



Pemanfaatan Limbah Kulit Kakao Sebagai Bahan Pembuat Pori Pada Ecopavings Block

Utilization of Cocoa Shell Waste as Material For Ecopaving Block

Erlangga¹, Winda Rahmawati^{1*}, Muhammad Amin¹, Siti Suharyatun¹

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*Corresponding Author: winda.rahmawati@fp.unila.ac.id

Abstract. During 2018-2019 there were floods in the Bandar Lampung area. In general, the flood that occurs is only inundation with a maximum height of 2 meters. Therefore, every residential area or roadside must have water catchment areas such as a stretch of land in the form of planting or sidewalks that have pores such as paving blocks that can absorb rainwater into the ground. Making paving blocks in this study used cocoa shell waste because it was indicated that it could be processed into charcoal which contains a lot of carbon which can absorb water, with this composition absorbing water between eco-pavings blocks. The purpose of this research is to utilize cocoa shell waste to manufacture eco-paving blocks and to analyze the physical characteristics of cocoa shell eco-paving blocks. The effect of cocoa shell waste on Eco-Paving Blocks in this study is that the more cocoa shell waste fiber is used, the more porous cavities in the eco-paving block will be, and vice versa. The paving block of cocoa shell waste produced in this study has an average density test value of 1670.751 kg/m³ to 1929.642 kg/m³. The water absorption test obtained an average value of 11.18% - 19.82%. For the infiltration test, the largest value was obtained, namely in treatment 1, which was 0.355 mm/s. The visible test is obtained with the shape of the appropriate paving texture obtained on the P2 factor because the resulting texture is good and there are no gaps or defects when the paving has been printed. Meanwhile, in the compressive strength test, the average value decreased significantly from the P1 variation to the P4 variation. The highest value was in treatment P1 with a value of 0.0154 MPA, while the lowest value occurred in treatment P4 with a value of 0.0030 MPA. However, in this study there were several parameters that did not meet the criteria for quality standard paving D.

Keywords: Eco-Paving Block, Cocoa Shell Waste

1. Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk kawasan perkotaan mengakibatkan meningkatnya kebutuhan masyarakat terutama untuk kebutuhan dasar seperti permukiman serta infrastruktur dasar. Pemanfaatan ruang cenderung mengakibatkan bertambahnya luas kawasan terbangun pada suatu wilayah. Bertambahnya luas kawasan terbangun tentunya berakibat pada daerah resapan air. Daerah resapan air akan mencegah terjadinya banjir, tanah longsor dan juga dapat menyimpan air di dalam tanah dan menguncinya untuk bisa digunakan di kemudian hari.

Sepanjang tahun 2010 hingga tahun 2019 telah terjadi 14 kali banjir dari 26 total kejadian bencana di Kota Bandar Lampung. Pada umumnya banjir yang terjadi di Kota Bandar Lampung umumnya bersifat genangan dengan tinggi maksimal sekitar dua meter dan tidak separah yang terjadi di kota besar lainnya seperti Jakarta. Oleh sebab itu seharusnya disetiap daerah perumahan atau pun dipinggiran jalan harus memiliki daerah resapan air mau itu berupa hamparan tanah yang berupa taman ataupun trotoar yang memiliki pori seperti *paving block* sehingga jika terkena hujan, air tersebut diteruskan kedalam tanah oleh pori yang terdapat di *paving block* sehingga meminimalisir terjadinya banjir.

Eco-paving block merupakan produk *conblock* yang terbuat dari limbah atau plastik jenis tertentu, *Conblock* sendiri merupakan jenis material bangunan yang digunakan untuk perkerasan jalan, yang secara konvensional terbuat dari campuran beton dan memiliki dimensi teratur. Untuk pembuatan *eco-paving block*, pencampuran semen dan pasir untuk membuat beton diganti dengan pencampuran limbah atau plastik tertentu dengan pasir dalam takaran tertentu. Pada penelitian ini menggunakan arang limbah kulit kakao sebagai agregat. Kandungan yang terdapat pada kulit buah kakao diindikasikan dapat diolah menjadi arang yang mengandung banyak karbon dengan adanya komposisi tersebut penyerapan air pada sela-sela *eco-pavings block* akan membantu mengurangi jumlah air yang berada di jalan karena selain air dapat mengalir ke saluran drainase jalan, air juga dapat menyerap ke *pavingblock* dan akan meneruskan ke dalam tanah. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi bahan *eco-pavings block* dengan kulit kakao dapat menghasilkan pori-pori yang baik untuk menyerap dan meneruskan air ke tanah.

