

## **PENGARUH SERBUK CANGKANG TELUR AYAM SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP PAVING BLOCK**

**Angga Adiaksa Yuda Satria<sup>1</sup>, Agus Sugiarto<sup>2</sup>, Qomariah<sup>3</sup>**

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>2,3</sup>

[adiaksaangga7@gmail.com](mailto:adiaksaangga7@gmail.com)<sup>1</sup>, [agus.sugiarto@polinema.ac.id](mailto:agus.sugiarto@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [qomariah@polinema.ac.id](mailto:qomariah@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### **ABSTRAK**

Perkerasan menggunakan paving block mempunyai keuntungan dari segi biaya dan nilai estetika dibandingkan perkerasan lain seperti rigid pavement maupun aspal. Keuntungan dari konstruksi perkerasan paving yaitu konstruksi ramah lingkungan dimana paving sangat baik dalam membantu penyerapan air kedalam tanah. Konstruksi perkerasan jalan menggunakan paving pelaksanaannya lebih cepat dan mudah dalam pemasangan., Salah satu bahan campuran yang dapat digunakan untuk pembuatan paving block adalah kulit atau cangkang telur ayam sebagai material substitusi pada semen. Sehingga dapat mengurangi pemakaian semen dan diharapkan dapat mengurangi limbah atau sampah. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu upaya untuk mengurangi limbah cangkang telur dan pemakaian semen sebagai bahan campuran paving block. Pemakaian bahan serbuk cangkang telur untuk pembuatan paving block yang dipakai dalam penelitian ini terdapat 4 variasi yaitu 0%, 5%, 10% dan 15%. Benda uji berbentuk persegi panjang berukuran 20cmx10cmx6cm, diuji pada umur 7 dan 28 hari dengan menggunakan peralatan yang ada di Politeknik Negeri Malang. Kuat tekan paving block dalam umur maksimum 28 hari setelah dilakukan uji kuat tekan sesuai variasi substitusi 0% ; 5% ; 10% dan 15% didapatkan hasil 15 Mpa ; 14 Mpa ; 12 Mpa, dan 11 MPa dengan nilai daya serap 7,52%, 9,27%, 10 % dan 12,82%. Kenaikan nilai daya serap paving block menyebabkan nilai kuat tekan paving block mengalami penurunan pada setiap variasinya.

**Kata Kunci** : Serbuk Cangkang Telur, Kuat Tekan, Daya Serap.

### **ABSTRACT**

Pavement using paving blocks has advantages in terms of cost and aesthetic value if it compared to other pavements such as pavement and asphalt tiles. The advantage of paving pavement construction is convivial construction where the paving is very good at helping the water absorption into the soil. Road pavement construction using paving is faster and easier to install. One of the mixed materials that can be used to make paving blocks is shell or chicken egg shell. It can be use as a substitute material for cement. It can reduce the use of cement and is expected to reduce waste or garbage. The results of this study are expected to be used as an effort to reduce eggshell waste and the use of cement as a mixture of paving blocks. The use of eggshell powder for making paving blocks used in this study has 4 variations, that is 0%, 5%, 10% and 15%. The test object is in the form of a rectangle measuring 20cmx10cmx6cm, tested at the age of 7 and 28 days using the existing equipment at the State Polytechnic of Malang. The compressive strength of paving blocks in a maximum age of 28 days after the compressive strength test is carried out according to the substitution variations of 0%, 5%, 10% and 15%, the results are 15 MPa, 14 Mpa; 12 MPa, and 11 MP with absorption values of 7,52%, 27%, 10% and 12,82%. The increase in the absorption capacity of paving block causes the compressive strength of paving block to decrease in each variation.

**Keywords** : Eggshell Powder, Compressive Strength, Absorption Power.

## 1. PENDAHULUAN

Di era globalisasi kemajuan dibidang konstruksi menyebabkan semakin meningkatnya pembangunan. Kemajuan dibidang konstruksi tersebut menghasilkan inovasi-inovasi baru dalam proses pembangunan. Pembangunan dibidang perkerasan jalan pada umumnya menggunakan aspal sebagai bahan perkerasan, namun pada saat ini perkerasan jalan telah banyak menggunakan bahan lain yaitu bata beton (paving block). Perkerasan menggunakan paving block mempunyai keuntungan dari segi biaya dan nilai estetika dibandingkan perkerasan lain seperti rigid pavement maupun aspal. Keuntungan dari konstruksi perkerasan paving yaitu konstruksi ramah lingkungan dimana paving sangat baik dalam membantu penyerapan air kedalam tanah. Konstruksi perkerasan jalan menggunakan paving pelaksanaannya lebih cepat dan mudah dalam pemasangan. Paving block juga memiliki beraneka ragam bentuk yang menambah nilai estetika, serta harganya relative lebih murah. Menurut SNI 03-0691-1996 material penyusun dari paving block adalah semen, pasir dan air dengan atau tanpa bahan tambah lainnya. Paving block sebagai bahan penutup permukaan tanah atau jalan tentunya harus memenuhi kekuatan tekan yang diijinkan dalam SNI 03-0691-1996 yaitu :

