

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI *FLY ASH* DENGAN
MATERIAL LIMBAH CANGKANG KERANG DAN SEMEN
TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER**



ROGER EINSTEIN

03011182126020

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

TUGAS AKHIR
ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI *FLY ASH* DENGAN
MATERIAL LIMBAH CANGKANG KERANG DAN SEMEN
TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER

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



ROGER EINSTEIN

03011182126020

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI *FLY ASH* DENGAN MATERIAL LIMBAH CANGKANG KERANG DAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik**

Oleh :

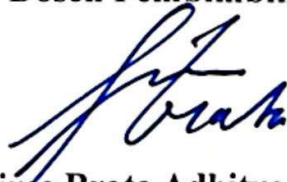
ROGER EINSTEIN

03011182126020

Palembang, Mei 2025

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing,



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

NIP. 198103102008011010

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



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

NIP. 197610312002122001

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Pengaruh Substitusi *Fly Ash* Dengan Material Limbah Cangkang Kerang Dan Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer**”. Pada kesempatan ini, penulis juga hendak mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penyelesaian tugas akhir ini, yaitu :

1. Orangtua dan ketiga saudara saya yang selalu mendukung lancarnya kuliah dan skripsi saya agar saya bisa menjadi orang yang sukses.
2. Bapak Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si. selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penulisan tugas akhir.
6. Bapak Agus Lestari Yuwono, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan.
7. Bapak Dr. Ir. KM Aminuddin, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah menguji dan mengarahkan pada saat sidang seminar hasil.
8. Rekan-rekan satu tim tugas akhir: Zalfa Annisa, Ivan Nichollas, Hadi Winata yang telah berjuang bersama selama ini, mengarumi Layo dan Bukit serta dengan semua kesulitan dan hambatan yang terjadi.
9. Teman-teman Sipil Unsri Angkatan 21 yang juga sama-sama berjuang lulus dengan cepat dan hasil yang maksimal.
10. BPH KMBP 2024/2025 beserta anggota-anggota KMBP yang selalu memberikan motivasi penuh.

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

Palembang, Mei 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Roger Einstein', with a large, sweeping flourish extending from the end.

Roger Einstein

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ixix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
HALAMAN PERSETUJUAN	xiv
RINGKASAN	xv
SUMMARY	xvi
HALAMAN ABSTRAK	xvii
HALAMAN <i>ABSTRACT</i>	xviii
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xix
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xx
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	xxi
BAB 1.....	1
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 2.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Mortar	7
2.2 Geopolimer Mortar	8
2.2.1 Geopolimer	8
2.2.2 Reaksi Kimia Geopolimerisasi.....	9
2.2.3 Material Pembentuk Geopolimer	9
2.3 Limbah Cangkang Kerang	10

2.3.1	Pengaruh Penambahan Limbah Cangkang Kerang terhadap Sifat Mekanik Mortar Geopolimer	11
2.3.2	Pengaruh Penambahan Semen terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer	11
2.4	Material Mortar Geopolimer	12
2.4.1	Abu Terbang (<i>Fly ash</i>)	12
2.4.2	Semen	13
2.4.3	Kapur Tohor (CaO).....	13
2.5	Standar Uji	13
2.5.1	XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>)	13
2.5.2	XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	14
2.5.3	Kuat Tekan Awal (<i>High Early Strenght</i>).....	15
2.5.4	Kuat Tekan Mortar.....	16
2.6	Penelitian Terdahulu	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		19
3.1	Studi Literatur	19
3.2	Alur Penelitian	19
3.3.	Alat dan Bahan.....	21
3.3.1.	Fly ash.....	21
3.3.2.	Semen.....	21
3.3.3.	Limbah Cangkang Kerang.....	22
3.3.4.	Agregat Halus (Pasir)	22
3.3.5.	Natrium Hidroksida (NaOH)	23
3.3.6.	Sodium Silikat (Na ₂ SiO ₃)	23
3.3.7.	Aquades.....	24
3.3.8.	Oven	24
3.3.9.	Alat Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	25
3.3.10.	Alat Pengujian X-ray Fluorescence (XRF).....	25
3.3.11.	Alat Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM).....	26
3.3.12.	Beaker Glass.....	26
3.3.13.	Universal Testing Machine.....	27
3.3.14.	Pan.....	27
3.3.15.	Timbangan Digital.....	28
3.3.16.	Sekop.....	28
3.3.16.	Sekop Semen	28
3.3.18.	Saringan.....	29
3.3.18.	Shaker atau Slev Machine	29

