

Pengaruh Pemanfaatan Limbah Abu Kulit Jagung sebagai Pengganti Semen terhadap Kuat Tekan Mortar

The Influence of Utilizing Corn Husk Ash Waste as a Cement Replacement on the Compressive Strength of Mortar

Trisnawathy^{1,a)}, Ashari Ibrahim²⁾, Nugrah Putri³⁾, Valeria Angelica Barrythia⁴⁾

^{1,2,3,4)}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang

Koresponden : ^{a)}trisnawathy.nasir@poliupg.ac.id

ABSTRAK

Sejalan dengan perkembangan zaman dan teknologi, banyak dikaji penelitian mengenai pemanfaatan limbah sekitar sebagai alternatif pengganti material konstruksi dalam upaya mengurangi pencemaran lingkungan, salah satunya tanaman jagung. Dari hasil uji kandungan kimia terhadap kulit jagung yang telah melalui proses pengabuan, diketahui bahwa terdapat kandungan SiO_2 sebesar 13,44%, dimana kandungan tersebut dimiliki juga oleh semen portland yang menjadi bahan pengikat. Penelitian ini berfokus pada pengaruh pemanfaatan limbah abu kulit jagung sebagai pengganti sebagian semen dengan membandingkan besarnya kuat tekan mortar menggunakan variasi 0%, 2%, 5%, 10% dari volume semen. Sampel mortar berukuran 5x5x5 cm dengan masing-masing variasi menggunakan 30 sampel benda uji. Kulit jagung yang digunakan merupakan jenis jagung manis yang berasal dari kabupaten Luwu Utara. Metode pengabuan yang digunakan pada kulit jagung yaitu metode pembakaran yang kemudian disaring menggunakan saringan no. 100. Diperoleh kekuatan tekan mortar pada usia 28 hari dengan variasi 0%, 2%, 5%, dan 10% menunjukkan kuat tekan rata-rata berturut-turut sebesar 15,32 MPa, 13,10 MPa, 9,70 MPa, dan 11,27 MPa. Semakin besar persentase abu kulit jagung sebagai pengganti sebagian semen menyebabkan penurunan kekuatan tekan mortar.

Kata Kunci: Mortar, Kuat tekan, Abu Kulit Jagung

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Semakin maju teknologi, pembangunan infrastruktur semakin mengalami kemajuan pesat khususnya bangunan-bangunan fasilitas umum. Sejalan dengan hal tersebut, inovasi terhadap bahan-bahan material tentu semakin beragam salah satunya pada material yang berbahan dasar mortar.

Di dunia ketekniksipil kita sudah banyak melihat penelitian-penelitian mengenai pemanfaatan limbah sekitar

sebagai alternatif untuk mengurangi pencemaran lingkungan dari sampah-sampah. Penggunaan limbah pada mortar tentunya harus tetap sejalan dengan aturan-aturan dasar dalam pembuatan mortar.

Mortar merupakan suatu material yang berperan penting dalam bidang konstruksi. Semakin besar penggunaan mortar pada suatu bidang konstruksi akan meningkatkan penggunaan semen. Namun hal tersebut dapat diatasi dengan pemanfaatan limbah yang bersumber dari tanaman salah satunya adalah tanaman jagung.

Jagung adalah hasil pangan terbesar kedua setelah beras. Dengan demikian, terjadi peningkatan limbah salah satunya yaitu kulit jagung. Seperti yang kita ketahui bahwa pengolahan limbah sampah sangat penting demi menjaga kelestarian lingkungan.

Pemanfaatan limbah kulit jagung sebagai bahan pengganti semen ini didukung dengan beberapa faktor salah satunya kandungan silika yang dimilikinya cukup besar. Dilansir dari penelitian terdahulu, hasil XRF abu kulit jagung memiliki kandungan SiO₂ sebesar 47,40% (Wika Wijawati, 2016). Dengan demikian, limbah abu kulit jagung dapat dijadikan sebagai bahan alternatif pengganti semen.