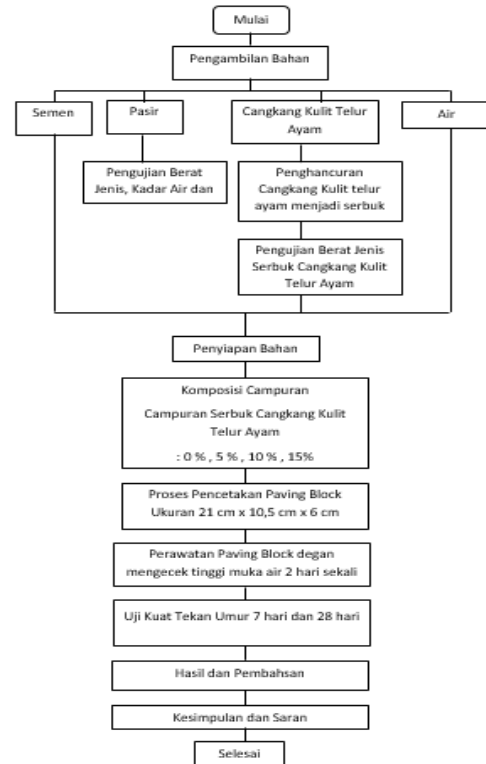
- Paving block mutu C dengan nilai kuat tekan 15 Mpa digunakan untuk pejalan kaki atau trotoar.

Salah satu bahan campuran yang dapat digunakan untuk pembuatan paving block adalah kulit atau cangkang telur ayam sebagai material substitusi pada semen. Sehingga dapat mengurangi pemakaian semen dan diharapkan dapat mengurangi limbah atau sampah. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu upaya untuk mengurangi limbah cangkang telur dan pemakaian semen sebagai bahan campuran paving block.

## 2. METODE

Flow chart pelaksanaan ini diawali dengan menentukan konsep penelitian, pengumpulan material (semen, pasir dan serbuk cangkang kulit telur ayam) setelah itu pengujian pasir yang akan digunakan pengujiannya meliputi uji berat jenis, kadar lumpur, dan Analisa ayakan. Kemudian penghancuran cangkang kulit telur ayam dan diayak dengan saringan No.200 yang kemudian disiapkan dengan komposisi yang ditentukan untuk substitusi semen. Setelah pengujian dan penyiapan bahan selesai dilanjutkan pembuatan paving block sesuai dengan komposisi yang direncanakan dan dilakukan percetakan sampai pengujian kuat tekan pada paving block. Flow chart pelaksanaan ini diawali dengan menentukan konsep penelitian, pengumpulan material (semen, pasir dan serbuk cangkang kulit telur ayam) setelah itu pengujian pasir yang akan digunakan pengujiannya meliputi uji berat jenis, kadar lumpur, dan Analisa ayakan. Kemudian penghancuran

cangkang kulit telur ayam dan diayak dengan saringan No.200 yang kemudian disiapkan dengan komposisi yang ditentukan untuk substitusi semen. Setelah pengujian dan penyiapan bahan selesai dilanjutkan pembuatan paving block sesuai dengan komposisi yang direncanakan dan dilakukan percetakan sampai pengujian kuat tekan pada paving block.



