

**PENGARUH ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI
FLY ASH TERHADAP BERAT JENIS DAN KUAT TEKAN
MORTAR GEOPOLIMER**



TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Sarjana

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Palembang

MUHAMMAD AFANDI GUNAWAN

112021004

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG

2025

**PENGARUH ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN
SUBSTITUSI *FLY ASH* TERHADAP BERAT JENIS DAN KUAT
TEKAN MORTAR GEOPOLIMER**



TUGAS AKHIR

Disusun Oleh

MUHAMMAD AFANDI GUNAWAN

112021004

Disetujui Oleh

Dekan Fakultas Teknik

Univ. Muhammadiyah Palembang

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik UM Palembang



Ir. A. Junaidi, M.T.
NIDN. 0202026502

Mira Setiawati, S.T., M.T.
NIDN. 0006078101

**PENGARUH ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN
SUBSTITUSI *FLY ASH* TERHADAP BERAT JENIS DAN KUAT
TEKAN MORTAR GEOPOLIMER**



TUGAS AKHIR

Disusun Oleh

MUHAMMAD AFANDI GUNAWAN

112021004

Disetujui Oleh

Pembimbing Tugas Akhir

Pembimbing I

Mira Setiawati, S.T.,M.T.

NIDN. 0006078101

Pembimbing II

Adji Sutama, S.T.,M.T.

NIDN. 0230099301

**PENGARUH ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN
SUBSTITUSI *FLY ASH* TERHADAP BERAT JENIS DAN KUAT
TEKAN MORTAR GEOPOLIMER**

Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

MUHAMMAD AFANDI GUNAWAN

NIM : 112021004

Telah Dipertahankan Didepan Dewan Penguji Sidang Komprehensif
Pada Tanggal, 11 Agustus 2025

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Dewan Penguji

1. **Ir.A.Junaidi, M.T.**
NIDN. 0202026502


(.....)

2. **Ir. Noto Royan, M.T.**
NIDN: 0203126801


(.....)

3. **M. Arfan, S.T., M.T.**
NIDN: 0225037302


(.....)

Laporan tugas akhir diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar sarjana sipil (S.T)

Palembang, 11 Agustus 2025

Program Studi Teknik Sipil


Mira Setiawati, S.T., M.T.
NIDN: 000607810

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Afandi Gunawan

NRP : 112021004

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Perguruan Tinggi: Universitas Muhammadiyah Palembang

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penelitian tugas akhir ini yang berjudul **“PENGARUH ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI *FLY ASH* TERHADAP BERAT JENIS DAN KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER”** tidak dapat karya yang pernah di ajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis yang diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Palembang, Agustus 2025



Muhammad Afandi Gunawan

112021004

MOTO DAN PERSEMBAHAN

Pengetahuan takkan pernah bisa menggantikan persahabatan

#Patrick Star

Persembahan:

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Terima kasih kepada Allah SWT, yang melimpahkan kekuatan dan hidayah kepada saya untuk jangan pernah berputus asa.
2. Kedua orang tua saya tercinta, ayahanda Sugilan dan ibunda Yasminah yang telah memberikan semangat serta do'anya, gelar ini saya persembahkan untuk kalian.
3. Pembimbing saya Ibu Mira Setiawati, S.T, M.T dan Bapak Adji Utama, S.T., M.T yang telah membimbing dan memberikan ilmu pengetahuan serta nasehat selama menyelesaikan skripsi ini.
4. Teman – temanku asrama kacau yang sudah membantu saya dalam mengerjakan skripsi.
5. Almamaterku

PENGARUH ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI *FLY ASH* TERHADAP BERAT JENIS DAN KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui presentase optimum dalam penggunaan abu sekam padi terhadap berat jenis dan kuat tekan mortar geopolimer. Abu sekam padi dipilih karena kandungan silikanya yang tinggi dan potensinya sebagai bahan pozzolan alternatif. Variasi campuran terdiri dari lima kadar substitusi abu sekam padi, yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari massa *fly ash*. Pengujian dilakukan pada benda uji berbentuk kubus 50×50×50 mm dengan total 45 sampel, diuji pada umur 14, 21, dan 28 hari. Proses pembuatan mortar menggunakan larutan alkali aktivator (NaOH 14 M dan Na₂SiO₃) dengan rasio 2,5:1, dan curing dilakukan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam.