TINJAUAN PUSTAKA

Mortar

Mengacu pada SNI 03-6825-2002, mortar merupakan campuran material konstruksi yang terdiri dari agregat halus dengan bahan perekat berupa tanah liat, kapur, semen portland) dan air dengan komposisi tertentu. Berdasarkan jenis bahan ikatnya dibedakan sebagai mortar kapur, mortar lumpur, mortar semen dan mortar khusus.

Mortar berperan sebagai perekat yang meningkatkan kekuatan ikatan antara elemen-elemen penyusun suatu konstruksi. Ketahanan mortar dipengaruhi oleh kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halus. Secara keseluruhan, mortar memiliki kontribusi struktural yang relatif kecil

Tipe-Tipe Mortar

Berdasarkan BSN (2002) tentang SNI 03-6882-2002 mortar dibagi menjadi lima tipe seperti tampak pada Tabel 1

Tabel 1. Tipe Mortar

Jenis	Kekuatan	Penggunaan
Mortar M	17,2 MPa	pasangan bertulang dan tidak bertulang dengan beban tekan besar.
Mortar S	12,5 MPa	struktur dengan beban tekan normal yang memiliki kontak langsung dengan tanah, seperti pondasi, saluran drainase, serta dinding penahan tanah
Mortar N	5,2 MPa	konstruksi non structural seperti dinding interior ataupun eksterior.
Mortar O	2,4 MPa	dinding penahan interior serta eksterior yang tidak menahan beban struktur dan menjadi beku dalam keadaan jenuh.
Mortar K	< 2,4 MPa	konstruksi bangunan lama seperti mortar kapur.

Sifat-Sifat Mortar

Sifat-sifat mortar diuraikan sebagai berikut :

a Keawetan

Kemampuan mortar untuk tetap bertahan sesuai dengan kondisi rencana Dimana mortar tahan terhadap korosi pada durasi waktu tertentu. Untuk mencapai hal ini, nilai faktor air-semen (fas) dibatasi serta penetapan dosis terkecil pada kondisi lingkungan.

b Kuat tekan

Merupakan kemampuan mortar dalam menahan beban atau gaya mekanis hingga mencapai titik kegagalan. Besarnya kekuatan tekan mortar diperoleh melalui pengujian standar, di mana mesin uji digunakan untuk memberikan beban tekan secara bertahap dengan kecepatan tertentu hingga benda uji mengalami retak atau hancur

c Modulus elastisitas

Nilai modulus elastisitas mortar diperoleh dengan perbandingan antara kuat tekan mortar dan regangan yang terjadi.

d Kelecekan

Kelecekan adalah karakteristik adukan mortar yang dipengaruhi oleh kemudahan dalam proses pencampuran, pengangkutan, pemadatan, dan finishing. Dengan kata lain, kelecekan menggambarkan tingkat kemudahan kerja yang diperlukan untuk mencapai kompaksi penuh.

Keunggulan dan Kelemahan Mortar

1. Keunggulan :

- a Campuran mortar mudah dalam pengangkutan dan pencetakan sesuai bentuk yang diperlukan.
- b Kekuatan tekan mortar saat dipadukan bersama baja tulangan akan meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan beban yang berat

c Dalam aplikasi tertentu, mortar dapat disemprotkan atau dipompakan ke lokasi yang diinginkan

d Memiliki ketahanan yang baik, tidak mudah busuk, dan tidak mengalami pelapukan.

2. Kelemahan mortar

a Agar diperoleh mortar dengan kekuatan tekan yang besar, diperlukan adukan dengan komposisi yang tepat antara semen, pasir, dan air.

b Pada daerah tertentu, diperlukan ketelitian dalam menentukan komposisi campuran serta penambahan bahan aditif agar mencapai kualitas yang diinginkan.

c Mortar memiliki kuat tarik yang rendah, sehingga perlu diperkuat dengan baja tulangan, seperti pada pondasi pancang.

d Agar memperoleh mortar dengan kuat tekan yang tinggi, diperlukan pencampuran yang tepat antara semen, pasir, dan air dalam komposisi yang sesuai

e Karena memiliki kuat tarik yang rendah, diperlukan penambahan baja tulangan, seperti pada pondasi pancang.

