

TUGAS AKHIR

PENGARUH RASIO AGREGAT/BINDER DENGAN PENAMBAHAN *EARLY STRENGTH AGENT* TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER



ZALFA ANNISA

03011282126092

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

2025

TUGAS AKHIR

PENGARUH RASIO AGREGAT/BINDER DENGAN PENAMBAHAN *EARLY STRENGTH AGENT* TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER

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



ZALFA ANNISA

03011282126092

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH RASIO AGREGAT/BINDER DENGAN PENAMBAHAN *EARLY STRENGTH AGENT* TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh :

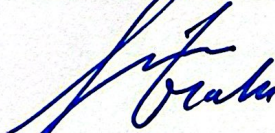
ZALFA ANNISA

03011282126092

Palembang, Mei 2025

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing,



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

NIP. 198103102008011010

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



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

NIP. 197610312002122001

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan proposal tugas akhir yang berjudul “ **Pengaruh Rasio Agregat/Binder dengan Penambahan *Early Strength Agent* terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer**”. Pada kesempatan ini, penulis juga hendak mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penyelesaian tugas akhir ini, yaitu :

1. Kepada Allah SWT, dengan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dan penulisan skripsi ini.
2. Orang tua, keluarga, serta teman-teman yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir.
3. Bapak Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan serta memberi banyak masukan dan pengalaman dalam penyelesaian tugas akhir.
7. Ibu Puteri Kusuma Wardhani, S.T., M. Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan dan masukan kepada penulis selama kehidupan perkuliahan serta seluruh dosen Teknik Sipil dan jajaran pegawai Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
8. Bapak Anthony Costa, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah menguji dan mengarahkan serta memberi banyak masukan dalam seminar hasil tugas akhir.
9. Rekan-rekan satu tim tugas akhir: Roger Einstein, Ivan Nichollas, Hadi Winata yang telah melalui suka-duka bersama penulis selama kehidupan perkuliahan. Semoga sukses selalu.

Dalam menyusun proposal ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, bagi cendikiawan Teknik serta bagi Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

Palembang, Mei 2025



Zalfa Annisa

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GRAFIK.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xiv
HALAMAN RINGKASAN.....	xv
HALAMAN <i>SUMMARY</i>	xvi
HALAMAN ABSTRAK.....	xvii
HALAMAN <i>ABSTRACT</i>	xviii
PERNYATAAN INTEGRITAS	xix
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xx
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan Laporan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Beton Geopolimer.....	8
2.3 <i>Fly Ash</i>	10
2.4 Alkali Aktivator	12

2.5	<i>Admixtures</i>	13
2.5.1	<i>Early Strength Agent</i>	15
2.6	TEA (Triethanolamine)	16
2.7	Rasio Agregat:Binder	16
2.8	Sifat Mekanik Beton	17
2.8.1	Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		19
3.1	Deskripsi Umum	19
3.2	Studi Literatur	19
3.3	Alur Penelitian	19
3.4	Material Penyusun	21
3.5	Peralatan	24
3.6	Tahapan Pengujian di Laboratorium	28
3.6.1	Tahap I	30
3.6.2	Tahap II	32
3.6.3	Tahap III	36
3.6.4	Tahap IV	37
3.6.5	Tahap V	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Hasil Pengujian Agregat Halus	42
4.1.1	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	42
4.1.2	Pengujian <i>Specific Gravity</i> dan Penyerapan Agregat Halus	44
4.1.3	Pengujian Berat Volume Agregat Halus	46
4.1.4	Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus	48
4.1.5	Pengujian Kadar Organik Agregat Halus	49
4.1.6	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	50
4.2	Hasil Pengujian Agregat Kasar	51
4.2.1	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	51
4.2.2	Pengujian <i>Specific Gravity</i> dan Penyerapan Agregat Kasar	53
4.2.3	Pengujian Berat Volume Agregat Kasar	55

