

## PENGARUH PENAMBAHAN ABU ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK

Arman A<sup>1\*</sup>, Mulyati<sup>2</sup>, Syafri Wardi<sup>3</sup>, Angelalia Roza<sup>4</sup>, Didi Sorina Putra<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Fakultas Vokasi

<sup>3,4,5</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Institut Teknologi Padang

\* Corresponding Author Email: [arman.agung@itp.ac.id](mailto:arman.agung@itp.ac.id)

### Abstract

*Paving Block is a building material made from a mixture of cement, sand and water. Paving blocks are widely used in the construction sector, such as sidewalks, highways, parking lots, parks and others. Ease of installation, inexpensive maintenance and fulfilling aspects of beauty make paving blocks more preferred. Along with the many developments such as houses, parks, roads in the midst of today's society, this has resulted in the need for paving blocks increasing. Because the hardening process takes quite a long time, therefore, to speed up hardening, this study added coconut shell ash. In this study using a ratio of 1 Pc: 3 Ps and the addition of coconut shell ash with variations of 0%, 2.5%, 5% and 7.5% by weight of cement. The average compressive strength value of paving block plans is a minimum of 12.5 MPa and a maximum of 15 MPa for grade C which is used for pedestrians and other uses, with rectangular specimens measuring 20 cm x 10 cm x 6 cm of 24 pieces with age 28 days testing for compressive strength and water absorption test. Based on the test results, the normal compressive strength of paving blocks was 13 MPa, the addition of 2.5% coconut shell ash was 13.5 MPa, 5% shell ash was 14.5 MPa, the addition of 7.5% coconut shell ash was 12.83 MPa. Based on the test results, the normal Paving Block water absorption value was 7.8%, 2.5% shell ash was 7.22%, the addition of 5% shell ash was 6.3%, 7.5% shell ash was 4.89%. Thus, it can be stated that the effect of Coconut Shell Ash can increase compressive strength and reduce water absorption. The highest compressive strength and lowest water absorption were obtained at the addition of 5% for the compressive strength and the lowest water absorption was obtained at the addition of 4.89%.*

**Keywords:** *Paving Block, Coconut Shell Charcoal Ash, Compressive Strength and Absorption*

### Abstrak

*Paving Block adalah bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen, pasir dan air. Paving Block banyak digunakan dalam bidang konstruksi, seperti trotoar, jalan raya, lahan parkir, taman dan lainnya. Kemudahan dalam pemasangan, perawatan yang murah serta memenuhi aspek keindahan mengakibatkan paving block lebih banyak disukai. Seiring dengan banyaknya pembangunan seperti rumah, taman, jalan di tengah-tengah masyarakat saat ini, sehingga mengakibatkan kebutuhan paving block semakin meningkat. Karena proses pengerasannya membutuhkan waktu yang cukup lama, maka dari itu untuk mempercepat pengerasan, penelitian ini menambahkan bahan Abu Tempurung Kelapa. Dalam penelitian ini menggunakan perbandingan 1 Pc: 3 Ps dan ditambahkan Abu Tempurung kelapa dengan Variasi 0 %, 2,5 %, 5 %, dan 7,5 % dari berat semen. Nilai kuat tekan paving block rencana rata-rata Minimal 12,5 MPa dan Maksimal 15 MPa untuk mutu C yang dipergunakan untuk Pejalan kaki dan penggunaan lain, dengan benda uji persegi panjang dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm sebanyak 24 buah dengan umur pengujian 28 hari untuk pengujian kuat tekan dan penyerapan air. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai kuat tekan paving block normal sebesar 13 Mpa, penambahan Abu Tempurung Kelapa 2,5 % didapatkan sebesar 13,5 MPa, Abu Tempurung 5 % didapatkan sebesar 14,5 Mpa, Penambahan Abu tempurung 7,5 % didapatkan sebesar 12,83 Mpa. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai penyerapan air Paving Block normal sebesar 7,8 %, Abu Tempurung 2,5 % sebesar 7,22 %, Penambahan Abu Tempurung 5 % sebesar 6,3 %, Abu Tempurung 7,5 % sebesar 4,89%. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa pengaruh Abu Tempurung Kelapa dapat meningkatkan kuat tekan dan menurunkan penyerapan air. Kuat tekan tertinggi dan penyerapan air terendah di peroleh pada penambahan 5% untuk kuat tekan dan penyerapan Air terendah diperoleh penambahan 4,89 %.*

