

TUGAS AKHIR
ANALISIS KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA *FLYASH* PULANG
PISAU TERHADAP SIFAT MEKANIK MORTAR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1 pada
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Lambung Mangkurat



Disusun Oleh:

Nur Ramadhayani

NIM. 2110811120009

Dosen Pembimbing Utama:

Dr.Eng Irfan Prasetia, S.T., M.T

NIP. 19851026 200812 1 001

Dosen Pembimbing Pendamping:

Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng., Ph.D

NIP. 19860628 201212 1 002

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN
TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
BANJARBARU
2025

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

ANALISIS KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA FLY ASH PULANG
PISAU TERHADAP SIFAT MEKANIK MORTAR

Oleh

Nur Ramadhayani (2110811120009)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 13 Januari 2025 dan dinyatakan

L U L U S

Komite Penguji:

Ketua : Darmansyah Tjitradi, S.T., M.T

NIP. 19750319200003 1 001

Anggota 1 : Dr.Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng.Sc

NIP. 19691110199303 2 001

Anggota 2 : Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng., Ph.D

NIP. 19860628 201212 1 002

Pembimbing : Dr. Eng Irfan Prasetya, S.T., M.T.

Utama NIP. 19851026 200812 1 001

Banjarbaru, 13 Januari 2025

Diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik

Fakultas Teknik ULM,

Dr. Mahmud, S.T., M.T.

NIP. 19740107 199802 1 001

Koordinator Program Studi

S-1 Teknik Sipil,

Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T

NIP. 19720826 199802 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nur Ramadhayani
NIM : 2110811120009
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Analisis Karakteristik Fisik dan Kimia *Fly Ash*
Pulang Pisau Terhadap Sifat Mekanik Mortar
Pembimbing : Dr. Eng Irfan Prasetya, S.T., M.T
Pembimbing Pendamping : Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng., Ph.D

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan tugas akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan tugas akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Lambung Mangkurat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Banjarbaru, 2025
Penulis,

Nur Ramadhayani
NIM. 2110811120009

ANALISIS KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA *FLY ASH* PLTU PULANG PISAU TERHADAP SIFAT MEKANIK MORTAR

Nur Ramadhayani¹⁾, Irfan Prasetya²⁾, Wiku Adhiwicaksana Krasna³⁾

¹⁾Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat

²⁾Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat

³⁾Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan - 70714

E-mail: nrrmdhayani@gmail.com.

ABSTRAK

Semakin meningkatnya kesadaran akan masalah lingkungan telah memicu minat yang besar terhadap bahan-bahan alternatif untuk menggantikan semen. Proses pembuatan semen terindikasi sebagai salah satu penyumbang tertinggi dalam kadar CO₂ di udara. Salah satu bahan yang banyak digunakan untuk mereduksi semen adalah *fly ash* karena sifatnya serupa dengan semen dan jumlahnya melimpah sebagai hasil residu pembakaran tungku batubara di PLTU. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh sifat fisik dan kimia *fly ash* Pulang Pisau terhadap kekuatan mortar dengan variasi komposisi *fly ash* (20%, 30%, 40%) dan faktor air semen (0,3; 0,4; 0,5). Hasil pengujian menunjukkan bahwa *fly ash* Pulang Pisau memiliki karakteristik yang memenuhi standar ASTM C618-23 untuk *fly ash* kelas C, dengan total kandungan SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ sebesar 60,7% pada *Batch* 1 dan 67,9% pada *Batch* 2. *Batch* 2 digunakan dalam pengujian mekanik karena memiliki kadar air lebih rendah (5,49%) dan mengandung SiO₂ sebesar 20,2%, yang mendukung peningkatan reaktivitas pozzolanik. *Specific surface area* (SSA) yang tinggi pada *Batch* 2 (14,473 m²/g) dibandingkan *Batch* 1 (3,181 m²/g) turut meningkatkan kekuatan mortar.

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa campuran *fly ash* 40% dengan fas 0,4 memberikan performa terbaik, dengan peningkatan signifikan dari 9,43 MPa pada umur 7 hari menjadi 19,73 MPa pada umur 28 hari. *Strength Activity Index* (SAI) tertinggi juga diperoleh pada kombinasi ini, sebesar 83,69% pada umur 28 hari. Faktor air semen memengaruhi kuat tekan mortar, dengan fas 0,4 sebagai yang paling optimal pada hampir semua proporsi *fly ash*. Penelitian ini menegaskan bahwa *fly ash* Pulang Pisau, terutama pada proporsi 40%, dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen untuk meningkatkan kekuatan dan durabilitas mortar, sekaligus mendukung inovasi material konstruksi yang berkelanjutan.