Tujuan dari penelitian ini yaitu memanfaatkan limbah Kulit Kakao untuk pembuatan *eco-paving block* dan menganalisis karakteristik fisik *eco-paving block* Kulit Kakao.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Desember 2021 sampai dengan Maret 2022. Bertempat di Laboratorium Daya dan Alat Mesin Pertanian dan Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian dan Laboratorium Beton Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu timbangan, cetakan *paving*, sendok semen, pisau, ember, gelas ukur, penggaris, papan, alat *Proving Ring*, dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu arang kulit kakao, semen, pasir, dan air.

2.1. Parameter Penelitian

Parameter pengamatan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.2.1 Uji Densitas

Eco-pavings block akan diuji dengan menimbang berat benda uji *eco-pavings block* dan menghitung volume *eco-pavings block*. Densitas merupakan massa jenis suatu benda, dimana pengukuran massa setiap volume benda. Semakin tinggi nilai densitas rata-rata suatu benda, maka semakin besar pula nilai massa setiap volumenya. Pengujian densitas dilaksanakan berdasarkan ASTM C 1688 M -10.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

dimana ρ adalah densitas(gr/cm^3), m adalah massa (gr), dan v adalah volume (cm^3).

2.1.2 Uji Penyerapan Air

Uji Penyerapan air dilakukan setelah umur paving 7 hari untuk mengetahui berapa persentasi penyerapan air oleh paving, dengan melakukan perendaman paving dalam waktu 24 jam dan dikeringkan, pengeringan selama 24 jam untuk mengetahui berat kering paving (SNI-03-0691-1996). Menurut (SNI 03-0691- 1996) penyerapan air maksimum pada suatu *paving block* mutu A adalah maksimal 3%. Adapun rumus dari uji ini ialah :

$$\text{Resapan Air} = \frac{A-B}{B} \times 100\%. \quad (2)$$

dimana A adalah berat paving sebelum direndam (gram) dan B adalah berat paving setelah di oven (gram).

2.1.3 Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan dilakukan dengan tujuan untuk melihat daya tahan *paving block* terhadap kuat tekan yang diberikan. Menurut (SNI-03-1974-1990) kuat tekan beban beton adalah besarnya beban persatuan, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Adapun rumus dari kuat tekan sendiri yaitu:

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{L} \quad (3)$$

dimana P adalah beban tekan (N) dan L adalah luas bidang tekan (mm^2).

2.1.4 Uji Tampak

Tujuan dilakukannya uji tampak ini adalah untuk menguji *paving block* agar bagian sudutnya tidak mudah dihancurkan dengan tangan serta memiliki permukaan yang rata dan tidak retak atau cacat. Sesuai dengan standar SNI 03-0691 (1989) dimana *paving block* harus memiliki permukaan yang rata, tidak terdapat retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah dirapikan dengan tangan.

2.1.5 Uji Infiltrasi

Dalam proses pengujian infiltrasi, sampel ditempelkan plastik yang cukup tebal lalu beri dua tanda di plastik tersebut untuk menandakan mulai menghitung waktu dan untuk memberhentikan waktu. Siapkan stopwatch dan masukkan air hingga air berada diatas tanda lalu mulai menghitung jika air sudah sejajar dengan tanda dan berhenti menghitung jika air sudah berada di tanda kedua. Lalu data yang didapat dimasukkan kedalam rumus.

$$I = \frac{4V}{D^2\pi t} \quad (4)$$

dimana I adalah laju infiltrasi(mm/s), V adalah volume air yang lolos(mm^3), D adalah diameter kulit kakao (mm), dan T adalah waktu yang dibutuhkan meloloskan air(s)

