolymere, Saint-Quentin, France.
- İpek, S., Ayodele, O.A. and Mermerdaş, K., 2020. Influence of artificial aggregate on mechanical properties, fracture parameters and bond strength of concretes. *Construction and Building Materials*, 238, p.117756.
- Tian, K., Wang, Y., Hong, S., Zhang, J., Hou, D., Dong, B. and Xing, F., 2021. Alkali-activated artificial aggregates fabricated by red mud and fly ash: Performance and microstructure. *Construction and Building Materials*, 281, p.122552.
- Widayanti, A., Soemitro, R.A.A., Ekaputri, J.J. and Suprayitno, H., 2021. ASPHALT CONCRETE MIXTURE PRODUCED USING RECLAIMED

- ASPHALT PAVEMENT AND FLY ASH AS ARTIFICIAL AGGREGATE AND FILLER. *Jurnal Teknologi*, 83(4), pp.17-29.
- Mermerdaş, K., İpek, S., Algin, Z., Ekmen, Ş. and Güneş, İ., 2020. Combined effects of microsilica, steel fibre and artificial lightweight aggregate on the shrinkage and mechanical performance of high strength cementitious composite. *Construction and Building Materials*, 262, p.120048.
- Sherwani, A.F.H., Faraj, R., Younis, K.H. and Daraei, A., 2021. Strength, abrasion resistance and permeability of artificial fly-ash aggregate pervious concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 14, p.e00502.
- Hartono, H., 2015. Studi Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Kasar Dari Batu Kapur. *Gema Teknologi*, 17(3).
- Wardani, Sri Prabandiyani Retno. (2008). *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Jurnal: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Thomas, Michael. (2007). *Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete*. Washington DC: Portland Cement Association.
- Scott, John. S. 1993. *Kamus Lengkap Teknik Sipil Edisi Ke-4*. Erlangga. Jakarta
- Al Mahbubi, M. and Ahyudanari, E., 2019. Analysis the Use of Artificial Aggregates As a Substitute of Coarse Aggregates for Surface of Flexible Pavement. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), pp.D47-D51.
- Ayachit, A. C., Nikam, P. B., Pise, S. N., Shah, A. D., Pawar, V. H., & Wagh, K. K. 2016. *Mix Design of Fly-Ash Based Geopolymer Concrete*. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 6(2).
- Chithambar Ganesh, A., Vinod Kumar, M., Kanniga Devi, R., Srikar, P., Prasad, S., Manoj Kumar, M., & Sarath, R. P. 2021. Pervious Geopolymer Concrete under Ambient Curing. *Materials Today: Proceedings*, 46, 2737–2741.
- Tho-In, T., Sata, V., Chindaprasirt, P., & Jaturapitakkul, C. 2012. Pervious high-calcium fly ash geopolymer concrete. *Construction and Building Materials*, 30, 366–371.
- Soundararajan, E. K., & Vaiyapuri, R. 2021. *Geopolymer binder for pervious concrete*. *Gradjevinar*, 73(3), 209–218.

- ASTM C29/C29M. 1997. Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C618-05. 2006. Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C136. 2014. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C40. 2011. Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C142. 2010. Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C128. 2015. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C127. 2012. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C131. 2014. Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C535. 2016. Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C88. 2018. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C33. 2003. Standards Specification for Concrete Aggregates. USA: Association of Standard Testing Materials.
- [BSN] Badan Standarisasi Indonesia. 2002. SNI 03-6882-2002. Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pemasangan: Jakarta.

- [BSN] Badan Standarisasi Indonesia. 2008. SNI-1969-2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar: Jakarta.
- [BSN] Badan Standarisasi Indonesia. 2008. SNI 2417-2008. Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles: Jakarta.
- [BSN] Badan Standarisasi Indonesia. 2008. SNI 3407-2008. Cara Uji Sifat Kekekalan Agregat Dengan Cara Perendaman Menggunakan Larutan Natrium Sulfat atau Magnesium Sulfat: Jakarta.
- BS 812-112: 1990. 2008. Testing aggregate-Part 112: Methods for determination of aggregate impact value (AIV). British Standard