Kata kunci : mortar, *fly ash*, faktor air semen, karakteristik fisik, kuat tekan.

**ANALYSIS OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF FLY
ASH PLTU PULANG PISAU ON MECHANICAL PROPERTIES OF
MORTAR**

Nur Ramadhayani¹⁾, Irfan Prasetya²⁾, Wiku Adhiwicaksana Krasna³⁾

¹⁾Undergraduate Student of Civil Engineering, Lambung Mangkurat University

²⁾Lecturer of Civil Engineering, Lambung Mangkurat University

³⁾ Lecturer of Civil Engineering, Lambung Mangkurat University

Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan - 70714

E-mail: nrrmdhayani@gmail.com.

ABSTRACT

Growing awareness of environmental issues has sparked great interest in alternative materials to replace cement. The cement manufacturing process is indicated as one of the highest contributions to CO₂ levels in the air. One material that is widely used to reduce cement is fly ash because it is similar to cement and is abundant as a result of coal furnace residue in PLTU. This research aims to analyze the effect of physical and chemical properties of Pulang Pisau fly ash on mortar strength with variations in fly ash composition (20%, 30%, 40%) and cement water factor (0,3; 0,4; 0,5). The test results show that Pulang Pisau fly ash has characteristics that meet the ASTM C 618-23 standard for class C fly ash, with total content of SiO₂, Al₂O₃, and Fe₂O₃ of 60,7% in Batch 1 and 67,9% in Batch 2 was used in mechanical testing because it has lower moisture content (5,49%) and contains SiO₂ of 20,2% which supports increased pozzolanic reactivity. The high SSA of Batch 2 (14,473%) compared to Batch 1 (3,181 m²/g) also increased the strength of the mortar.

The compressive strength test results showed that the 40% fly ash mixture with 0,4 fas gave the best performance, with a significant increase from 9,43 MPa at 7 days to 19,73 MPa at 28 days. The highest SAI was also obtained in this combination at 83,69% at 28 days. The cement water factor affected the compressive strength of the mortar, with fas 0,4 being the most optimal for almost all fly ash proportions. This study confirms that Pulang Pisau fly ash, especially at 40% proportion, can be used as a partial replacement of cement to improve mortar strength and durability, while supporting sustainable construction material innovation.

Keywords : mortar, fly ash, cement water factor, physical characteristics, strength

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia *Fly Ash* PLTU Bengkayang Terhadap Sifat Mekanis Mortar” ini dengan segala kekurangannya.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak atas bantuan dan bimbingannya dalam penyusunan tugas akhir ini, khususnya kepada:

1. Seluruh keluarga besar yang telah membantu dan mendukung saya. Terutama Abah dan Mama selaku orang tua tercinta yang sangat berjasa dalam hidup penulis. Terimakasih atas semua doa yang selalu kalian langitkan, atas semua bentuk kasih sayang dan dukungan yang tak henti-hentinya sehingga penulis dapat menyelesaikan masa perkuliahan ini.
2. Saudari Bella, selaku adik yang telah memberikan dukungan dengan segala kasih sayang, doa, motivasi, dan semangat dalam masa perkuliahan penulis.
3. Bapak Dr. Eng Irfan Prasetya, S.T., M.T dan Bapak Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing. Terimakasih atas kebaikan hati, kesabaran dalam membimbing untuk menyelesaikan skripsi ini dan telah berbagi banyak ilmu untuk penulis.
4. Bapak Darmansyah Tjitradi, S.T., M.T dan Ibu Ir. Ratni Nurwidayati, M.T. M. Eng. Sc., selaku dosen penguji yang telah membantu memberikan masukan dan saran sehingga menyempurnakan skripsi ini.
5. Segenap dosen pengajar di Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan ilmunya kepada saya.
6. Rekan-rekan instruktur Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang telah bersedia membantu penelitian selama ini.
7. Sahabat kecil penulis, Sella, Nadya dan Amel yang walaupun jarak memisahkan kita tetapi dukungan dan motivasi kalian sangat membantu penulis.

8. Sahabat-sahabat penulis pada masa perkuliahan yang tidak kalah penting kehadirannya, Sanah, Ridha, Ilham, Fiyah, Novia, Lecha, Muna, Saiba, dan Ihda. Segala sedih dan tawa yang sudah sama-sama kita bagi di sepanjang perjalanan ini memberikan alasan besar untuk penulis bertahan pada setiap prosesnya.
9. Teman-teman yang telah membantu selama perkuliahan serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, terima kasih atas segala dukungannya selama ini.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran serta masukan yang bersifat membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua dan tak lupa pula penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya apabila ada kesalahan dan kekurangan, akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Banjarbaru, 2025
Penulis,