Gambar 1. Flowchart Pelaksanaan Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Paving Block dalam penelitian ini terdiri dari komposisi semen, pasir, air, limbah bata merah dan kapur dengan perbandingan 1 PC : 4 Ps. Dalam proses pembuatannya diperlukan waktu pengeringan yang dilakukan selama umur 7 hari dan 28 hari. Setelah waktu pengeringan selesai maka dilakukan pengujian kuat tekan pada paving block sesuai dengan umur rencana. Perawatan paving block dilakukan dengan cara merendam ke dalam air biasa. Sifat karakteristik paving block sangat ditentukan oleh sifat material yang digunakan dan proses perawatannya. Untuk itu sebelum dilakukannya pembuatan benda uji paving block, melakukan pengujian material yang akan digunakan sebagai campuran paving block. Kemudian mempersiapkan bahan-bahan yang akan digunakan serta tempat untuk perawatan dan pengujian benda uji. Pengujian utama dari penelitian ini adalah kuat tekan paving block dan daya serap. Pengujian lain dilakukan untuk melengkapi data-data yang mendukung terhadap pengujian utama. Pengujian tersebut adalah uji kehalusan, konsistensi normal, waktu ikat awal serbuk cangkang telur dan uji fisik agregat halus. Data yang dihasilkan dari pengujian dipakai sebagai acuan pembuatan

adukan paving block. Di Indonesia produksi kulit telur akan terus berlimpah selama telur diproduksi di bidang peternakan serta digunakan di restoran, pabrik roti dan mie sebagai bahan baku pembuatan makanan. Di lansir dari Tabloidsinartani.com konsumsi telur ayam ras di Indonesia mencapai 1,72 juta ton pada tahun 2021 akan meninggalkan jumlah limbah cangkang cukup besar. Kulit telur kering mengandung sekitar 95% kalsium karbonat dengan berat 5,5 gram (Butcher dan Miles, 1990). Sementara itu, Hunton (2005) melaporkan bahwa kulit telur terdiri atas 97% kalsium karbonat. Selain itu, rerata dari kulit telur mengandung 3% fosfor dan 3% terdiri atas magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi, dan tembaga (Butcher dan Miles, 1990). Kandungan kalsium yang cukup besar berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan semen.

**Tabel 1.** Kandungan Kimia pada Cangkang Telur Ayam (XRF)

No	Bahan Yang Terkandung	Jumlah %
1	SO3	0,3
2	K2O	0,1
3	CaO	95,69
4	Fe2O2	1,31
5	CuO	0,05%
6	MoO3	0,4
7	InO3	1,7
8	Yb2O3	0,39
9	Lu2O3	0,1
10	Na2O	4,9
11	MgO	0,3
12	P2O5	0,48
13	SO3	1,4
14	k2O	0,08
15	CaO	980,91
16	In2O3	2

Sumber : Hasil Penelitian, 2020

Berdasarkan hasil uji labaratorium penelitian cangkang telur ayam memiliki kandungan kimia yang sama dengan kandungan kimia semen, dapat dilihat pada **Tabel 1**. Dan **tabel 2**. Berikut.

**Tabel 2.** Kandungan Kimia pada Semen dan Cangkang Telur Ayam

	Cement	Eggshell
SiO <sub>2</sub>	22.8	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.6	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.1	0.02
CaO	62.5	53.6
MgO	2.7	0.01
Na <sub>2</sub> O	0.4	0.13
K <sub>2</sub> O	0.4	-
SO <sub>3</sub>	2.5	0.61
Others	-	0.62

Sumber : (Ujin, Ali, Harith, 2016)

Berdasarkan **Tabel 2**. Dapat dilihat bahwa komposisi bahan kimia yang terkandung pada semen dan cangkang telur memiliki banyak kesamaan, pada komposisi semen dan cangkang telur terbanyak adalah kandungan kimia CaO yaitu Kalsium Oksidan. Agregat halus yang dipakai didalam penelitian ini adalah pasir Lumajang. Pengujian agregat halus diperlukan dalam penelitian ini guna menjelaskan karakteristik agregat halus yang dipakai dalam adukan, pengujian tersebut diantaranya yaitu uji gradasi, kadar air, berat jenis dan penyerapan, kadar organik. Hasil lengkap analisis dapat dilihat pada lampiran, ringkasan hasil tersaji pada **tabel 3**. berikut :

**Tabel 3.** Hasil analisis pasir lumajang

Jenis Pengujian	Acuan	Hasil Uji	Standar	Keterangan
Uji Gradasi	ASTM C-136-01	2,978377	2,90-3,20	OK
Kadar Air	SNI 1971 2001	0,6418	1-5%	OK
Berat Jenis	ASTM C-128-01	2,679	2,5-2,7	OK
Penyerapan	ASTM C-128-01	0,0082076	02-Oct	OK
Kadar Organik				
- Warna Larutan	ASTM C-49-99	bening	coklat	OK
- Tebal Endapan	ASTM C-49-99	4	≤ 2,5	TIDAK OK

