



ISSN : 2355-617X
E-ISSN : 2828-1160

Jurnal Ilmiah Bering

Editor Office : PPPM Institut Teknologi Pagar Alam

Jl. Masik Siagim No 75 Simpang Mbacang, Pagar Alam, SUM-SEL, Indonesia

Phone : 0852-9064-2110

Email : itpaberings89@gmail.com

PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH LAS KARBIT TERHADAP KARAKTERISTIK MORTAR GEOPOLYMER ABU SEKAM PADI

Az'ziadah Tuzzahra

Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Pagar Alam¹²

Jalan Masik Siagim No.75 Simpang Mbacang Kec.Dempo Tengah Kota Pagar Alam

Sur-el : your1@mail¹, your2@mail²

Abstrak: Pagar Alam merupakan salah satu wilayah di Provinsi Sumatera Selatan yang sebagian besar penduduknya bermata pencarian sebagai petani kopi dan padi. Proses penggilingan padi di daerah ini menghasilkan limbah berupa sekam atau kulit gabah, yang jumlahnya berkisar antara 20 hingga 30% dari total gabah yang digiling. Selain bertani, banyak warga Pagar Alam juga menjalankan usaha, salah satunya adalah bengkel las karbit. Diperkirakan, setiap bengkel dapat menghasilkan limbah karbit sekitar 1 hingga 2 kg per hari. Dalam jangka waktu setahun, limbah ini menumpuk dalam jumlah besar dan umumnya dibuang langsung ke lingkungan tanpa proses pengolahan, suatu praktik yang dikenal sebagai illegal dumping. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan konsentrasi molaritas sebesar 16 M. Dengan perbandingan prekursor limbah las karbit dan abu sekam padi masing-masing 50:50, 75:25 dan 25:75. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Kuat tekan tertinggi didapat pada mortar umur 28 hari dengan kandungan 75% limbah las karbit (Z2) dengan nilai 13,73 Mpa. Hal ini dipengaruhi karena faktor reaksi pengikatan terjadi lebih cepat antara kalsium oksida yang tinggi pada limbah las karbit yang bereaksi dengan NaOH dan Na₂SiO₃. Kuat tekan terendah terjadi pada mortar umur 3 hari dengan kandungan 25% limbah las karbit (Z3) dengan nilai 2,8 Mpa. Dan untuk berat jenis tertinggi juga didapat pada mortar umur 28 hari dengan kandungan 75% limbah las karbit (Z2) dengan nilai 1,82 gr/cm³. Hal ini dipengaruhi oleh penambahan kadar limbah las karbit, semakin banyak kadar limbah las karbit maka berat jenis semakin meningkat. Dan untuk berat jenis terendah terjadi pada mortar umur 3 hari dengan kandungan 25% limbah las karbit (Z3) dengan nilai 2,8 gr/cm³.

Kunci Utama: Mortar Geopolimer, Limbah Las Karbit, Abu Sekam Padi, Kuat Tekan

Abstract: Pagar Alam is one of the areas in South Sumatra where the majority of the population works as coffee and rice farmers, where rice milling always produces waste in the form of rice husks or rice husks which amount to 20-30% of the rice. In addition, many Pagar Alam residents also work as entrepreneurs, one of which is opening a carbide welding workshop, where it is estimated that in one day a welding workshop will produce 1 to 2 kg of carbide waste, so in a matter of years quite a lot of carbide waste produced is wasted and the method of disposal is directly into the environment without processing or does not meet the requirements called illegal dumping. The research method used is the experimental method with a molarity concentration of 16 M. With a comparison of carbide welding waste precursors and rice husk ash of 50:50, 75:25 and 25:75 respectively. Compressive strength testing was carried out at the ages of 3, 7, 14, 21 and 28 days. The highest compressive strength was obtained in mortar aged 28 days with a content of 75% carbide welding waste (Z2) with a value of 13.73 Mpa. This is influenced by the

binding reaction factor occurring faster between the high calcium oxide in the carbide welding waste which reacts with Naoh and Na₂SiO₃. The lowest compressive strength occurred in mortar aged 3 days with a content of 25% carbide welding waste (Z3) with a value of 2.8 Mpa. And for the highest specific gravity was also obtained in mortar aged 28 days with a content of 75% carbide welding waste (Z2) with a value of 1.82 gr/om. This is influenced by the addition of carbide welding waste content, the higher the content of carbide welding waste, the higher the specific gravity. And for the lowest specific gravity occurred in mortar aged 3 days with a content of 25% waste carbide welding (Z3) with a value of 2.8 gr/cm²