**Kata kunci:** *Paving Block, Abu Arang Tempurung Kelapa, Kuat Tekan dan Penyerapan*

## 1. PENDAHULUAN

Paving block merupakan suatu jenis produk beton pracetak yang memiliki bentuk blok-blok-kata beton kecil. Fungsi dari paving block adalah digunakan sebagai material penutup perkerasan tanah atau jalan pengganti aspal dan cor beton. Paving block biasanya terdiri dari campuran semen, pasir, air. Pertumbuhan penduduk yang begitu tingginya pada kota-kota besar di Indonesia mengakibatkan tingginya tingkat pembangunan kebutuhan konstruksi tersebut. Pembangunan seperti proyek gedung rumah tinggal dan sarana perhubungan lainnya, yang menggunakan paving block untuk menjadi suatu komponen pembangunan tersebut, seperti pembuatan halaman rumah tinggal, halaman kantor, garasi atau tempat parkir dan lainnya.

Buah kelapa, umumnya hanya daging buahnya saja yang dimanfaatkan untuk menjadikan kopra, minyak dan santan untuk keperluan rumah tangga, sedangkan untuk tempurung kelapa sebagian kecil digunakan sebagai bahan bakar untuk keperluan rumah tangga, pengasapan kopra, dan lain-lain, sedangkan untuk hasil sampingan lainnya seperti arang abu tempurung kelapa belum begitu banyak dimanfaatkan. Tempurung kelapa merupakan buah kelapa yang berfungsi secara biologis adalah pelindung bagian inti buah dan terletak dibagian dalam setelah sabut. Tempurung merupakan lapisan yang keras dengan ketebalan 3-5 mm. sifat kekerasan ini disifatkan kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) di tempurung tersebut. Ide dasar pada penggunaan arang abu tempurung kelapa adalah untuk memanfaatkan bahan yang tidak terpakai yang juga tidak dapat didaur ulang dan memiliki nilai ekonomis bagi masyarakat dalam pembuatan mortar. Oleh sebab itu dalam penelitian ini, peneliti mencoba untuk memanfaatkan arang abu tempurung kelapa yang terinspirasi dari keperluan rumah tangga dan sebagai bahan bakar untuk bahan tambahan dalam pembuatan mortar. Mortar adalah bahan bangunan yang dibuat dari pencampuran antara pasir dan agregat halus lainnya dengan bahan pengikat dan air yang didalam keadaan keras mempunyai sifat-sifat seperti batuan.

## 2. METODOLOGI

Metode yang dipakai dalam penelitian ini mengacu kepada SNI 03-0691-1996 mengenai Bata Beton (Paving block). Pencetakan dan pengujian Paving Block dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Padang. Bahan-bahan yang digunakan berupa :

- 1) Semen, dalam penelitian ini digunakan adalah semen Portland tipe PCC berfungsi sebagai bahan pengikat material pengisi lainnya.
- 2) Agregat halus yang digunakan berupa Pasir Lubuk Alung Padang Pariaman yang lolos pada saringan 4,75 mm ( # 4 ). Sebelum dipakai sebagai benda uji, pasir diuji untuk mengetahui kelayakan data teknis meliputi kandungan lumpur, gradasi pasir, berat jenis dan kadar air.
- 3) Air berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Padang
- 4) Bahan tambah abu arang tempurung kelapa, Arang tempurung kelapa ini berwarna Hitam, lalu arang ditumbuk menggunakan tempat penumbuk tradisional ( lesung ) sampai hancur menjadi abu, lalu abu arang di saring lolos saringan no 200, setelah abu lolos saringan no 200 maka abu tersebut digunakan untuk bahan campuran paving block.