4.2.4	Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar	57
4.3	Hasil Pengujian <i>Fly Ash</i>	60
4.3.1	Pengujian X-Ray Diffraction (XRD).....	60
4.3.2	Pengujian X-Ray Fluorescence (XRF).....	61
4.3.3	Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM).....	62
4.4	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton.....	63
4.5	Hasil Pengujian Berat Volume Beton.....	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		76
5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA		78
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Reaksi Kimia Proses Geopolimerisasi	9
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	20
Gambar 3.2	<i>Fly Ash</i>	21
Gambar 3.3	Na_2SiO_3 dan NaOH	21
Gambar 3.4	Triethanolamine.....	22
Gambar 3.5	Agregat Halus.....	22
Gambar 3.6	Agregat Kasar.....	22
Gambar 3.7	Aquades	23
Gambar 3.8	Beaker Glass.....	23
Gambar 3.9	Set Saringan.....	24
Gambar 3.10	<i>Shaker Machine</i>	24
Gambar 3.11	<i>Concrete Mixer</i>	24
Gambar 3.12	Timbangan Digital.....	25
Gambar 3.13	Bekisting.....	25
Gambar 3.14	Tongkat Penumbuk.....	27
Gambar 3.15	Sekop Material	27
Gambar 3.16	Sendok Spesi	27
Gambar 3.17	Pan Material	28
Gambar 3.18	<i>Universal Testing Machine</i>	28
Gambar 3.19	Alat Uji XRF (<i>X-ray Fluorescence</i>)	29
Gambar 3.20	Alat Uji XRD (<i>X-ray Diffraction</i>)	29
Gambar 3.21	Oven	30
Gambar 3.22	(a) NaOH 560 gram (b) Pemberian Aquades	31
Gambar 3.23	(a) Proses Pengadukan (b) NaOH didiamkan 24 jam.....	31
Gambar 3.24	Penambahan Triethanolamine ke Alkali Aktivator	32
Gambar 3.25	Pengujian Kadar Air Agregat Halus.....	33
Gambar 3.26	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.....	33
Gambar 3.27	Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus	33
Gambar 3.28	Pengujian Kadar Organik Agregat Halus	34
Gambar 3.30	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.....	35

Gambar 3.31	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	35
Gambar 3.32	Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar.....	35
Gambar 3.33	Pengujian Berat Volume Agregat Kasar	36
Gambar 3.34	Persiapan Material	37
Gambar 3.35	Proses Memasukkan Agregat Kasar ke <i>Mixer</i>	38
Gambar 3.36	Proses Memasukkan Agregat Halus ke <i>Mixer</i>	38
Gambar 3.37	Proses Memasukkan <i>Fly Ash</i> ke <i>Mixer</i>	39
Gambar 3.38	Proses Memasukkan Alkali Aktivator ke <i>Mixer</i>	39
Gambar 3.39	Proses Memasukkan Campuran ke Bekisting (b) Proses Penusukan dengan Tongkat Penumbuk	40
Gambar 3.40	(a) Proses Pelepasan Bekisting (b) Proses Pembungkusan Beton.	40
Gambar 4.1	Hasil Pengujian XRD	60
Gambar 4.2	Hasil Pengujian SEM	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
Tabel 2.2 Klasifikasi Komposisi Fly Ash Kelas C dan Kelas F	11
Tabel 2.3 Tipe-tipe Admixtures.....	14
Tabel 3.1 Komposisi JMF Untuk Tiap 1 Sampel	37
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	43
Tabel 4.2 Hasil Pengujian <i>Specific Gravity</i> dan Penyerapan Agregat Halus.....	46
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Halus	48
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus.....	48
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	51
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	53
Tabel 4.7 Hasil Pengujian <i>Specific Gravity</i> dan Penyerapan Agregat Kasar.....	55
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Kasar	57
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar.....	57
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Material.....	59
Tabel 4.11 Hasil Pengujian XRF	62
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Agregat:Binder 65:35 TEA 0%..	64
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Agregat:Binder 65:35 TEA 0,2%	64
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Agregat:Binder 65:35 TEA 0,4%	65
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Agregat:Binder 70:30 TEA 0%..	65
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Agregat:Binder 70:30 TEA 0,2%	66
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Agregat:Binder 70:30 TEA 0,4%	66
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Agregat:Binder 75:25 TEA 0%..	67
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Agregat:Binder 75:25 TEA 0,2%	67
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Agregat:Binder 75:25 TEA 0,4%	68

Tabel 4.21 Hasil Pengujian Berat Volume.....	73
--	----

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Gradasi Agregat Halus.....	48
Grafik 4.2 Gradasi Agregat Kasar.....	58
Grafik 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton.....	68
Grafik 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton TEA 0%	69
Grafik 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton TEA 0,2%	69
Grafik 4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton TEA 0,4%	70
Grafik 4.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Usia 1 Hari	71
Grafik 4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Usia 28 Hari	72
Grafik 4.9 Hasil Pengujian Berat Volume Beton.....	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir.....	
Lampiran 2. Surat Keterangan Selesai Revisi Tugas Akhir (1)	
Lampiran 3. Surat Keterangan Selesai Revisi Tugas Akhir (2)	
Lampiran 4. Lembar Asistensi	
Lampiran 5. Lembar Berita Acara Seminar Tugas Akhir	
Lampiran 6. Dokumentasi hasil benda uji	

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Pengaruh Rasio Agregat/Binder dengan Penambahan *Early Strength Agent* terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer” yang disusun oleh Zalfa Annisa, NIM. 03011282126092 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Mei 2025.

