



Analisis Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Paving Block dengan Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur sebagai Material

Isria Miharti Maherni Putri¹, Dodit Ardiatma²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pelita Bangsa

²Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pelita Bangsa

Jl. Inspeksi Kalimalang Tegal Danas, arah Delta Mas, Cikarang Pusat, Kab. Bekasi 17530, Indonesia

Koresponden*, Email: isriamiharti@pelitabangsa.ac.id

Abstract

The increasing number of population in Indonesia can increase food production and waste. One of them is the production of eggs, which are commonly consumed by the public as an ingredient in processed food. Production of eggs in the year 2018 is predicted to reach 1.52 million tons. People in Indonesia not many know how to cultivate and utilize the waste eggshells properly. In this research, the utilization of waste eggshell as a material in paving block. Paving block is a composition of buildings that is composed of cement, coarse aggregate, fine aggregate and water. This research is an experimental laboratory scale with descriptive quantitative method. The purpose of this study, in order to know the types of quality paving block that is produced. In addition to having a high economic value can also be an environmentally friendly product. Used paving block size (20x10x6) cm with brick types and the value of the fineness modulus of the LCT of 2.49 to 2.50. Persante composition used in this study are 0%, 10%, 15% and 20%. Then testing the compressive and flexural strength at each composition of the paving block. The results of testing the obtained value with a percentage of 20% of the waste eggshell is the result of paving block with the type of quality A or K-500. While the value with the percentage of 0% of waste eggshell is the result of paving block with the type of quality B or K-300. When compared with paving block 0% then the addition of waste eggshell can change and enhance the types of quality paving block. For further research can use the waste with the type shells of the eggs are different, so a product that has high economic value as well as friendly environment.

Info Artikel

Diterima	:	9 Maret 2020
Direvisi	:	17 Maret 2020
Dipublikasikan	:	30 April 2020

Keywords: Waste of Eggshells, Paving Block, Aggregate, Modulus of Fineness, Compressive, and Flexural Strength

Abstrak

Bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia dapat meningkatkan produksi pangan dan limbah. Salah satunya produksi telur ayam ras, yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat sebagai bahan olahan makanan. Produksi telur ayam ras pada tahun 2018 diprediksi mencapai 1,52 juta ton. Masyarakat di Indonesia belum banyak mengetahui bagaimana mengolah dan memanfaatkan limbah cangkang telur dengan benar. Dalam penelitian ini dilakukan pemanfaatan dari limbah cangkang telur sebagai bahan campuran pada paving block. Paving block merupakan suatu komposisi bangunan yang tersusun dari semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Penelitian ini merupakan eksperimental skala laboratorium

Kata Kunci: Limbah Cangkang Telur Ayam, Agregat Halus, Modulus Kehalusan, Kuat Tekan, dan Kuat Lentur

dengan metode deskriptif kuantitatif. Tujuan dilakukan penelitian ini, agar mengetahui jenis mutu paving block yang dihasilkan. Selain memiliki nilai ekonomi yang tinggi juga dapat menjadi produk ramah lingkungan. Digunakan paving block berukuran (20x10x6) cm dengan jenis bata dan nilai fineness modulus LCT 2,49-2,50. Persentase komposisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0%, 10%, 15% dan 20%. Lalu dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada masing-masing komposisi paving block. Hasil pengujian tersebut didapat nilai dengan persentase 20% limbah cangkang telur merupakan hasil paving block dengan jenis mutu A atau K-500. Sedangkan nilai dengan persentase 0% limbah cangkang telur merupakan hasil paving block dengan jenis mutu B atau K-300. Bila dibandingkan dengan paving block 0% maka penambahan limbah cangkang telur dapat merubah dan meningkatkan jenis mutu paving block. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan limbah dengan jenis cangkang telur yang berbeda, agar menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomi tinggi serta ramah lingkungan.

1. Pendahuluan

Konsumen telur di Indonesia diprediksi akan mencapai 1,52 juta ton, yang berarti terjadi surplus 55 ribu ton. Populasi ayam ras selama periode 2013-2017 diprediksi rata-rata naik 3,28% per tahun dan dalam lima tahun kedepannya diprediksi rata-rata 5,54%. Sementara produksi telur ayam ras selama lima tahun (2018-2021) diprediksi akan meningkat rata-rata sebesar 4,87% per tahun sedangkan dikonsumsi rata-rata akan naik 4,18%. Jumlah produksi telur ayam petelur di Jawa Barat pada tahun 2018 mencapai 139.574 ton. [1].