Bahan Penyusun Mortar

1. Air

Air memiliki peran penting dalam pembentukan pasta semen, yang memengaruhi *workability*, kekuatan, susut, dan keawetan mortar. Pada prinsipnya, semen hanya memerlukan sekitar 25% air dari total bobotnya untuk proses hidrasi. Jika jumlah air yang digunakan kurang dari 25%, maka campuran akan menjadi kering dan *workability* tidak dapat tercapai.

2. Agregat halus

Agregat halus merupakan agregat yang lolos saringan 4,8 mm (Zuraidah et al, 2007). Agregat halus disyaratkan

dalam SK SNI 03-6821-2002 sebagai berikut:

- a Kandungan lumpur maksimum dalam agregat halus dibatasi hingga 5%.
 - b Material organik dalam agregat halus dibatasi yang dapat dibuktikan melalui uji warna Abrams-Harder menggunakan larutan NaOH.
 - c Agregat halus harus terdiri dari berbagai ukuran dengan memenuhi persyaratan sebagai berikut:
 - Menyisakan 2% dari berat di atas ayakan 4 mm.
 - Menyisakan 10% dari berat di atas ayakan 1 mm.
 - Menyisakan 80%-95% dari berat di atas ayakan 0,25 mm
3. Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang diperoleh melalui penggilingan klinker, yang sebagian besar terdiri dari silikat kalsium bersifat hidrolis, ditambah dengan gips sebagai bahan tambahan. Sifat hidrolis semen Portland disebabkan oleh kandungan kalsium silikat dan kalsium sulfat yang bereaksi cepat dengan air. Di Indonesia, standar mutu yang digunakan mengacu pada SII.0013-81, "Mutu dan Cara Uji Semen Portland," sebagaimana tercantum dalam SNI 03-3449-2004.

4. Kulit jagung mengandung silika yang berpotensi digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan SiO_2 . Penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi SiO_2 dari abu kulit jagung menggunakan dua metode, yaitu metode sol-gel dan metode leaching. Karakterisasi dilakukan menggunakan XRF, FTIR, dan XRD.

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa berdasarkan analisis XRF, kandungan SiO_2 dalam abu kulit jagung mencapai 47,40%, jauh lebih tinggi dibandingkan kulit jagung asli yang hanya mengandung 0,765% SiO_2 .

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat:

1. Preparasi bahan : Blender kering, saringan/ayakan, dan panci.
2. Pembuatan sampel : Mesin pengaduk, meja leleh, stopwatch, cetakan kubus benda uji, sendok perata, timbangan digital, gelas ukur, alat pemadat, dan mistar baja.
3. Pengujian kuat tekan : Mesin tekan, kain majun, dan timbangan digital.

Bahan:

- Semen Portland Cement Composite (PCC)
- Abu kulit jagung jenis jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt) dari daerah Luwu Utara. A
- Agregat halus berasal dari bendungan Bili-Bili.

Metode pengabuan pada kulit jagung dilakukan dengan cara pembakaran dengan variasi penggunaan abu kulit jagung diantaranya:

- Variasi 1 = 0%
- Variasi 2 = 2%
- Variasi 3 = 5%
- Variasi 4 = 10%

Cara uji kuat tekan mortar berpatokan pada SNI 03-6825-2002 pada usia mortar 28 hari. Komposisi campuran mortar menggunakan perbandingan 1 PCC : 3 PP.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian secara singkat dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Preparasi dan Pengabuan Kulit Jagung

Persiapan abu kulit jagung melalui tahapan berikut:

1. Limbah kulit jagung dari Kabupaten Luwu Utara yang telah dipisahkan dari tongkolnya dikumpulkan
2. Kulit jagung dicuci untuk menghilangkan kotoran dan debu. Setelah itu, kulit jagung di jemur di bawah sinar matahari.
3. Kulit jagung dipotong menjadi bagian-bagian kecil untuk memudahkan proses pengabuan.
4. Pengabuan dilakukan dengan metode pembakaran tidak langsung menggunakan panci

sebagai wadah perantara, selama 30 sampai 60 menit. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kadar organik dari kulit jagung.