Keywords : *(Geopolymer Mortar, Carbide Welding Waste, Rice Husk Ash. Compressive Strength)*

1. PENDAHULUAN (Font 12)

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling umum digunakan saat ini. Pada beton konvensional, semen portland berfungsi sebagai komponen pengikat utama. Seiring dengan meningkatnya pembangunan infrastruktur, kebutuhan akan semen pun turut meningkat. Namun, proses produksi semen menghasilkan emisi karbon dioksida dalam jumlah besar yang sebanding dengan volume produksinya, sehingga berkontribusi terhadap pencemaran udara. Kondisi inilah yang mendorong munculnya gagasan untuk mencari bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan sebagai pengganti semen dalam campuran beton. (Gandina & Setiyarto, 2020)

Geopolimer adalah jenis beton alternatif yang memanfaatkan bahan-bahan seperti abu terbang (fly ash), abu kulit padi (rice husk ash), serta material lain yang kaya akan kandungan silika dan aluminium sebagai substitusi semen portland. (Gandina & Setiyarto, 2020)

Banyak negara mulai meneliti dan mencari geopolimer karena mudah dibuat, ramah lingkungan, dan bermanfaat di banyak industri material seperti semen, isolator, campuran beton, keramik, binder, dan sebagainya. Komponen utama pembentuk geopolimer adalah senyawa anorganik berupa silika (Si) dan aluminium (Al), yang dikombinasikan dengan reaktan alkali sebagai bahan pengikat.

Limbah karbit merupakan jenis limbah yang termasuk dalam kategori Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), yang dihasilkan dari reaksi antara karbit dan air saat proses pembuatan gas asetilena. Mengacu pada lampiran Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 mengenai Pengelolaan Limbah B3, limbah ini tergolong sebagai limbah B3 dari sumber spesifik dengan kode B356-1, dan termasuk jenis limbah berbahaya yang berpotensi menimbulkan dampak dalam jangka panjang. (Finnysia Aprida et al., 2018).

Komposisi kimia limbah karbit termasuk CaO 60%, SiO₂ 1,48%, Fe₂O₃ 0,09%, dan Al₂O₃ 9,07%. Dalam penelitian yang sama, diketahui bahwa kalsium, yang berasal dari batu kapur, adalah unsur utama yang membentuk semen. (Finnysia Aprida et al., 2018).

Meskipun sekam padi mudah didapat dan berbiaya rendah, pemanfaatannya masih terbatas, padahal memiliki potensi sebagai bahan baku dalam berbagai sektor agroindustri. Selain digunakan untuk bahan bakar, abu sekam padi juga bisa dimanfaatkan untuk pembuatan kertas karbon, baterai, arang, dan produk lainnya. Karena memiliki aktivitas pozzolanik yang tinggi, abu dari sekam padi memiliki kualitas yang lebih unggul dibandingkan dengan slag, fly ash, maupun fume silica. Pada penelitian lain menunjukkan

bahwa abu sekam padi bisa digunakan sebagai bahan tambahan dalam material bangunan. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa kandungan silika (SiO_2) dalam abu sekam padi mencapai 93,5%, sehingga berpotensi sebagai substitusi semen. (Finnysia Aprida et al., 2018).

Pagar Alam merupakan salah satu daerah di Provinsi Sumatera Selatan, di mana mayoritas penduduknya bermata pencaharian sebagai petani kopi dan padi. Dalam proses penggilingan padi, dihasilkan limbah berupa sekam atau kulit gabah yang jumlahnya mencapai sekitar 20–30% dari total gabah yang diolah. Selain itu, banyak masyarakat Pagar Alam yang juga menjalankan usaha di sektor non-pertanian, salah satunya adalah usaha bengkel las karbit. Diperkirakan setiap bengkel las menghasilkan limbah karbit sekitar 1 hingga 2 kg per hari. Jika dihitung dalam skala tahunan, jumlah limbah tersebut menjadi cukup besar dan umumnya dibuang langsung ke alam tanpa melalui proses pengolahan, yang termasuk dalam kategori pembuangan ilegal (illegal dumping). Berdasarkan permasalahan lingkungan akibat limbah las karbit tersebut, Peneliti berminat untuk melaksanakan penelitian dengan judul "Pengaruh Substitusi Limbah Las Karbit Terhadap Karakteristik Mortar Geopolymer Abu Sekam Padi."