Saat ini, pemanfaatan limbah merupakan prioritas untuk mencapai pembangunan yang berkelanjutan [2]

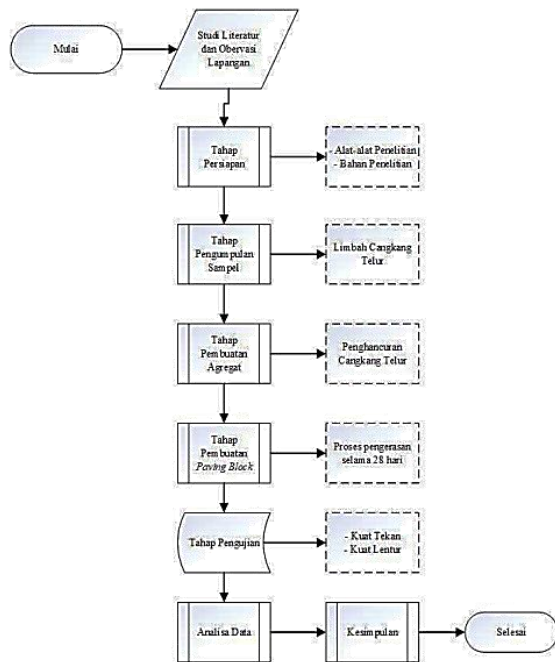
Dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan paving block bahan campuran semen dan limbah cangkang telur. Sebelum dicampurkan ke dalam bahan-bahan penyusun paving, limbah cangkang telur tersebut harus dijadikan bubuk terlebih dahulu. Penambahan bahan limbah cangkang telur ini merupakan masalah yang perlu diteliti, sehingga nantinya mampu menghasilkan komposisi yang optimal untuk mendapatkan paving block yang baik dan sebagai alternatif penghasil produk yang ramah lingkungan. Metode pembuatan paving block ini dilakukan secara manual. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat lentur pada paving block yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis tinggi.

2. Metode

Proses pembuatan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Pelita Bangsa. Untuk pengambilan sampel penelitian yaitu di Desa Mekarmukti, lalu untuk pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Institut Teknologi Nasional Bandung.

Penelitian ini merupakan eksperimental skala laboratorium menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang dimana akan menghasilkan sebuah produk dari penelitian tersebut. Dan kemudian dilakukan pengujian terhadap produk penelitian tersebut sesuai standar yang telah ditentukan. Pada penelitian tersebut tidak menggunakan teknik pengambilan sampel, karena pada penelitian tersebut hanya melakukan pengujian skala laboratorium dari 4 sampel dan 4 variasi komposisi campuran paving block.

Tahapan penelitian tersebut meliputi, studi literatur atau referensi, tahap persiapan, tahap pengumpulan sampel, tahap pembuatan agregat, tahap pembuatan paving block, tahap pengujian, analisis data dan kesimpulan.



Gambar 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai kuat tekan dan kuat lentur pada paving block menggunakan bahan tambah limbah cangkang telur dengan proporsi campuran yang sudah ditentukan. Selain itu, hasil dari pembuatan paving block menggunakan bahan tambah limbah cangkang telur harus dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur, agar dapat mengetahui jenis mutu dan nilai pada paving block tersebut. Dari hasil pengujian laboratorium tersebut akan menjadi pembandingan terhadap penelitian terdahulu yang menggunakan limbah cangkang telur. Jenis limbah cangkang telur yang digunakan dalam penelitian ini merupakan limbah dari cangkang telur ayam ras (negeri), sedangkan penelitian terdahulu menggunakan cangkang telur ayam kampung (buras).

Dalam pembuatan paving block menggunakan bahan tambah limbah cangkang telur yang terdiri dari 4 sampel dengan 4 konsentrasi yaitu 0%, 10%, 15% dan 20%. Limbah cangkang telur tersebut harus dijadikan bubuk terlebih dahulu sebelum diaplikasikan pada paving block, agar senyawa yang terkandung dapat bekerja sesuai dengan fungsi semen yaitu untuk mengikat senyawa lainnya.