3.3.20. Mold	30
3.3.21. Mixer	31
3.4 Tahapan Penelitian.....	31
3.4.1 Tahap I.....	31
3.4.2 Tahap II.....	33
3.4.3 Tahap III	35
3.4.4 Tahap IV	36
3.4.5 Tahap V.....	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Pengujian Agregat Halus.....	20
4.1.1. Pengujian <i>Specific Gravity</i> dan Penyerapan Air	20
4.1.2. Pengujian Analisa Saringan	44
4.1.3 Pengujian Kandungan Kadar Lumpur	45
4.1.4 Pengujian Kadar Air	46
4.1.5 Pengujian Kadar Organik	48
4.2 Pengujian Fly Ash.....	51
4.2.1 Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	51
4.2.2 Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	51
4.2.3 Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	53
4.3 Pengujian Bubuk Limbah Cangkang Kerang.....	54
4.3.1. Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	54
4.3.2. Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	54
4.4 Pengujian Kuat Tekan Mortar Geopolimer	56
BAB 5.....	63
KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mortar	7
Gambar 2.2	Geopolimer Mortar	8
Gambar 2.3	Skema Pembentukan Geopolimer.....	9
Gambar 2.4	Limbah Cangkang Kerang.....	10
Gambar 2.5	<i>X-Ray Fluorescence</i>	14
Gambar 2.6	<i>X-Ray Diffraction</i>	15
Gambar 2.7	<i>Alat Uji Kuat Tekan Mortar</i>	16
Gambar 3.1	Diagram Alir	20
Gambar 3.2	<i>Fly ash</i>	21
Gambar 3.3	Semen.....	21
Gambar 3.4	Limbah Cangkang Kerang.....	22
Gambar 3.5	Agregat Halus	22
Gambar 3.6	Natrium Hidroksida (NaOH)	23
Gambar 3.7	Sodium Silikat (Na_2SiO_3).....	23
Gambar 3.8	Aquades	24
Gambar 3.9	Oven.....	24
Gambar 3.10	Alat Pengujian X-Ray Diffraction (XRD)	25
Gambar 3.11	Alat Pengujian X-ray Fluorescence (XRF).....	25
Gambar 3.12	Alat Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)	26
Gambar 3.13	Beaker Glass	26
Gambar 3.14	Universal Testing Machine	27
Gambar 3.15	Pan	27
Gambar 3.16	Timbangan Digital	28
Gambar 3.17	Sekop	28
Gambar 3.18	Sekop Semen.....	29
Gambar 3.19	Saringan	29
Gambar 3.20	Shaker atau Sleeve Machine.....	30
Gambar 3.21	Mold 5x5x5	30
Gambar 3.22	Mixer	31
Gambar 3.23	Penimbangan flake NaOH	32

Gambar 3.24 Penambahan aquades.....	32
Gambar 3.25 Pengadukan Larutan NaOH.....	33
Gambar 3.26 Proses Pencampuran Larutan.....	36
Gambar 3.27 Proses Penimbangan dan Pencampuran Material	36
Gambar 3.28 Proses Pencampuran Material dengan Mixer	37
Gambar 3.29 Campuran yang telah Homogen	37
Gambar 3.30 Proses Pengolesan Oli pada Mold	37
Gambar 3.31 Proses Penuangan Campuran Mortar ke Mold	38
Gambar 3.32 Proses peletakan mold ke dalam oven.....	38
Gambar 3.33 Melepaskan Benda Uji dari Mold.....	38
Gambar 3.34 Mortar yang telah di Bungkus Plastic Wrap.....	39
Gambar 3.35 Menguji Kuat Tekan Mortar dengan mesin UTM.....	39
Gambar 4.1 Hasil Pengujian XRD	51
Gambar 4.2 Hasil Pengujian SEM.....	53
Gambar 4.3 Hasil Pengujian XRD	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi dan klasifikasi dari <i>fly ash</i>	12
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	17
Tabel 3.1 Mix Design Beton Geopolimer.....	35
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Specific Gravity dan Penyerapan Air	43
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus.....	44
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.....	48
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Halus.....	50
Tabel 4.5 Hasil Pengujian XRF	52
Tabel 4.6 Hasil Pengujian XRF	55
Tabel 4.7 Hasil Uji Kuat Tekan Beton 3 Hari.....	56