Palembang, 21 Mei 2025

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir:

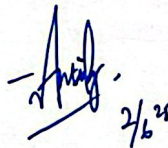
Ketua:

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

()

Anggota:

2. Anthony Costa, S.T., M.T.
NIP. 199007222019031014

()

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

RINGKASAN

PENGARUH RASIO AGREGAT/BINDER DENGAN PENAMBAHAN *EARLY STRENGTH AGENT* TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir, Mei 2025

Zalfa Annisa; Dimbimbing oleh Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxi + 81 halaman, 43 gambar, 25 tabel, 9 grafik, 6 lampiran

Beton geopolimer merupakan alternatif inovatif terhadap beton konvensional yang mendukung konstruksi berkelanjutan dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi rasio agregat/binder (65:35, 70:30, dan 75:25) dengan penambahan Triethanolamine (TEA) sebagai *early strength agent* (0%, 0,2%, dan 0,4%) terhadap kuat tekan beton geopolimer berbahan dasar *fly ash*. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 1, 7, 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik rasio agregat/binder maupun dosis TEA berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan. Kuat tekan optimal pada umur 1 hari diperoleh pada rasio agregat/binder 65:35 dengan penambahan TEA sebesar 0,4%: 23,59 Mpa. Penggunaan TEA secara efektif mempercepat proses geopolimerisasi dan meningkatkan kekuatan pada usia awal. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi rasio yang tepat dan penambahan *early strength agent* dapat meningkatkan performa mekanik beton geopolimer, sehingga menjadikannya alternatif yang menjanjikan untuk konstruksi berkelanjutan.

Kata kunci: beton geopolimer, rasio agregat/binder, *early strength agent*, triethanolamine (TEA), kuat tekan beton

SUMMARY

EFFECT OF AGGREGATE-TO-BINDER RATIO WITH ADDITION OF AN EARLY STRENGTH AGENT ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF GEOPOLYMER CONCRETE

Scientific papers in form of Final Projects Reports, May 2025

Zalfa Annisa; guided by Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.

Department of Civil Engineering and Planning, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xxi + 81 pages, 43 pictures, 25 tables, 9 graphs, 6 attachments

Geopolymer concrete is an innovative alternative to conventional concrete that supports sustainable and environmentally friendly construction. This study aims to determine the effect of varying aggregate-to-binder ratios (65:35, 70:30, and 75:25) with the addition of Triethanolamine (TEA) as an early strength agent (0%, 0.2%, and 0.4%) on the compressive strength of fly ash-based geopolymer concrete. Compressive strength tests were conducted at 1, 7, and 28 days of age. The results show that both the aggregate-to-binder ratio and the TEA dosage significantly affect compressive strength. The optimal compressive strength at aged 1 day was obtained at a 65:35 aggregate-to-binder ratio with 0.4% TEA addition: 23,59 MPa. The use of TEA effectively accelerated the geopolymerization process and enhanced early-age strength. This research demonstrates that a proper ratio combination and the inclusion of early strength agents can improve the mechanical performance of geopolymer concrete, making it a promising alternative for sustainable construction.

Keywords: geopolymer concrete, aggregate-to-binder ratio, early strength agent, triethanolamine (TEA), compressive strength

PENGARUH RASIO AGREGAT/BINDER DENGAN PENAMBAHAN *EARLY STRENGTH AGENT* TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER

Zalfa Annisa¹⁾, Bimo Brata Adhitya²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: 03011282126092@student.unsri.ac.id

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

Abstrak

Beton geopolimer merupakan alternatif inovatif terhadap beton konvensional yang mendukung konstruksi berkelanjutan dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi rasio agregat/binder (65:35, 70:30, dan 75:25) dengan penambahan Triethanolamine (TEA) sebagai *early strength agent* (0%, 0,2%, dan 0,4%) terhadap kuat tekan beton geopolimer berbahan dasar *fly ash*. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 1, 7, 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik rasio agregat/binder maupun dosis TEA berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan. Kuat tekan optimal pada umur 1 hari diperoleh pada rasio agregat/binder 65:35 dengan penambahan TEA sebesar 0,4%: 23,59 Mpa. Penggunaan TEA secara efektif mempercepat proses geopolimerisasi dan meningkatkan kekuatan pada usia awal. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi rasio yang tepat dan penambahan *early strength agent* dapat meningkatkan performa mekanik beton geopolimer, sehingga menjadikannya alternatif yang menjanjikan untuk konstruksi berkelanjutan.