### Pembuatan Benda Uji

Variasi dan jumlah benda uji yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 24 benda di cetak secara Manual menggunakan bahan tambah abu arang tempurung kelapa sebesar 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% terhadap berat semen dan menggunakan factor air semen sebesar 0,55.

### Perawatan Benda Uji

Curing adalah perlakuan atau perawatan terhadap paving block selama masa pembekuan. Pengukuran Curing diperlukan untuk menjaga kondisi kelembaban dan suhu yang diinginkan pada paving block, karena suhu dan kelembaban di dalam secara langsung berpengaruh terhadap

sifat-sifat paving block. Pengukuran Curing mencegah air hilang dari adukan dan membuat lebih banyak hidrasi semen. Curing dilakukan untuk menjaga suhu paving block tetap stabil sehingga proses hidrasi tidak terjadi terlalu lama hingga tercapai kekuatan paving block rencana.

### Pengujian Benda Uji

Pengujian kuat tekan menggunakan 3 buah benda uji yang telah berusia 28 hari dan pengujian daya serap juga menggunakan 3 buah benda uji, berlaku untuk semua variasi.

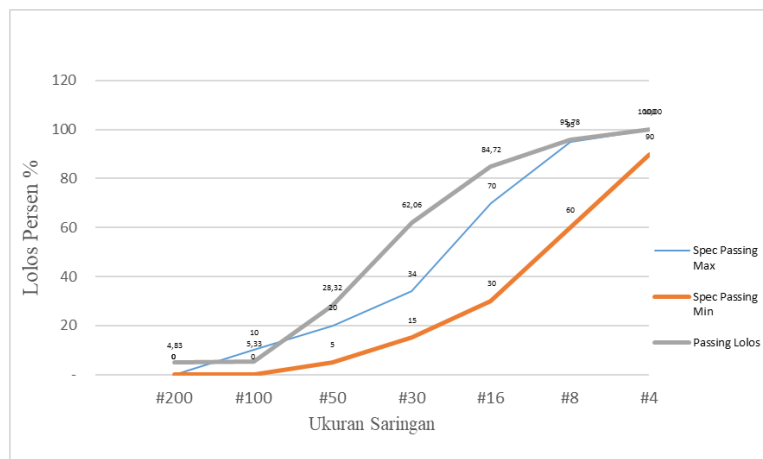
Pengujian daya serap air dilakukan dengan merendam 3 buah benda uji untuk semua variasi selama 24 jam, selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 110 selama 24 jam.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Sifat Fisik Material Penyusun Paving Block

#### 1) Gradasi Pasir

Berdasarkan hasil pemeriksaan agregat halus, diperoleh bahwa material agregat hasil yang digunakan pada penelitian ini memenuhi spesifikasi gradasi sesuai standar (SNI ASTM C136-2012), dimana masuk pada zona 1 (Pasir kasar) dengan modulus kehalusan.  $FM = \frac{318,96}{100} = 3,19$ , batas gradasi agregat masuk Pasir kasar.



Gambar 1. Batas Gradasi Pasir Lubuk Alung zona 1

#### 2) Zat Organik Pasir

Hasil pemeriksaan Zat Organik pada agregat halus, pada pasir didapatkan warna yang sesuai dengan warna no. 2 pada Tintometer, warna tersebut menentukan bahwa kadar organik yang terkandung pada pasir masih berada pada batas normal maksimum no. 3 (SNI-03-2816-1992).

