

PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KERANG DARAH SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON NORMAL FC'20

Putra Akhmad Rizki Tri Adinda^{1,*}, Qomariah², Sugeng Riyanto³

D-IV Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

Koresponden*, Email : putrarizki2018@gmail.com, qomariah@polinema.ac.id, gusriyan74@yahoo.com

ABSTRAK

Berkembangnya industri pangan dan penduduk berdampak negatif terhadap meningkatnya limbah pangan termasuk cangkang kerang darah. Dengan jumlah yang banyak dan menjadikannya serbuk cangkang kerang dapat digunakan sebagai bahan substitusi semen. Tujuan skripsi ini adalah untuk menganalisis karakteristik beton dengan substitusi limbah cangkang kerang darah terhadap semen dengan meninjau pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Metode penelitian meliputi : pengujian karakteristik agregat dan cangkang kerang. Perencanaan campuran beton normal menggunakan SNI 03-2834-2000. Dari hasil pengujian analisis didapat nilai kuat tekan umur 28 hari untuk variasi 0%, 3%, 5%, 7% sebesar 39,91 Mpa; 37,21 Mpa; 34,57 Mpa dan 32,31 Mpa. Hasil pengujian modulus elastisitas untuk variasi 0%, 3%, 5%, 7% sebesar 23931,122 Mpa; 22326 Mpa; 21966,81 Mpa; 20472,976 Mpa. Hasil biaya paling ekonomis sebesar Rp. 1.076.110. Substitusi limbah cangkang kerang menurunkan nilai kuat tekan rata – rata dan nilai modulus elastisitas.

Kata kunci : Substitusi, limbah cangkang kerang; beton normal; kuat tekan; modulus elastisitas

ABSTRACT

The development of the food industry and population has a negative impact on the increase in food waste including blood clam shells. With large amounts and making it as shellfish powder, it can be used as a cement substitute. The purpose of this thesis is to analyze the characteristics of concrete with the substitution of blood clam shells against cement by reviewing the compressive strength and modulus elasticity tests of concrete. The research method includes: testing the characteristics of aggregates and shells. Normal concrete mix planning uses SNI 03-2834-2000. From the analysis test results obtained the compressive strength of 28 days for variations of 0%, 3%, 5%, 7% of 39.91 MPa; 37.21 MPa; 34.57 MPa and 32.31 MPa. The results of the modulus of elasticity for variations of 0%, 3%, 5%, 7% were 23931,122 MPa; 22326 MPa; 21966.81 MPa; 20472,976 MPa. The most economical cost results of Rp. 1,076,110. The substitution of shellfish waste reduced the average compressive strength and elastic modulus values.

Keywords : substitution, shellfish waste, normal concrete, compressive strength, modulus of elasticity

1. PENDAHULUAN

Berkembangnya industri pangan dan penduduk berdampak negatif terhadap meningkatnya limbah pangan termasuk cangkang kerang darah. Saat ini berbagai macam penelitian dilakukan dengan tujuan meningkatkan nilai kekuatan beton, salah satunya pada material pembentuknya. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mensubstitusikan bahan – bahan pengganti baik terhadap agregat kasar, agregat halus, maupun semen. Bahan yang digunakan sebagai bahan pengganti tersebut difokuskan dengan memanfaatkan material limbah. Kandungan zat mineral yang terdapat pada

cangkang kerang dapat dijadikan sebagai bahan pengganti untuk material pembuat beton. Tujuan skripsi ini adalah untuk menganalisis karakteristik beton dengan substitusi limbah cangkang kerang darah terhadap semen dengan meninjau pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas beton.

Beton

Dalam pembuatan suatu bangunan, beton merupakan bahan yang sering dipakai dalam pembuatan struktur khususnya di Indonesia. Beton memiliki sifat yang unik dari bahan dasarnya, proses pembuatannya, hingga variasi dari

bahan tambahannya atau disebut *additive*. Jadi beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar yang dicampurkan dengan semen yang dipersatukan oleh air dengan perbandingan tertentu (Samekto dan Rahmadiyanto 2001:35)

Semen Portland

Salah satu bahan yang sering digunakan adalah semen. Menurut ASTM C-150 1985 semen portland adalah semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (Mulyono, 2005:27)

Agregat Kasar

Agregat Kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. (SNI 03-2834-2000, 2000:3). Untuk susunan gradasi dari kerikil yang disyaratkan menurut SNI 03-2834-2000