1. Hasil Pengujian Kehalusan

a. **Tabel 1.** Hasil Pengujian Analisis Saringan Bubuk LCT ke-1

Saringan No	Berat Tertahan (Gram)	Persen Tertahan (%)	Jumlah Persen (%)	
			Lewat	Kumulatif Tertahan
8	0	0	100	0
16	0,5	0,05	99,95	0,05
30	151	15,1	84,45	15,15
50	474	47,4	37,45	62,55
100	190	19	18,45	81,55
200	90	9	9,45	90,55
PAN	92	9,2	0	99,75
Modulus Kehalusan = 249,85 : 100 = 2,50				

Sumber: Laboratorium Struktur dan Bahan ITENAS Bandung, 2019.

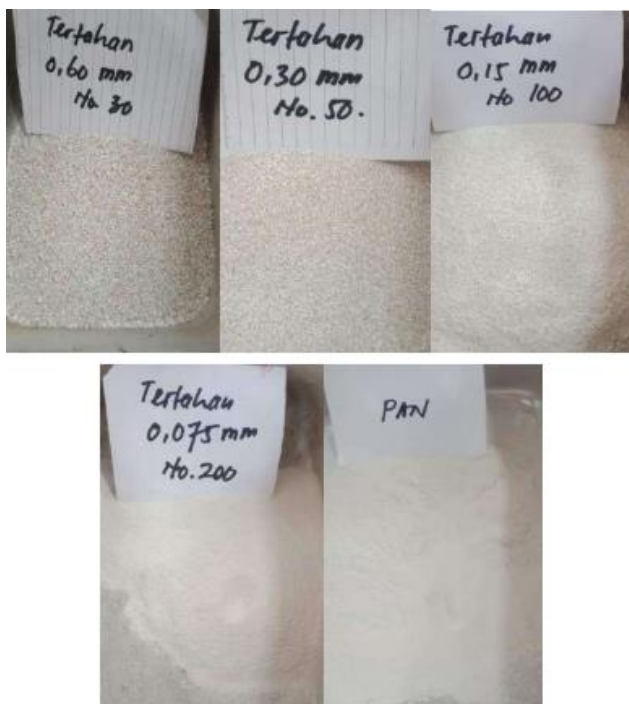
b. **Tabel 2.** Hasil Pengujian Analisis Saringan Bubuk LCT ke-2

Saringan No	Berat Tertahan (Gram)	Persen Tertahan (Gram)	Jumlah Persen	
			Kumulatif Tertahan	Lewat
8	0	0	0	100
16	0,7	0,07	0,07	99,93
30	155	15,5	15,57	84,43
50	475	47,5	63,07	36,93
100	180	18	81,07	18,93
200	80	8	89,07	10,93
PAN	108	10,8	99,75	0
Modulus Kehalusan = 248,85 : 100 = 2,49				

Sumber: Laboratorium Struktur dan Bahan ITENAS Bandung, 2019.

Berikut proses pengujian kehalusan akgegat dan benda uji yang tertahan pada saringan:

terdapat benda uji yang tertahan pada saringan nomor 30 dengan ukuran 0,60 mm, pada saringan nomor 50 dengan ukuran 0,30 mm, pada saringan nomor 100 dengan ukuran 0,15 mm, pada saringan nomor 0,075 dengan ukuran 0,075 mm, dan saringan PAN dengan benda uji terhalus.



Gambar 2. Hasil Pengujian Kehalusan
Sumber: Laboratorium Struktur dan Bahan ITENAS Bandung, 2019

2. Proporsi Campuran Bahan Paving Block

Paving block tersusun dari semen, abu batu, air dan akgegat halus. Akgegat halus yang digunakan berasal dari bubuk limbah cangkang telur.

standar untuk pengendalian mutu dari komposisi campuran dan pekerjaan yang memenuhi spesifikasi kondisi area pengerasan (kelembaban selama pengerasan). Artinya hasil tersebut nantinya dapat berat bahan campuran, metode pengambilan

Tabel 3. Kebutuhan Material/Bahan

Bahan Paving Block	Persentase			
	0%	10%	15%	20%
Ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm	0%	10%	15%	20%
Air (ml)	500	500	500	500
Semen (Kg)	1	0.9	0.85	0.8
LCT (Kg)	0	0.1	0.15	0.2
Abu Batu (Kg)	2,25	2,25	2,25	2,25

3. Hasil Pengujian Paving Block

Pengujian Paving Block yaitu pengujian terhadap Paving Block untuk mengetahui kualitas yang sudah memenuhi syarat standar atau belum memenuhi syarat standar yang mengacu penggunaan beban atau tekanan yang dilakukan alat uji dengan nama alat yaitu Universal Testing Machine dengan 2000 kN kapasitas tekan.