Kata kunci: beton geopolimer, rasio agregat/binder, *early strength agent*, triethanolamine (TEA), kuat tekan beton

Palembang, Mei 2025

Mengetahui/Menyetujui

Diperiksa dan disetujui oleh,

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,

Dosen Pembimbing,



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



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

EFFECT OF AGGREGATE-TO-BINDER RATIO WITH ADDITION OF AN EARLY STRENGTH AGENT ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF GEOPOLYMER CONCRETE

Zalfa Annisa¹⁾, Bimo Brata Adhitya²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: 03011282126092@student.unsri.ac.id

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

Abstrack

Geopolymer concrete is an innovative alternative to conventional concrete that supports sustainable and environmentally friendly construction. This study aims to determine the effect of varying aggregate-to-binder ratios (65:35, 70:30, and 75:25) with the addition of Triethanolamine (TEA) as an early strength agent (0%, 0.2%, and 0.4%) on the compressive strength of fly ash-based geopolymer concrete. Compressive strength tests were conducted at 1, 7, and 28 days of age. The results show that both the aggregate-to-binder ratio and the TEA dosage significantly affect compressive strength. The optimal compressive strength at aged 1 day was obtained at a 65:35 aggregate-to-binder ratio with 0.4% TEA addition: 23,59 MPa. The use of TEA effectively accelerated the geopolymerization process and enhanced early-age strength. This research demonstrates that a proper ratio combination and the inclusion of early strength agents can improve the mechanical performance of geopolymer concrete, making it a promising alternative for sustainable construction.

Keywords: geopolymer concrete, aggregate-to-binder ratio, early strength agent, triethanolamine (TEA), compressive strength

Palembang, Mei 2025

Mengetahui/Menyetujui

Diperiksa dan disetujui oleh,

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,

Dosen Pembimbing,



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



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

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertnada tangan di bawah ini:

Nama : Zalfa Annisa

NIM : 03011282126092

Judul : Pengaruh Rasio Agregat/Binder dengan Penambahan *Early Strength Agent* terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer

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, Mei 2025



Zalfa Annisa

NIM. 03011282126092

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zalfa Annisa

NIM : 03011282126092

Judul : Pengaruh Rasio Agregat/Binder dengan Penambahan *Early Strength Agent* terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer

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 Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

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

Palembang, Mei 2025



Zalfa Annisa

NIM. 03011282126092

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Zalfa Annisa
Jenis Kelamin : Perempuan
E-mail : zalf4annisa@gmail.com

Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Xaverius 1 Palembang	-	-	SD	2009 -2015
SMP Xaverius 1 Palembang	-	-	SMP	2015 -2018
SMA Xaverius 1 Palembang	-	IPA	SMA	2018 -2021
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2021-2025

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



(Zalfa Annisa)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton menjadi material utama dalam konstruksi dikarenakan kemudahan produksi di lapangan, memiliki kuat tekan yang tinggi, dan biaya produksi yang relatif kecil. Akan tetapi, semen yang merupakan salah satu material utama pembentuk beton, memiliki ketersediaan yang terbatas di alam dan juga menyumbang gas emisi dalam proses produksinya. OPC (*Ordinary Portland Cement*) merupakan bahan material utama dalam pembuatan beton yang menghasilkan 2,4 juta ton CO₂ setiap tahunnya dan berkontribusi dalam pemanasan global (Ranasinghe dkk., 2024). Menurut Cembireau dalam Antonius dan Asep (2012) ada tiga proses dalam pembuatan OPC yang menghasilkan CO₂. Lagipula ketersediaan bahan mentah untuk pembuatan semen di alam terbatas seiring berjalannya waktu.

Indonesia sendiri telah meratifikasi *Kyoto Protocol* mengenai pengurangan emisi terhadap perubahan iklim dalam UU No.17 Tahun 2004 mengenai Pengesahan Protokol Kyoto Atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa. Dalam pasal 2 ayat 1 *Kyoto Protocol* menyebutkan bahwa : “*Research on, and promotion, development and increased use of, new and renewable forms of energy, of carbon dioxide sequestration technologies and of advanced and innovative environmentally sound technologies.*” Dalam hal ini, industri konstruksi Indonesia pun mulai mencari, meneliti teknologi dan metode alternatif dalam mengatasi, mengurangi, dan meningkatkan performa OPC tradisional.