Hasil uji menunjukkan bahwa substitusi abu sekam padi sebesar 5% menghasilkan kuat tekan dan berat jenis tertinggi, masing-masing sebesar 43,94 MPa dan 2123,5 kg/m³ pada umur 28 hari. Substitusi di atas 10% menyebabkan penurunan kinerja mekanik mortar secara signifikan. Penurunan ini disebabkan oleh rendahnya kandungan Al₂O₃ dalam abu sekam padi yang mengganggu keseimbangan rasio Si/Al, sehingga menghambat proses geopolimerisasi dan menyebabkan struktur mortar menjadi kurang padat dan rapuh.

Berdasarkan hasil tersebut, substitusi abu sekam padi sebesar 5% direkomendasikan sebagai komposisi optimum untuk meningkatkan performa mortar geopolimer. Penelitian ini menunjukkan bahwa abu sekam padi memiliki potensi sebagai bahan substitusi, namun penggunaannya harus dibatasi pada kadar tertentu agar tidak menurunkan kualitas mekanik mortar secara signifikan.

Kata kunci: mortar geopolimer, abu sekam padi, *fly ash*, kuat tekan, berat jenis, bahan pozzolan, kandungan silika

PENGARUH ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI FLY ASH TERHADAP BERAT JENIS DAN KUAT TEKAN MORTAR GEPOLIMER

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effect of rice husk ash as a partial in geopolymer mortar, focusing on its impact on density and compressive strength. RHA was selected due to its high silica content and potential as an alternative pozzolanic material. The experiment involved five mix variations with RHA replacing fly ash at 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% by mass. Cube specimens measuring 50×50×50 mm were prepared, with a total of 45 samples tested at the ages of 14, 21, and 28 days. The mortar was activated using a 14 M NaOH and Na₂SiO₃ solution at a ratio of 2.5:1, with heat curing at 60°C for 24 hours.

The test results indicated that the optimal substitution level was 5%, achieving the highest compressive strength of 43.94 MPa and a density of 2123.5 kg/m³ at 28 days. Substitution levels above 10% led to a significant decline in mechanical performance. This decrease is attributed to the low Al₂O₃ content in RHA, which disrupts the Si/Al ratio balance necessary for geopolymerization, resulting in a less dense and mechanically weaker mortar structure.

Based on these findings, a 5% RHA substitution is recommended as the optimal composition for improving geopolymer mortar performance. While RHA demonstrates potential as a partial replacement for fly ash, its usage should be limited to maintain the structural and mechanical integrity of the mortar.

Keywords: geopolymer mortar, rice husk ash, fly ash, compressive strength, bulk density, pozzolanic material, silica content

PRAKATA



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PENGARUH ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI FLY ASH TERHADAP BERAT JENIS DAN KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER”** untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar Sarjana di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Dalam penulisan skripsi ini penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dan kelemahan, baik dari segi isi maupun teknik penulisan yang terlepas dari pengamatan penulis, hal ini tak lain dikarenakan oleh keterbatasan penulis. Pada kesempatan ini penulis banyak mengucapkan terima kasih terutama kepada Ibu Mira Setiawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Adji Utama, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan dan arahnya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan juga kepada semua pihak yang ikut serta membantu sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini, yaitu kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli S.E., M.M., Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