Hasil dari pengujian paving block dapat mempengaruhi nilai yang dihasilkan tergantung pada bentuk benda uji, ukuran, pembuatan, pencetakan, usia pengerasan, temperatur dan digunakan sebagai dan evaluasi keefektifan bahan tambah untuk pembuatan paving block.

Dalam penelitian ini dilakukan 2 pengujian pada paving block yaitu pengujian kuat tekan dan pengujian kuat lentur yang dilakukan di Laboratorium.

a. Pengujian Kuat Tekan

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block 0%

No.	Benda Uji Paving block	Umur Tes (Hari)	Luas Bidang Tekan (mm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan (Mpa)
1	Paving 1	28	20000	677.7	33.89	338.9	33.21
2	Paving 2	28	20000	687.9	34.39	343.9	33.70
3	Paving 3	28	20000	663.1	33.15	331.5	32.49
Rata-rata					33.81	338.1	33.13

Sumber: Laboratorium Struktur dan Bahan ITENAS Bandung, 2019

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block dengan Bahan Tambah Limbah Cangkang Telur.

No.	Benda Uji Paving block	Umur Tes (Hari)	Luas Bidang Tekan (mm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan (Mpa)
Paving Block (LCT - 10%)							
1	Paving 1	28	20000	403.4	20.17	201.7	19.77
2	Paving 2	28	20000	507.9	25.4	254.0	24.89
3	Paving 3	28	20000	568.9	28.45	284.5	27.88
Rata-rata					24.67	246.7	24.18
Paving Block (LCT - 15%)							
1	Paving 1	28	20000	566.9	28.35	283.5	27.78
2	Paving 2	28	20000	714.5	35.72	357.2	35.01
3	Paving 3	28	20000	879.1	43.95	439.5	43.07
Rata-rata					36.01	360.1	35.29
Paving Block (LCT - 20%)							
1	Paving 1	28	20000	983.6	49.18	491.8	48.20
2	Paving 2	28	20000	866.2	43.31	433.1	42.44
3	Paving 3	28	20000	635.6	31.78	317.8	31.14
Rata-rata					41.42	414.2	40.59

Sumber: Laboratorium Struktur dan Bahan ITENAS Bandung, 2019

b. Pengujian Kuat Lentur

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Lentur Paving Block 0%.

No.	Benda Uji Paving block	Umur Tes (Hari)	Luas Bidang Penampang (mm ²)	Beban Runtuh Maks (kN)	Kuat Lentur (MPa)
1	Paving 1	28	60000	1.4	0.7
2	Paving 2	28	60000	4.2	2.1
3	Paving 3	28	60000	3.7	1.85
Rata-rata					1.55

Sumber: Laboratorium Struktur dan Bahan ITENAS Bandung, 2019

Table 6. Hasil Pengujian Kuat Lentur Paving Block dengan Bahan Tambah Limbah Cangkang Telur.

No.	Benda Uji Paving block	Umur Tes (Hari)	Luas Bidang Penampang (mm ²)	Beban Runtuh Maks (kN)	Kuat Lentur (MPa)
Paving Block (LCT - 10%)					
1	Paving 1	28	60000	2.7	1.35
2	Paving 2	28	60000	2.8	1.4
3	Paving 3	28	60000	2.1	0.88
Rata-rata					1.21

No.	Benda Uji Paving block	Umur Tes (Hari)	Luas Bidang Penampang (mm ²)	Beban Runtuh Maks (kN)	Kuat Lentur (MPa)
Paving Block (LCT - 15%)					
1	Paving 1	28	60000	0.6	0.3
2	Paving 2	28	60000	0.5	0.25
3	Paving 3	28	60000	4.5	2.25
Rata-rata					0.93

No.	Benda Uji Paving block	Umur Tes (Hari)	Luas Bidang Penampang (mm ²)	Beban Runtuh Maks (kN)	Kuat Lentur (MPa)
Paving Block (LCT - 20%)					
1	Paving 1	28	60000	2.8	1.4
2	Paving 2	28	60000	1.9	0.95
3	Paving 3	28	60000	3.0	1.50
Rata-rata					1.28