2.2. Analisis Data

Pada penelitian ini digunakan metode Rancang Acak Lengkap (RAL) dengan analisis one way anova yang menggunakan aplikasi spss dalam mengelolanya, lalu di sajikan dengan menggunakan tabel pada mircosoft excel.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Eco-Pavings Block

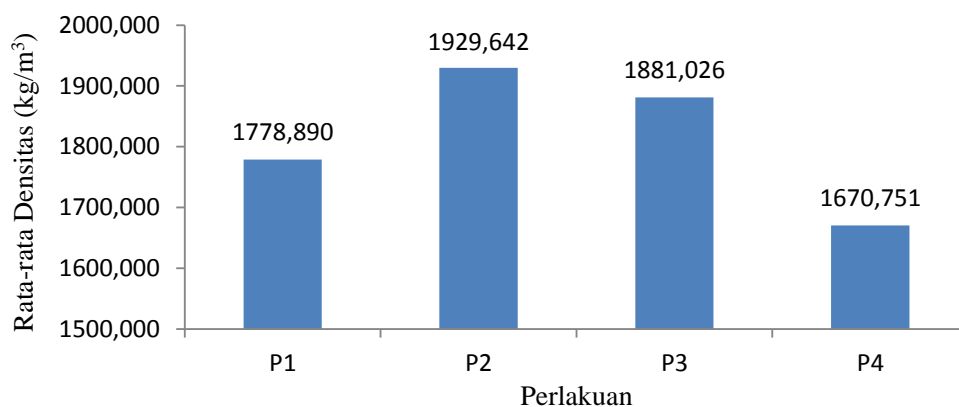
Salah satu inovasi dan alternatif yang dilakukan dengan cara melakukan penambahan bahan tambah baik yang bersifat sebagai filler maupun penambahan serat fiber dalam material penyusun *eco-pavings block* yaitu berupa arang limbah kulit kakao. Kompposisi dalam pembuatan *Paving Block Porous* teridri dari (pasir+semen) serta kulit kakao yang sudah menjadi arang. Komposisi perlakuan 1 yaitu 98%+2%, perlakuan 2 yaitu 96%+4%, perlakuan 3 yaitu 94%+6%, perlakuan 4 yaitu 92%+8%. Bentuk paving block porous adalah hexagon atau prisma segi enam. Ukuran paving belum memenuhi standar SNI03-0691(1996) yaitu panjang sisi 10 cm dan tebal 4 – 5,7 cm.

3.2. Pengamatan Non Destructive

Pengamatan *Non Destructive* pada penelitian ini meliputi:

3.2.1 Uji densitas

Pengujian densitas dilaksanakan berdasarkan ASTM C 1688 M -10. Hasil pengujian pengaruh penambahan arang limbah kulit kakau terhadap nilai densitas pada *eco-paving block* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik rata-rata densitas *eco-pavings block*

Gambar 1 menunjukkan hasil penelitian uji densitas pada *eco-pavings block* untuk masing-masing perlakuan setiap sampel berbeda-beda. Dimana rata-rata nilai densitas tertinggi yaitu pada perlakuan P2 dengan nilai 1924,642 kg/m³. Sedangkan nilai terendah terjadi pada perlakuan P4 dengan nilai 1670,751 kg/m³. Nilai densitas pada perlakuan P1 dan P3 berturut turut sebesar 1778,890 kg/m³ dan 1881,026 kg/m³. Penurunan berat paving dapat disebabkan oleh pengaruh pada saat pembuatan paving serta dipengaruhi oleh komposisi bahan pada *eco-pavings block* ASTM C-00-2005. Perbedaan nilai densitas pada setiap perlakuan *eco-paving block* yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh persentase arang kulit kakao yang digunakan dan pori-pori dari *paving block*. Menurut Putri dkk (2019) perbedaan kerapatan pada *paving block* dapat disebabkan oleh banyaknya pori-pori yang terdapat pada *paving block*, jumlah volume air yang digunakan, serta kekuatan mesin *press* pada saat membuat *paving block*. Sedangkan Masthura dkk, (2021) menyatakan bahwa pada pembuatan *paving block* dengan campuran abu cangkang kerang kepah terjadi penurunan nilai densitas dalam setiap penambahan abu cangkang kerang kepah dari 0-15%. Nilai densitas tertinggi terdapat pada 0% campuran yaitu sebesar 1,91 gr/cm³,