Nur Ramadhayani
NIM. 2110811120009

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PENYATAAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Mortar dan Beton	5
2.2 Semen Portland	7
2.2.1 Jenis Semen	7
2.2.2 Susunan Kimia Semen.....	8
2.2.3 Senyawa dan Sifat Kimia Semen	8
2.2.4 Sifat Fisika Semen.....	8
2.3 Semen Portland Komposit (PCC)	9
2.4 Agregat Halus	10
2.5 Air	11
2.6 <i>Fly ash</i> (Abu Terbang)	12
2.7 Perawatan Mortar	15
2.8 Kuat Tekan Mortar	15
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Bagan Alir.....	17
3.2 Waktu dan Tempat	18
3.3 Alat dan Bahan.....	18

3.3.1	Alat	18
3.3.2	Bahan	19
3.4	Persiapan dan Pemeriksaan Bahan	19
3.5	Rancangan Percobaan	31
3.6	Pembuatan Benda Uji	33
3.7	Perawatan Benda Uji.....	36
3.8	Pengujian Benda Uji	37
3.8.1	Kuat Tekan	37
3.9	Penarikan Kesimpulan.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Pemeriksaan Bahan.....	39
4.1.1	Hasil Pemeriksaan Semen.....	39
4.1.2	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	40
4.1.3	Hasil Pemeriksaan Fisik <i>Fly Ash</i>	42
4.1.4	Evaluasi Hasil Pemeriksaan Fisik <i>Fly Ash</i>	45
4.1.5	Hasil Pemeriksaan Kimia <i>Fly Ash</i>	46
4.1.6.1	XRF	46
4.1.6.2	XRD	49
4.1.6.3	Evaluasi Hasil Pemeriksaan Kimia <i>Fly Ash</i>	50
4.2	Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji	51
4.2.1	Hasil Pengujian Benda Uji pada Umur 7 Hari.....	51
4.2.2	Hasil Pengujian Benda Uji pada Umur 28 Hari.....	63
4.2.3	Evaluasi Hasil Pengujian Benda Uji.....	73
4.2.4	<i>Strength Activity Index</i> (SAI)	75
4.3	Hubungan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar	76
4.4	Pengujian FT-IR.....	79
4.5	Hubungan Antara Sifat Fisik dan Kimia Terhadap Kuat Tekan Mortar..	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA		86
LAMPIRAN.....		90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Susunan Unsur Semen Portland.....	8
Tabel 2.3	Batas-Batas Gradasi Agregat Halus.....	11
Tabel 2.3	Persyaratan kandungan kimia <i>fly ash</i>	14
Tabel 2.4	Persyaratan fisik <i>fly ash</i>	14
Tabel 3.1	Komposisi Campuran Mortar <i>Fly Ash</i> Pulang Pisau.....	32
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Semen.....	39
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus.....	40
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Fisik Fly Ash.....	42
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Kimia <i>Fly Ash</i>	46
Tabel 4.7	Klasifikasi Kelas <i>Fly Ash</i> PLTU Pulang Pisau.....	48
Tabel 4.8	Komposisi Material Campuran Mortar.....	51
Tabel 4.9	Kuat Tekan Mortar Kontrol Pada Umur 7 Hari.....	52
Tabel 4.10	Kuat Tekan Mortar M1(0,3) Pada Umur 7 Hari.....	52
Tabel 4.11	Kuat Tekan Mortar M1(0,3) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	53
Tabel 4.12	Kuat Tekan Mortar M1(0,4) Pada Umur 7 Hari.....	53
Tabel 4.13	Kuat Tekan Mortar M1(0,4) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	54
Tabel 4.14	Kuat Tekan Mortar M1(0,5) Pada Umur 7 Hari.....	54
Tabel 4.15	Kuat Tekan Mortar M1(0,5) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	55
Tabel 4.16	Kuat Tekan Mortar M2(0,3) Pada Umur 7 Hari.....	55
Tabel 4.17	Kuat Tekan Mortar M2(0,3) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	56
Tabel 4.18	Kuat Tekan Mortar M2(0,4) Pada Umur 7 Hari.....	56
Tabel 4.19	Kuat Tekan Mortar M2(0,4) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	57
Tabel 4.20	Kuat Tekan Mortar M2(0,5) Pada Umur 7 Hari.....	57
Tabel 4.21	Kuat Tekan Mortar M2(0,5) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	58
Tabel 4.22	Kuat Tekan Mortar M3(0,3) Pada Umur 7 Hari.....	59
Tabel 4.23	Kuat Tekan Mortar M3(0,3) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	59
Tabel 4.24	Kuat Tekan Mortar M3(0,4) Pada Umur 7 Hari.....	60
Tabel 4.25	Kuat Tekan Mortar M3(0,4) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	60
Tabel 4.26	Kuat Tekan Mortar M3(0,5) Pada Umur 7 Hari.....	61
Tabel 4.27	Kuat Tekan Mortar M3(0,5) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	61