3. Ibu Mira Setiawati, S.T., M.T., Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil dan para Staf Karyawan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang.
5. Kedua Orang Tua yang telah banyak memberikan do'a serta membantu penulis baik secara moril dan materil.
6. Teman-teman yang telah memberikan saran dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih atas segala dukungannya semoga apa yang kita lakukan selalu mendapat limpahan rahmat dari Allah SWT dan berguna bagi kita semua, Aamiin ya rabbalalamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Palembang, Agustus 2025

Muhammad Afandi Gunawan

112021004

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR DEWAN PENGUJI	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
INTISARI	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.1.1. Mortar	4
2.1.2. Mortar Geopolimer	8
2.2. Material Mortar Geopolimer	8
2.2.1. Aquades	8
2.2.2. Agregat Halus	9
2.2.3. Aktivator	13
2.2.4. Superplastisizer	14
2.3. Prekursor	14

2.3.1. <i>Fly Ash</i>	15
2.3.1. Abu Sekam Padi	17
2.4. Landasan Teori	18
2.4.1. Kadar Lumpur Pada Agregat	18
2.4.2. Kadar Air Pada Agregat	19
2.4.3. Analisa Saringan Pada Agregat	20
2.4.4. Berat Jenis dan Penyerapan Air	21
2.4.5. Uji <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	22
2.5. Pengujian Berat Jenis dan Kuat Tekan	22
2.6. Beberapa Penelitian Terdahulu	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	32
3.1. Lokasi Penelitian	32
3.2. Bahan – Bahan dan Peralatan	32
3.2.1. Bahan – Bahan	32
3.2.2. Peralatan	35
3.3. Tahap Pengujian Material	40
3.3.1. Berat Jenis dan Penyerapan Air	41
3.3.2. Kadar Air Pada Agregat	42
3.3.3. Analisa Saringan Pada Agregat	42
3.3.4. Kadar Lumpur Pada Agregat	43
3.4. Variabel Penelitian.....	44
3.5. Prosedur Penelitian	44
3.5.1. Persiapan Bahan Baku	44
3.5.2. Persiapan Larutan Alkali Aktivator	46
3.5.3. Pembuatan Mortar Geopolimer	46
3.6. Bagan Alir Penelitian.....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1. Pengujian Agregat Halus	51
4.1.1. Analisa Saringan Pada Agregat	51

4.1.2. Kadar Air Pada Agregat	52
4.1.3. Berat Jenis dan Penyerapan Air	53
4.1.4. Kadar Lumpur Pada Agregat	53
4.3. Hasil Pengujian Berat Jenis Mortar	54
4.4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar	57
4.5. Hubungan Berat Jenis dan Kuat Tekan	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Klasifikasi Mortar	7
Tabel 2.2. Batas Gradasi Agregat Halus	11
Tabel 2.3. Beberapa Penelitian Terdahulu	25
Tabel 3.1. Rencana <i>Mix Design</i> Mortar Geopolimer	44
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Analisa Saringan	51
Tabel 4.2. Hasil Uji Kadar Air	53
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Berat Jenis	53
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Kadar Lumpur	54
Tabel 4.5. Data Pengujian Berat Jenis Umur 14 Hari	54
Tabel 4.6. Data Pengujian Berat Jenis Umur 21 Hari	55
Tabel 4.7. Data Pengujian Berat Jenis Umur 28 Hari.....	55
Tabel 4.8. Data Pengujian Kuat Tekan Umur 14 Hari.....	57
Tabel 4.9. Data Pengujian Kuat Tekan Umur 21 Hari.....	58
Tabel 4.10. Data Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	58
Tabel 4.11. Berat Jenis dan Kuat Tekan Mortar	60