2. METODE PENELITIAN (Font 12)

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang bertempat di laboratorium struktur Institut Teknologi Pagar Alam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh substitusi limbah las karbit terhadap sifat-sifat mortar geopolimer berbasis abu sekam padi, dengan rasio larutan NaOH : Na_2SiO_3 sebesar 1 : 1. Dalam penelitian ini, limbah las karbit dan abu sekam padi digunakan sebagai bahan tambahan pada mortar geopolimer. Rasio antara prekursor dan aktivator ditetapkan sebesar 1 : 0,6, dengan tiga variasi komposisi prekursor limbah las karbit dan abu sekam padi, yaitu 50:50, 25:75, dan 75:25. Larutan alkali yang digunakan memiliki konsentrasi 16 M, Serta pengujian mortar dilaksanakan pada usia 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

2.1 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium institut teknologi pagaralam, dengan tujuan utama menguji kekuatan tekan mortar geopolimer. Tahapan awal mencakup penyiapan bahan-bahan utama pembentuk mortar, seperti abu sekam padi, larutan aktivator alkali (NaOH dan Na_2SiO_3), serta pasir sebagai agregat halus. Selanjutnya, dilakukan evaluasi terhadap mutu dari masing-masing bahan penyusun campuran mortar tersebut.

2.2 Mix Design

Proses pembuatan mortar geopolimer diawali dengan penimbangan bahan-bahan yang dicampur sesuai dengan rancangan campuran (mix design). Dalam penelitian ini, variabel tetap yang digunakan meliputi perbandingan larutan NaOH terhadap Na_2SiO_3 sebesar 1:1, serta rasio antara prekursor dan aktivator sebesar 1:0,6. Konsentrasi larutan NaOH yang digunakan adalah 16 M. Penelitian ini menggunakan tiga variasi perbandingan substitusi antara limbah las karbit dan abu sekam padi, yaitu 50:50, 25:75, dan 75:25. Setiap sampel mortar geopolimer dibentuk dalam bentuk kubus dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm. Total sampel uji yang akan dibuat berjumlah 45, dengan berat masing-masing campuran sebesar 200 gram.

Tabel 1. Komposisi Campuran Mortar

Kode	Prekursor (g)		Aktivator (g)		Agregat	Konsentrasi	Jumlah
	LK	ASP	Na ₂ SiO ₃	NaOH	Halus	Molaritas	Sample
Z1	41,65	41,65	25	25	66,7	16	3
Z2	62,475	20,825	25	25	66,7	16	3
Z3	20,825	62,475	25	25	66,7	16	3

2.3 Perawatan (Curing)

Proses perawatan (curing) bertujuan untuk mencegah timbulnya panas hidrasi yang berlebihan, khususnya akibat pengaruh suhu. Karakteristik mortar yang dihasilkan, terutama kekuatannya, sangat dipengaruhi oleh alat, bahan, serta metode yang digunakan selama proses curing. Selain itu, durasi atau lamanya waktu perawatan juga memainkan peran penting. Oleh karena itu, jadwal curing perlu direncanakan dan dikelola dengan baik.

2.4 Pengujian Berat Jenis

Berat jenis merupakan massa suatu benda uji yang dihitung berdasarkan volumenya. Pengujian berat jenis dilakukan sebelum uji kuat tekan dilaksanakan. Prosedur dimulai dengan melepaskan benda uji dari pembungkus plastik, lalu dijemur selama 5 jam guna memastikan waktu pengeringan yang seragam sehingga seluruh permukaan benda uji berada dalam kondisi kering yang konsisten. Setelah proses pengeringan selesai, masing-masing benda uji ditimbang menggunakan timbangan digital, dan hasil berat yang ditampilkan dicatat untuk setiap sampel.

2.5 Pengujian Kuat Tekan

Tahap pengujian kuat tekan mortar dilakukan setelah menyelesaikan pengujian benda uji dan pengujian berat jenis. Pengujian dilaksanakan pada usia benda uji yaitu pada hari ke-3, 7, 14, 21, dan 28. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana mortar mampu menahan beban tekan maksimum. Proses pengujian diawali dengan mengeluarkan benda uji berbentuk kubus dari plastik pembungkusnya. Selanjutnya, sampel ditempatkan pada mesin uji kuat tekan mortar. Mesin kemudian dijalankan secara perlahan hingga memberikan tekanan pada sampel. Hasil kuat tekan tiap sampel dicatat, kemudian benda uji dikeluarkan dari alat pengujian.