#### 3) Berat Isi Pasir

Hasil pemeriksaan berat isi pasir dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Berat Isi Pasir

No.	Lepas / Gembur	I	II	III
1	Berat Tempat + Benda Uji	7890	7891	7859
2	Berat Tempat	3831	3831	3831
3	Berat Benda Uji (A - B)	4059	4060	4028
4	Volume Tempat	2826	2826	2826
5	Berat Isi Benda Uji (C:D)	1233	1234	1202
6	Berat Benda Uji Rata-rata		<b>1223</b>	

Hasil pemeriksaan berat isi pasir sebesar 1,223 Gr/Cm<sup>3</sup>. Hasil ini menunjukkan bahwa pasir yang akan digunakan pada penelitian ini memenuhi standar SNI 03-4804-1998 dengan standar minimal 1,2 Gr/Cm<sup>3</sup>.

#### 4) Berat Jenis dan Penyerapan Pasir

Hasil dari pemeriksaan dan penyerapan pasir dan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

No	Uraian	Berat	Satuan
A.	Labu Takar No.	=	
B.	Berat Labu Takar + Benda Uji SSD	= 663,60	gram
C.	Berat Labu Takar	= 163,60	gram
D.	Berat Benda Uji SSD (B-C)	= 500,00	gram
E.	Berat Labu Takar + Air + Benda Uji	= 961,60	gram
F.	Berat Labu Takar + Air	= 660,91	gram
G.	Berat Benda Uji Kering (Oven)	= 482,02	gram

Dari hasil pemeriksaan diperoleh data sebagai berikut:

1. Berat Jenis Apparent = 2,66
2. Berat Jenis Kering ( Dry basis ) = 2,42
3. Berat Jenis SSD = 2,51
4. Penyerapan Air = 3,73 %

Dari data diperoleh, terlihat bahwa pasir memenuhi standar SNI 7656-2021 dengan standar Bj minimal 2,4 dan penyerapan air maksimal 5%.

#### Perencanaan Campuran Paving Block

Perencanaan campuran Paving block 1 semen: 3 pasir, dengan berat jenis semen PCC produksi PT. Semen Padang Sebesar 3,15.

Pengelohan data :

Bj semen	= 3,19	Bj air	= 1
Bs semen	= 1,25	Bs air	= 1
Bj pasir	= 2,51	BJ ATK	= 1,6
Bs pasir	= 3,19	F.A.S	= 0,55

Tabel 3. Komposisi Bahan Campuran Untuk 1 Buah Paving Block Untuk 4 Variasi Benda Uji

Variasi Penambah Abu Terhadap Semen	Semen (gram)	Pasir (gram)	Air (ml)	ATK (gram)
0%	419	2249	230	
2,5%	419	2249	230	5
5%	419	2249	230	10
7,5%	419	2249	230	15
Total	1675	8998	921	31

Tabel 4. Komposisi Kebutuhan Bahan Campuran Untuk 3 Buah Paving Block Untuk 4 Variasi Benda Uji

Variasi Penambah Abu Terhadap Semen	Semen (gram)	Pasir (gram)	Air (ml)	ATK (gram)
0%	1256	6748	691	
2,5%	1256	6748	691	15
5%	1256	6748	691	31
7,5%	1256	6748	691	46
Total	5026	26994	2764	93

Keterangan:

Pc : Semen

ATK : Abu Tempurung Kelapa

P : Pasir

### Hasil Uji Kuat Tekan dan Uji Penyerapan Paving Block

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, diperoleh hasil pengujian nilai kuat tekan dan daya serap air rata-rata yang ditampilkan dalam tabel 4.9, tabel 4.10, dan grafik 4.2 dan 4.3.