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Gradasi Daerah Pasir Kasar	11
Gambar 2.2. Gradasi Daerah Pasir Sedang	12
Gambar 2.3. Gradasi Daerah Pasir Agak Halus	12
Gambar 2.4. Gradasi Daerah Pasir Halus	12
Gambar 3.1. <i>Fly Ash</i>	32
Gambar 3.2. Abu Sekam Padi	33
Gambar 3.3. Natrium Hidroksida (NaOH)	33
Gambar 3.4. Natrium Silikat (Na_2SiO_3)	34
Gambar 3.5. Superplasticizer	34
Gambar 3.6. Aquades	35
Gambar 3.7. Pasir	35
Gambar 3.8. Cetakan Mortar	36
Gambar 3.9. Timbangan Digital	36
Gambar 3.10. Gelas Ukur	37
Gambar 3.11. Centong Semen	37
Gambar 3.12. Plastik Wrapping	37
Gambar 3.13. Oven	38
Gambar 3.14. Ayakan Atau Saringan	38
Gambar 3.15. Wadah	39
Gambar 3.16. <i>Sieve Shaker Machine</i>	39
Gambar 3.17. Mixer	39
Gambar 3.18. Plat Besi	40
Gambar 3.19. <i>Compression Testing Machine</i>	40
Gambar 3.20. Persiapan <i>Fly Ash</i>	45
Gambar 3.21. Persiapan Abu Sekam Padi	45
Gambar 3.22. Persiapan Pasir	45

Gambar 3.23. Persiapan Larutan Alkali Aktivator	46
Gambar 3.24. Pembuatan Larutan Alkali Aktivator	46
Gambar 3.25. Pencampuran <i>Fly Ash</i> dan Abu Sekam Padi	47
Gambar 3.26. Pencampuran Pasir Dengan <i>Fly Ash</i> dan Abu Sekam Padi	47
Gambar 3.27. Pencampuran Larutan Alkali Aktivator dan Superplasticizer	47
Gambar 3.28. Pencetakan Benda Uji	48
Gambar 3.29. Pengovenan Benda Uji	48
Gambar 3.30. Proses Pembongkaran Cetakan	48
Gambar 3.31. Pengujian Benda Uji	49
Gambar 3.32. Bagan Alir Penelitian	50
Gambar 4.1. Hasil Pengujian Analisa Saringan	52
Gambar 4.2. Hasil Pengujian Berat Jenis Mortar	56
Gambar 4.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar	59
Gambar 4.4. Berat Jenis dan Kuat Tekan Mortar Umur 14 Hari	61
Gambar 4.5. Berat Jenis dan Kuat Tekan Mortar Umur 21 Hari	61
Gambar 4.6. Berat Jenis dan Kuat Tekan Mortar Umur 28 Hari	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di Indonesia saat ini menunjukkan peningkatan yang signifikan, proyek – proyek berskala besar seperti jalan tol, jembatan, bendungan, dan pembangkit listrik menjadi prioritas utama pemerintah dalam rangka mempercepat pertumbuhan ekonomi nasional dan meningkatkan konektivitas antarwilayah. Dalam konteks konstruksi, beton merupakan salah satu material utama yang digunakan karena karakteristiknya yang kuat, tahan lama, dan fleksibel dalam penerapan struktural. Beton tersusun atas campuran agregat, air, dan semen di mana semen berperan sebagai bahan pengikat yang menyatukan seluruh komponen tersebut. Seiring dengan meningkatnya volume proyek konstruksi, permintaan terhadap beton pun mengalami lonjakan, yang secara langsung berdampak pada meningkatnya kebutuhan akan semen sebagai bahan baku utama. Oleh karena itu, pertumbuhan sektor konstruksi secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan konsumsi semen nasional. Produksi semen secara signifikan berkontribusi terhadap pemanasan global karena menghasilkan emisi karbon dioksida (CO_2) dalam jumlah besar, terutama saat proses kalsinasi. Menurut *International Energy Agency*, sekitar 7% dari total emisi CO_2 global berasal dari industri semen (Davidovits, 1991).