Sumber : Hasil Penelitian, 2020

**Tabel 4.** Hasil pengujian gradasi butiran agregat halus

Diameter Lubang Saringan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	(%)	Berat Kumulatif Tertinggal(%)	Berat Kumulatif Tembus (%)
9,5	25,23	1,490518107	1,490518107	98,509482
4,75	171,27	10,11815443	11,60867254	88,391327
2,36	218,63	12,91605128	24,52472381	75,475276
1,18	267,82	15,82205943	40,34678325	59,653217
0,6	275,69	16,28699711	56,63378035	43,36622
0,3	276,65	16,34371123	72,97749158	27,022508
0,15	292,47	17,27831275	90,25580434	9,7441957
Sisa	164,94	9,744195664		0
Jumlah	1692,7	100	297,837774	
Modulus Kehalusan			2,97837774	

Sumber : Hasil Penelitian, 2020

Berdasarkan **Tabel 4**. dapat diketahui pasir lumajang memiliki angka kehalusan 2,978% nilai tersebut memenuhi standar ASTM C## yaitu modulus kehalusan untuk agregat halus antara 2,2% - 3,1%, pada grafik diatas didapatkan hasil gradasi pasir lumajang yang digunakan dalam penelitian ini berada pada zona gradasi no.2 sesuai dengan SNI 03-2834-2000. Zona 2 termasuk zona gradasi agregat halus namun agak kasar, agregat ini baik digunakan sebagai bahan bangunan.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian kehalusan serbuk cangkang telur

NO Saringan	Tertahan (gram)		Kehalusan %
	Individu	Kumulatif	
NO. 100	0	0	
NO. 200	2,02	2,02	4,04
Pan	47,95	50,0	100
Jumlah	50,0		

Sumber : Hasil Penelitian, 2020

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan benda uji memenuhi syarat kehalusan 0 % tertahan di atas saringan No. 100 dan 4,04 % tertahan di atas saringan No. 200.

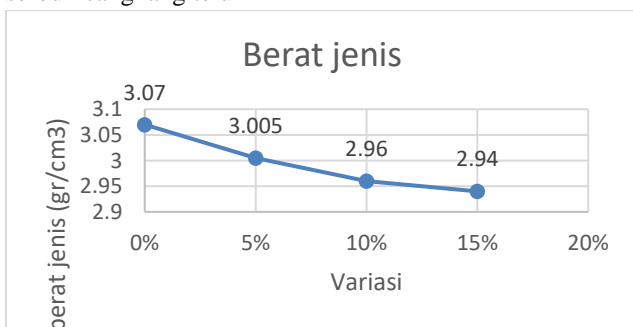
**Tabel 6.** Hasil Pengujian berat jenis serbuk cangkang telur substitusi semen

Benda uji per variasi	0%		5%		10%		15%	
	I	II	I	II	I	II	I	II
jumlah sampel								
berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	3,0	3,0	2,9	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9
berat jenis rata-rata	3,07		3,005		2,96		2,94	

Sumber : Hasil Penelitian, 2020

Berdasarkan hasil pngujian berat jenis serbuk cangkang telur substitusi semen memiliki nilai rata-rata sebesar 3,07 gr/cm<sup>3</sup> dan berat jenis serbuk cangkang telur substitusi semen variasi 5%, 10% dan 15% yang hasilnya 3,005 gr/cm<sup>3</sup>, 2,96 gr/cm<sup>3</sup>, 2,94. Dari berat jenis diatas mengalami penurunan berat jenis setiap variasi.

**Gambar 1.** Rekapitulasi Grafik Pengujian berat jenis serbuk cangkang telur



Sumber : Hasil Penelitian, 2020

Pengujian konsistensi normal bertujuan untuk menentukan banyak air yang dipakai untuk mencampur semen dalam kondisi konsistensi normal.

**Tabel 7.** Hasil interpolasi Pengujian konsistensi normal serbuk cangkang telur

Variasi	0%	5%	10%	15%
Penurunan(mm)	11	11	10	10
Kadar Air (%)	23,7	23,2	23,4	28,4

Sumber : Hasil Penelitian, 2020

Berdasarkan hasil pengujian konsistensi normal pada **Tabel 7.** dapat di analisis kondisi standar yang menunjukkan

kebasahan pasta. Banyak air pada semen dalam kondisi plastis 23,7% dan banyaknya air pada serbuk cangkang telur variasi 5% substitusi semen 23,2%, variasi 10% substitusi semen 23,4% dan variasi 15% substitusi semen 28,4%. Maka substitusi serbuk cangkang telur pada semen mengalami penyerapan air dan semakin banyak campuran serbuk cangkang telur penggunaan kadar air juga semakin banyak.