3. HASILDAN PEMBAHSAN (Font 12)

3.1 Pengujina Agregat Halus

a. Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kandungan lumpur pada agregat halus dilakukan untuk mengetahui presentase (%) jumlah lumpur yang terdapat dalam material tersebut. Berdasarkan hasil pengujian, volume endapan lumpur yang diperoleh sebesar 1 ml, dengan persentase kandungan lumpur dalam agregat halus mencapai 2,5%. dapat dilihat pada gambar 4.1.

Aquades = 100 ml

Pasir = 40 ml

Asal = Sungai Lematang PagarAlam

Volume Endapan = 1 ml

kadar lumpur pada agregat halus = $\frac{1}{40} \times 100 = 2,5\%$

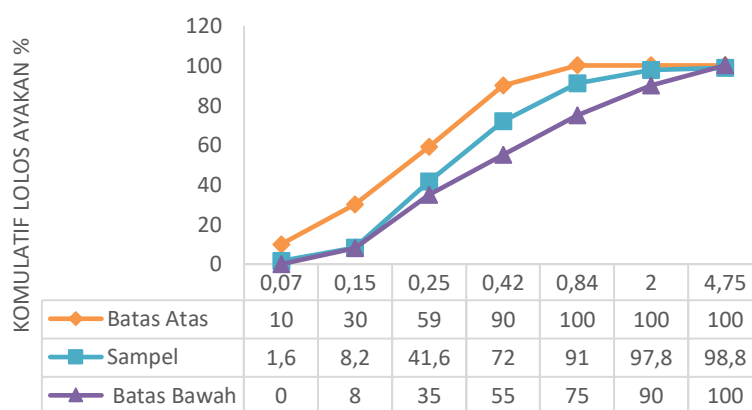


Gambar 1 Pengujian kadar lumpur

Berdasarkan standar (SK SNI S-04-1989-F), hasil pengujian terhadap kandungan lumpur pada agregat halus menunjukkan nilai sebesar 2,5%. Dimana hasil pengujian agregat menunjukkan <5%, sehingga agregat halus dapat digunakan dalam pembuatan campuran mortar.

b. pengujian Gradasi Agregat Halus

Pemeriksaan gradasi agregat halus dilakukan untuk mengidentifikasi dan menentukan distribusi ukuran butiran agregat tersebut.serta menghitung nilai modulus kehalusan agregat tersebut. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 2,89. Mengacu pada standar SNI 03-1750-1990, nilai modulus kehalusan agregat halus yang diperbolehkan berada dalam kisaran 1,50 hingga 3,80. Dengan demikian, agregat yang diuji memenuhi syarat untuk digunakan dalam campuran mortar. Jenis pasir yang digunakan, yaitu pasir Lematang, termasuk dalam zona 2, yang dikategorikan sebagai pasir bergradasi sedang



Gambar 2 Pengujian Gradasi Saringan Agregat

c. Berat Jenis Agregat

Pengujian berat jenis agregat halus dilakukan untuk memperoleh nilai berat jenis pasir Lematang yang dipakai dalam penelitian ini. Pelaksanaan pengujian mengikuti ketentuan dalam standar SNI

1969:2008, rentang berat jenis yang disarankan untuk agregat halus adalah antara 2,40 hingga 2,90 g/cm³. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pasir Lematang memiliki berat jenis sebesar 2,62 g/cm³. Oleh karena itu, pasir sungai Lematang dinilai sesuai dan layak digunakan sebagai bahan campuran dalam mortar.

1. Pengujian Berat Jenis Prekursor

a. Pengujian Berat Jenis Limbah las Karbit

$$\begin{aligned} G_s &= \frac{W_t}{W_5 - W_3} \\ &= \frac{10}{179,4 - 174,8} \\ &= 2,17 \end{aligned}$$

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat jenis Limbah Las Karbit adalah 2,17 g/cm³.