Beton geopolimer merupakan salah satu metode alternatif untuk mengurangi OPC dalam pembuatan beton. Menurut Duxson dkk. dalam Ranasinghe dkk. (2024), beton geopolimer adalah beton yang menggunakan bahan anorganik yang terbuat dari alkali aluminosilikat. Singkatnya beton geopolimer menggantikan ataupun mengurangi material OPC dalam kandungannya, tetapi masih dapat menandingi bahkan melebihi sifat durabilitas dari OPC. Diaz-Loya dkk. dalam

Ranasinghe dkk. (2024) menyatakan bahwa beton geopolimer dalam hal *mechanical properties*, seperti kuat tekan, rasio passion, dan kuat lentur masih mampu menyaingi dengan beton yang terbuat dari semen Portland biasa.

Beton geopolimer terdapat dua material utama, yaitu alkali dan material yang berbasis silika (Si) dan alumunium (Al) ataupun *alumino-silicate technology* (Ranasinghe dkk., 2024). Adapun material aluminosilikat lain, seperti : *zeolites, glasses and gels*. Tetapi dalam prosedur produksi proses geopolimerisasi, bahan material padat terbukti lebih tinggi dibandingkan dengan *aluminosilicate gels* ataupun *zeolite* (Rajamane dkk. dalam Ranasinghe dkk., 2024).

Fly ash merupakan salah satu bahan pengganti semen yang sudah umum digunakan. *Fly ash* sendiri merupakan produk hasil sisa pembakaran batubara yang lebih ringan (abu ringan) dan memiliki warna sesuai dengan komposisi kimia dan mineral bahan asalnya (Ranasinghe dkk., 2024). Menurut ppid.menlhk.go.id (2021), FABA (*Fly Ash* dan *Bottom Ash*) merupakan limbah B3 yaitu *fly ash* kode limbah B409 dan *bottom ash* kode limbah B410. Penggunaan *fly ash* sebagai material pembuatan beton akan membantu mengurangi dari segi biaya dan juga memberi manfaat pada lingkungan dengan mengurangi limbah sisa pembakaran batubara, mengurangi emisi gas CO₂ dalam produksi semen, dan juga sebagai metode pembuangan limbah yang aman (Maria dkk dalam Olatoyan dkk., 2023). Oladele dkk, 2023).

Beton dibutuhkan agar dapat mencapai kuat tekan yang cukup pada *early age*. Saat berbicara mengenai *early strength*, hidrasi semen menjadi faktor yang penting, dibandingkan untuk *late strength* yang lebih melihat mikrostruktur dari hasil hidrasi semen (Liu dkk., 2017). Proses hidrasi pada beton geopolimer dengan bahan material atau *precursor* rendah kandungan kalsium (*fly ash*) menghasilkan sodium aluminum silikat hidrat (N-A-S-H) (B. Zhang, 2024). Suhu yang rendah dapat menghambat proses hidrasi pada material beton dan mempengaruhi perkembangan lanjut kekuatan pada material beton (Chen, 2022).

Polaju & Srinivasu (2020) melakukan penelitian dengan menggunakan *ambient curing* dan *oven curing* mendapatkan beton geopolimer berbasis *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GCBS) dan *fly ash* dengan hasil yang menyatakan bahwa beton yang diberi perlakuan *oven curing* akan mendapatkan nilai kuat tekan

yang lebih tinggi dibandingkan dengan *ambient curing*, dengan *ambient curing* 43,1 Mpa dan *oven curing* 45,1 Mpa pada hari ke-28. Hal ini membuktikan bahwa proses geopolimerisasi, khususnya pada *early age*, *ambient curing* kurang bereaksi akibat kurangnya suhu dan proses hidrasi. Semakin banyak reaksi polimerisasi yang terjadi pada *early age*, maka perkembangan kuat tekan lanjut beton geopolimer akan semakin tinggi (Poloju & Srinivasu, 2020). Untuk mengatasi masalah kuat tekan pada *early age*, campuran beton geopolimer akan ditambahkan *admixtures*, yaitu *early strength agent*. *Early strength agents* sangat penting untuk mempercepat proses geopolimerisasi (Chen, 2022).

Early Strength Agent sebagai salah satu *accelerator admixtures* membantu percepatan proses hidrasi pada beton sehingga mempercepat *setting time* dan *hardening process* dari beton. *Admixtures* hadir sebagai salah satu metode alternatif untuk beton agar dapat menyentuh nilai kuat tekan yang memadai dalam waktu yang lebih singkat. Pada dasarnya *admixtures* dapat diklasifikasikan sebagai *chemical admixtures* dan *mineral admixtures*. Banyak *admixtures* yang ditambahkan dalam campuran beton didasarkan dan disesuaikan dengan tujuan dan sebagai bahan *adaptive* agar beton dapat sesuai dengan lingkungan sekitar. Pada dasarnya, *accelerator* dapat berbahan klorida (kalsium klorida) atau non-klorida (triethanolamine, sodium thiosianat, kalsium format, kalsium nitrat) (Gandage, 2018).

