

PEMANFAATAN LIMBAH ABU CANGKANG KEMIRI INDUSTRI MAKANAN SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PAVING BLOCK

Luqman Cahyono¹, Yulia Riska Dwi Sinta², Nabillah Rodhifatul Jannah³, Inas Aidah Fikriyah⁴, Putri Nabillah Anwar⁵, Desita Ramadona Syah Putri⁶, dan Agung Prasetyo Utomo⁷

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur
luqmancahyono24@ppns.ac.id

²Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur
yuliariska@student.ppns.ac.id

³Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur
nabillahjannah@student.ppns.ac.id

⁴Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur
inasaidah@student.ppns.ac.id

⁵Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur
nabiilahanwar24@student.ppns.ac.id

⁶Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur
desitaramadona01@student.ppns.ac.id

⁷Program Studi Teknik Perancangan dan Kontruksi Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur
agungprasetyo@ppns.ac.id

Masuk: 02-03-2023, revisi: 10-07-2023, diterima untuk diterbitkan: 17-07-2023

ABSTRACT

Paving block is a road pavement consisting of a mixture of water, aggregate and cement. Paving blocks have different quality classifications according to their use. Hazelnut shell has a good calorific value so it can be used as fuel by one of the food industries. Processing hazelnut shells as fuel produces ± 3 tons of ash waste per day. So far, ash waste has not been used optimally and is just thrown away. In this study, hazelnut shell ash was used as a new alternative in making paving blocks, namely to substitute sand by 13%, 18% and 25% by weight of sand. This research is experimental. The paving block experiment was carried out at the age of 28 days and a compressive strength test was carried out to influence the addition of candlenut shell ash to compressive strength. Based on the test, it was found that the average paving block at 13% substitution of hazelnut shell ash produced a compressive strength of 5.89 MPa, 18% substitution of hazelnut shell ash of 8.72 MPa, and 25% substitution of hazelnut shell ash of 11.07 MPa. Maximum compressive strength is obtained by adding 25% of hazelnut shell ash and can be used for garden pavements.

Keywords: paving block; hazelnut shell ash; compressive strength

ABSTRAK

Paving block merupakan perkerasan jalan terdiri dari campuran air, agregat, dan semen. Paving block memiliki klasifikasi mutu yang berbeda sesuai kegunaannya. Cangkang kemiri memiliki nilai kalor yang baik sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar oleh salah satu industri makanan. Pengolahan cangkang kemiri sebagai bahan bakar menghasilkan limbah berupa abu sebesar ± 3 ton perhari. Sejauh ini limbah abu belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya dibuang begitu saja. Pada penelitian ini, abu cangkang kemiri digunakan sebagai alternatif baru dalam pembuatan paving block yaitu untuk substitusi pasir sebesar 13%, 18%, dan 25% dari berat pasir. Penelitian ini bersifat eksperimental. Eksperimen paving block dilakukan pada umur 28 hari dan dilakukan pengujian kuat tekan untuk

pengaruh penambahan abu cangkang kemiri terhadap kuat tekan. Berdasarkan pengujian didapatkan rata – rata paving block pada substitusi 13% abu cangkang kemiri menghasilkan kuat tekan sebesar 5,89 MPa, substitusi 18% abu cangkang kemiri sebesar 8,72 MPa, dan substitusi 25% abu cangkang kemiri sebesar 11,07 Mpa. Kuat tekan maksimal didapat dengan penambahan 25% abu cangkang kemiri dan dapat digunakan untuk perkerasan taman.

Kata kunci: paving block; abu cangkang kemiri; kuat tekan

1. PENDAHULUAN

Paving block atau bisa disebut bata beton merupakan hasil produksi bahan bangunan yang terbuat dari campuran air, agregat, dan semen portland dengan bahan tambahan tanpa mengurangi mutu. Penggunaan paving block umumnya sebagai alternatif perkerasan jalan yang diaplikasikan pada jalur pejalan kaki, jalan kompleks/perumahan/pemukiman, area taman/publik, area halaman rumah/industri/sekolah serta parkir (Handayasari et al, 2018). Berdasarkan klasifikasinya, paving block memiliki beberapa mutu sesuai pengaplikasiannya masing – masing. Berikut merupakan klasifikasi paving block sesuai Badan Standarisasi Nasional (1996) tertera pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Klasifikasi Paving Block (Sumber: SNI 03-0691-1996)