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Gradasi Agregat Halus	45
Grafik 4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	58
Grafik 4.3 Perbandingan Kuat Tekan pada umur 3 Hari yang ditambahkan semen	60

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.....

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Pengaruh Substitusi *Fly Ash* Dengan Material Limbah Cangkang Kerang Dan Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer” yang disusun oleh Roger Einstein, NIM. 03011182126020 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. Dr. Ir. KM Aminuddin, S.T., M.T.
NIP. 197203141999031006

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



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

Ketua Jurusan Teknik Sipil


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

RINGKASAN

ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI *FLY ASH* DENGAN MATERIAL LIMBAH CANGKANG KERANG DAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir, Mei 2025

Roger Einstein; Dibimbing oleh Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxi + 67 halaman, 45 gambar, 10 tabel, 3 grafik, 6 lampiran

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi semen dan limbah cangkang moluska terhadap kuat tekan mortar geopolimer. Pemanfaatan limbah cangkang yang kaya CaO sebagai substitusi abu terbang dan semen diharapkan dapat meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi material dalam bahan konstruksi. Metodologi yang digunakan bersifat eksperimental, dengan variasi proporsi material, termasuk tingkat substitusi abu terbang sebesar 10–30% dan penambahan semen sebesar 5–10%. Uji kuat tekan dilakukan pada umur 3, 7, dan 28 hari mengikuti standar ASTM C109, beserta analisis mikrostruktur untuk memahami interaksi antar material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi optimal, yang menghasilkan kekuatan tertinggi, adalah 60% abu terbang, 30% limbah cangkang, dan 10% semen, dengan kuat tekan 41,28 MPa pada umur 28 hari. Penelitian ini mendukung pembangunan berkelanjutan dengan menghargai limbah industri, mengurangi ketergantungan pada semen tradisional, dan memajukan bahan konstruksi yang ramah lingkungan.

Kata kunci: *mortar geopolimer, limbah cangkang, abu terbang, kuat tekan, konstruksi berkelanjutan.*

SUMMARY

ANALYSIS OF THE EFFECT OF FLY ASH SUBSTITUTION WITH SHELL WASTE MATERIAL AND CEMENT ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF GEOPOLYMER MORTAR

Scientific papers in form of Final Projects, Mayth, 2025

Roger Einstein; Dibimbing oleh Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xxi + 67 pages, 45 images, 10 tables, 3 graphs, 6 attachments

This study aims to analyze the effect of substituting cement and shell waste from mollusks on the compressive strength of geopolymer mortar. The utilization of shell waste rich in CaO as a substitute for fly ash and cement is expected to enhance sustainability and material efficiency in construction materials. The methodology employed is experimental, with variations in material proportions, including fly ash substitution levels of 10–30% and cement addition of 5–10%. Compressive strength tests are conducted at ages 3, 7, and 28 days following ASTM C109 standards, along with microstructural analysis to understand the interactions among the materials. Results indicate that the optimal combination, achieving the highest strength, is 60% fly ash, 30% shell waste, and 10% cement, with a compressive strength of 41.28 MPa at 28 days. This research supports sustainable development by valorizing industrial waste, reducing reliance on traditional cement, and advancing eco-friendly construction materials.

Keywords: geopolymer mortar, shell waste, fly ash, compressive strength, sustainable construction.

ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI *FLY ASH* DENGAN MATERIAL LIMBAH CANGKANG KERANG DAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER

Roger Einstein¹⁾, Bimo Brata Adhitya²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: 03011182126020@student.unsri.ac.id

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

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi semen dan limbah cangkang kerang terhadap kuat tekan mortar geopolimer. Pemanfaatan limbah cangkang yang kaya CaO sebagai substitusi abu terbang dan semen diharapkan dapat meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi material dalam bahan konstruksi. Metodologi yang digunakan bersifat eksperimental, dengan variasi proporsi material, termasuk tingkat substitusi abu terbang sebesar 10–30% dan penambahan semen sebesar 5–10%. Uji kuat tekan dilakukan pada umur 3, 7, dan 28 hari mengikuti standar ASTM C109, beserta analisis mikrostruktur untuk memahami interaksi antar material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi optimal, yang menghasilkan kekuatan tertinggi, adalah 60% abu terbang, 30% limbah cangkang, dan 10% semen, dengan kuat tekan 41,28 MPa pada umur 28 hari. Penelitian ini mendukung pembangunan berkelanjutan dengan menghargai limbah industri, mengurangi ketergantungan pada semen tradisional, dan memajukan bahan konstruksi yang ramah lingkungan.

Kata kunci: mortar geopolimer, limbah cangkang, abu terbang, kuat tekan, konstruksi berkelanjutan.

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

ANALYSIS OF THE EFFECT OF *FLY ASH* SUBSTITUTION WITH SHELL WASTE MATERIAL AND CEMENT ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF GEOPOLYMER MORTAR

Roger Einstein¹⁾, Bimo Brata Adhitya²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: 03011182126020@student.unsri.ac.id

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

Abstract

This study aims to analyze the effect of substituting cement and shell waste from mollusks on the compressive strength of geopolymer mortar. The utilization of shell waste rich in CaO as a substitute for fly ash and cement is expected to enhance sustainability and material efficiency in construction materials. The methodology employed is experimental, with variations in material proportions, including fly ash substitution levels of 10–30% and cement addition of 5–10%. Compressive strength tests are conducted at ages 3, 7, and 28 days following ASTM C109 standards, along with microstructural analysis to understand the interactions among the materials. Results indicate that the optimal combination, achieving the highest strength, is 60% fly ash, 30% shell waste, and 10% cement, with a compressive strength of 41.28 MPa at 28 days. This research supports sustainable development by valorizing industrial waste, reducing reliance on traditional cement, and advancing eco-friendly construction materials.

Keywords: geopolymer mortar, shell waste, fly ash, compressive strength, sustainable construction.

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 bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Roger Einstein

NIM : 03011182126020

Judul : Analisis Pengaruh Substitusi *Fly Ash* Dengan Material Limbah Cangkang Kerang Dan Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer

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

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



Palembang, Mei 2025



Roger Einstein

NIM. 03011182126020

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Roger Einstein

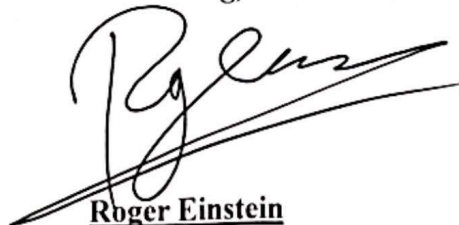
NIM : 03011182126020

Judul : Analisis Pengaruh Substitusi *Fly Ash* Dengan Material Limbah Cangkang Kerang Dan Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar 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 menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

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

Palembang, Mei 2025



Roger Einstein
NIM. 03011182126020

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Roger Einstein
Jenis Kelamin : Laki-laki
E-mail : rogereinstein03@gmail.com

Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD ST Agatha Palembang	-	-	SD	2009 -2015
SMP Kusuma Bangsa Palembang	-	-	SMP	2015 -2018
SMA Kusuma Bangsa Palembang	-	IPA	SMA	2018 -2021
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2021-2024

Riwayat Organisasi:

Nama Organisasi	Jabatan	Periode
Keluarga Mahasiswa Buddhis Palembang	Ketua Umum	2023-2025