Triethanolamine (TEA), salah satu *early strength agent* dan merupakan senyawa alkanolamin tingkat rendah, digunakan sebagai material pembantu dalam memproses semen, menambah kecepatan dalam *early strength* mortar dan beton (Lu dkk., 2020). TEA juga dapat digunakan sebagai *chemical admixtures*, yang bertujuan untuk mempercepat *setting time* beton ataupun sebagai *admixtures* untuk mengurangi air (Yi dkk. dalam Han dkk., 2015).

Pada penelitian terdahulu dilakukan oleh A. Kurniawan dkk., (2022), menggunakan 3 variasi perbandingan agregrat dan binder yaitu: 65 : 35, 70 : 30, dan 75 : 25 dengan hasil nilai kuat tekan pada hari ke-28 adalah 10,63 Mpa; 14,72 Mpa; 7,85 Mpa. Maka. nilai kuat tekan beton geopolimer maksimal diperoleh pada rasio perbandingan agregrat dan binder sebesar 70% : 30%.

Hal ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton geopolimer semakin menurun seiring naiknya besaran rasio agregat terhadap binder. Dengan kata lain, dalam mendesain beton geopolimer, penting untuk menentukan rasio optimum agregat : binder dan komposisi binder untuk menghasilkan karakteristik beton geopolimer yang sesuai (Arellano-Aguilar dkk., 2014). Dalam penelitian ini, akan dibahas pengaruh rasio agregat : binder dengan penambahan TEA sebagai *early strength agent* terhadap nilai kuat tekan beton geopolimer.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh rasio agregat binder dengan penambahan TEA sebagai *early strength agent* terhadap kuat tekan beton geopolimer?
2. Bagaimana nilai optimum kuat tekan beton geopolimer dari pengaruh rasio agregat binder dengan penambahan TEA sebagai *early strength agent*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, terdapat tujuan penelitian yang diharapkan sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh rasio agregat::binder dengan penambahan TEA sebagai *early strength agent* terhadap kuat tekan beton geopolimer.
2. Mengetahui nilai optimum kuat tekan beton geopolimer dari pengaruh rasio agregat:binder dengan penambahan TEA sebagai *early strength agent*.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini diatur dalam lingkup sebagai berikut :

1. Binder yang digunakan *fly ash* dari PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.
2. Rasio aa/fa yang digunakan 0,45.
3. Rasio aktivator ($\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{:NaOH}$) yang digunakan adalah 5 : 2.
4. Larutan aktivator yang digunakan NaOH 14 M, dengan TEA sebagai *early strength agent* dengan presentase 0%, 0,2%, 0,4% terhadap *fly ash*.

5. Rasio agregat:binder yang digunakan 65 : 35, 70 : 30, 75 : 25.
6. Parameter yang diuji merupakan sifat mekanik beton berupa kuat tekan.
7. Total sampel yang diuji sebanyak 81 sampel.

1.5 Sistematika Penulisan Laporan

Adapun sistematika penulisan pada laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Rasio Agregat/Binder dengan Penambahan TEA Sebagai *Early Strength Agent* Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer” mencakup beberapa hal sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai kajian literatur, seperti prosiding, jurnal, buku, dan sumber literatur lainnya yang dijadikan landasan dan teori pendukung dari penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai sistematika pengerjaan dari penelitian yang meliputi studi literatur, alur penelitian, metode uji yang digunakan, hingga analisa hasil pengujian.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil dari analisis yang dilakukan. Terdapat perbandingan analisis terbaru terhadap penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sebagai perbandingan dan metode acuan dasar.