Setelah melakukan pengujian konsistensi normal selanjutnya melakukan pengujian pengikatan awal dengan 4 variasi campuran serbuk cangkang telur yaitu 0%, 5%, 10% dan 15%. Jumlah kadar air untuk pengujian ini diperoleh dari hasil pengujian konsistensi normal dengan penurunan 10mm.

**Tabel 8.** Hasil Pengujian ikat awal serbuk cangkang telur

Variasi	0%	5%	10%	15%
penurunan (mm)	25	25	25	25
Waktu penurunan (menit)	145,9	159	215	212,14

Sumber : Hasil Penelitian, 2020

Dari **tabel 8.** hasil pengujian waktu pengikatan semen untuk mencapai penurunan 25 mm, per variasi campuran 0% waktu pengikatan 145,9 menit, 5% serbuk cangkang telur waktu pengikatan 159 menit, 10% serbuk cangkang telur waktu pengikatan 215 menit dan 15% serbuk cangkang telur waktu pengikatan 212,14 menit. Semakin banyak campuran serbuk cangkang telur sebagai substitusi semen semakin lama waktu pengikatan awal pada semen.

Dalam pembuatan benda uji dibuat menggunakan alat cetak pres manual menggunakan dongkrak, sedangkan untuk pencampuran material tidak menggunakan molen dikarenakan material yang dicampur sedikit sehingga dilakukan dengan cara manual agar tidak banyak meterial yang terbuang. Komposisi material pada pengujian ini dan Langkah-langkah yang dilakukan pada pembuatan paving block dapat dilihat pada **tabel 9.** berikut:

**Tabel 9.** Komposisi Pembuatan Benda Uji

Variasi	perbandingan semen pasir	FA S	Kebutuhan pasir (gr)	Kebutuhan semen (gr)	Kebutuhan cangkang telur (gr)
0%	1 : 4	0,3	1920	480	0
5%	1 : 4	0,3	1920	456	24
10%	1 : 4	0,3	1920	432	48
15%	1 : 4	0,3	1920	408	72

Sumber : Hasil Penelitian, 2020

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui mutu dari paving block. Pengujian ini dilakukan pada umur 7 hari. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI 03-0691-1996 dan untuk standar pengujian berdasarkan SNI 03-6815-2002. Rekapitulasi rata-rata pengujian kuat tekan paving block dapat dilihat pada **tabel 10.** berikut :

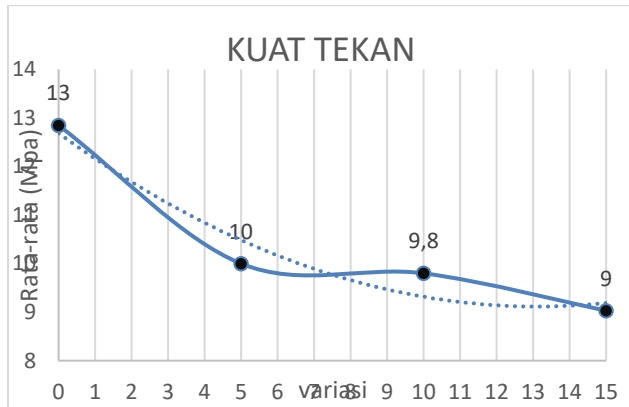
**Tabel 10.** Rekapitulasi rata-rata Pengujian Kuat Tekan

Paving Block Umur 7 Hari

No	Variasin Campuran	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
1	SM 100% dan CT 0%	13
2	SM 95% dan CT 5%	10
3	SM 90% dan CT 10%	9,8
4	SM 85% dan CT 15%	9

Sumber : Hasil Penelitian, 2020

**Gambar 2.** Rekapitulasi Grafik Pengujian Kuat Paving Block Umur 7 Hari



Sumber : Hasil Penelitian, 2020

Dari Gambar 2. Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Paving Block dilihat hasil kuat tekan yang harus memenuhi syarat paving block menurut SNI 03-0691-1996 nilai Kuat Tekan minimum paving untuk trotoar (Mutu C) paving harus memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 15 MPa dan minimal 12,5 MPa. dapat dilihat pada Tabel 10. Kekuatan fisik paving block. Dari Gambar 2. dan Tabel 9. dapat dilihat hasil pengujian kuat tekan paving block didapat nilai paling optimum adalah variasi ke-1 yaitu 13 MPa, menurut SNI 03-0691-1996 nilai Kuat Tekan minimum paving untuk trotoar (Mutu C) paving harus memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 15 MPa dan minimal 12,5 MPa, jadi variasi ke-1 yaitu 13 MPa sudah memenuhi syarat (Mutu C) paving block, dan variasi ke-2 yaitu 10 MPa sudah memenuhi syarat (Mutu D) paving block, dan 2 variasi lainnya memenuhi syarat (Mutu D) menurut SNI 03-0691-1996. dapat dilihat pada SNI 03-0691-1996 syarat dan mutu paving block pada Tabel 9. Kekuatan fisik paving block.