Dalam upaya mengurangi jejak karbon dan mewujudkan konstruksi yang lebih berkelanjutan, para peneliti dan praktisi teknik sipil mulai mengembangkan alternatif material pengikat pengganti semen. Salah satu inovasi yang sedang menjadi fokus utama adalah penggunaan material geopolimer sebagai substitusi semen konvensional. Geopolimer merupakan material pengikat anorganik hasil reaksi antara bahan yang kaya akan silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3), seperti pozzolan, dengan larutan alkali sebagai aktivator. Pozzolan sendiri adalah material berbentuk bubuk halus yang bersifat reaktif terhadap larutan alkali (Triantono, 2018), dan mampu membentuk struktur yang menyerupai ikatan pada beton konvensional. Proses ini tidak hanya menghasilkan beton dengan kekuatan

mekanik yang kompetitif, tetapi juga secara signifikan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Salah satu bahan pengganti semen yang potensial adalah abu hasil pembakaran limbah industri maupun pertanian, khususnya abu terbang (*fly ash*) dan abu sekam padi. Kedua jenis abu ini mengandung silika dalam jumlah yang cukup tinggi, yang berperan penting dalam proses pembentukan geopolimer. Indonesia, sebagai salah satu negara agraris dengan produksi padi yang besar, menghasilkan sekam padi dalam jumlah melimpah setiap tahunnya. Oleh karena itu, pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan baku geopolimer tidak hanya dapat mengurangi limbah pertanian yang berdampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga mendukung pengembangan bahan bangunan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh substitusi sebagian *fly ash* dengan abu sekam padi terhadap sifat fisik dan mekanik mortar geopolimer. Parameter yang diuji meliputi berat jenis dan kuat tekan mortar sebagai indikator utama kualitas material. Variasi komposisi abu sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas lima. Dalam penelitian ini, komposisi abu sekam padi divariasikan menjadi lima kadar, yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana kadar optimum abu sekam padi sebagai material substitusi *fly ash* terhadap berat jenis dan kuat tekan mortar geopolimer?

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dilakukannya penelitian ini untuk memahami dan mengembangkan alternatif material konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan memiliki kinerja mekanis yang baik.

Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui presentase optimum dalam penggunaan abu sekam padi sebagai bahan substitusi *fly ash* terhadap berat jenis dan kuat tekan mortar geopolimer.

1.4. Batasan Masalah

Untuk memastikan penelitian tetap fokus pada latar belakang dan rumusan masalah yang telah ditetapkan, diperlukan adanya batasan masalah guna memperjelas ruang lingkup penelitian yang akan dilaksanakan.

1. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk kubus dengan dimensi 50 x 50 x 50 mm. Penelitian terdiri dari 5 variasi *mix design*, masing – masing terdiri atas 3 sampel untuk setiap umur pengujian, sehingga total jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 45 buah.
2. Penelitian ini memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan utama dan abu sekam padi sebagai bahan substitusi. Pengujian berat jenis dan kuat tekan dilakukan pada benda uji yang telah mencapai umur 14, 21 dan 28 hari.
3. Larutan alkali aktivator yang digunakan dalam penelitian ini merupakan campuran antara natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na_2SiO_3), dengan perbandingan volume antara Na_2SiO_3 dan NaOH sebesar 2,5:1.
4. Suhu yang digunakan adalah suhu oven 60°C selama 24 jam.
5. Rasio larutan alkali aktivator dan prekursor yang digunakan sebesar 0,5 dengan konsentrasi NaOH 14 M.
6. Perbandingan agregat halus dan prekursor yang digunakan sebesar 2.
7. Superplasticizer yang digunakan sebesar 2% terhadap berat prekursor.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, N., Firdaus, & Edowinsyah. (2022). PENGARUH CAMPURAN ABU LAYANG DAN ABU SEKAM PADI TERHADAP KEKUATAN KOMPRESI GEOPOLIMER MORTAR RINGAN. 19, 59–68.
- Abdullah, M. N., Mustapha, F., Ahmad, K. A., Mustapha, M., Khan, T., Singh, B., & Sebaey, T. A. (2022). *Effect of Different Pre-Treatment on the Microstructure and Intumescent Properties of Rice Husk Ash-Based Geopolymer Hybrid Coating*. *Polymers*, 14(11), 1–18. <https://doi.org/10.3390/polym14112252>
- Ais, N. S. A. (2017). PENGARUH RASIO SODIUM HIDROKSIDA DENGAN SODIUM SILIKAT PADA MORTAR GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT GESER PADA APLIKASI SPESI BATU BATA. 2, 1–5. <https://doi.org/10.4236/jssm.2010>.
- ASTM C270. (2012). *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry 1*. <https://doi.org/10.1520/C0270-12A>.
- ASTM C33. (2010). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. i(C), 1–11. <https://doi.org/10.1520/C0033>
- ASTM C618. (2010). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use*. *Annual Book of ASTM Standards*, C, 3–6. <https://doi.org/10.1520/C0618-22.2>
- Bienias, Walczak, Surowska, S. (2003). *Microstructure and corrosion behaviour of aluminum fly ash composites*. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 5(2), 493–502.
- Davidovits, J. (1991). *Geopolymers - Inorganic polymeric new materials*. *Journal of Thermal Analysis*, 37(8), 1633–1656. <https://doi.org/10.1007/BF01912193>
- Dewi Marsindi, Simatupang, M., & Kadir, A. (2022). Pengaruh Curing Time Dan Derajat Kejenuhan Terhadap. 10.
- G. Ogowangm, Olupot, P. W., Kasedde, H., Menya, E., Storz, H., & Kiros, Y. (2021). *Experimental evaluation of rice husk ash for applications in geopolymer mortars*. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(2), 160–167. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.02.008>
- Handayani, L., Aprilia, S., Abdullah, Rahmawati, C., Aulia, T. B., Ludvig, P., & Ahmad, J. (2022). *Sodium Silicate from Rice Husk Ash and Their Effects as Geopolymer Cement*. *Polymers*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/polym14142920>
- Harahap, F. I., Aswin, M., & Tarigan, A. P. M. (2022). Evaluasi Kuat Tekan pada Bata ECC dan Bata-CR ECC Berbasis Silica Fume dan Abu Sekam Padi. Siklus: Jurnal Teknik Sipil, 8(2), 248–260. <https://doi.org/https://journal.unilak.ac.id/index.php/SIKLUS>
- Hikmah, Nurjaya, & Sumarno, A. (2024). Jurnal Teknologi Lingkungan Pengaruh