sedangkan nilai densitas terendah pada campuran 15% yaitu sebesar $1,62 \text{ gr/cm}^3$. Penurunan nilai densitas ini disebabkan oleh banyaknya variasi campuran abu cangkang kerang kepah, semakin banyak campuran abu maka nilai densitas yang dihasilkan akan semakin kecil.

Menurut ASTM C 1688-08 Beton porous dan *paving block* memiliki nilai densitas sekitar $1,75$ sampai 2 gr/cm^3 , sedangkan *paving block* yang umumnya dijual dipasaran memiliki nilai densitas sebesar 2 gr/cm^3 . Hal ini menunjukkan bahwa nilai densitas pada *paving block* dengan campuran arang kulit kakao memiliki nilai densitas yang sesuai dengan beton porous dan *paving block* yang ada di pasaran yaitu berkisar dari $1670,751 - 1929,642 \text{ kg/m}^3$ atau sama dengan $1,67 - 1,929 \text{ gram/cm}^3$. Hasil analisis sidik ragam uji densitas disajikan pada Tabel 1.

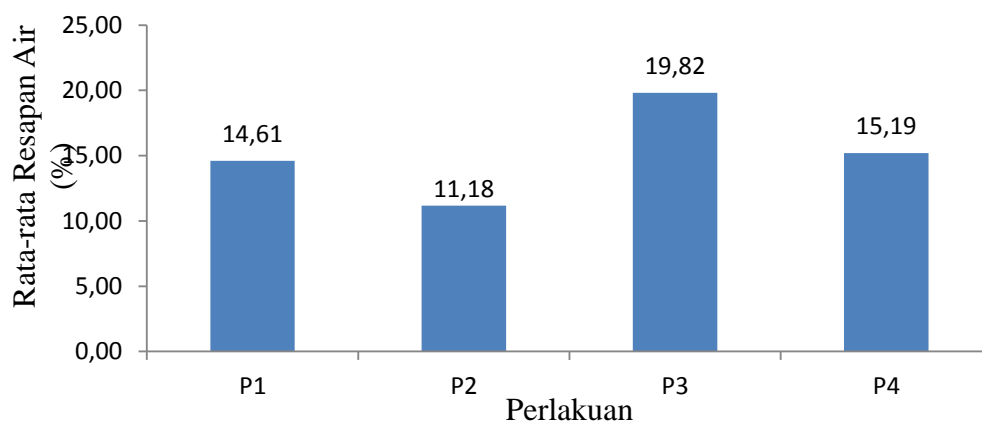
Tabel 1. Uji anova pengaruh limbah kulit kakao terhadap uji densitas

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan (Db)	Jumlah Kuadrat (Jk)	Mean Kuadrat (Mk)	F Hitung	F Tabel (5%)
Perlakuan (P)	3	0,197	0,066	2,144	3,2389
Galat (G)	16	0,490	0,031		
Total (T)	19	0,687			

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai F table 5% lebih besar dibandingkan dengan F hitung. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak adanya pengaruh yang signifikan dari penambahan arang limbah kulit kakao sebagai bahan campuran *paving block porous* terhadap nilai densitas yang dihasilkan, sehingga tidak dilakukan uji lanjut BNT.