Sumber: Laboratorium Struktur dan Bahan ITENAS Bandung, 2019

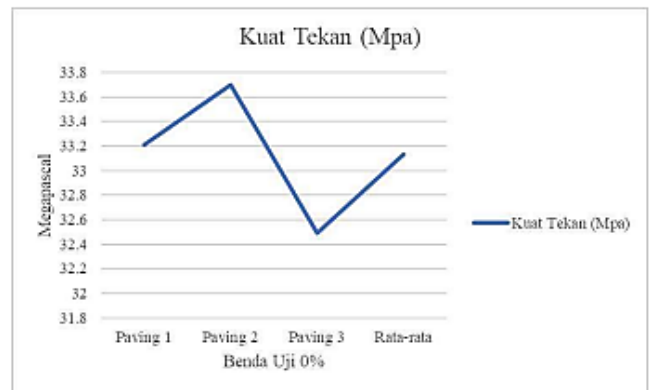
4. Pembahasan

Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur yang telah dilakukan dengan 4 sampel serta 4 variasi diantaranya yaitu 0%, 10%, 15% dan 20% di dapat nilai mutu paving block jenis mutu sedang sampai jenis mutu tinggi, namun peruntukan paving block dalam penelitian ini digunakan untuk taman kota, pejalan kaki dan parkir mobil. Bila digunakan untuk perkerasan jalan harus menggunakan komposisi beton, karena standar yang diperuntukkan paving block dan beton itu berbeda secara standar. Perbedaan tersebut karena nilai kuat lentur tidak berpengaruh besar terhadap paving block dan belum memiliki nilai minimum secara standar. Sedangkan kuat lentur beton menurut SNI 4431:2011 menerapkan nilai minimum sebesar 4,7 MPa untuk Beton Percobaan Campuran dan 4,5 MPa untuk Perkerasan Beton Semen.

Paving block yang digunakan dalam penelitian ini berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm. Paving block dengan komposisi 0 %, maka dalam komposisi campuran material/bahannya tidak menggunakan limbah cangkang telur. Sedangkan paving block dengan komposisi 10%, 15% dan 20%, maka dalam komposisi campuran

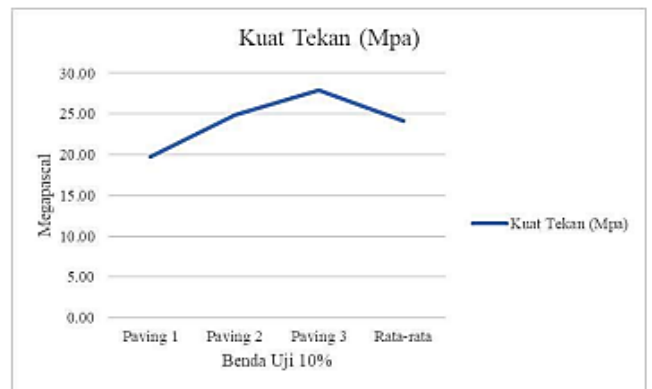
material/bahannya menggunakan bubuk dari limbah cangkang telur. Bubuk dari limbah cangkang telur yang digunakan telah melewati pengujian kehalusan, sehingga memiliki nilai modulus kehalusan sebesar 2,50 mm atau 2,49 mm. Berikut nilai kuat tekan dan nilai kuat lentur paving block 0% atau tanpa menggunakan bahan tambah limbah cangkang telur dan paving block 10%, 15% dan 20%:

a. Kuat Tekan



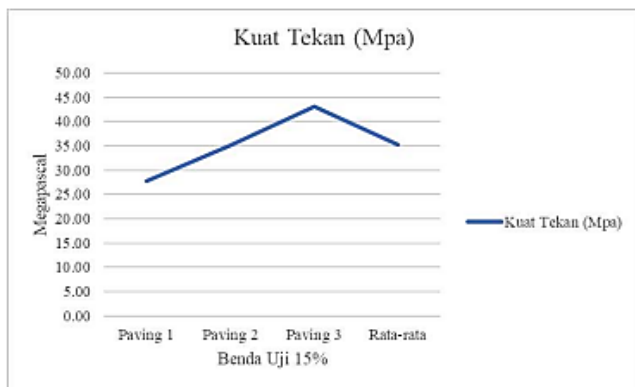
Grafik 1. Nilai Kuat Tekan 0%

Dari grafik 1 hasil pengujian kuat tekan 0% nilai terendah dari ke-3 benda uji dengan nilai 32,49 MPa yaitu paving 3, nilai tertinggi dari ke-3 benda uji dengan nilai 33,70 MPa yaitu paving 2. Di dapat nilai rata-rata sebesar 33,13 MPa.



