

MANFAAT LIMBAH ARANG TEMPURUNG LONTAR SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN TAMBAH UNTUK MENINGKATKAN KUAT TEKAN PAVING BLOCK

THE BENEFITS OF PALM SHELL CHARCOAL WASTE AS AN ALTERNATIVE ADDITIVE TO INCREASE THE COMPRESSIVE STRENGTH OF PAVING BLOCKS

Gregorius Talan, Asrial dan Roly Edyan

Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP Undana

E-mail: Iggogregorius998@gmail.com, asrial@staf.undana.co.id dan roly@staf.undana.ac.id

Abstrak

Paving Block merupakan pengerasan untuk menutup permukaan tanah. Pemanfaatan abu tempurung lontar sebagai bahan tambahan *paving block* dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan kualitas *paving block*. Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen di Laboratorium. Berdasarkan hasil penelitian tentang “Manfaat Limbah Arang Tempurung Lontar Sebagai Alternatif Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kuat Tekan *Paving Block*” dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ini: (a) Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan campuran yang mendapat nilai optimum yaitu pada komposisi 10% yang dapat meningkatkan kuat tekan *paving block* dengan mutu D dengan nilai kuat tekan maksimum rata-rata sebesar 14,47 MPa. (b) *Paving block* dengan penambahan abu tempurung lontar sebesar 5%, 10%, 15% dapat memenuhi standar mutu SNI-03-0691-1996.

Kata kunci: *Paving block, abu tempurung lontar, kuat tekan, paving block*

Abstract

Paving Block is a hardening to cover the soil surface. The use of palm shell ash as an additional material for paving blocks can reduce environmental pollution and improve the quality of paving blocks. This type of research is a quantitative research with an experimental approach in the laboratory. Based on the results of the research on "Benefits of Palm Shell Charcoal Waste as an Alternative Additive to Increase the Compressive Strength of Paving Block", the following conclusions can be drawn: (a) From the results of the tests carried out, a mixture that gets the optimum value is obtained in a composition of 10% which can increase the compressive strength of the paving block with D quality with an average maximum compressive strength value of 14.47 MPa. (b). Paving block with the addition of palm shell ash of 5%, 10%, 15% can meet the quality standard SNI-03-0691-1996.

Keywords: *Paving block, palm shell ash, compressive strength, paving block*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang cepat mendorong pembangunan infrastruktur, termasuk perkerasan jalan dengan paving block. Paving block terbuat dari campuran semen, pasir, dan air yang ditekan dan dirawat hingga mengeras. Banyak konsumen kini memilih paving block karena kelebihanannya, seperti ramah lingkungan, konservasi air tanah, serta kemudahan pemasangan dan pemeliharaan. Secara struktural paving block memiliki kekuatan yang cukup besar terutama pada kuat tekannya, tetapi sebagaimana beton biasa paving block mempunyai kelemahan yaitu mempunyai kuat tarik yang rendah dan bersifat getas. Kerusakan paving block sering disebabkan oleh beberapa hal, misalnya mutu bahan susun yang tidak memenuhi syarat, pengaruh gerusan air hujan, banyaknya lintasan roda kendaraan yang melebihi ketahanan impactnya (biasanya dalam tiga ribu lintasan, paving block akan mengalami retak-retak). (Sugiarto, 2016)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Lans Asideo Lano, dkk. (2020) dengan judul pembuatan arang aktif dari tempurung siwalan yang diaktivasi dengan kalium hidroksida (KOH) diperoleh kandungan abu

silika sebesar 4% pada tempurung lontar tersebut. Silika (SiO₂) merupakan pengikat agregat yang baik, hal ini sama dengan fungsi semen dalam suatu campuran beton dimana semen juga memiliki kandungan kimia berupa silika (SiO₂) sehingga peneliti mencoba menggunakan abu arang tempurung lontar untuk dijadikan pengikat pada campuran paving block. Oleh karena itu, penelitian tentang pemanfaatan abu tempurung lontar sebagai bahan tambahan dalam pembuatan paving block sangat diperlukan untuk meningkatkan kekuatan dan mengurangi dampak limbah.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen di Laboratorium dimana untuk mencari rata-rata kuat tekan paving block sebagai bahan uji yang menggunakan bahan tambah abu tempurung lontar sebesar: Normal 0%, penambahan abu tempurung lontar 0%, 5%, 10%, 15% data hasil uji disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi untuk pembuatan benda uji akan dilakukan di Laboratorium Pendidikan Teknik Bangunan FKIP

UNDANA, sedangkan lokasi pengujian bahan akan dilakukan di Laboratorium Pekerjaan Umum Propinsi Nusa Tenggara Timur.