Pengujian kuat tekan pada umur 28 hari ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan mutu paving block pada umur 28 hari.

**Tabel 11.** Rekapitulasi rata-rata pengujian kuat tekan paving block umur 28 hari

No	Variasin Campuran	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
1	SM 100% dan CT 0%	15
2	SM 95% dan CT 5%	14
3	SM 90% dan CT 10%	12
4	SM 85% dan CT 15%	11

Sumber : Hasil Penelitian, 2020

**Gambar 3.** Rekapitulasi Grafik Pengujian Kuat Paving Block Umur 7 Hari



Sumber : Hasil Penelitian, 2020

Dari hasil pengujian kuat tekan pada semua benda uji didapat rata-rata yang memenuhi syarat (SNI 03-0691-1996) kuat tekan paving block mutu C yaitu benda uji dengan variasi 0% umur 7 hari dan variasi 0% , 5% umur 28 hari. Benda uji dengan variasi 5%,10%,15% umur 7 hari dan variasi 10%,15% umur 28 hari tidak memenuhi syarat (SNI 03-0691-1996) kuat tekan paving block mutu C.

**Tabel 12.** Kekuatan fisik paving

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks. (%)
	Rata – rata	Min.	Rata – rata	Min.	
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber : SNI 03-0691-1996

Pengujian absorpsi paving block dengan substitusi mengganti sebagian semen menggunakan serbuk cangkang telur ayam sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15% diuji pada usia 28 hari. Benda uji tersebut dilakukan perawatan dengan cara penyiraman hingga umur uji rencana. Melakukan perendaman selama 24 jam, kemudian ditimbang berat benda uji dalam keadaan jenuh permukaan, lalu mengeringkan dengan cara di oven selama 24 jam hasilnya ditimbang dan di bandingkan. dapat dilihat dari hasil penelitian pada tabel 13. berikut :

**Tabel 13.** Hasil Pengujian Daya Serap (Absorpsi) paving block.

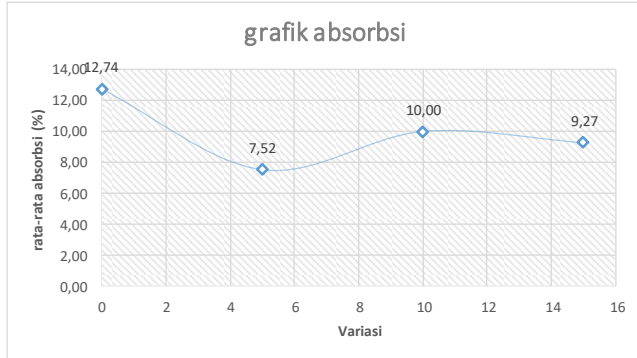
Jenis Perlakuan		Umur pengujian 28 Hari
1	100% semen portland ; 0% serbuk cangkang telur	12,74
	% Penurunan dari Paving normal	0%
2	95% semen portland ; 5% serbuk cangkang telur	7,52
	% Penurunan dari Paving normal	41%
3	90% semen portland ; 10% serbuk cangkang telur	10,00
	% Penurunan dari Paving normal	21,5%
4	85% semen portland ; 15% serbuk cangkang telur	9,27
	% Penurunan dari Paving normal	27,2%

Sumber : Hasil pengujian, 2020

Semakin besar jumlah cangkang telur menurunkan nilai

kuat tekan dan daya serap paving block.