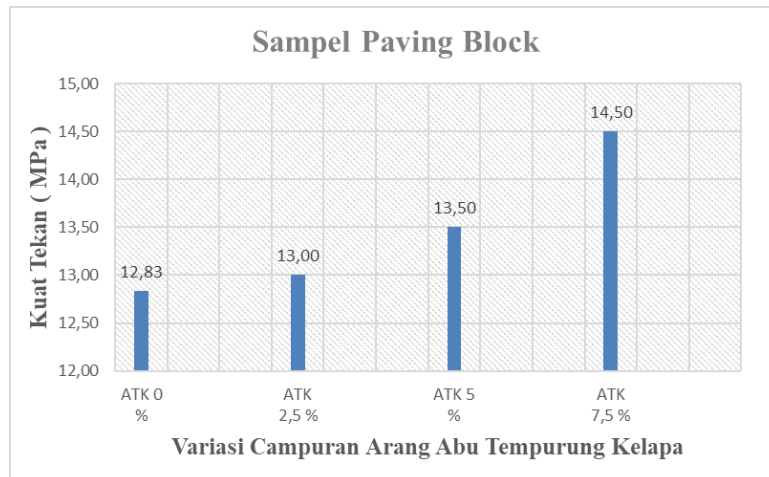
Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block umur 28 hari

Sampel Paving Block	No Sampel	Berat ( Kg )	Beban ( Kn )	Luas ( mm )	Kuat Tekan Mpa	Kuat Rata-rata Konversi (Mpa)	Kuat Tekan Rata - rata ( MPa )
ATK 0 %	1	2,466	220,0	20000	11	11,00	12,83
	2	2,480	310,0	20000	15,5	15,50	
	3	2,399	240,0	20000	12	12,00	
ATK 2,5 %	1	2,392	260,0	20000	13	13,00	13,00
	2	2,364	280,0	20000	14	14,00	
	3	2,357	240,0	20000	12	12,00	
ATK 5 %	1	2,461	240,0	20000	12	12,00	13,50
	2	2,479	260,0	20000	13	13,00	
	3	2,459	310,0	20000	15,5	15,50	
ATK 7,5 %	1	2,394	260,0	20000	13	13,00	14,50
	2	2,449	290,0	20000	14,5	14,50	
	3	2,437	320,0	20000	16	16,00	

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan paving block rata-rata konversi MPa yang terdapat dalam Tabel 4.9 dan pada Gambar 4.2 pada umur 28 hari didapat nilai kuat tekan paving block rata-rata konversi MPa dengan menggunakan komposisi 0% yaitu sebesar 12,83 MPa, menggunakan 2,5 % campuran diperoleh kuat tekan sebesar 13 MPa, menggunakan 5 % campuran diperoleh kuat tekan sebesar 13,50 MPa, menggunakan 7,5 % campuran diperoleh kuat tekan sebesar 14,50 Mpa. Diantara semua komposisi, kuat tekan rata-rata paving block konversi MPa tertinggi diperoleh pada komposisi 7,5 %.

Pada kuat tekan Normal telah terjadi nilai sebesar 13 MPa, penggunaan komposisi 2,5 % terjadi peningkatan kuat tekan paving block dari kuat tekan Normal sebesar 1,67 %, penggunaan komposisi 5 % terjadi peningkatan kuat tekan dari kuat tekan Normal sebesar 1,73 %, penggunaan komposisi 7,5 % terjadi penurunan kuat tekan dari kuat tekan Normal sebesar 1,80 %.

Dengan demikian pengaruh penambahan Abu Arang Tempurung kelapa dapat meningkatkan nilai kuat tekan paving block pada penambahan Abu Arang Tempurung kelapa 7,5 %, karena Abu Arang Tempurung dapat memadatkan paving block dan memperkecil pori-pori pada paving block.