Objek Penelitian

Dalam penelitian ini benda uji yang digunakan adalah paving block yang dibuat dengan jenis holand atau bentuk persegi panjang dengan dimensi 21 cm x 10,5 cm x 6 cm.

Prosedur

Dalam penelitian ini pengujian dilakukan berdasarkan cara uji kuat tekan paving block menurut SNI 03-0691-1996, dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa prosedur:

Tahap Pemeriksaan Bahan

1. Semen

Pemeriksaan terhadap semen dilakukan dengan cara visual yaitu semen dalam keadaan terbungkus rapat. Dari hasil pemeriksaan visual, disimpulkan bahwa semen yang digunakan memenuhi syarat penggunaan.

2. Agregat Halus (Pasir)

a) Pengujian analisis saringan/Modulus Halus Butir (MHB) pasir. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui gradasi agregat halus, sehingga dapat diklasifikasikan ke dalam jenis pasir halus, agak halus, agak kasar atau pasir kasar. Langkah-langkah pengujian analisis saringan/Modulus Halus Butir (MHB) sesuai dengan SNI 03-1968-1990 adalah sebagai berikut ini.

- 1) Keringkan Benda uji dalam oven pada suhu $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- 2) Keluarkan benda uji lalu dinginkan pada suhu kamar selama 1 – 3 jam, kemudian tumbang dengan ketelitian 0,5 gram.
- 3) Susun saringan dari lubangnya paling besar (9,5 mm) sampai lubang yang paling kecil (no.100) dan masukkan benda uji kemudian langsung diayak/saring dengan bantuan mesin penggoyang selama 10-15 menit.
- 4) Keluarkan benda uji pada masing-masing saringan dan masukkan dalam masing-masing wadah kemudian ditimbang dan catat berat benda uji yang bertahan pada masing-masing saringan

b) Uji lolos saringan no.200 (kandungan lumpur dalam pasir)

- 1) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat benda uji tetap. Kemudian rendam dalam air selama 24 ± 4 jam.
- 2) Buang air rendaman hati-hati agar butiran pasir tidak ada yang keluar. Keringkan benda uji [ada udara panas dengan cara membolak-balikkan benda uji sampai keadaan kering permukaan jenuh (SSD).
- 3) Apabila telah menjapai keadaan permukaan jenuh, segera masukkan benda uji sebanyak 500 gram ke dalam pikometer. Lalu masukkan air sampai 90% isi pikometer, putar pikometer sambil

diguncangkan sampai tidak terlihat gelombang udara di dalamnya.

- 4) Tambahkan air kedalam pikometer hingga penuh.
- 5) Timbang pikometer yang berisi benda uji dalam air (W1)
- 6) Keluarkan benda uji dari pikometer, kemudian keringkan dalam oven dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ Sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dalam desikator.
- 7) Setelah benda uji dingin kemudian timbang (W2)
- 8) Timbang pikometer berisi air penuh (W3)
- 9) Berat jenis adalah perbandingan berat kering mutlak dengan berat pikometer yang berisi air ditambah berat pasir dalam keadaan jenuh kering muka dan dikurangi dengan berat pikometer yang berisi air penuh.

3. Abu Tempurung Lontar

Abu tempurung lontar yang digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan paving block ini diperoleh dari limbah buah lontar sepanjang pantai Oesapa. Pemeriksaan berat volume paving block adalah sebagai berikut:

- a) Timbang dan catatlah berat wadah (W1)
- b) Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukan sebanyak 25 kali secara merata.
- c) Timbang dan catat berat wadah beserta benda uji (W2)
- d) Hitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$)

Wadah sebelum digunakan harus dikalibrasi dengan cara:

1. Isilah wadah dengan air sampai penuh
2. Timbang dan catatlah berat wadah beserta air
3. Hitung berat air = Berat wadah + air – berat wadah
4. Timbang dan catatlah berat wadah serta benda uji

4. Air

Air yang digunakan adalah air bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan garam sesuai dengan persyaratan air tuntuk minum.