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



(Roger Einstein)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, geopolimer telah muncul sebagai alternatif yang menjanjikan terhadap semen *portland* konvensional. Geopolimer dibentuk melalui reaksi alkali aktif yang mengikat bahan silikat dan alumina, menawarkan keunggulan dalam hal ketahanan terhadap suhu tinggi dan bahan kimia. Dengan meningkatnya kesadaran global tentang dampak lingkungan dari produksi semen, ada kebutuhan mendesak untuk mencari material bangunan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan (Davidovits, 2015). Penelitian ini berfokus pada penggunaan limbah cangkang kerang yang kaya akan kalsium oksida (CaO) dan semen sebagai substitusi *fly ash* dalam mortar geopolimer.

Abu terbang merupakan produk sampingan dari proses pembakaran batu bara atau bubuk batu bara, dan memiliki peran signifikan sebagai komponen utama dalam pembuatan beton geopolimer (ASTM C618, 1994). Sampai saat ini, *fly ash* masih banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku beton geopolimer karena tingginya produksi batu bara yang menghasilkan *fly ash* dalam jumlah besar, sehingga perlu diolah agar tidak menjadi limbah yang mencemari lingkungan. Sebagai produk samping dari pembakaran batu bara, *fly ash* termasuk dalam kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999.

Produksi semen diketahui sebagai salah satu kontributor utama emisi karbon dioksida (CO₂), yang menyumbang sekitar 8% dari total emisi global. Proses pembuatan semen Portland memerlukan energi dalam jumlah besar, di mana setiap ton semen yang dihasilkan dapat melepaskan sekitar satu ton CO₂ ke atmosfer (Scrivener et al., 2016). Oleh sebab itu, beralih ke material alternatif yang lebih ramah lingkungan menjadi semakin penting. Geopolimer dalam hal ini menawarkan potensi untuk mengurangi jejak karbon dalam sektor konstruksi.

Limbah cangkang kerang, yang banyak dihasilkan dari industri makanan laut yang tentunya belum banyak digunakan atau dimanfaatkan selain untuk hiasan, memiliki potensi besar sebagai bahan substitusi dalam produksi mortar geopolimer.

Hal ini disebabkan karena kandungan senyawa kimia dalam cangkang kerang, seperti kapur (CaO), alumina, dan silika yang bersifat pozolanik, menjadikannya memiliki potensi sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan beton (Siregar, 2009).

Kandungan CaCO_3 yang tinggi dalam limbah ini, yang dapat mencapai 95%, dapat dikalsinasi menjadi CaO yang berperan penting dalam meningkatkan sifat mekanik mortar. Sebagai bahan tambahan, limbah cangkang kerang yang telah dikalsinasi dapat memperbaiki kekuatan tekan dan daya tahan material, sekaligus membantu mengelola limbah industri yang sering kali menjadi masalah lingkungan (Freizna S. R., 2017).

Dalam konteks geopolimer, reaksi antara CaO yang dihasilkan dari kalsinasi cangkang kerang dengan silikat dan alumina menghasilkan struktur yang kuat dan stabil. Kalsium oksida bertindak sebagai pengikat, memperkuat jaringan matriks geopolimer dan meningkatkan sifat mekanik seperti kuat tekan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan material berbasis CaO, termasuk dari cangkang kerang, dapat meningkatkan performa mortar geopolimer, menjadikannya kompetitif dengan mortar berbasis semen tradisional (Palomo et al., 2014).

Selain karena kandungan CaO yang tinggi dalam limbah cangkang kerang, penelitian ini juga memanfaatkan semen untuk mengevaluasi dampak penambahannya terhadap *high early strength* mortar geopolimer yang akan diuji. Penambahan semen dipertimbangkan karena beberapa pengujian mortar geopolimer berbasis *fly ash* murni menunjukkan bahwa kuat tekan pada umur awal belum optimal.

Kuat tekan merupakan salah satu indikator utama untuk menilai kinerja mortar dalam bidang konstruksi. Mortar dengan nilai kuat tekan tinggi mampu menopang beban lebih besar dan memiliki ketahanan umur layanan yang lebih baik. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis pengaruh substitusi *fly ash* dengan limbah cangkang kerang dan semen terhadap kuat tekan mortar geopolimer. Dengan memahami hubungan tersebut, diharapkan dapat dirumuskan komposisi mortar geopolimer yang memiliki kualitas tinggi (Bakharev, 2015).