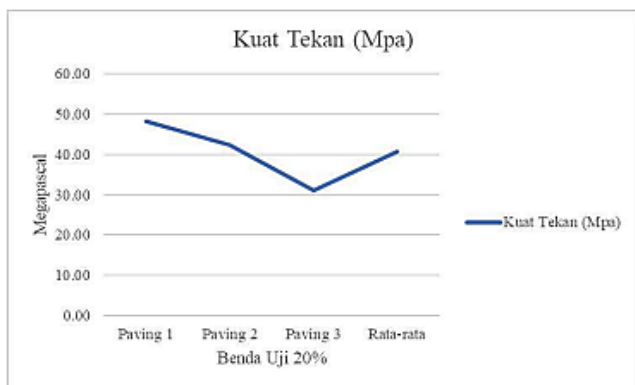
Grafik 2. Nilai Kuat Tekan 10%

Dari grafik 2 hasil pengujian kuat tekan 10% nilai terendah dari ke-3 benda uji dengan nilai 19,77 MPa yaitu paving 1, nilai tertinggi dari ke-3 benda uji dengan nilai 27,88 MPa yaitu paving 3. Di dapat nilai rata-rata sebesar 24,18 MPa.



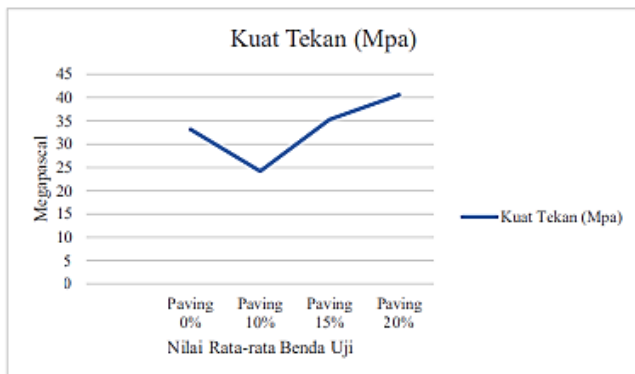
Grafik 3. Nilai Kuat Tekan 15%

Dari grafik 3 hasil pengujian kuat tekan 15% nilai terendah dari ke-3 benda uji dengan nilai 27,78 MPa yaitu paving 1, nilai tertinggi dari ke-3 benda uji dengan nilai 43,07 MPa yaitu paving 3. Di dapat nilai rata-rata sebesar 35,29 MPa.



Grafik 4. Nilai Kuat Tekan 20%

Dari grafik 4. hasil pengujian kuat tekan 20% nilai terendah dari ke-3 benda uji dengan nilai 31,14 MPa yaitu paving 3, nilai tertinggi dari ke-3 benda uji dengan nilai 48,20 MPa yaitu paving 1. Di dapat nilai rata-rata sebesar 40,59 MPa.

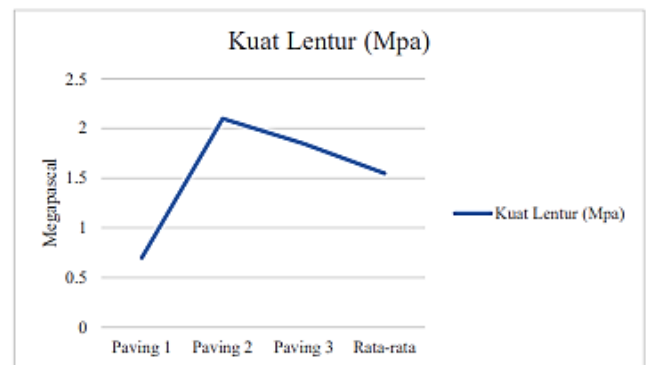


Grafik 5. Nilai Rata-rata Kuat Tekan

Dari grafik 5 di lihat dari nilai rata-rata kuat tekan yang sudah di ujikansampel dengan nilai 24,18 MPa yaitu paving block 10%, dan nilai tertinggi dari ke-4 sampel dengan nilai 40,59 MPa yaitu paving block 20%.