**Gambar 4.** Pengujian Daya Serap (absorpsi) Paving Block



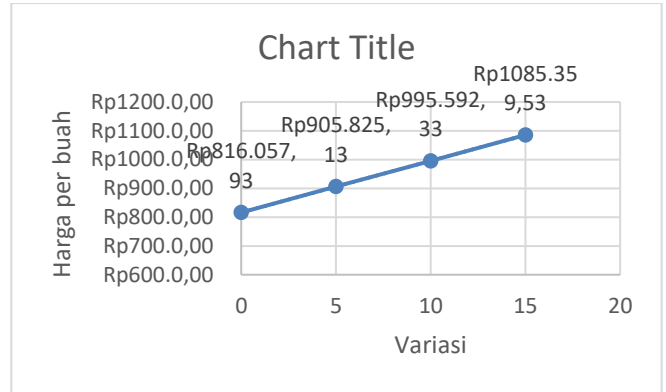
Dari tabel 13. Dan gambar 4 menunjukkan bahwa absorpsi paving block substitusi serbuk cangkang telur terhadap semen pada kadar 5%, 10%, dan 15%, mengalami penurunan terhadap paving block normal 0% serbuk cangkang telur. Nilai absorpsi paving block yang memenuhi syarat (SNI 03 – 0691 – 1996) masuk mutu paving block mutu C hanya paving block dengan variasi 5%.

Hasil pengujian paving block normal 0% menunjukkan penyerapan air sebesar 12,74%, pada variasi 5%, 10% dan 15% mengalami penurunan sebesar 7,52%, 10% dan 9,27% . Dapat dikatakan bahwa penambahan substitusi serbuk cangkang telur, terhadap nilai absorpsi menunjukkan hasil yang tidak memenuhi syarat paving block mutu C (SNI 03 – 0691 – 1996) pada variasi 0%, 10%, 15%. Kemungkinan disebabkan saat proses pencetakan paving block yaitu pada proses pengepresan yang kurang tepat.

Setelah didapatkan hasil uji absorpsi dan kuat tekan paving block usia 28 yang paling besar nilainya dan sudah sesuai dengan standar SNI-03-0691-1996, maka dapat dilakukan perhitungan berapa biaya yang dapat dihemat apabila menggunakan serbuk cangkang telur. kelayakan produksi paving block campuran sderbuk cangkang telur dapat dihitung dengan membandingkan harga per buah paving block normal 0% substitusi dengan paving block substitusi serbuk cangkang telur sesuai kebutuhan matrial yang digunakan.

Biaya-biaya lain yang muncul dalam perhitungan ini beberapa diperoleh dari HSPK Kota Malang 2019 serta, hasil wawancara dan asumsi seperti untuk 1 kg penggilingan cangkang telur dihargai Rp. 5.000. Berikut adalah analisis kelayakan ekonomi dan penghematan biaya paving block perbandingan 0% dan dengan variasi 5%, 10% dan 15% serbuk cangkang telur.

**Gambar 5.** Grafik peritungan biaya pembuatan paving block per variasi



Sumber : Hasil Analisa, 2020

Berdasarkan perhitungan analisa pengujian, dapat dilihat pada Gambar 5. menunjukkan bahwa semakin banyak prosentase substitusi serbuk cangkang telur harga per buah paving block semakin mahal. Biaya per buah yang didapat dari hasil perhitungan mengalami kenaikan berturut-turut dari masing-masing prosentase variasi serbuk cangkang telur. Harga per buah paving block normal 0% sebesar Rp 8.16; pada variasi serbuk cangkang telur 5% sebesar Rp 905,83 , pada variasi serbuk cangkang telur 10% sebesar Rp 995,59, dan pada variasi serbuk cangkang telur 15% sebesar Rp. 1085,36 setiap variasi mengalami kenaikan harga berarti paving block dengan substitusi serbuk cangkang telur terhadap semen akan kurang efisien jika diterapkan.

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian uji kuat tekan dan daya serap paving block dengan bahan campuran serbuk cangkang telur ayam sebagai substitusi semen dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sifat fisik dari serbuk cangkang telur ditinjau dari berat jenis, konsistensi normal,waktu pengikatan awal.variasi 0% secara berturut-turut berat jenis sebesar 3,007gr/cm3, variasi 5% sebesar 3,005gr/cm3, variasi 10% sebesar 2,96gr/cm3, variasi 15% sebesar 2,94gr/cm3. Konsistensi normal variasi 0% membutuhkan air sebesar 23,7% , variasi 5% membutuhkan air sebesar 23,2% , variasi 10% membutuhkan air sebesar 23,4% , variasi 15% membutuhkan air sebesar 28,4%. Pengujian ikat awal untuk mendapatkan penurunan sebesar 25mm setiap variasi 0%, 5%, 10% dan 15% membutuhkan waktu 145,9 menit, 159 menit, 215 menit dan 212,14 menit. Dari hasil tersebut campuran serbuk cangkang telur sebagai substitusi semen untuk paving block mengalami penurunan mutu pada setiap variasinya.
2. kuat tekan paving block yang mengalami kenaikan paling optimum terdapat pada campuran semen 95% dan serbuk cangkang telur 15% sebesar 14 MPa, sedangkan untuk kuat tekan minimum terdapat pada campuran semen 85% dan serbuk cangkang telur 15%