3.2.2 Uji resapan air

Penyerapan air pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air yang dapat diserap oleh *paving block*, kemudian termasuk yang diizinkan oleh mutu SNI 03-0691-996 atau tidak. Perendaman terhadap *paving block* dilakukan selama kurang lebih 24 jam atau sehari semalam. Sebelum dilakukannya perendaman *paving block* di timbang terlebih dahulu pada saat kering setelah itu langsung direndam dengan air didalam suatu tempat. Setelah dilakukan perendaman kemudian sampel diangkat dan dilakukan pengeringan di dalam oven, dan langkah terakhir dilakukan penimbangan kembali. Hasil rata-rata penyerapan air pada *eco-paving block* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik rata-rata resapan air *eco-pavings block*

Gambar 2 menunjukkan pengaruh penambahan limbah arang dari bahan kulit kakao *eco-pavings block* dapat dilihat pada perlakuan P1, P2, P3, dan P4. *Eco-pavings block* pada perlakuan P2 menghasilkan nilai resapan air paling sedikit dengan yaitu sebesar 11,18%. Sedangkan nilai resapan air tertinggi yaitu pada perlakuan P3 dengan penambahan arang limbah kulit kakao sebesar 6% dengan persentase resapan air sebesar 19,82 %. Menurut Ananto (2017), *paving block* yang tidak menggunakan limbah plastik, penyerapan air akan lebih banyak. Dilakukan analisis sidik ragam untuk mengetahui pengaruh penambahan arang limbah kulit kakao terhadap resapan air pada *paving block* yang dihasilkan yang mana dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji anova pengaruh limbah kulit kakao terhadap uji resapan air

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan (Db)	Jumlah Kuadrat (Jk)	Mean Kuadrat (Mk)	F Hitung	F Tabel (5%)
Perlakuan (P)	3	189,080	63,027	4,747	3,2389
Galat (G)	16	212,419	13,276		
Total (T)	19	401,499			

Berdasarkan Tabel 2, pada uji anova pengaruh arang limbah kulit kakao pada pengujian resapan air menunjukkan adanya perbedaan nyata nilai penyerapan air *paving block porous* dari setiap perlakuan percobaan. Perbedaan tersebut dapat dilihat dari hasil F hitung perlakuan lebih besar dari F tabel 5% (0,05). Hasil dari F hitung perlakuan yaitu 4,747 dan F tabel 5% sebesar 3,2389. Jika analisis sidik ragam menunjukkan perbedaan nyata maka dilakukan uji beda nyata terkecil (BNT) dan hasil analisis sidik ragam menggunakan aplikasi SPSS dapat dilihat pada Lampiran Tabel 16. Uji lanjut BNT dilakukan dengan mencari nilai LSD 0,05 antara selisih rata-rata perlakuan dengan persamaan:

$$\text{BNT} = (t_{0,05, \text{dbd}}) \sqrt{\frac{MKd}{N_1} + \frac{MKd}{N_2}} \quad (5)$$

Sehingga nilai BNT menjadi:

$$\begin{aligned} \text{BNT} &= (t_{0,05, 16}) \sqrt{\frac{(13,276)}{5} + \frac{(13,276)}{5}} \\ &= 2,12 \times 2,304 \\ &= 4,885 \end{aligned}$$

Tabel 3. Hasil Uji BNT penambahan arang limbah kulit kakao terhadap nilai resapan air

Perlakuan	Nilai BNT	N	Subset for alpha = 0.05	Notasi
P2	4,885	5	11,178	A
P1	4,885	5	14,608	AB
P4	4,885	5	15,190	AB
P3	4,885	5	19,814	B

Tabel 3 menunjukkan adanya pengaruh komposisi pembuatan *paving block*. Dimana dapat disimpulkan perlakuan P3 berbeda nyata dengan perlakuan P2, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan P1 dan P4.

3.2.3 Uji tampak

Sifat tampak menurut SNI 03-0691(1989), *paving block* harus memiliki permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tanagan. Uji tampak warna dilakukan dengan cara paving disusun di atas permukaan yang rata sebagaimana pada pemasangan yang sebenarnya. Hasil dari uji tampak pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3. Hasil tampak *Eco-Pavings Block* (a) P1, (b) P2, (c) P3 dan (d) P4