Mutu	Kegunaan	Kuat Tekan (MPa)	
		Rata - Rata	Min.
A	Jalan	40	35
B	Peralatan Parkir	20	17
C	Pejalan Kaki	15	12,5
D	Taman dan kegunaan lain	10	8,5

Tanaman kemiri merupakan tanaman yang mudah ditanam serta hampir seluruh bagiannya dapat dimanfaatkan terutama biji kemiri. Berdasarkan Data Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2020 – 2022, kemiri merupakan salah satu komoditas unggulan strategis perkebunan yang berpeluang besar untuk dikembangkan, perkebunan terbesar kemiri dengan komoditas unggulan terdapat di daerah Nusa Tenggara Timur (706 Ha), Jawa Barat (439 Ha), dan Maluku (46 Ha). Kemiri memiliki 2 lapisan yaitu lapisan pada kulit buah dan cangkang tempurung. Pada setiap berat 1 kg biji kemiri menghasilkan 70% cangkang dan 30% inti (Gianyar et al, 2012). Cangkang kemiri memiliki senyawa penyusun berupa CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO, H₂O, Fe₂O₃ (Abdul et al, 2020). Cangkang kemiri dari hasil olahan biji kemiri mempunyai sifat keras dan mengandung kalor sebesar 4164 kal/g, oleh karena itu dapat digunakan sebagai bahan bakar. Pengolahan cangkang kemiri menjadi abu akan menghasilkan limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal (Ayu et al, 2019).

Berdasarkan kandungannya, adanya senyawa berupa kalsium oksida (CaO) pada cangkang kemiri juga membuat abu cangkang kemiri memiliki kandungan CaO yang tinggi juga yaitu sekitar 50,48% (Jannat et al, 2021). Senyawa kalsium oksida tersebut merupakan senyawa penyusun semen yang mempengaruhi kekuatan (Pasae, 2020). Namun, pada penelitian ini abu cangkang kemiri sebagai substitusi agregat halus karena ditinjau dari ukuran partikel secara fisik yang ada di lapangan. Ukuran partikel dapat mempengaruhi kebutuhan air dan reaksi hidrasi pada campuran material (Husin, 2016) karena dengan ukuran yang tidak seragam akan menyebabkan banyaknya rongga antar partikel dan kebutuhan air meningkat. Ukuran partikel dapat diketahui dengan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*). Pengujian SEM dapat mengetahui kondisi permukaan sampel yang berupa gambar topografi. SEM memiliki resolusi struktur tiga dimensi dan dapat menjangkau struktur yang lebih dalam dengan perbesaran yang lebih tinggi (Ellingham et al, 2017). Selain itu, untuk mengetahui kandungan kimia abu cangkang kemiri yang ada di lapangan, dapat dilakukan pengujian EDX (*Energy Dispersive X-Ray*). Pada uji EDX, radiasi yang penting adalah radiasi sinar-X karakteristik yang dihasilkan oleh tumbukan elektron-elektron atom bahan dalam sampel. Analisis sinar-X karakteristik dapat memberikan informasi kualitatif dan kuantitatif tentang komposisi sampel dengan diameternya berukuran mikrometer (Juwita, 2003).

Penelitian (Agustian & Agusmaniza, 2021) mengaplikasikan abu cangkang kemiri sebagai substitusi filler pada campuran AC-BC dengan variasi 0%, 10%, dan 20% dan hasil riset menunjukkan penggunaan substitusi 20% abu cangkang kemiri mampu menghasilkan nilai stabilitas tinggi yaitu 2.373,06 kg. Nilai stabilitas merupakan kekuatan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban. Selain itu, (Safariska & Kurniasari, 2020) juga mengaplikasikan abu cangkang kemiri sebagai substitusi agregat halus (filler) terhadap campuran lapisan AC-WC dengan variasi 25%, 50%, 100%. Hasil riset tersebut menunjukkan penambahan abu cangkang kemiri sebanyak 25% menghasilkan nilai stabilitas tertinggi sebesar 1.541,70 kg. Namun, penelitian saat ini melakukan pemanfaatan abu cangkang kemiri menjadi alternatif baru yaitu dalam pembuatan Paving Block. Abu cangkang kemiri diharapkan dapat menghasilkan kuat tekan tinggi sehingga menghasilkan Paving Block bermutu dan aman bagi lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Data primer dan sekunder