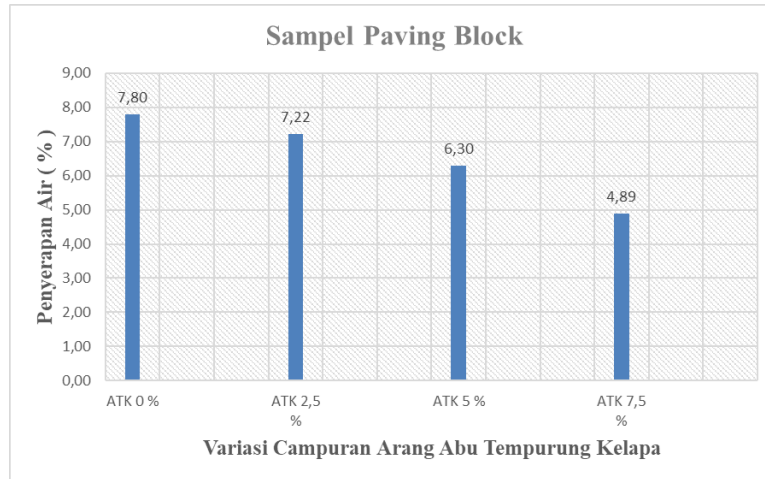
Gambar 2. Hubungan Variasi Komposisi Abu Arang Tempurung Kelapa terhadap Kuat Tekan Paving Block

Tabel 6. Hasil Penyerapan Air Paving Block

Sampel Paving Block	No Sampel	Masa Kering (MK) (Gr)	Masa Basah (MB) (Gr)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata Penyerapan Air (%)
ATK 0 %	4	2320,09	2542,70	9,59	7,80
	5	2319,97	2542,25	9,58	
	6	2381,08	2481,45	4,22	
ATK 2,5 %	4	2358,71	2538,20	7,61	7,22
	5	2362,61	2532,19	7,18	
	6	2399,03	2563,79	6,87	
ATK 5 %	4	2448,38	2598,15	6,12	6,30
	5	2398,42	2555,25	6,54	
	6	2419,32	2570,31	6,24	
ATK 7,5 %	4	2500,08	2643,13	5,72	4,89
	5	2524,60	2605,80	3,22	
	6	2458,39	2599,64	5,75	

Berdasarkan hasil pengujian Penyerapan Air paving block rata-rata penyerapan air yang terdapat dalam Tabel 6 dan pada Gambar 2 pada umur 28 hari didapat nilai penyerapan air paving block rata-rata dengan menggunakan komposisi campuran 0% mendapatkan hasil sebesar 7,80 %, menggunakan komposisi Campuran 2,5% diperoleh hasil penyerapan air sebesar 7,22%, menggunakan Komposisi Campuran 5 % diperoleh hasil penyerapan air sebesar 6,30 %, menggunakan Komposisi campuran 7,5 % campuran diperoleh penyerapan air sebesar 4,89%. Diantara semua komposisi, penyerapan air terendah diperoleh pada campuran komposisi 7,5 %.

Berdasarkan hasil pengujian daya serap air rata-rata pada paving block dengan komposisi Abu Tempurung Kelapa 2,5%, 5%, dan 7,5%. Paving block ini mendekati spesifikasi daya serap untuk paving block SNI-03-0691-1996 yaitu 8 % yaitu mendekati mutu C, Karena nilai daya serap yang cukup tinggi, maka paving block ini direkomendasikan untuk digunakan pada Untuk Trotoar (Pejalan Kaki) .