5. Setelah kulit jagung kering, haluskan atau hancurkan menjadi bubuk atau abu menggunakan blender kering.
6. Agar lebih halus, kulit jagung disaring dengan menggunakan ayakan 100 mesh.

Pembuatan Sampel Penelitian

Pembuatan sampel mortar dapat dilakukan dengan tahapan:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
2. Mencampurkan air dan semen dalam mesin pengaduk selama 30 detik dengan kecepatan putaran 140 ± 5 putaran per menit.
3. Agregat halus atau pasir dimasukkan sedikit demi sedikit kedalam mesin pengaduk dengan kecepatan yang sama selama 30 detik dan dengan kecepatan 285 ± 5 putaran per menit pada 30 detik berikutnya.
4. Pengadukan dihentikan dan campuran mortar didiamkan selama 75 detik dalam mesin pengaduk.
5. Pengadukan diulang selama 60 detik dengan kecepatan 285 ± 5 putaran per menit.
6. Pengujian konsistensi normal mortar dengan percobaan leleh menggunakan alat meja leleh dan cincin leleh
7. Ulangi pekerjaan 1) sampai dengan 6) hingga diperoleh diameter rata-rata (d_r) = 1,00-1,15 kali diameter semula (d_s) maka tahap selanjutnya adalah pencetakan mortar. Pengisian cetakan mortar dilakukan sebanyak 2 (dua) lapis dan setiap lapis dipadatkan 23 kali dengan 4 kali putaran dalam 10 detik.
8. Langkah 1 sampai dengan 7 dilakukan berulang sebanyak jumlah variasi penambahan abu kulit jagung dengan persentase berikut.

Tabel 2. Persentase Abu Kulit Jagung dan Jumlah Sampel

Variasi	Persentase Abu Kulit Jagung	Jumlah Sampel
1	0%	30 buah
2	2%	30 buah
3	5%	30 buah
4	10%	30 buah
Jumlah		120 buah

ANALISIS PENELITIAN

Hasil Pengujian Karakteristik Abu Kulit Jagung

Pengujian karakteristik yang dilakukan pada abu kulit jagung adalah pengujian berat volume dan pengujian karakteristik kandungan pada abu kulit jagung. Hasil pengujian karakterisasi kandungan abu kulit jagung dengan menggunakan metode SEM-EDS dapat dilihat Tabel 3.

Dari hasil pengujian karakteristik kandungan abu kulit jagung dapat dilihat bahwa abu kulit jagung mengandung beberapa unsur yang juga terkandung pada semen portland. Abu kulit jagung

mengandung silika sebesar 13,44% yang mana pada semen portland juga terkandung sebanyak 17-25% silika, hal ini menunjukkan bahwa kandungan abu kulit jagung jenis jagung manis yang berasal dari luwu utara memiliki kandungan silika yang cenderung lebih rendah.

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Kandungan Abu Kulit Jagung

Unsur	Abu Kulit Jagung (%)
Carbon (C)	74,13
Kalium (K ₂ O)	8,91
Silika (SiO ₂)	13,44
Oksigen (O)	-
Kapur (CaO)	1,99
Magnesia (MgO)	1,53

b. Pengujian berat volume abu kulit jagung

Dari hasil pengujian berat volume abu kulit jagung diperoleh nilai rata-rata dari kondisi padat dan gembur yaitu 0,208 kg/liter, nilai tersebut akan digunakan sebagai perbandingan komposisi untuk menentukan jumlah kebutuhan abu kulit jagung.

Tabel 4. Pengujian Berat Volume Abu Kulit Jagung

Uraian	Simbol	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Berat mould	T (gram)	180,44	180,44
Volume mould	V (liter)	1	1
Berat mould + sampel	G (gram)	387,51	388,92
Berat sampel	M (kg/liter)	0,207	0,208
Berat volume	M (kg/liter)	0,207	0,208
Rata-rata	M (kg/liter)	0,208	

Uji Konsistensi Normal Mortar

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa persentasi air yang memenuhi syarat uji konsistensi normal mortar (100–115% berdasarkan SNI 03-6825-2002) terdapat pada persentasi 60% dari berat semen. Berikut kebutuhan bahan mortar.