Pembuatan Benda Uji

1. Menyiapkan bahan susun paving block

- a) Dalam tahap ini semua bahan ditimbang sesuai kebutuhan dari masing-masing komposisi campuran yaitu semen, pasir, abu tempurung lontar dan air.
- b) Mempersiapkan peralatan, cetakan paving block.

2. Pembuatan Adukan

- a) Tuangkan air ke dalam bak adukan dengan merata, kemudian aduk hingga mendapatkan adukan yang merata.
- b) Periksa adukan, ambil segenggam penuh adukan dan bentuk seperti bola kecil. Jika bola tersebut tidak retak, dengan tangan sedikit basah, adukan siap untuk dicetak.

3. Pencetakan Paving Block

- Masukkan adukan bahan paving block ke dalam cetakan yang berbentuk True pave atau persegi panjang dengan dimensi panjang 21 cm, lebar 10,5 cm dan tinggi 6 cm, yang sebelumnya pada bagian dalam cetakan diberi bahan pelumas.
- Mengisi cetakan dengan adukan sampai penuh kemudian ditumbuk hingga padat, pastikan permukaan cetakan benar-benar rata.
- Keluarkan bahan dari alat cetakan dan letakkan pada papan dalam waktu sementara.

Perawatan Benda Uji

Bahan yang telah dicetak diletakkan di tempat yang terlindung (tidak langsung terkena sinar matahari). Sebaiknya di simpan dalam tempat yang lembab atau disirami air 3 hari sekali, selama 28 hari guna mendapatkan suhu pengeringan yang konstan.

Pengujian Benda Uji

Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis (kuat tekan) berdasarkan SNI 03-0691-1996. Proses pengujian dilakukan setelah paving block berumur 28 hari.

1. Uji Mekanis (Uji Kuat Tekan)

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui beban maksimum kuat tekan paving block. Langkah-langkah pengujian ini berdasarkan SNI 03-0691-1996 sebagai berikut:

- Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel.
- Ukur dimensi benda uji dengan menggunakan caliper atau jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm.
- Benda uji diletakkan tepat di tengah alat uji.
- Mesin dinyalakan dengan pemberian beban yang terus meningkat.
- Pembebanan dilakukan sampai bebannya turun dan dicatat beban maksimum yang terjadi.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Bahan

1. Agregat Halus (Pasir)

- Pengujian Analisa Saringan/Modulus Halus Butir (MHB) Agregat Halus

Tabel 1. Pengujian Analisa Saringan

Diameter (mm)	Berat (gram)	%	Kumulatif (%)	% Lolos Kumulatif
4.75	0	0,00	0,00	100
2.36	147	3,75	3,75	96,25
1.18	514	13,10	16,84	83,16
0.6	725	18,47	35,31	64,69
0.3	780	19,87	55,18	44,82
0.15	869	22,14	77,32	22,68
0.075	890	22,68	-	0,00
Jumlah	3925		188,41	

Sumber: Peneliti 2016, Pemeriksaan/Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus

Menghitung Modulus Halus Butir Pasir

$$\text{MHB} = \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100} = \frac{188,41}{100} = 1,884$$

Sesuai dengan syarat SNI 03-1750-1990 modulus halus butir yaitu 1,5 – 3,8. Oleh karena itu pasir takari baik untuk memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI.

- Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Adapun hasil pemeriksaan/ Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Uji Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengukuran	Satuan	Notasi	Sampel
Berat Wadah	Gram	G1	456,4
Berat Wadah	Gram	G2	956,4
Berat Wadah	Gram	G3	947,20
Kadar Lumpur (G1+G3)/G2	%		1,780

Menurut persyaratan umum bahan bangunan di Indonesia 1982, (PUBI-1982) pasir yang bisa digunakan untuk bahan bangunan jika kandungan lumpurnya tidak lebih dari 5% (lima persen). Dari tabel 4.2 dapat dilihat kandungan lumpur pada pasir sebesar 1,78%. Jadi hasil pemeriksaan/pengujian kadar lumpur pasir Takari menunjukkan bahwa peresentase lumpur takari telah memenuhi syarat.

- Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus

Tabel 3. Pemeriksaan/Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Item	Satuan	I	II	Notasi
Berat pasir SSD	Gram	500,00	500,00	Bj
Berat pigno + air	Gram	650,50	650,50	Ba
Berat pigno + air + pasir	Gram	950,00	960,00	Bt
Berat pasir kering	Gram	480,10	490,15	Bk

Perhitungan	Rumus	Sampel
Berat Jenis SSD	$\frac{SSD}{BA + SSD - BT}$	2,64
Berat Jenis Kering	$\frac{BK}{BA + BK - BT}$	2,77

Sumber: Peneliti 2016, Pemeriksaan/Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Berdasarkan SK.SNI.T-15-1990:1 angka berat jenis kering muka normal berada di antara 2,5 – 2,7. Dari pengujian yang telah dilakukan, diperoleh berat jenis kering muka sebesar 2,64. Hal ini berarti pasir Takari telah memenuhi syarat dan dapat digunakan untuk pembuatan paving block.

- Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh berat volume pasir Takari sebesar 1720, 85 g. Nilai tersebut didapat dari nilai rata-rata dua sampel.

2. Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen Portland tipe I merk bosowa kemasan 50 kg. Pada pengamatan visual semen menunjukkan kondisi baik, kemasan yang tertutup rapat serta tidak adanya gumpalan pada butir semen.

3. Air

Air yang digunakan adalah air bersih didapat dari pipa PAM. Hasil pemeriksaan secara visual menunjukkan bahwa air tersebut memenuhi syarat untuk digunakan

dala pembuatan paving block karna air tersebut bersih, tidak berwarna dan tidak berbau.

4. Abu Tempurung Lontar

Pemeriksaan Berat Volume Abu

Pada pengujian Berat volume paving block dilakukan di Laboratorium Dinas PU provinsi NTT.

Tabel 4. Pemeriksaan Berat Volume Abu

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Berat Volume	0,47 gr/cm ³

Perhitungan Kebutuhan Campuran

Tabel 5. Komposisi Campuran 5 buah paving block

Komposisi	Semen (gram)	Pasir (gram)	ATK (gram)	Air (ml)	Jumlah Benda Uji
1pc:4ps:0%ATK	2.193	8.771	-	658	3
1pc:4ps:5%ATK	2.193	8.771	110	658	3
1pc:4ps:10%ATK	2.193	8.771	219	658	3
1pc:4ps:15%ATK	2.193	8.771	329	658	3
Jumlah	8.772	35.084	658	2.632	12

Pengujian Paving Block

1. Sifat Tampak

Pada pengujian sifat tampak ini paving block terlihat baik, tetapi setelah diamati dan diteliti masih terdapat retakan dan beberapa yang tidak siku dari beberapa uji yang telah dibuat penelitian.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Permukaan

Kelompok	Benda Uji		
	1	2	3
0%	✓	✗	✓
5%	✓	✓	✗
10%	✓	✓	✓
15%	✓	✓	✓

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Cacat dan Retak

Kelompok	Benda Uji		
	1	2	3
0%	✓	✓	✓
5%	✓	✓	✗
10%	✓	✗	✓
15%	✗	✓	✓

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa pada pemeriksaan uji sudut rusuk masih ada beberapa benda uji yang tidak siku dikarenakan pada saat pemindahan paving block masih basah sehingga terjadi gesekan antara cetakan dan paving block. Pada uji permukaan terdapat beberapa paving block yang kurang rata hal ini dimungkinkan pada proses penempatan benda uji setelah pencetakan secara disusun sehingga benda uji yang pertama berada di paling bawah sehingga benda uji tertekan. Karna tekanan itulah yang menyebabkan benda uji kurang rata. Dan untuk kecacatan jga dikarenakan proses pencetakan yang kurang sempurna pada proses penekanan sehingga proses pemadatan tidak terlalu baik.