sebesar 11 MPa, maka dari itu semakin banyak penambahan limbah serbuk cangkang telur maka kuat tekan yang dihasilkan semakin menurun. Dari hasil analisa ditunjukkan bahwa hasil pengujian kuat tekan rata-rata paving block untuk masing-masing variasi campuran semen 100% + CT 0%, semen 95% + CT 5%, semen 90% + CT 10% dan semen 85% + CT 15% dengan masing-masing kuat tekan 15 MPa, 14 MPa, 12 MPa dan 11 MPa. Sehingga hasil kuat tekan rata-rata pada variasi ke-1 (semen 100% & CT 5%) dan variasi ke-2 (semen 95% & 5%) telah sesuai SNI 03-0691-1996 dengan nilai kuat tekan minimum paving untuk ruang pejalan kaki (Mutu C) paving harus memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 15 MPa dan minimal 12,5 MPa. Dari hasil pengujian kuat tekan paving block yang memenuhi mutu hanya paving block pada campuran 0% dan 5%.

3. Biaya pembuatan Paving Block dengan campuran serbuk cangkang telur sebesar semen 100% + CT 0%, semen 95% + CT 5%, semen 90% + CT 10%, semen 85% + CT 15% yaitu Rp. 816,06 ; Rp. 905,83 ; Rp. 995,59 ; Rp. 1.085,36 hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi variasi campuran maka biaya pembuatan juga semakin tinggi, maka paving block dengan campuran serbuk cangkang telur yang bertujuan untuk menghemat biaya tetapi setelah dilakukan penelitian ternyata biaya pembuatan paving block semakin tinggi maka penelitian ini perlu dikaji ulang.

Saran yang dapat penulis berikan berkaitan dengan penelitian ini adalah :

1. Perlu diperhatikan mulai dari menimbang material yang dibutuhkan harus lebih hati-hati serta teliti agar didapat hasil yang sesuai, dan proses pembuatan paving block seperti pengadukan material sampai proses perawatan paving block harus terkontrol dengan baik sehingga didapat paving block dengan kualitas yang diinginkan.
2. Pada proses pencetakan perlu diperhatikan dengan teliti saat memasukkan material paving block kedalam cetakan agar berat dan tebal paving block sesuai dengan syarat yang diinginkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulkan, Riski Pradina. 2018 *PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH CANGKANG KULIT TELUR PADA BETON POLIMER TERHADAP ABSORBSI, DENSITAS DAN KUAT TEKAN MORTAR*. Diss. University of Muhammadiyah Malang.
- [2] Wijaya, Jesselin 2018. Pembuatan Beton Modifikasi dengan Polimer dari Limbah Senyawa Lateks Karet Alam dengan Pengisi Serbuk Cangkang Telur Ayam.
- [3] Lilis Indriani, Desy Triana. 2015. *PENGARUH PENAMBAHAN BUBUK CANGKANG TELUR SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN PADA BATAKO*". Universitas Palangkaraya
- [4] Sebayang, Syukur. Dkk. 2011. *PERBANDINGAN MUTU PAVING BLOCK PRODUKSI MANUAL DENGAN PRODUKSI MASINAL*
- [5] Armendaris, Gadri. 2015. *Analisis Kuat tekan Batako Dengan Limbah Cangkang Telur Sebagai Bahan Tambah*, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- [6] Yerramala, 2014. *Sifat Beton Dengan Eggshell Powder (ESP) sebagai pengganti semen.*
- [7] Hibur, Y. Berkhemens. 2017. *Pengaruh Serbuk Cangkang Telur Substitusi Semen Terhadap Karakteristik Beton*
- [8] Tumbel, W.Y. George. 2020. *Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton (293-298) ISSN: 2337-6732*
- [9] Syahwati, Manis, Wahyuni, A. Sri. 2019. *Pengaruh Variasi Persentase Bubuk Cangkang Telur (BCT) Sebagai Bahan Penambah Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Mortar*
- [10] SNI 03-0691-1996. *Paving Block*
- [11] SNI 03-1749-1990. *besar butir agregat untuk adukan dan beton.*