Data primer yang digunakan berupa hasil uji SEM-EDX abu cangkang kemiri untuk menganalisis permukaan spesimen dan kandungan kimia yang terdapat dalam sampel dan uji kuat tekan paving. Pengujian SEM-EDX dilakukan pada Laboratorium Energi dan Lingkungan ITS sedangkan pengujian kuat tekan dilakukan pada Laboratorium Beton – ITS Manyar. Data sekunder diperoleh dari kajian literatur berupa nilai factor air semen (FAS 0,5) yang merupakan perbandingan antara jumlah air dan jumlah semen (Arizki et al, 2015) serta berat paving block ukuran 210 mm x 105 mm x 60 mm yang ada dipasaran. Perhitungan mix design tiap material dihitung berdasarkan perkalian antara berat satuan paving block dengan perbandingan komposisi pasir dan semen yang direncanakan.

Perhitungan mix design dan pembuatan paving block

Perhitungan mix design dilakukan untuk mengetahui jumlah tiap – tiap material yang digunakan dalam pembuatan paving block. Kebutuhan material mix design dihitung berdasarkan berat jenis tiap material dan volume bahan yang dibutuhkan. Setelah mendapatkan kebutuhan mix design maka dilakukan pembuatan paving dengan mencampurkan seluruh material yaitu agregat halus atau pasir yang lolos ayakan 4,75 mm, semen, air dan substitusi abu cangkang kemiri sesuai variasi sebesar 13%, 18%, dan 25% dari berat pasir sesuai (Tabel 2). Perbandingan antara pasir dan semen yaitu 1: 3. Langkah selanjutnya adalah mencetak adonan dan memadatkannya dalam cetakan balok paving berukuran 210 mm x 105 mm x 60 mm sebanyak 3 buah tiap variasinya. Paving yang sudah tercetak kemudian dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan pengeringan selama 24 jam.



Gambar 1. Pengadukan *mix design* Gambar 2. Pencetakan *paving block*

Tabel 2. *Mix design* Paving Block

Kode Benda Uji	Jumlah Kebutuhan			
	Pasir (kg)	Abu cangkang kemiri (kg)	Semen (kg)	Air (liter)
P13 (13% abu cangkang kemiri)	1.958	0.293	0.750	375
P18 (18% abu cangkang kemiri)	1.845	0.405	0.750	375
P25 (25% abu cangkang kemiri)	1.688	0.563	0.750	375

Perawatan (*curing*) dan pengujian kuat tekan

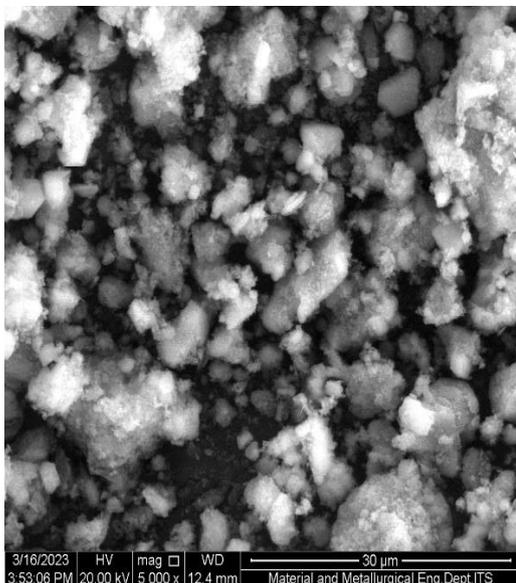
Paving block yang telah dikeringkan selama 24 jam selanjutnya dilakukan proses perawatan (*curing*). Proses *curing* dengan menyiram secara teratur satu kali per hari atau menutupi dengan kain basah selama 28 hari (Kurniawati, 2017). Tahap berikutnya yaitu melakukan proses pengujian kuat tekan di Laboratorium beton ITS-Manyar pada tiap buah paving. Hasil pengujian pada penelitian ini dilakukan analisis serta pengambilan kesimpulan.