2. Uji Ukuran

Tabel 8. Penyimpangan Ukuran Rerata dan Toleransi

Demensi	Ukuran Cetakan	Toleransi 8%	Kelompok Sampel			
			0%	5%	10%	15%
Panjang	21	1,68	21,3	21,5	21,6	21,2

Lebar	10,5	0,84	10,25	10,25	10,31	10,35
Tebal	6	0,48	6,31	6,21	6,23	6,3
Kesimpulan			Lolos Uji	Lolos Uji	Lolos Uji	Lolos Uji

Dari tabel di atas, menunjukkan bahwa semua sampel benda uji 0%, 5%, 10%, 15% memenuhi persyaratan toleransi ukuran menurut SNI 03-0691-1996.

3. Kuat Tekan Paving Block

Kuat tekan paving block diuji setelah paving block berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 3 buah dengan 4 variasi. Pengujian kuat tekan dilakukan di laboratorium dinas PU provinsi Nusa Tenggara Timur.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Paving Block dengan Tambahan Abu Lontar

Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (Mpa)
0%	221	241,6	11,18
5%	221	158,4	8,53
10%	221	312,7	14,47
15%	221	290,1	13,42

Berdasarkan perhitungan kuat tekan rata-rata seluruh variasi, kemudian dilakukan penggolongan mutu paving block tiap variasi berdasarkan SNI 03-0961-1996 yang ditampilkan pada berikut ini:

Tabel 10. Hasil Kuat Tekan Paving Block dan Penggolongan Mutu Paving Block Tiap Variasi

No	Variasi	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Mutu Paving Block	Fungsi Paving Block
1	0%	11,18	D	Taman & penggunaan lain
2	5%	8,53	D	Taman & penggunaan lain
3	10%	14,47	C	Pejalan Kaki
4	15%	13,42	C	Pejalan Kaki

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan terdapat kuat tekan paving block yang lebih tinggi dari paving block normal, kecuali pada kuat tekan paving block dengan penambahan abu sebesar 5% yang lebih rendah dari kuat tekan normal. Pada penambahan abu tempurung lontar sebesar 10% terjadi peningkatan kuat tekan dikarenakan kandungan senyawa yang terdapat pada abu tempurung lontar. Abu tempurung lontar memiliki senyawa yang hampir sama dengan semen dengan kandungan silika dalam abu tempurung kelapa yaitu 4,7% apabila digiling halus dapat bereaksi dengan kandungan dari semen, maka senyawa-senyawa tersebut dapat mengikat sehingga menjadi keras seperti batu yang dapat meningkatkan kuat tekan pada paving block. Adapun yang terjadi pada penambahan abu tempurung lontar 5%, diakibatkan karena proses pencampuran dilakukan secara manual sehingga menjadi campuran paving block yang tidak homogen kemudian pada saat pencetakan menggunakan alat press manual juga menjadi penyebab tekanan untuk memadatkan benda uji berbeda-beda. Hal ini menyebabkan benda uji kurang padat yang dapat menyebabkan berkurangnya kuat tekan paving block menjadi rendah.

Berdasarkan pengujian kuat tekan paving block didapatkan hasil bahwa kuat tekan paving block dengan tambahan abu tempurung lontar lebih besar dari kuat tekan paving block normal, kecuali pada kuat tekan paving block dengan penambahan abu 5%. Sesuai dengan SNI-03-0691-1996, bahwa paving block dengan kuat tekan semakin tinggi maka akan meningkatkan kualitas paving block. Beban terbesar yang diterima paving block adalah kuat tekannya. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan abu tempurung lontar dapat meningkatkan nilai kuat tekan paving block.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang “Manfaat Limbah Arang Tempurung Lontar Sebagai Alternatif Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Paving Block” dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan campuran yang mendapat nilai optimum yaitu pada komposisi 10% yang dapat meningkatkan kuat tekan paving block dengan mutu D dengan nilai kuat tekan maksimum rata-rata sebesar 14,47 MPa.
2. Presentase penambahan abu tempurung lontar paling optimum pada campuran paving block yaitu pada penambahan abu tempurung lontar sebesar 10%.
3. Paving block dengan penambahan abu tempurung lontar sebesar 5%, 10%, dan 15% dapat memenuhi standar mutu SNI-03-0691-1996.