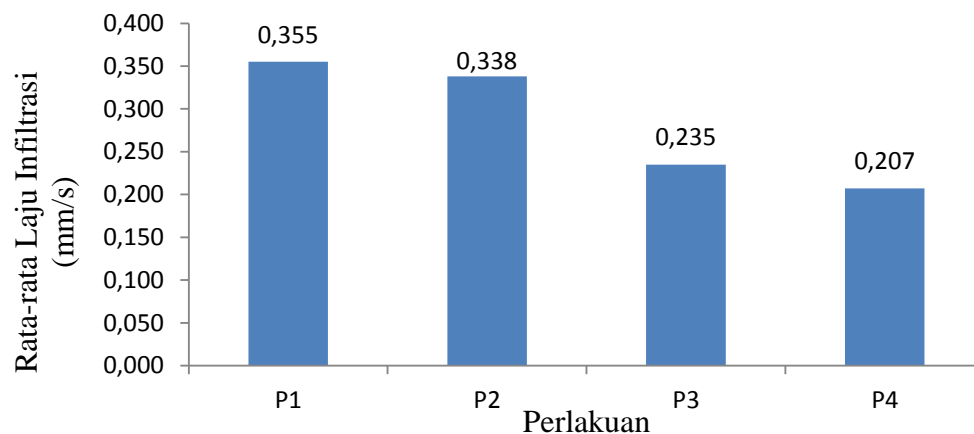
Berdasarkan pada Gambar 3 dan uji tampak pada penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan perlakuan terbaik yaitu pada P2 dengan komposisi Semen + pasir (96%) + kulit kakao (4%) yang menghasilkan permukaan rata, tidak retak, tidak cacat, sudut paving yang sesuai serta warna yang agak pucat. Klasifikasi hasil uji tampak pada *Eco-paving Block* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi uji tampak pada *eco-pavings block*

Perlakuan	Permukaan Rata	Tidak Retak	Tidak Cacat	Sudut Paving	Warna
P1	✓	✓	✓	✓	Pucat
P2	✓	✓	✓	✓	Agak Pucat
P3	✗	✓	✓	✓	Agak Gelap
P4	✗	✗	✗	✓	Gelap

3.2.4 Uji infiltrasi

Tujuan uji infiltrasi yaitu untuk mengetahui seberapa besar daya serap yang dihasilkan paving, serta untuk mengetahui adanya kerusakan pada paving yang telah dibuat. Hasil uji merupakan hasil pengamatan dari uji infiltrasi yang disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4. Hasil rata – rata pengujian infiltrasi *eco-paving block*

Gambar 4 menunjukkan nilai tertinggi pada pengujian infiltrasi terjadi pada perlakuan P1 dengan nilai 0,355 mm/s. Sedangkan nilai terendah terjadi pada perlakuan P4 dengan nilai 0,207 mm/s. Menurut Abd (2015) hal yang sangat mempengaruhi hasil infiltrasi adalah ukuran pori-pori yang berada pada paving dan komposisi lain untuk menahan air untuk tetap berada di paving tersebut. Penutupan dan kondisi permukaan tanah sangat menentukan tingkat atau kapasitas air untuk menembus permukaan tanah, sedangkan karakteristik tanah, khususnya struktur internalnya berpengaruh terhadap laju air saat melewati masa tanah. Unsur struktur tanah yang terpenting adalah ukuran pori dan kemantapan pori. Putri dkk (2019) menyatakan bahwa laju infiltrasi semakin meningkat seiring dengan bertambahnya pori-pori pada beton porous. Hal ini menyebabkan laju infiltrasi dipengaruhi oleh rongga atau pori pada beton porous sehingga air lolos melewati rongga antar agregat tersebut bukan melalui pori agregat. Untuk mengetahui pengaruh penambahan arang limbah kulit kakao terhadap *eco-paving block* maka dilakukan analisis sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji anova pengaruh limbah kulit kakao terhadap *eco-paving block* porous pada pengujian infiltrasi

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan (Db)	Jumlah Kuadrat (Jk)	Mean Kuadrat (Mk)	F Hitung	F Tabel (5%)
Kelompok (K)	3	0,081	0,027	0,919	3,2389
Dalam (D)	16	0,472	0,029		
Total (T)	19	0,553			