Tabel 5. Uji Konsistensi Normal Mortar Komposisi 1:3

Pasir (gr)	PCC (gr)	Air		KN	Ket.
		%	gr		
515.10	146.48	68	99.61	127.45	TM
515.10	146.48	60	87.89	110.54	M

Dari tabel tersebut terlihat bahwa persentase air yang sesuai dengan syarat uji konsistensi normal mortar (100–115% menurut SNI 03-6825-2002) terdapat pada 60% berat semen.

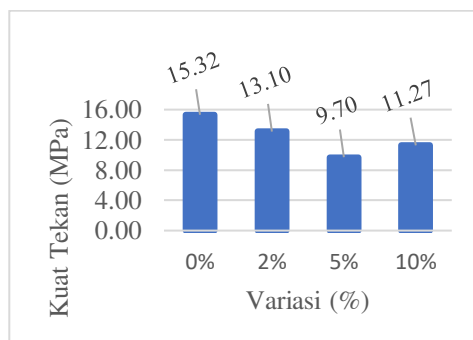
Kuat Tekan

Diperoleh kekuatan tekan mortar pada usia 28 hari untuk mengetahui besarnya kemampuan mortar dalam menerima beban.

Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang. Berikut merupakan hasil pengujian kuat tekan mortar.

Tabel 6. Rekap Hasil Uji Kuat Tekan

Variasi (%)	Jumlah Sampel (buah)	Kuat Tekan (MPa)	Berat Volume (kg/m^3)	Tipe Mortar
0	30	15,32	2177,94	S
2	30	13,10	2175,13	S
5	30	9,70	2144,46	N
10	30	11,27	2134,26	N



Gambar 2 Grafik Hasil Kuat Tekan Rata-Rata Mortar

Dari Gambar 2, diketahui kuat tekan mortar normal dengan penambahan abu kulit jagung 0% memiliki kuat tekan tertinggi dengan 15,32 MPa dan turun pada variasi 2% dan variasi 5%, dan kembali naik pada variasi 10% dengan kuat tekan rata-rata 11,27 MPa. Kuat tekan terendah

dimiliki oleh penambahan abu kulit jagung sebanyak 5% dengan kuat tekan rata-rata 9,70 MPa.

Dilihat dari hasil kuat tekan mortar pada setiap variasi campuran mortar, penggunaan Abu Kulit Jagung sebagai pengganti sebagian semen dapat menurunkan kualitas mortar, semakin tinggi Abu Kulit Jagung yang terkandung pada campuran mortar, maka kuat tekan yang akan dihasilkan akan menurun dari kuat tekan mortar normal.

KESIMPULAN

1. Hasil pengujian karakterisasi untuk mengetahui kandungan pada abu kulit jagung telah diperoleh bahwa, abu kulit jagung mengandung silika (SiO_2) sebanyak 13,44%, kapur (CaO) sebanyak 1,99%, Carbon (C) sebanyak 74,13%, Kalium (K_2O) sebanyak 8,91%, dan Magnesia (MgO) sebanyak 1,53%. Dengan demikian, sebagian kandungan yang ada pada semen Portland juga dimiliki pada abu kulit jagung.
2. Hasil uji kuat tekan mortar dengan penggunaan abu kulit jagung sebagai substitusi sebagian semen dengan variasi 0%, 2%, 5%, dan 10% menghasilkan kuat tekan rata-rata yaitu, pada variasi 0% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 15,32 MPa, pada variasi 2% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 13,10 MPa, pada variasi 5% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 9,70 MPa, dan pada variasi 10% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 11,27 MPa.
3. Adapun perbandingan kuat tekan mortar dengan variasi 0%, 2%, 5%, dan 10% yang diperoleh ialah semakin banyak kandungan abu kulit jagung yang digunakan maka nilai kuat tekan mortar akan menurun dari kuat tekan mortar normal atau dengan variasi penambahan abu kulit jagung 0%. Dan berikut adalah tingkat persentase penurunan dari kuat tekan mortar normal untuk setiap variasinya, yaitu untuk variasi 2% mengalami penurunan sebesar 14,49%