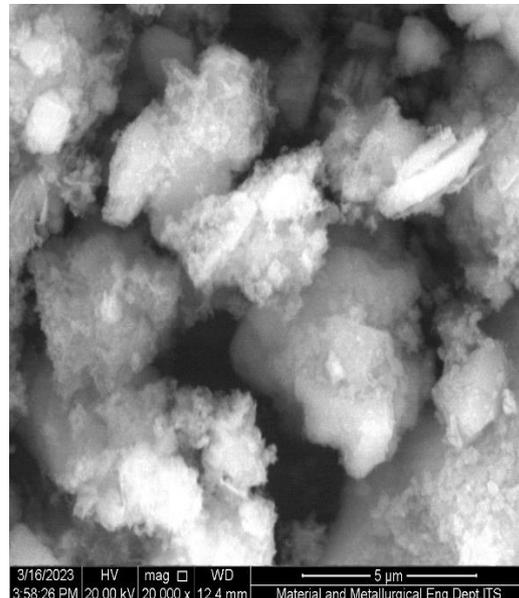
Gambar 3. Uji tekan paving block

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) bertujuan untuk mengamati bentuk permukaan spesimen sedangkan EDX (*Energy Dispersive X-Ray*) untuk menganalisis unsur-unsur yang terdapat pada sampel. Hasil pengujian SEM abu cangkang kemiri diperlihatkan sesuai Gambar 4 maupun Gambar 5 di bawah:

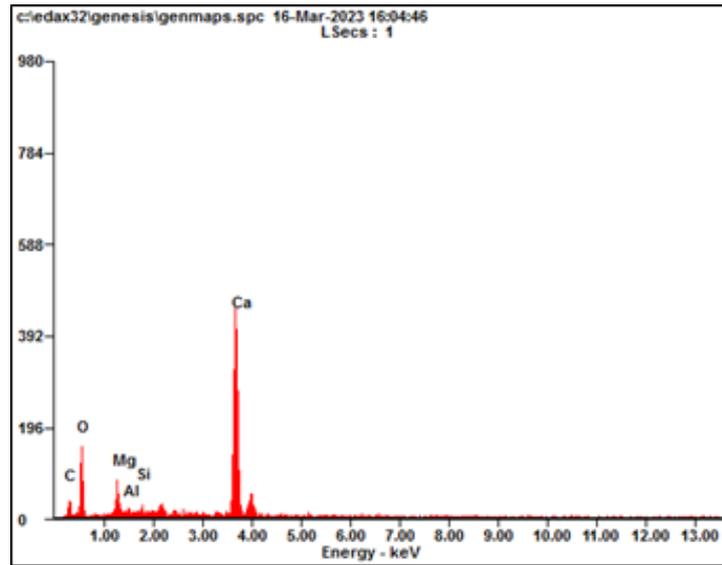


Gambar 4. Hasil SEM dengan perbesaran 5000x



Gambar 5. Hasil SEM dengan perbesaran 20000x

Berdasarkan hasil pengujian SEM pada Gambar 4 maupun Gambar 5 didapati bahwa abu cangkang kemiri memiliki permukaan dengan partikel tidak bersudut dan tidak teratur. Selain itu, jarak antar partikel sangat sempit seperti tidak berongga. Agregat dengan bentuk tidak teratur memiliki rongga sekitar 35% - 38% dan dalam pemakaian agregat dengan rongga tersebut akan membutuhkan banyak pasta semen. Penggunaan agregat ini dalam beton akan menghasilkan kuat tekan yang belum cukup dikarenakan ikatan antar agregat kurang kuat (Tomayahu, 2016). Selanjutnya hasil analisa EDX dapat diketahui pada Gambar 6 di bawah:



Gambar 6. Hasil EDX abu cangkang kemiri

Gambar 6. Memperlihatkan bahwa abu cangkang kemiri memiliki kandungan unsur Ca yang sangat tinggi kemudian unsur O memiliki posisi tertinggi kedua. Komposisi setiap unsur yang terkandung dalam sampel diperjelas melalui Tabel 3 di bawah :

Tabel 3. Komposisi unsur kimia abu cangkang kemiri

Unsur	Berat (%)	Atom (%)
C	04,48%	08,38%
O	42,13%	59,20%
Mg	05,20%	04,81%
Al	01,04%	00,86%
Si	01,28%	01,03%
Ca	45,86%	25,72%

Berdasarkan Tabel 3 senyawa kimia yang dapat terbentuk dan mendominasi yaitu CaO (kalsium oksida) yang merupakan komponen utama dalam pembuatan semen. Kalsium merupakan salah satu unsur kimia pembentuk semen Portland yang biasanya didapatkan dari kapur dan kapur sendiri mengisi 85% dari massa semen (Irawan, 2013). Hal ini juga sesuai dengan penelitian (Jannat et al, 2021) bahwa abu cangkang kemiri memiliki kandungan senyawa CaO paling tinggi sekitar 50,48%. Kapur memiliki sifat ikat pada bahan bangunan dengan memiliki sifat tidak getas (plastis) dan memberikan kekuatan (Qomaruddin & Sudarno, 2017).