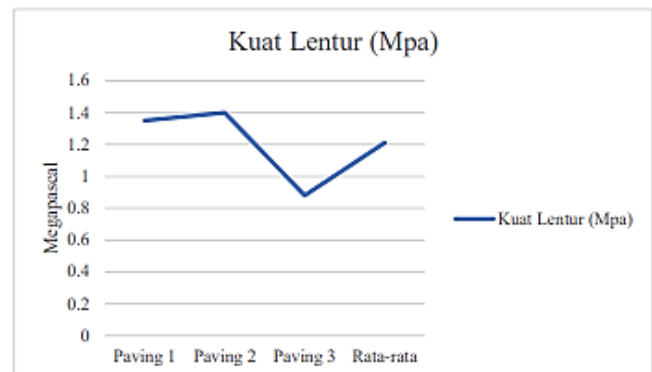
Maka analisis pengujian kuat tekan pada Paving Block menghasilkan nilai terbaik pada komposisi 20%.

b. Kuat Lentur



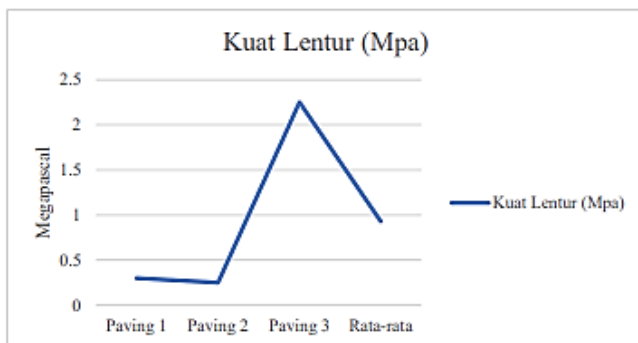
Grafik 6. Nilai Kuat Lentur 0%

Dari grafik 6 hasil pengujian kuat lentur 0% nilai terendah dari ke-3 benda uji dengan nilai 0,7 MPa yaitu paving 1, nilai tertinggi dari ke-3 benda uji dengan nilai 2,1 MPa yaitu paving 2. Di dapat nilai rata-rata sebesar 1,55 MPa.



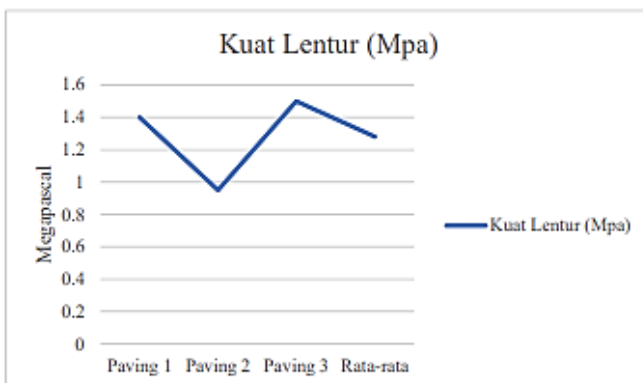
Grafik 7. Nilai Kuat Lentur 10%

Dari grafik 7 hasil pengujian kuat lentur 10% nilai terendah dari ke-3 benda uji dengan nilai 0,88 MPa yaitu paving 3, nilai tertinggi dari ke-3 benda uji dengan nilai 1,4 MPa yaitu paving 2. Di dapat nilai rata-rata sebesar 1,21 MPa.



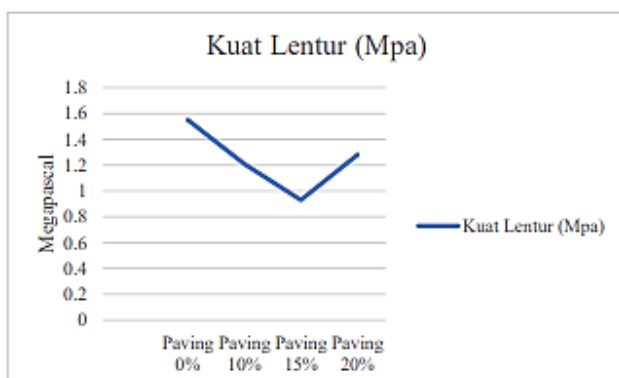
Grafik 8. Nilai Kuat Lentur 15%

Dari grafik 8 hasil pengujian kuat lentur 15% nilai terendah dari ke-3 benda uji dengan nilai 0,25 MPa yaitu paving 2, nilai tertinggi dari ke-3 benda uji dengan nilai 2,25 MPa yaitu paving 2. Didapat nilai rata-rata sebesar 0,93 MPa.