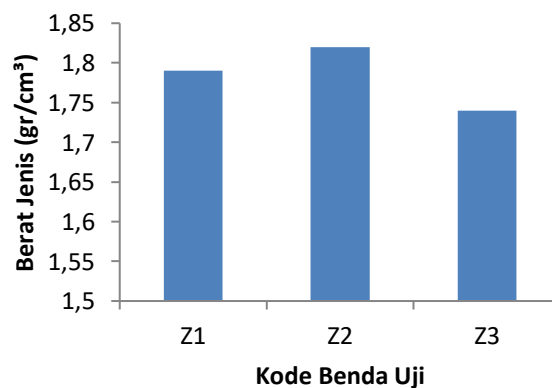
b. Pengujian Berat Jenis Abu Sekam Padi

$$\begin{aligned} G_s &= \frac{W_t}{W_5 - W_3} \\ &= \frac{10}{177,9 - 172,8} \\ &= 1,96 \end{aligned}$$

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat jenis Abu Sekam Padi adalah 1,96 g/cm³.

3.2 Pengujian Berat Jenis Mortar Geopolimer

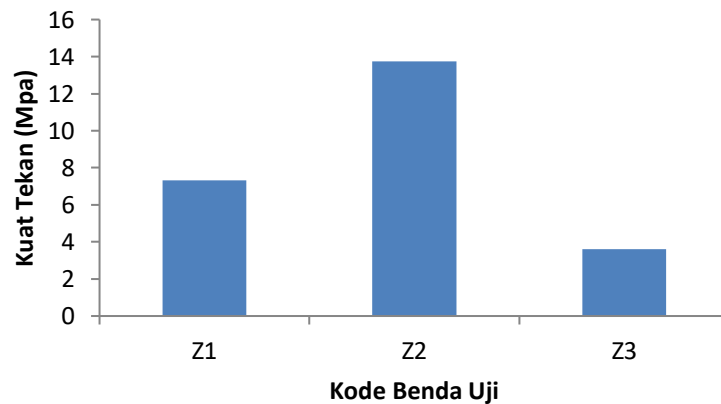
Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan peningkatan berat jenis pada mortar dengan kandungan persentase limbah las karbit yang lebih banyak, Seiring penambahan persentase limbah las karbitnya maka berat mortar akan bertambah.



Gambar 3 Berat Jenis Mortar pada 28 Hari

3.3 Pengujian Kuat Tekan Mortar Geopolimer

Dari hasil pengujian pada Gambar 4 terlihat kuat tekan semakin tinggi pada mortar yang mengandung lebih banyak limbah las karbit, semakin tinggi persentase limbah las karbit maka semakin meningkatnya kuat tekan mortar.



Gambar 4 Kuat Tekan Mortar Umur 28 Hari

4. SIMPULAN (Font 12)

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan Kuat tekan tertinggi didapat pada mortar umur 28 hari dengan kandungan 75% limbah las karbit (Z2) dengan nilai 13,73 Mpa. Hal ini dipengaruhi oleh faktor reaksi pengikatan terjadi lebih cepat antara kalsium oksida yang tinggi pada limbah las karbit yang bereaksi dengan Naoh dan Na₂SiO₃. Sedangkan kuat tekan paling rendah terjadi pada mortar umur 3 hari dengan kandungan 25% limbah las karbit (Z3) dengan nilai 2,8 Mpa. Semakin sedikit persentase limbah las karbit maka semakin berkurangnya kuat tekan mortar. Berat jenis tertinggi didapat pada mortar umur 28 hari dengan kandungan 75% limbah las karbit (Z2) dengan nilai 1,82 gr/cm³. Hal ini dipengaruhi oleh penambahan kadar limbah las karbit, semakin banyak kadar limbah las karbit maka berat jenis semakin meningkat, karena berdasarkan pengujian berat jenis limbah las karbit memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibanding dengan berat jenis abu sekam padi. Sedangkan berat jenis paling rendah terjadi pada mortar umur 3 hari dengan kandungan 25% limbah las karbit (Z3) dengan nilai 1,58 gr/cm³.

DAFTAR RUJUKAN

- Amir, F. (2010). Pengujian Mortar Mutu Tinggi Sebagai Bahan Perkuatan Beton. *Mektek*, 88–96.
- Aninda, D., Wulansari, P. A., A, M. F., Kusumastuti, D. R., & Triwardaya, T. (2019). Kajian Eksperimental Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Limbah Las Karbit Pada Mortar. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 24(1), 33. <https://doi.org/10.32497/wahanats.v23i1.1605>
- Denie, C., & Firdaus. (2021). Analisa Pengaruh Aktivator Kalium Dan Kondisi Material Pada Beton Geopolymer Dari Limbah B3. *Jurnal Rekayasa*, 11(01), 1–16.