Uji tekan paving dilaksanakan pada saat mencapai usia 28 hari dengan memakai alat *Compression Testing*. Kuat tekan paving block mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur, semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki, maka semakin tinggi mutu juga paving block yang akan dihasilkan. Dari pengujian kuat tekan terhadap benda uji didapatkan kuat tekan maksimum (P). Kuat tekan paving block dapat dikehui dengan membagi kuat tekan maksimum dengan luas penampang benda uji. Pengujian kuat tekan dari setiap variasi komposisi abu cangkang kemiri dari berat pasir total sebagai substitusial pasir dari 13%, 18%, dan 25% dilakukan saat benda uji *paving block* pada hari ke 28. Pengujian kuat tekan dilakukan pada setiap variasi komposisi campuran yang terdiri dari 2 buah benda uji. Hasil pengujian kuat tekan paving block diperlihatkan pada Tabel 4 sebagai berikut:

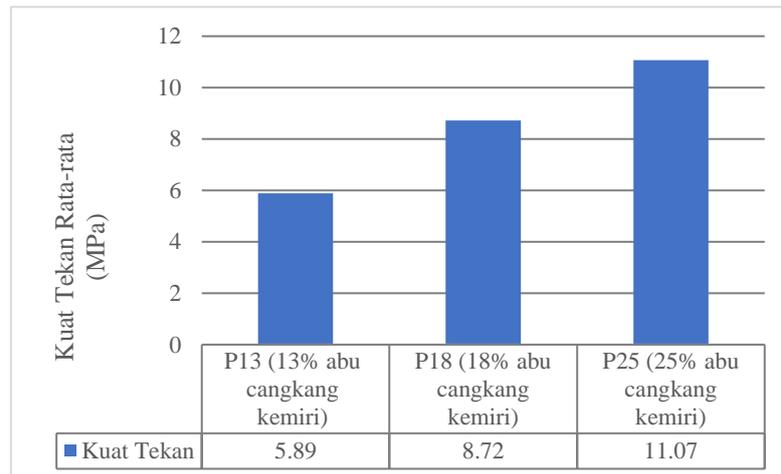
Tabel 4. Hasil tes kuat tekan *paving block*

Kode Benda Uji	Umur (hari)	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Kuat Tekan		Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)
				kg/cm ²	MPa	
P13	28	2,24	220,5	57,69	5,7	5,89
	28	2,24	220,5	62,49	6,1	

Tabel 4 (Lanjutan). Hasil tes kuat tekan *paving block*

P18	28	2,54	220,5	105,76	10,4	8,72
	28	2,36	220,5	72,11	7,1	
P25	28	2,32	220,5	120,18	11,8	11,07
	28	2,32	220,5	105,76	10,4	

Hasil tes kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik kuat tekan rata-rata berdasarkan komposisi substitusial pasir

Berdasarkan hasil dari pengujian benda uji pada hari ke 28 didapatkan kuat tekan rata-rata paving block pada substitusi 13% abu cangkang kemiri terhadap berat pasir sebesar 5,89 MPa, kuat tekan rata-rata dengan substitusi 18% abu cangkang kemiri sebesar 8,72 MPa, dan kuat tekan rata-rata tertinggi didapatkan dari substitusi 25% abu cangkang kemiri terhadap berat pasir yaitu sebesar 11,07 MPa. Berdasarkan kuat tekan tertinggi dengan mutu 11,07 MPa maka dapat diperuntukkan untuk taman. Hal tersebut terjadi karena abu cangkang kemiri memiliki kandungan kalsium oksida (CaO). Kandungan tersebut dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* untuk variasi tertentu sesuai jenis material yang digunakan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan abu cangkang kemiri sebagai substitusi agregat halus pada pembuatan paving block dapat meningkatkan kuat tekan. Kuat tekan meningkat seiring bertambahnya abu cangkang kemiri. Pada substitusi 13%, 18%, dan 25% abu cangkang kemiri masing – masing menghasilkan kuat tekan rata – rata 5,89 MPa, 8,72 MPa, dan 11,07 MPa.
2. Hasil penelitian pemanfaatan abu cangkang kemiri sebagai substitusi agregat halus mampu menghasilkan kuat tekan maksimal *paving block* pada penambahan 25% abu cangkang kemiri yaitu dengan kuat tekan rata – rata sebesar 11,07 Mpa dan berdasarkan SNI 03-0691-1996 dapat diperuntukkan untuk taman.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian terdapat beberapa masukan untuk penelitian ke depannya, antara lain:

1. Pencampuran material dalam pembuatan paving block disarankan menggunakan mesin pengaduk semen (molen) untuk menjamin tercampurnya material secara merata agar proses pengikatan antar material dapat maksimal.
2. Pada penelitian selanjutnya disarankan menggunakan persentase substitusi yang lebih besar dan variatif agar dapat mengetahui kuat tekan maksimal yang dapat dihasilkan paving block ketika dilakukan substitusi abu cangkang kemiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, B. M., M., Cahyo, Y. S., & Ridwan, A. (2020). Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kemiri Terhadap Kuat Tekan Beton K-300. *Jurmateks*, 3(1), 12-22.
- Agustian, K., & Agusmaniza, R. (2021). Evaluasi Karakteristik Campuran AC-BC Menggunakan Abu Cangkang Kemiri Sebagai Bahan Substitusi Filler Terhadap Parameter Marshal. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 86-93.
- Arizki, R., Sari, I., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2015). Pengaruh Jumlah Semen Dan Fas Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Yang Berasal Dari Sungai. *Jurnal Sipil Statik*, 3(1), 68-76.
- Ayu, A. D., Iskandar, T., & Anggraini, S. P. A. (2019). Pra Rancang Bangun Pabrik Pupuk Biochar Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Kapasitas 11.000 Ton/Tahun Menggunakan Alat Utama Rotary Kiln. *Jurnal Penelitian Mahasiswa Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 3(2), 245-250. <https://publikasi.uniri.ac.id/index.php/teknik>
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). Paving Block (SNI 03-0691-1996).
- Ellingham, S. T. D., Thompson, T. J. U., & Islam, M. (2018). Scanning Electron Microscopy–Energy-Dispersive X-Ray (SEM/EDX): A Rapid Diagnostic Tool to Aid the Identification of Burnt Bone and Contested Cremains. *Journal of Forensic Sciences*, 63(2), 504-510. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13541>
- Gianyar, I. B., Nurchayati, & Padang, Y. A. (2012). Pengaruh Persentase Arang Tempurung Kemiri Terhadap Nilai Kalor Briket Campuran Biomassa Ampas Kelapa - Arang Tempurung Kemiri. *Dinamika Teknik Mesin*, 2(2), 67 - 74.
- Handayasari, I., Artiani, G. P., & Putri, D. (2018). Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan Dengan Pemanfaatan Botol Plastik Kemasan Air Mineral Dan Limbah Kulit Kerang Hijau Sebagai Campuran Paving Block. *Konstruksia*, 9(2), 25-30.
- Husin, S. (2016). Studi Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Sifat Fisik-Mekanik Geopolimer Semen Berbasis Terak Feronikel. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Irawan, R., R. (2013). Semen Portland di Indonesia. www.pusjatan.pu.go.id.
- Juwita, L. (2003). Karakterisasi Mineral Menggunakan XRF, XRD dan SEM-EDX.
- Kurniawati, L. (2017). Pengaruh Penggunaan Copper slag sebagai Pengganti Pasir (Fine Aggregate) pada Campuran Paving Block. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3), 175-180.
- Jannat, N., Latif Al-Mufti, R., Hussien, A., Abdullah, B., & Cotgrave, A. (2021). Utilisation of Nut Shell Waste in Brick, Mortar and Concrete: A Review. *Construction and Building Materials*, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123546>
- Pasae, L., B. (2020). Kimia Semen : Suatu Kajian Literatur Kimia. Yogyakarta: CV Budi Utama
- Qomaruddin, M., & Sudarno. (2017). Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Pengganti Agregat Halus Dengan Tambahan Kapur Pada Pembuatan Paving. *Reviews in Civil Engineering*, 1(1), 13-18.
- Tomayahu, Y. (2016). Analisa Agregat Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Pembangunan Jalan Isimu-Paguyaman (Pavement Rigid). *Radia-Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 4(2), 139-146.
- Safariska, Z., & Kurniasari, F. D. (2020). Pengaruh Abu Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Halus (Filler) Terhadap Campuran Lapisan AC-WC. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Teuku Umar*, 6(1), 11-19.