Grafik 9. Nilai Kuat Lentur 20%

Dari grafik 9 hasil pengujian kuat lentur 20% nilai terendah dari ke-3 benda uji dengan nilai 0,95 MPa yaitu paving 2, nilai tertinggi dari ke-3 benda uji dengan nilai 1,5 MPa yaitu paving 2. Di dapat nilai rata-rata sebesar 1,28 MPa.



Grafik 10. Nilai Rata-rata Kuat Lentur

Dari grafik 10 jika di lihat dari nilai rata-rata kuat lentur yang sudah di ujikan, nilai terendah dari ke-4 sampel dengan nilai 0,93 MPa yaitu paving block 15%, dan nilai tertinggi dari ke-4 sampel dengan nilai 1,28 MPa yaitu paving block 20%.

Maka dalam Analisis Pengujian Kuat Lentur dalam penelitian tersebut, di dapat nilai minimum dari paving block 0% dengan nilai 1,55 MPa. Sedangkan nilai minimum paving block dengan bahan campuran LCT di dapat pada komposisi paving 20% dengan nilai 1,28 MPa. Hasil pengujian kuat lentur yang memiliki nilai minimum dapat dipengaruhi karena beberapa faktor, seperti takaran air yang dipakai terlalu banyak dalam campuran beton, kgadasi campuran akgegat, dan sifat pada bahan-bahan penyusun paving block.

4. Kesimpulan

Dari 3 komposisi campuran paving block menggunakan bahan tambah limbah cangkang telur, di dapat komposisi terbaik yaitu pada paving block komposisi 20% dengan nilai kuat tekan dan kuat lentur sebesar 40,6 MPa dan 1,28 MPa, maka termasuk paving block mutu K-500. Namun paving block pada penelitian yang telah dilakukan, hanya direkomendasikan sebagai peruntukan area parkir, taman, dan pejalan kaki. Tidak diperuntukan pada perkerasan jalan, karena itu diperuntukan pada beton bukan pada paving block.

Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur di peroleh data pengujian dari 4 sampel dan 4 variasi di antaranya yaitu paving block 0% LCT dengan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 33,1 MPa dan kuat lentur sebesar 155 MPa, paving block 10% LCT dengan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 35,3 MPa dan kuat lentur sebesar 0,93 MPa dan paving

Kualitas mutu paving block 0% LCT termasuk mutu K-300 dengan nilai kuat tekan sebesar 33,1 MPa dan kuat lentur sebesar 1,55 MPa. Sedangkan kualitas mutu paving block 20% LCT termasuk mutu K-500 dengan nilai kuat tekan sebesar 40,6 MPa dan kuat lentur sebesar 1,28 MPa. Jadi dengan ditambahkannya limbah cangkang telur pada paving block dapat merubah kualitas mutu. Komposisi 20% sudah

membuktikan bahwa nilai standar yang ditetapkan sudah sesuai dengan syarat yang ditentukan yaitu SNI 03- 2834-199

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS. “Jumlah Produksi Telur Ayam Petelur JawaBarat. Indonesia”: Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, 2018.
- [2] Martin-Luengo M., Yates M., Ramos M., Saez Rojo E., Martinez Serrano A., Gonzalez Gil L., Hitzky E.R. “Biomaterials from beer manufacture waste for bone growth scaffolds”. *Green Chemical Letter Review*, 4: 229–233, 2011..
- [3] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-6863-2002 tentang “Metode Pengambilan Contoh dan Pengujian Abu Terbang atau Pozolan Alam sebagai Mineral Pencampur dalam Beton Semen Portland”. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2002.
- [4] ASTM. “Concrete and Concrete Aggregates”, Annual book of ASTM volume 04.02, USA, 1993.
- [5] Michael, Nursyamsi, Emilia Kadreni dan Torang Sitorus. “Pengaruh Akibat Adanya Bahan Subtitusi Abu Cangkang Telur Sebagai Tambahan Semen dan Kerak Boiler Sebagai Subtitusi Pasir”. Medan,2015.
- [6] Wahyono, E. H. dan Sudarno. N. “Pengelolaan Sampah Plastik: Aneka Kerajinan dari Sampah Plastik”. Yapeka. Bogor, 2012.
- [7] Geo, Flysh. “Pengertian Air, Fungsi, Sumber dan Manfaatnya”. Jakarta,2018