Saran

1. Pada penelitian selanjutnya perlu menggunakan perbandingan semen: pasir yang berbeda untuk memperoleh kualitas paving block yang lebih baik sesuai dengan target penggunaannya.
2. Pada penelitian selanjutnya perlu menggunakan variasi presentase abu tempurung lontar yang berbeda sehingga dapat mengetahui kuat tekan tertinggi dari tambahan abu tempurung lontar.
3. Untuk mendapatkan kuat tekan paving block dengan mutu yang dipersyaratkan dalam SNI 03-0691-1996 perlu diperhatikan proses pembuatan paving block terutama pada proses pemadatan.

DAFTAR PUSTAKA

- A, A., Mulyati, M., Wardi, S., Roza, A., & Sonia Putra, D. (2023). Pengaruh Penambahan Abu Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Paving Block. *Jurnal Teknologi Dan Vokasi*, 1(2), 23–30.
- A, B. (2017). Studi Peningkatan Mutu Paving-Block Dengan Penambahan Abu Sekam Padi. Portal: *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2).
- Asrial, & Harijono. (2019). Serat Lontar sebagai Bahan Tambahan pada Agregat Bata Beton Pejal. *Jurnal Ilmiah Teknologi*, 13(1), 1–11.
- A, B. (2017). Studi Peningkatan Mutu Paving-Block Dengan Penambahan Abu Sekam Padi. Portal: *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2).
- Asrial, Antariksa, Setyo Leksono, A., & Indriyani, S. (2016). Impact of filament and ash of Lontar Palm (*Borassusundaicus* L.) in the quality of stone block. *IOSR Journal of Environmental Science* Ver. III, 10(11), 01–06.
- Idayati, E., Suparmo, & Darmadji, P. (2014). POTENSI SENYAWA BIOAKTIF MESOCARP BUAH LONTAR (*Borassus flabelifer* L.) SEBAGAI SUMBER ANTIOKSIDAN ALAMI. 34(3), 277–284.
- Indah, K., Bima, A., & Salmon, G. (1979). PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK HDPE (HIGH DENSITY POLYTHYLENE) SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN PAVING BLOCK. 3814, 29–33.
- Kapita, H., Aswan, M., & Aswan, D. T. C. (2023). Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Paving Block Berbahan Baku Limbah Plastik.
- Idayati, E., Suparmo, & Darmadji, P. (2014). Potensi Senyawa Bioaktif Mesocarp Buah Lontar (*Borassus flabelifer* L.) sebagai sumber antioksidan alami. 34(3), 277–284.
- Indah, K., Bima, A., & Salmon, G. (1979). Pemanfaatan limbah plastik HDPE (High Density Polythylene) sebagai bahan pembuatan paving block. 3814, 29–33.
- Kapita, H., Aswan, M., & Aswan, D. T. C. (2023). Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Paving Block Berbahan Baku Limbah Plastik. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(2), 5846–5853.
- Lano, L. A., Ledo, M. E. S., & Nitsae, M. (2020). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) yang Diaktivasi dengan Kalium Hidroksida (KOH) Activated Charcoal from Siwalan Shell (*Borassus flabellifer* L.) with Potassium Hydroxide Pendahuluan. 5(1), 8–15.
- Maryoto, A., Lie, H. A., & Purwanto. (2018). Pengantar Teknologi Beton. In Boyolali.
- Muwardin, S., Galuh, D. L. C., & Yasin, I. (n.d.). Pengaruh Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perendaman Air Laut, Air Tawar, Air Sungai Dan Air Kapur. 52–60.
- Nitsae, M., Lano, L. A., & Ledo, M. E. (2020). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) yang Diaktivasi dengan Kalium Hidroksida (KOH). *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 5(1), 8–15.
- Purwanti, H., & Widyarini, G. (2017). Pengaruh Abu Arang Sebagai Campuran Beton Ditinjau Dari Kuat Tekan. *Teknika*, 12(1), 16.
- Sutapa, J. P. G. (2006). Pembuatan dan pemanfaatan arang aktif dari tempurung buah lontar (*Borassus flabellifer* Linn.) Sebagai absorben limbah batik kayu. 476–484.