Penelitian ini akan menggunakan metodologi eksperimental dengan berbagai proporsi substitusi *fly ash* menggunakan limbah cangkang kerang dan semen. Uji kuat tekan akan dilakukan sesuai dengan standar ASTM C109 untuk memastikan validitas hasil. Selain itu, analisis mikrostruktur juga akan dilakukan untuk memahami interaksi antara bahan-bahan dalam mortar. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh wawasan yang lebih mendalam tentang perilaku mortar geopolimer yang menggunakan limbah cangkang kerang dan semen sebagai substitusi dari *fly ash*.

Penelitian ini memiliki relevansi yang tinggi dalam konteks pembangunan berkelanjutan. Dengan mengembangkan mortar geopolimer yang menggunakan limbah cangkang kerang, penelitian ini tidak hanya memberikan alternatif untuk mengurangi penggunaan semen, tetapi juga menawarkan solusi untuk pengelolaan limbah. Selain itu, pada penelitian ini juga terdapat pengujian XRF untuk menentukan konsentrasi elemen-elemen dalam limbah cangkang kerang, semen maupun *fly ash*, serta pengujian XRD untuk menganalisis sifat fisik dan kimia melalui struktur kristalnya.

Penelitian ini memiliki relevansi yang tinggi dengan konsep pembangunan berkelanjutan, karena memanfaatkan bahan-bahan sisa dari proses industri. Dengan mengembangkan mortar geopolimer berbahan dasar *fly ash*, limbah cangkang kerang, dan tambahan sedikit semen, penelitian ini tidak hanya menawarkan alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada semen yang diketahui berdampak negatif terhadap lingkungan tetapi juga berkontribusi dalam upaya pengelolaan limbah secara lebih efektif. Hasil dari studi ini diharapkan dapat memperkaya pengembangan ilmu dan teknologi material di sektor konstruksi (Zhang et al., 2019).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi potensi penggantian sebagian *fly ash* dengan limbah cangkang kerang yang kaya kandungan CaO terhadap kuat tekan mortar geopolimer. Hasil yang diperoleh diharapkan mampu memberikan rekomendasi praktis untuk penerapan di bidang konstruksi, sekaligus mendorong penelitian lanjutan terkait pemanfaatan material alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Menurut latar belakang yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh substitusi *fly ash* dengan limbah cangkang kerang dan sedikit semen terhadap kuat tekan mortar geopolimer?
2. Berapa persentase optimal substitusi *fly ash* dengan limbah cangkang kerang dan semen yang menghasilkan kuat tekan maksimal pada mortar geopolimer?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan semen pada mortar geopolimer memiliki pengaruh pada *high early strength* mortar geopolimer tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Menurut rumusan masalah di atas, terdapat beberapa tujuan penelitian yang diharapkan sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh substitusi *fly ash* dengan limbah cangkang kerang dan sedikit semen terhadap kuat tekan mortar geopolimer.
2. Menentukan persentase optimal substitusi *fly ash* dengan limbah cangkang kerang dan semen yang menghasilkan kuat tekan mortar geopolimer yang maksimal.
3. Menentukan pengaruh penggunaan sedikit semen pada *high early strength* mortar geopolimer tersebut.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

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

1. Penelitian ini berfokus pada analisis kuat tekan mortar geopolimer dengan variasi persentase substitusi *fly ash* menggunakan semen dan limbah cangkang kerang.
2. Uji kuat tekan dilakukan pada berbagai usia mortar, seperti 3, 7, dan 28 hari, untuk mengidentifikasi perkembangan kekuatan dari waktu ke waktu.
3. Fly ash berasal dari PT. Pupuk Sriwidjaja (Pusri).
4. Limbah Cangkang Kerang yang sudah dilakukan proses kalsinasi.
5. Jumlah sampel yang akan dibuat sebanyak 90 Sampel (10 Variasi Substitusi dengan masing-masing 3 benda uji pada setiap usia mortar).