- Rasio Campuran Abu Sekam Padi dan Zeolit terhadap Waktu Ikat , Berat Isi , dan Kuat Tekan Mortar Geopolimer Ramah Lingkungan *The Mixed Ratio Effect of Rice Husk Ash and Zeolite on the Setting Time , Density , and Compr.* 25(2), 348–354.
- Lauzardi, Ac. N., & Wardhono, A. (2018). Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Substitusi *Fly Ash* Pada Mortar Geopolimer Dengan NaOH 14 Molar Ditinjau Dari Kuat Tekan Dan Porositas. Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, 1–23.
- Nugrahanto. (2017). PEMANFAATAN TEPUNG CANGKANG TELUR BEBEK SEBAGAI BAHAN DASAR PEMBUATAN BETON GEOPOLIMER [SKRIPSI]. 6–22.
- Putra, A. K. P. (2014). Kuat Tarik Belah Beton Geopolymer Berbasis Abu Terbang (*Fly Ash*). Jurnal Sipil Statik, 2(7), 330–336. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/6003>
- Rahim, M. R. A., Mustakim, & Misbahuddin. (2024). Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kapasitas Kuat Tekan Paving Block. Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang Dan Teknik Sipil, 2(2), 145-156 DOI: <https://doi.org/10.61132/konstruksi.v>.
- Rangan, P. R., Dendo, E. A. R., Bokko, J., & Mantirri, P. A. (2020). Mortar Geopolimer Abu Sekam Padi Berbahan Dasar Limbah Abu Batu Bara Hasil Pembakaran Asphalt *Mixing Plant*. *Journal Dynamic Saint*, 5(1), 927–938. <https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v5i1.961>
- Simanjuntak, D. M., & Wardhono, A. (2022). ANALISIS KUAT TEKAN DAN POROSITAS MORTAR GEOPOLIMER MENGGUNAKAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI *FLY ASH* PADA MOLARITAS 8 Devi Maria Simanjuntak Arie Wardhono. *Rekayasa Teknik Sipil*, 4(3), 1–10.
- SNI-03-6825-2002. (2002). Standar Nasional Indonesia Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil.
- SNI 03-1969. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1–17.
- SNI 03-6820-2002. (2002). Spesifikasi agregat halus untuk pekerjaan adukan dan plesteran dengan bahan dasar semen.
- SNI 03 – 2834 – 2002. (n.d.). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
- SNI 15-2049-2004. (2004). Semen portland. *Journal of Nursing Measurement*, 10(1), 107. <https://doi.org/10.1891/jnum.10.1.5.52550>
- SNI 1970:2016. (n.d.). Pdf-Sni-1970-2016-Metode-Uji-Berat-Jenis-Dan-Penyerapan-Air-Agregat-Halus_Compress.Pdf.
- SNI 1971:2011. (2011). “Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan.” Badan Standarisasi Nasional, 1–11.
- SNI 2460:2014. (2014). Spesifikasi abu terbang batubara dan pozolan alam

mentah atau yang telah dikalsinasi untuk digunakan dalam beton *Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete*.

- SNI ASTM C117:2012. (2012). Metode Uji Bahan Yang Lebih Halus dari Saringan 75 μ m (No. 200) Dalam Agregat Mineral Dengan Pencucian. 200. www.bsn.go.id
- SNI ASTM C136:2012. (2006). Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (ASTM C 136-06, IDT) ICS. www.bsn.go.id
- Suryanto, A., Antonius, & Irmawaty, R. (2024). KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER BERBAHAN ABU SEKAM PADI DAN LIMBAH PLASTIK PET (POLYETHYLENE TEREPHTHALATE) Andy.
- Sutama, A., Saggaff, A., Saloma, & Hanafiah. (2019). *Properties And Microstructural Characteristics Of Lightweight Geopolymer Concrete With Fly Ash And Kaolin*. 8(07), 6–13.
- Sutama, A., Septriansyah, V., & Irawan, T. (2025). PENGARUH PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN. 10, 99–109.
- Temuujin, J., van Riessen, A., & Williams, R. (2009). *Influence of calcium compounds on the mechanical properties of fly ash geopolymer pastes*. *Journal of Hazardous Materials*, 167(1–3), 82–88. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.12.121>
- Triantono, R. E. T. (2018). *Geopolymer Mortar Metode Wet Mixing Dengan Berbahan Dasar Abu Terbang Dan NaOH*. 1–5.
- Wahyuni, Subaer, & Nurhayati. (2020). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Struktur Dan Sifat Mekanik Geopolimer Berbasis *Fly Ash*. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 16(2), 2. <https://doi.org/10.35580/jspf.v16i2.15984>
- Wulandari, D. W., & Wardhono, A. (2022). Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Substitusi *Fly Ash* pada Mortar Geopolimer Menggunakan Alkali Aktivator NaOH 10 Molar Ditinjau dari Kuat Tekan dan Porositas. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 10(3), 1–10.
- Ziegler, D., Formia, A., Tulliani, J. M., & Palmero, P. (2016). *Environmentally-friendly dense and porous geopolymers using fly ash and rice husk ash as raw materials*. *Materials*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/ma9060466>