BAB V PENUTUP

Bab ini menguraikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian ini terdiri dari daftar sumber literatur yang telah digunakan sebagai referensi yang meliputi prosiding, jurnal, buku, laporan-laporan terdahulu, dan sumber literatur lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Kurniawan, G. Yanti, & S. W. Megasari. (2022). Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Pemanfaatan Limbah Fly Ash. *Prosiding SENKIM: Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin*, 2(1), 189–194.
- Achmad, D. (2016). Efek Kadar Lumpur Terhadap Kekuatan Beton Geopolimer. *Jurnal Poli-Teknologi*, 14(1). <https://doi.org/10.32722/pt.v14i1.730>
- Adi, M. M., Burhanuddin, B., & Darwis, D. (2018). Pengaruh Rasio Agregat Binder Terhadap Prilaku Mekanik Beton Geopolimer Dengan Campuran Abu Sekam Padi Dan Abu Ampas Tebu. *Teras Jurnal*, 7(1), 163. <https://doi.org/10.29103/tj.v7i1.109>
- Ali, I. M., Naje, A. S., Al-Zubaidi, H. A. M., & Al-Kateeb, R. T. (2019). Performance evaluation of fly ash-based geopolymer concrete incorporating nano slag. *Global Nest Journal*, 21(1), 70–75. <https://doi.org/10.30955/gnj.002917>
- Alnasur, M. S. H., & Al-hydary, I. A. D. (2023). Development of Lightweight Geopolymer Concrete: Strength and Density Studied. *Journal of University of Babylon for Engineering Sciences*, 31(4), 15–25.
- Ananyachandran, P., & Vasugi, V. (2022a). Development of a sustainable high early strength concrete incorporated with pozzolans, calcium nitrate and triethanolamine: An experimental study. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 54(November), 102857. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102857>
- Ananyachandran, P., & Vasugi, V. (2022b). Development of a sustainable high early strength concrete incorporated with pozzolans, calcium nitrate and triethanolamine: An experimental study. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 54(May), 102857. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102857>
- Arafa, S. A., Ali, A. Z. M., Awal, A. S. M. A., & Loon, L. Y. (2018). Optimum mix for fly ash geopolymer binder based on workability and compressive

- strength. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 140(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/140/1/012157>
- Arellano-Aguilar, R., Burciaga-Díaz, O., Gorokhovskiy, A., & Escalante-García, J. I. (2014). Geopolymer mortars based on a low grade metakaolin: Effects of the chemical composition, temperature and aggregate:binder ratio. *Construction and Building Materials*, 50, 642–648.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.023>
- ASTM. (2019). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use*. Annual Book of ASTM Standards.
<https://doi.org/10.1520/C0618-19.2>
- Chen, T. dkk. (2022). *1.4 3 Early Strength Agent.pdf* (hal. 12).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.csm.2022.e01419>
- Christianto, D., Utami, T. A., & Yoana, M. (2023). Sifat Mekanik Beton Tanpa Agregat Kasar. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(1), 145–158.
<https://doi.org/10.24912/jmts.v6i1.21637>
- Ditya Hafiz Rosyidi, Mohammad Sulton, & Puput Risdanareni. (2024). Durabilitas beton yang mengandung agregat ringan buatan berbahan dasar abu terbang (fly ash). *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 13(1), 11–17. <https://doi.org/10.22225/pd.13.1.7966.11-17>
- Fayaz, M., Krishnaiah, R. V., Raju, K. V. B., & Chauhan, M. S. (2023). Experimental study on mechanical properties of concrete using mineral admixtures. *Materials Today: Proceedings*, xxxx.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.324>
- Feng, W., Jin, Y., Zheng, D., Fang, Y., Dong, Z., & Cui, H. (2022). Study of triethanolamine on regulating early strength of fly ash-based chemically foamed geopolymer. *Cement and Concrete Research*, 162(May), 107005.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2022.107005>
- Gandage, A. (2018). Admixtures in concrete. *Materiales de Construcción*, 016, 66–67. <https://doi.org/10.3989/mc.1950.i016.3159>

- Gao, M., Luo, Z., Zhang, M., Liu, X., Liu, L., Ye, J., Zhang, X., Yang, Y., Ge, M., Yang, H., Rong, S., & Wang, Z. (2025). Effect of triethanolamine on the properties and hydration of fly ash-based geopolymer foam. *Waste Management*, 198(August 2024), 106–116.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.02.045>
- Han, J., Wang, K., Shi, J., & Wang, Y. (2015). Mechanism of triethanolamine on Portland cement hydration process and microstructure characteristics. *Construction and Building Materials*, 93, 457–462.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.06.018>
- Korniejenko, K., Halyag, N. P., & Mucsi, G. (2019). Fly ash as a raw material for geopolymerisation-chemical composition and physical properties. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 706(1).
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/706/1/012002>
- Liu, H., Cui, S. P., Wang, J. F., Yang, S. G., Wang, X. L., & Liu, C. W. (2017). Influence of triethanolamine on strength development and hydration of cementitious systems blended with titanium slag. *Materials Science Forum*, 898 MSF(18), 1984–1989.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.898.1984>
- Lu, Z., Kong, X., Jansen, D., Zhang, C., Wang, J., Pang, X., & Yin, J. (2020). Towards a further understanding of cement hydration in the presence of triethanolamine. *Cement and Concrete Research*, 132(December 2019).
<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106041>
- Lu, Z., Peng, X., Dorn, T., Hirsch, T., & Stephan, D. (2021). Early performances of cement paste in the presence of triethanolamine: Rheology, setting and microstructural development. *Journal of Applied Polymer Science*, 138(31), 1–13. <https://doi.org/10.1002/app.50753>
- Magotra, S., & Jee, A. A. (2024). A Review on durability and microstructure of Fly-Ash based geopolymer concrete (FA-GPC). *Materials Today: Proceedings*, May. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2024.06.011>
- Olatoyan, O. J., Kareem, M. A., Adebajo, A. U., Olawale, S. O. A., & Alao, K.