6. Penggunaan limbah kaya akan CaO yaitu limbah cangkang kerang dan semen sebagai substitusi dari *fly ash*.
7. Pengujian *Fly Ash* dibatasi dengan pengujian XRF, XRD, dan SEM.
8. Rasio aktivator ($\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH}$) yang digunakan adalah 3:1.
9. Rasio agregat halus terhadap *binder* adalah 15:100.
10. Rasio aktivator terhadap *binder* adalah 0,5.
11. Konsentrasi larutan NaOH yang digunakan sebagai aktivator adalah 14 M.
12. Penelitian ini didasarkan pada standar yang ditetapkan oleh ASTM (*American Standard Test Materials*).

1.5 Sistematika Penulisan Laporan

Adapun sistematika penulisan pada laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Analisis Pengaruh Substitusi Fly Ash Dengan Material Limbah Cangkang Kerang Dan Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer”** mencakup beberapa hal sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini memuat uraian mengenai latar belakang, identifikasi masalah, tujuan studi, batasan penelitian, dan struktur penulisan laporan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tinjauan pustaka yang mencakup prosiding, jurnal, buku, serta berbagai sumber referensi lainnya yang digunakan sebagai dasar teori dan pendukung dalam pelaksanaan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan pelaksanaan penelitian yang mencakup studi pustaka, alur penelitian, proses pembuatan model struktur, hingga analisis hasil yang diperoleh.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab hasil dan pembahasan berisi penjelasan terkait hasil dari setiap pengujian dan juga melakukan pembahasan terkait hasil yang telah didapat terkait pengujian terhadap substitusi *fly ash* dengan bubuk limbah cangkang kerang dan juga semen terhadap kuat tekan mortar geopolimernya.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini berisikan tentang penarikan terkait penelitian yang sudah dilaksanakan dan kesimpulan, saran dari penelitian tugas akhir agar dapat memperbaiki penelitian ini kedepannya.

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

- Amin, M., & Suharto. (2017). PEMBUATAN SEMEN GEOPOLIMER RAMAH LINGKUNGAN BERBAHAN BAKU MINERAL BASAL GUNA MENUJU LAMPUNG SEJAHTERA THE PRODUCING OF ENVIRONMENTAL FRIENDLY GEOPOLYMER CEMENT WITH RAW MATERIAL OF BASALT MINERALS TO ACCOMPLISH WELFARE LAMPUNG. *Inovasi Pembangunan - Jurnal Kelitbangan*, 05(01), 30–45.
- ASTM C109/C109M (2023). Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars Using 2-in. or [50 mm] Cube Specimens.
- ASTM C618. (1994). Standard Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as Mineral Admixture in Portland Cement Concrete, 04(02).
- Assi, L., Ghahari, S., Deaver, E., Leaphart, D., & Ziehl, P. (2016). Improvement of the early and final compressive strength of fly ash-based geopolymer concrete at ambient conditions. *Construction and Building Materials*, 123, 806–813. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.069>
- Fendria, R., Irwan, I., & Sumantri, A. (2024). Desain Beton High Early Strength (HES) dengan Campuran Superplasticizer. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Arsitektur (JITAS)*, 3(1), 18–26. <https://doi.org/10.31289/jitas.v3i1.3875>
- Fetisov, G. V. (2020). X-ray diffraction methods for structural diagnostics of materials: progress and achievements. *Physics-Uspekhi*, 63(1), 2–32. <https://doi.org/10.3367/ufne.2018.10.038435>
- International, A. (2014). *Designation: C270 – 14a Standard Specification for Mortar for Unit Masonry I*. <https://doi.org/10.1520/C0270-14A>
- Kheradmand, M., Abdollahnejad, Z., & Pacheco-Torgal, F. (2018). Performance of a Fly Ash Geopolymeric Based Binder with Calcium Hydroxide, Portland Cement and Metakaolin as Additives. *The Open Civil Engineering Journal*, 12(1), 167–186. <https://doi.org/10.2174/1874149501812010167>