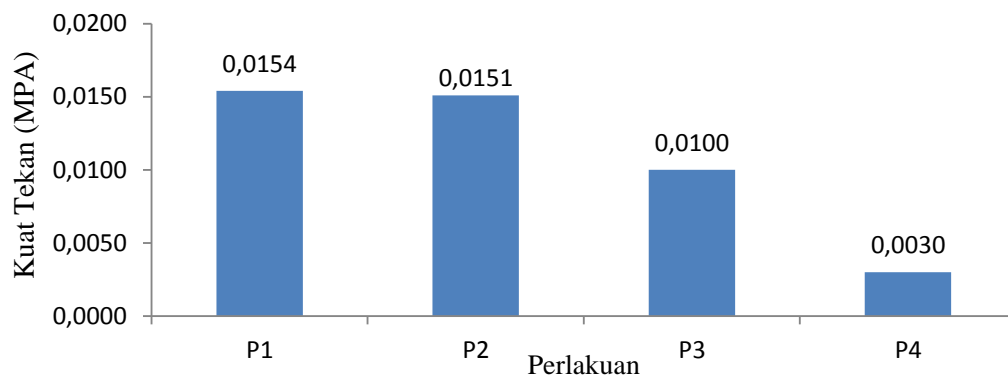
Berdasarkan analisis sidik ragam pada taraf 5% dapat disimpulkan bahwa tidak adanya pengaruh yang signifikan dari pengaruh penambahan limbah kulit kakao sebagai bahan campuran *paving block porous* terhadap uji infiltrasi yang dihasilkan, sehingga tidak dilakukan uji lanjut BNT.

3.3. Pengamatan Destructive

Pengamatan *Destructive* pada penelitian ini yaitu uji kuat tekan pada *eco-paving block* yang dihasilkan.

3.3.1 Uji kuat tekan

Menurut SNI 03 – 0691 – 1989 syarat mutu dari Paving block harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpuhkan dengan kekuatan jari tangan. *Paving block* harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi + 8%. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan perbandingan limbah kulit kakao 2%, 4%, 6% dan 8%. Bila semakin besar nilai kuat tekan yang diperoleh pada saat pengujian maka daya tahan yang berada pada *eco-paving block* akan semakin baik, begitu sebaliknya. Pada pengujian ini menggunakan alat proving ring. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Hasil rata-rata pengujian kuat tekan pada *eco-paving block*

Pengujian ini memperoleh grafik yang menurun secara signifikan dari variasi P1 hingga variasi P4. Pada grafik diatas didapatkan hasil bahwa Nilai tertinggi terjadi pada perlakuan P1 dengan nilai sebesar 0,0154MPa, sedangkan nilai terendah terjadi pada perlakuan P4 dengan nilai sebesar 0,0030MPa. Dipohusodo (1999) menyebutkan bahwa ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton seperti: ukuran dan bentuk agregat, jumlah pemakaian semen, jumlah pemakaian air, proporsi campuran beton, perawatan beton (*curing*), usia beton, ukuran dan bentuk sampel. Untuk mengetahui pengaruh penambahan arang limbah kulit kakao terhadap *eco-paving block* maka dilakukan analisis sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Uji anova pengaruh limbah kulit kakao terhadap *eco-paving block* pada pengujian kekuatan tekan.

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan (Db)	Jumlah Kuadrat (Jk)	Mean Kuadrat (Mk)	F Hitung	F Tabel (5%)
Perlakuan (K)	3	327090	109030	3,973	3,2389
Dalam (D)	16	439260	27453,75		
Total (T)	19	766350			

Berdasarkan Tabel 6, pada uji anova pengaruh arang limbah kulit kakao pada pengujian kuat tekan menunjukkan adanya perbedaan nyata nilai kuat tekan *paving block porous* dari setiap perlakuan percobaan. Perbedaan tersebut dapat dilihat dari hasil F hitung kelompok lebih besar dari F tabel 5% (0,05). Hasil dari F hitung kelompok yaitu 3,973 dan F tabel 5% sebesar 3,2389. Jika analisis sidik ragam menunjukkan perbedaan nyata maka dilakukan uji beda nyata terkecil (BNT). Uji lanjut BNT dilakukan dengan mencari nilai LSD 0,05 antara selisih rata-rata kelompok dengan persamaan:

$$\text{BNT} = (t_{0,05, \text{dbd}}) \sqrt{\frac{MKd}{N_1} + \frac{MKd}{N_2}} \quad (5)$$