Tabel 4.28 Kuat Tekan Mortar Kontrol Pada Umur 28 Hari	63
Tabel 4.29 Kuat Tekan Mortar M1(0,3) Pada Umur 28 Hari	63
Tabel 4.30 Kuat Tekan Mortar M1(0,3) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	64
Tabel 4.31 Kuat Tekan Mortar M1(0,4) Pada Umur 28 Hari	64
Tabel 4.32 Kuat Tekan Mortar M1(0,4) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	65
Tabel 4.33 Kuat Tekan Mortar M1(0,5) Pada Umur 28 Hari	65
Tabel 4.34 Kuat Tekan Mortar M2(0,3) Pada Umur 28 Hari	66
Tabel 4.35 Kuat Tekan Mortar M2(0,4) Pada Umur 28 Hari	67
Tabel 4.36 Kuat Tekan Mortar M2(0,5) Pada Umur 28 Hari	67
Tabel 4.37 Kuat Tekan Mortar M2(0,5) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	68
Tabel 4.38 Kuat Tekan Mortar M3(0,3) Pada Umur 28 Hari	68
Tabel 4.39 Kuat Tekan Mortar M3(0,3) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	69
Tabel 4.40 Kuat Tekan Mortar M3(0,4) Pada Umur 28 Hari	69
Tabel 4.41 Kuat Tekan Mortar M3(0,4) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	70
Tabel 4.42 Kuat Tekan Mortar M3(0,5) Pada Umur 28 Hari	70
Tabel 4.43 Kuat Tekan Mortar M3(0,5) Setelah Penghapusan <i>Outlier</i>	71
Tabel 4.44 Perbandingan Hasil Uji Kuat Tekan 7 Hari dan 28 Hari	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Fly ash</i>	14
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 3.2	Uji Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	22
Gambar 3.3	Uji Berat Volume <i>Fly Ash</i>	24
Gambar 3.4	Uji Kehalusan Butir <i>Fly Ash</i>	25
Gambar 3.5	Alat Vicat	27
Gambar 3.6	Sampel di dalam termostatik	28
Gambar 3.7	Sampel waktu pengikatan.....	29
Gambar 3.8	<i>Furnace</i>	30
Gambar 3.9	Alat Pengaduk	33
Gambar 3.10	Menimbang bahan	34
Gambar 3.11	Bekisting.....	34
Gambar 3.12	Menyiapkan bekisting	34
Gambar 3.13	Memasukkan material campuran	35
Gambar 3.14	Memasukkan air ke dalam campuran.....	35
Gambar 3.15	Memadatkan campuran	36
Gambar 3.16	Merendam mortar.....	36
Gambar 3.17	Mengeringkan mortar	37
Gambar 3.18	Mengukur benda uji	37
Gambar 3.19	Pengujian tekan mortar.....	38
Gambar 4.1	Gradasi Agregat Halus.....	41
Gambar 4.2	Waktu Pengikatan Pasta <i>Fly Ash</i>	44
Gambar 4.3	XRD <i>Fly Ash</i> Pulang Pisau (C708) <i>Batch 1</i>	49
Gambar 4.4	XRD <i>Fly Ash</i> Pulang Pisau (C899) <i>Batch 2</i>	50
Gambar 4.5	Hasil Rata-Rata Uji Kuat Tekan Mortar Umur 7 Hari	62
Gambar 4.6	Hasil Rata-Rata Uji Kuat Tekan Mortar Umur 28 Hari	72
Gambar 4.7	Perbandingan Uji Kuat Tekan Mortar Umur 7 Hari & 28 Hari	73
Gambar 4.8	<i>Strength Activity Index (SAI)</i>	75
Gambar 4.9	Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar dengan Komposisi FA 20%	77

Gambar 4.10 Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar dengan Komposisi FA 30%	77
Gambar 4.11 Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar dengan Komposisi FA 40%	78
Gambar 4.12 Spektra FTIR M3 (0,3) S2 7 Hari	80
Gambar 4.13 Gabungan FTIR Kontrol 7 Hari dan Sampel 7 Hari	80
Gambar 4.14 Spektra FTIR M3 (0,4) S6 28 Hari.....	81
Gambar 4.15 Spektra FTIR M2 (0,4) S5 28 Hari.....	81
Gambar 4.16 Spektra FTIR M1 (0,4) S3 28 Hari.....	82
Gambar 4.17 Gabungan FTIR Kontrol 28 Hari dan Sampel 28 Hari	82