- (mortar tipe S), untuk variasi 5% mengalami penurunan sebesar 36,62% (mortar tipe N), sedangkan untuk variasi 10% mengalami penurunan sebesar 26,43% (mortar tipe N).
4. Penambahan abu kulit jagung sebagai pengganti sebagian semen mengalami penurunan dari nilai kuat tekan mortar normal. Meskipun demikian campuran mortar abu kulit jagung masih dapat digunakan jika dilihat dari hasil kuat tekan yang masuk dalam klasifikasi tipe mortar yaitu tipe S dan N. Campuran mortar abu kulit jagung ini dapat digunakan contohnya pada dinding penahan tanah, saluran pembuangan, dan pasangan dinding interior maupun eksterior.
- ### DAFTAR PUSTAKA
- ASTM C 270. 2007. Standard Specification for Mortar for Unit Masonry. Pennsylvania: American Society for Testing and Material. United States.
- Appiah-Kubi, Emmanuel. et al. 2020. Strength Behaviour of Corn Husk Ash Polymer Concrete Reinforced with Coconut Fibre. Cogent Engineering, (Online), 2021 (<https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1993511>), diakses 29 Januari 2024).
- Ayun, Lanjar. 2017. Pemanfaatan Abu Tongkol Jagung Sebagai Bahan Pengisi Untuk Kuat Tekan Mortar. Skripsi. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-6825-2002. Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-6882-2002. Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 03-3449-2004. Mutu dan Cara Uji Semen Portland. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 15-2049-2004. Semen Portland. Jakarta.
- Fadhiilah, Fitria Nur dan Johan Budianto. 2020. Pengaruh Penambahan Abu Kulit Jagung Dengan Persentase 1%, 2%, 3% dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton. Yogyakarta: Universitas Teknologi Yogyakarta.
- Fakhrunisa, Nindi, dkk. 2018. Kajian Penambahan Abu Bonggol Jagung yang Bervariasi dan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Sifat dan Mekanik Beton Memadat Sendiri (Self-Compacting Concrete). Dalam Jurnal Bangunan (online), Vol. 23, No. 2:9-18 (<https://Journal2.um.ac.id>), diakses 23 Januari 2024).
- Ghazali, Mohd. et al. 2022. Development of Cement Paste with Composite of Corn Husk Ash : Pahang, Malaysia: Politeknik Muadzam. Vol. 3 No. 2: 21-25.
- Karlina, Lilis, dkk. 2023. Analisis Sifat Optik Silika yang Diekstrak dari Limbah Dedaunan. Kendari: Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Haluoleo.
- Kevern, John T and Kejin Wang. 2010. Investigation into Corn Ash as a Supplementary Cementitious Material in Concrete. Kansas City, USA: University of Missouri-Kansas City.
- Mulyono, T. 2003. Teknologi Beton. Bahan ajar. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Pratama, Rio Orlando. 2022. Pengaruh Penambahan Abu Tongkol Jagung Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Mortar. Skripsi. Bandar Lampung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

- Raheem, A.A. et al. 2018. Application of Corn Husk Ash as Partial Replacement for Cement in the Production of Interlocking Paving Stones. Ogomoso, Nigeria: Department of Civil Engineering, Ladoke Akintola University of Technology. Volume 1, Issue 1. DOI:10.36108/laujoces/8102/10(0130).
- Sahdiah, Halimahtus dan Robi Kurniawan. 2023. Optimasi Tegangan Akselerasi pada Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX) untuk pengamatan Morfologi Sampel Biologi. Malang: Departemen Fisika, Universitas Negeri Malang.
- Simbolon, E. S. M. 2020. Pengaruh Penggunaan Abu Daun Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Supriyadi, dkk. 2022. Analisis Kuat Tekan Mortar Dengan Penambahan Sikagrout 215. Semarang: Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Semarang.
- Syahril, Azwar dan Ica Sriyanti. 2023. Pengaruh Abu Daun Bambu Sebagai Substitusi Semen Pada Pembuatan Paving Block. Laporan Hasil Penelitian. Makassar: Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 2012. Teknologi Beton. Yogyakarta: Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Wenda, Kantius, dkk. 2018. Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan. Surabaya: Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo. Vol. 1, Nomor 1. e-ISSN : 2615-7195.