- Fajri, Sariyusda, Bakhtiar, Fauzi, & Amru. (2021). Penerapan Mortar Geopolimer Ringan Berbasis Fly Ash PLTU Pangkalan Susu dengan Penambahan EPS untuk Elemen Non Struktural. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 5(1), 185–189. <https://panca-cipta.com/>
- Felix Wijaya, M., Olivia*, M., & Saputra, E. (2019). Kuat Tekan Mortar Geopolimer Abu Terbang Hybrid menggunakan Semen Portland. *Jurnal Teknik*, 13(1), 60–68. <https://doi.org/10.31849/teknik.v13i1.2914>
- Finnysia Aprida, L., Dermawan, D., Bayuaji, R., Studi Teknik Pengolahan Limbah, P., & Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, J. (n.d.). *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*.
- Gandina, N. L., & Setiyarto, Y. D. (2020). Studi Eksperimental Beton Geopolimer Dengan Memanfaatkan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Dan Serat Mat Sebagai Aditif. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 1(1), 26–36. <https://doi.org/10.34010/crane.v1i1.4181>
- Hardika, C. Y., & Wardhono, A. (2018). Pengaruh Penambahan Variabel Molaritas NaOH Sebesar 10 Molar pada Kondisi SS/SH 1.0 dan 3.0 Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolymer Berbahan Dasar Fly Ash. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(1), 1–16.
- Hartono, E., Rofi'ah, S., & Hemeto, D. (2009). Penggunaan Campuran Abu Sampah Organik dan Limbah Karbit sebagai Bahan Pengganti Semen pada Mortar. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 12(1), 86–91. <https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/download/757/902>
- Hikmah, P. N., Nurjaya, D. W. I. M., Sumarno, A., & Ash, R. H. (2024). *Jurnal Teknologi Lingkungan Pengaruh Rasio Campuran Abu Sekam Padi dan Zeolit terhadap Waktu Ikut , 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.
- Khoiriyah, N. L., & Maisytoh, P. (2016). Karakteristik Mortar Geopolimer Dengan Perawatan Oven Pada Berbagai Variasi Waktu Curing. *Jurnal Poli-Teknologi*, 15(1). <https://doi.org/10.32722/pt.v15i1.787>
- Manuahe, R., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash). *Jurnal Sipil Statik*, 2(6), 277–282.
- Maria Lestari, E., & Nasrullah, A. (2021). Pengaruh Konsentrasi Larutan Naoh Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer Abu Sekam Padi. *Jurnal Ilmiah Bering'S*, 8(01), 1–6. <https://doi.org/10.36050/berings.v8i01.298>
- Muhammad Fikrie Haikal, A., & herlina, L. (2023). Pengaruh Kalsium Oksida Dan Boraks Terhadap Waktu Ikut Beton Geopolimer Berbasis Dasar Fly Ash Effect of Calcium Oxide

- and Borax on Base Time of Fly Ash Based Geopolymer Concrete. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Terbangun Berkelanjutan*, 01(02), 336–340.
- Panjaitan, P. E., & Herlina, L. (2020). Review Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Karakteristik Kuat Tekan Beton Geopolimer. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 03(02), 65–79. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v3i2.858>
- Pascasari, A., Wahyuni, A. S., Islam, M., Gunawan, A., & Afrizal, Y. (2021). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Pada Terhadap Kuat Tekan Mortar. *Jurnal Inersia*, 13(2), 84–88.
- Pratama, Z., & Nasrullah, A. (2020). Analisis Durabilitas Mortar Geopolimer Abu Sekam Padi Terhadap Asam Sulfat. *Jurnal Ilmiah Bering'S*, 7(01), 1–6. <https://doi.org/10.36050/berings.v7i1.248>
- Putra, A. K., Wallah, S. E., & Dapas, S. O. (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>
- Sandya, Y., Prihantono, & Musalamah, S. (2019). Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Geopolimer. *Educ. Build. J. Pendidik. Tek. Bangunan Dan Sipil*, 5(2), 59–63.
- SNI- 03-1970-2008. *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. BSN, 2008. P. 1-8.
- SNI- 03-6821-2002. *Cara Uji Kadar Lumpur Agregat Halus*. BSN, 2002. P. 1-7.
- SNI 03-2834-2000. *Metode Pengujian Gradasi Agregat Halus* BSN, 2000 P. 1-7.
- SNI 2816-2018. *Metode Pengujian Kadar Organik* BSN, 2018 P. 1-8.