- T. (2023). Potential use of biomass ash as a sustainable alternative for fly ash in concrete production: A review. *Hybrid Advances*, 4(June), 100076. <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2023.100076>
- Pavithra, P., Srinivasula Reddy, M., Dinakar, P., Hanumantha Rao, B., Satpathy, B. K., & Mohanty, A. N. (2016). A mix design procedure for geopolymer concrete with fly ash. *Journal of Cleaner Production*, 133(May), 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.041>
- Poloju, K. K., & Srinivasu, K. (2020). Impact of GGBS and strength ratio on mechanical properties of geopolymer concrete under ambient curing and oven curing. *Materials Today: Proceedings*, 42, 962–968. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.934>
- Pratiwi, W. D. (2019). *Hubungan Morfologi , Ukuran Partikel dan Keamorfian Fly Ash dengan Kuat Tekan Pasta*. Seminar Nasional MASTER 2019. Maritim, Sains dan Teknologi Terapan. <https://journal.ppns.ac.id/index.php/SeminarMASTER/article/view/1316/946>
- Ranasinghe, R. S. S., Kulasooriya, W. K. V. J. B., Perera, U. S., Ekanayake, I. U., Meddage, D. P. P., Mohotti, D., & Rathanayake, U. (2024). Eco-friendly mix design of slag-ash-based geopolymer concrete using explainable deep learning. *Results in Engineering*, 23(May). <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102503>
- Rihan, M. A. M., Onchiri, R. O., Gathimba, N., & Sabuni, B. (2024). Mix design approaches of eco-friendly geopolymer concrete: A critical review. *Hybrid Advances*, 7(August), 100290. <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2024.100290>
- Satriani. (2019). Pengaruh Kadar Lumpur Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Seminar Nasional Riset Terapan*, 4(November), C53–C57.
- Sharma, A., & Ahmad, J. (2017). Experimental Study of Factors Influencing Compressive Strength of Geopolymer Concrete. *International Research Journal of Engineering and Technology(IRJET)*, 4(5), 1306–1313. <https://www.irjet.net/archives/V4/i5/IRJET-V4I5253.pdf>

- Singh, R. P., Reddy, P. S., Vanapalli, K. R., & Mohanty, B. (2023). Influence of binder materials and alkali activator on the strength and durability properties of geopolymer concrete: A review. *Materials Today: Proceedings*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.226>
- Steinerova, M. (2011). Mechanical properties of geopolymer mortars in relation to their porous structure. *Ceramics - Silikaty*, 55(4), 362–372.
- Tata, A., Ikbal, M., Amir Sultan, M., Kusnadi, K., & Darwis, F. (2024). Pengaruh Rasio Binder Dan Pasir Batu Apung Terhadap Sifat Mekanis Mortar Geopolimer. *Jurnal Sipil Sains*, 14(1), 1–8. <https://doi.org/10.33387/sipilsains.v14i1.7541>
- Verma, M., & Dev, N. (2021). Sodium hydroxide effect on the mechanical properties of flyash-slag based geopolymer concrete. *Structural Concrete*, 22(S1), E368–E379. <https://doi.org/10.1002/suco.202000068>
- Zhai, Q., Kurumisawa, K., Manzano, H., Moon, J., & Hwang, I. H. (2024). New insights in the adsorption behavior of triethanolamine on OPC by experimental and theoretical study. *Cement and Concrete Research*, 184(July), 107610. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2024.107610>
- Zhang, B. (2024). Durability of low-carbon geopolymer concrete: A critical review. *Sustainable Materials and Technologies*, 40(March). <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2024.e00882>
- Zhang, Y. R., Kong, X. M., Lu, Z. C., Lu, Z. B., Qing, Z., Dong, B. Q., & Feng, X. (2016). Influence of triethanolamine on the hydration product of portlandite in cement paste and the mechanism. *Cement and Concrete Research*, 87, 64–76. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.05.009>