Sehingga nilai BNT menjadi:

$$\begin{aligned} \text{BNT} &= (t_{0,05, 16}) \sqrt{\frac{(40,672)}{5} + \frac{(40,672)}{5}} \\ &= 2,12 \times 4,033 \\ &= 8,551 \end{aligned}$$

Tabel 7. Hasil Uji BNT penambahan arang limbah kulit kakao terhadap nilai kuat tekan

Perlakuan	Nilai BNT	N	Subset for alpha = 0.05	Notasi
P4	4,885	5	85,00	A
P3	4,885	5	262,00	AB
P2	4,885	5	393,00	B
P1	4,885	5	400,00	B

Beda signifikan terjadi jika nilai perbedaan selisih rata-rata antar perlakuan lebih besar dari nilai BNT. Berdasarkan hasil uji BNT pada Tabel 9, menunjukkan bahwa P4 berbeda nyata dengan perlakuan P2 dan P1 Namun tidak berbedanya dengan perlakuan P2. Sehingga dapat disimpulkan adanya pengaruh terhadap nilai kuat tekan *paving block* yang diberi campuran arang limbah kulit kakao.

4 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah di laksanakan diperoleh kesimpulan yaaitu sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini telah berhasil diproduksi *paving block* dari limbah kulit Kakao dengan persentase yang berbeda beda pada setiap perlakuan. Perlakuan pertama yaitu pasir, semen 98%, dan arang kulit Kakao 2%. Perlakuan kedua yaitu pasir, semen 96%, dan arang kulit Kakao 4%. Perlakuan pertiga yaitu pasir, semen 94%, dan arang kulit Kakao 6%. Perlakuan terakhir yaitu

pasir, semen 92%, dan arang kulit Kakao 8%.

2. *Paving block* limbah kulit kakao yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki nilai uji densitas rata-rata yaitu 1670,751 kg/m³ hingga 1929,642 kg/m³. Uji resapan air didapat nilai rata-rata sebesar 14,61% perlakuan satu, 11,18% perlakuan 2, 19,82% perlakuan 3, dan 15,19% perlakuan 4. Untuk uji infiltrasi didapat nilai terbesar yaitu pada perlakuan 1 yaitu 0,355 mm/s. Uji tampak diperoleh dengan bentuk tekstur paving yang sesuai di dapat pada faktor P2 dikarenakan tekstur yang dihasilkan bagus dan tidak ada celah atau cacat pada saat paving telah di cetak. Sedangkan pada uji kuat tekan didapat nilai rata-rata yang menurun secara signifikan dari variasi P1 hingga variasi P4. Nilai tertinggi perlakuan P1 dengan nilai sebesar 0,0154 MPA, sedangkan nilai terendah terjadi pada perlakuan P4 dengan nilai sebesar 0,0030 MPA.

Daftar Pustaka

- Abd. Rakhim, N., Nurnawaty. 2015. Kapasitas Infiltrasi Tanah Timbunan Dengan Tutupan Paving Blok (Uji Model Laboratorium). *Prosiding Sntt Fgdt. Jurnal Jurusan Teknik Sipil*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Ananto., P. K. 2017. Analisis Kuat Tekan Dan Serapan Air Paving Block Dengan Pemakaian Fly Ash Sebagai Pengganti Sebagian Semen. Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Aceh.
- Dipohusodo, I. 1999. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- asthura, Daulay, A. H., dan Widya, E. 2021. Uji Fisik Paving Block Dengan Penambahan Abu Cangkang Kerang Kepah (*Polymesoda Erosa*). *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. 14 (8). 156 – 165.
- Putri, E.E., Ismeddiyanto, Suryanita, R. 2019. Sifat Fisik Paving Block Komposit Sebagai Lapis Perkerasan Bebas Genangan Air (Permeable Pavement). *Jurnal Teknik*. 13 (1). 1 – 8.