Gambar 3. Hubungan Variasi Komposisi Abu Arang Tempurung Kelapa terhadap Kuat Tekan Paving Block.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dengan mengkaji pengaruh penambahan Abu Arang Tempurung Kelapa terhadap paving block. Maka, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil kuat tekan paving block rata-rata pada umur 28 hari dengan menggunakan campuran Abu Arang Tempurung Kelapa didapat hasil sebagai berikut, Pada Paving block normal didapatkan nilai kuat tekan sebesar 12,83 MPa, pada Penambahan Campuran komposisi Sebesar 2,5 % didapatkan nilai kuat tekan 13 MPa, pada komposisi 5 % nilai Kuat tekan didapatkan 13,5 MPa, dan pada komposisi 7,5 % didapatkan nilai kuat tekan 14,5 Mpa. Hasil pemeriksaan Porositas atau penyerapan air rata-rata maka di dapatkan hasil sebagai berikut, pada Paving block normal didapatkan nilai serap 7,80%, pada komposisi 2,5 % didapatkan nilai serap 7,22%, pada campuran komposisi 5 % didapatkan nilai serap 6,30%, komposisi 7,5% didapatkan nilai serap 4,89%.
2. Hasil kuat tekan maksimum diperoleh pada variasi penambahan 7,5 % Abu Arang Tempurung Kelapa dapat hasil 14,5 Mpa, meningkat sebanyak 1,8% dari Paving Block normal karena Abu Arang Tempurung Kelapa dapat meningkatkan kuat tekan paving block. Dan Hasil minimum Penyerapan Air diperoleh pada variasi 7,5 % AKS yaitu mengurangi daya serap air sebesar 33,08% karena AKS dapat memperkecil pori-pori pada paving block dan memadatkan paving block.
3. Hasil kuat tekan tertinggi dan Penyerapan air paling rendah diperoleh pada komposisi 7,5% untuk Kuat tekan dan Penyerapan Pada komposisi 7,5% Abu Tempurung Kelapa.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Ardiansyah. 2023. “ Pengaruh Kerak Boiler Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan Paving Block” Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang. Padang
- [2] Fauzi, N, M. 2022. “Pengaruh Penambahan Aks Terhadap Kuat Tekan Paving Block” Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang. Padang
- [3] Hasan, H. 2016. “Pengaruh Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Mortar” Jurnal Smartek, Volume 4 no 4, November 2016, hal 211-223.
- [4] Husna, F, W. 2011. “ Pengaruh Abu Arang Tempurung Kelapa Sebagai Additive Terhadap Karakteristik Marsahl Pada Asphalt Concrete – Wearing Course ( Ac -Wc ), Tugas Akhir, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- [5] Langitan, M, G., Sumajow, M, D, I., Dapas S, O. 2022. “ Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton dengan menggunakan Agregat Lokal dan Abu Arang Tempurung Kelapa sebagai Substitusi Parsial Semen” Jurnal Sipil Statik, Volume 10, Nomor 2, Maret 2022: 135-142, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [6] Mulyono, T. 2004, Teknologi Beton. Yogyakarta: Andi.
- [7] Mustaqim, I, M., Marliansyah, J., Rahmi, A. 2016. “ Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa terhadap Kuat Tekan Paving Block”, Jurnal Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian, Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian, Riau.
- [8] Muwardin, S., Galuh, C, L,D., Yasin, I. 2020. “Pengaruh Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perendaman Air Laut, Air Tawar, Air Sungai Dan Air Kapur” Jurnal Teknik Sipil Universitas Sarjanawiyata, Fakultas Teknik Sipil Universitas Sarjanawiyata.
- [9] Riyanto, D., Cahyadi, H., Respati, R. 2018. “Pengaruh Pemakaian Arang Batok Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K225”, Media Ilmiah Teknik Sipil, Volume 6, Nomor 2, Juni 2018 Hal. 94-101, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palangka Raya.
- [10] SNI 03-0691-1996. Bata Beton ( Paving Block ). Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- [11] SNI ASTM C117-2012, Metode Uji Bahan yang Lebih Halus dengan Saringan 75 ( No. 200 ) dalam Agregat Mineral dengan Pencucian, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [12] SNI ASTM C136-2012, Metode Uji untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan kasar (ASTM C136-06, IDT), Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [13] Suhartana. 2006. “ Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kabupaten Brobongan” Jurnal Berkala Fisika, Vol 9, hal 151-156. Laboratorium kimia Organik FMIPA Universitas Diponegoro.
- [14] Tjokrodinuljo, K. 1996. Teknologi Beton. Yogyakarta. Penerbit Naviri.