- Liu, X., Zhang, Q., Lu, X., Fan, J., Wei, S., Liu, J., Li, Q., & Wang, S. (2024). Mechanical properties and hydration of fly ash-based geopolymers modified by copper slag. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26087>
- Luntungan, M., Manalip, R., & Lomboan, D. (2020). *Optimalisasi Kuat Tekan Beton Geopolymer dengan Menambahkan Semen atau Kapur pada Perawatan Temperatur Ruangan*. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3), 217–224. Diakses dari <https://ejournal.unsrat.ac.id/v2/index.php/jss/article/view/24152>
- Malik, Y. (2016). *STUDI PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTUCURING TERHADAP SIFAT FISIK–MEKANIK SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS SLAG FERRONICKEL*. INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER.
- Maulana, M. R., & Wardhono, A. (2016). Hubungan Tegangan-Regangan Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash) dan Limbah Kerang pada Temperatur Normal. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1), 42–48
- Nasional, B. S. (2002). *Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil*.
- Nath, P., & Sarker, P. K. (2015). Use of OPC to improve setting and early strength properties of low calcium fly ash geopolymer concrete cured at room temperature. *Cement and Concrete Composites*, 55, 205–214. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.09.008>
- Oktafianti, L. (2018). Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Kerang terhadap Porositas dan Permeabilitas Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang dan NaOH 10 Molar. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 02(02), 101–108.
- Oyedotun, T. D. T. (2018). X-ray fluorescence (XRF) in the investigation of the composition of earth materials: a review and an overview. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 2(2), 148–154. <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1452459>
- Peraturan Pemerintah No. 85. (1999). Perubahan Atas Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

- A 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>
- Pratiwi, Y. A. (2021). *Mortar Geopolimer dengan Substitusi Tanah Putih* (A. Hidayat, Ed.; 1st ed.). Mazda Media.
- Prayogo, N. B. (2017). TIM EJOURNAL Ketua Penyunting: Penyunting: Mitra bestari. *Rekayasa Teknik Sipil*, 02(02), 141–149.
- Restu, F. S. (2017). *Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Kerang dan Fly Ash pada Binder Geopolimer*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ridha, S., Dzulkarnain, I., Abdurrahman, M., Ilyas, S. U., & Bataee, M. (2022). Microstructural properties and compressive strength of fly ash-based geopolymer cement immersed in CO₂-saturated brine at elevated temperatures. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19, 7589–7598.
<https://doi.org/10.1007/s13762-021-03665-9>
- Riyanto, E., Widyananto, E., & Renaldy, R. R. (2021). *Analisis Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Silica Fume dan Kapur Tohor* (Vol. 17, Issue 1).
- Setiawati, M. (2018). FLY ASH SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEMEN PADA BETON. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 17, 1–8.
- Shofwan Ali, M., & Walujodjati, E. (2021). Pengujian Kuat Tekan Mortar dengan Campuran Pasir Ladot. *Jurnal Konstruksi*, 19(1), 313–324. <https://jurnal.itg.ac.id/>
- Sihombing, A. P., Afrizal, Y., & Gunawan, A. (2018). PENGARUH PENAMBAHAN ARANG BATOK KELAPA TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR. *Jurnal Inersia*, 10(1), 31–38.
- Siregar, S. M. (2009). Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer. Tesis, Universitas Sumatera Utara, Sekolah Pascasarjana Magister Ilmu Fisika, Medan.

- Syafpoetri, N. A., Djauhari, Z., & Olivia, M. (2018). Karakteristik Mortar Dengan Campuran Abu Kerang Lokan Dalam Rendaman NaCl. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 14(1), 63. <https://doi.org/10.25077/jrs.14.1.63-72.2018>
- Tjoanto, H., Rante, R., & Manalip, R. (2022). *Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Penambahan Semen Putih pada Perawatan Suhu Ruang*. Jurnal Sipil Statik, 10(8), 751–758. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v2/index.php/jss/article/view/39098>
- Zuraidah, S., & Hastono, B. (2018). Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 1(1), 8–13. <https://doi.org/10.25139/jprs.v1i1.801>