Tabel 1 Syarat Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran Lolos Ayakan		
	38.1 - 4.76	19.0 - 4.76	9.52 - 4.76
38.1	95 - 100	100	-
19.0	37 - 70	95 - 100	100
9.52	10 - 40	30 - 60	85 - 100
4.76	0 - 5	0 - 10	0 - 10

Sumber : SNI 03-2834-2000

Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang memiliki butiran apabila disaring menggunakan ayakan lolos ayakan dengan ukuran 4.75 mm. Agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 jenis yaitu pasir galian, pasir sungai, pasir laut (Samekto dan Rahmadiyanto 2001:12). Menurut *British Standart* (BS) gradasi agregat halus dibagi kedalam 4 zona. Zona 1 pasir kasar, zona 2 pasir agak kasar, zona 3 pasir agak halus, zona 4 pasir halus (Samekto dan Rahmadiyanto 2001:27).

Tabel 2 Syarat Gradasi Agregat Halus/Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persentase Berat Lolos Kumulatif			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
10	100	100	100	100
4.8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2.4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1.2	30 - 70	55 - 100	75 - 100	90 - 100
0.6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0.3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0.15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber : Mulyono 2005:91

Kerang Darah (*Anadara Graniosa*)

Anadara granosa adalah spesies bahtera kerang yang dikenal sebagai kerang darah karena cairan hemoglobin merah di dalamnya. Ia ditemukan di seluruh wilayah indo-pasifik dari afrika timur ke australia ke polinesia ke Jepang. ia hidup terutama di zona intertidal pada kedalaman air satu hingga dua meter, biasa hidup di pasir atau lumpur. ukuran dewasa sekitar 5 hingga 6 cm dan lebar 4 hingga 5 cm. Kerang ini memiliki nilai ekonomi tinggi sebagai makanan. (Dholakia 2013:34)

Slump Beton

Homogenitas dan workability merupakan salah satu hal yang harus dipantau. Hal tersebut dapat dilakukan dengan pengujian slump beton yang dinyatakan dalam nilai (SNI 1972-2008). Berdasarkan peraturan beton tahun 1971 nilai slump ditetapkan sesuai dengan tujuan perencanaan beton yang dijelaskan pada tabel berikut :

Tabel 3 Penetapan Nilai Slump

Jenis Konstruksi	Nilai Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, Pelat Fondasi, dan telapak Bertulang	12.5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, struktur di bawah tanah	9	2.5
Pelat, Babok, Kolom, dan dinding	7.5	5
Perkerasan Jalan	7.5	5
Pembetonan Massal	7.5	2.5

Sumber : Samekto dan Rahmadiyanto 2001:59

Mix Design

Suatu konstruksi pada eton yang memiliki kekuatan tertentu di tuntut supaya dapat merancang komposisi dan campuran beton yang akan dibuat secara tepat. Pada umumnya dalam pembuatan beton menggunakan perbandingan untuk penggunaan beton biasa umumnya 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil, dan untuk penggunaan kedap air 1 semen : 1¹/₂ pasir : 2¹/₂ kerikil karena penggunaan perbandingan tersebut sudah kurang memuaskan karna kuat desak beton yang dihasilkan bervariasi (Sumekto dan Rahmadiyanto 2001:55). Oleh karena itu perencanaan campuran pada beton dilakukan dengan tujuan komposisi atau proporsi bahan – bahan penyusun beton dapat diketahui (Mulyono 2005 :157). Proses perencanaan campuran beton tersebut dapat dilakukan dengan mengacu pada peraturan SNI 03-2834-2000.

Kuat Tekan Beton

Salah satu yang menjadi keunggulan dari beton adalah kekuatan tekan dari beton. Kemampuan dari beton yang ditujukan untuk menerima gaya secara vertikal atau tekan

persatuan luas disebut dengan kuat tekan beton (Mulyono 2005:9)

Penentuan kekuatan beton menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur ASTM C-39 atau dengan benda uji kubus dengan prosedur BS-1881 part 115; part 16 pada umur 28 hari (Mulyono 2005:9). Dengan rumus empiris untuk perhitungan kuat tekan beton disajikan pada **persamaan 1** sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Modulus Elastisitas

Perhitungan modulus elastisitas dalam penelitian ini menggunakan ASTM-C469-94 yaitu modulus chord. Selain itu ada beberapa cara untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas antara lain :

1. Modulus Tangen Awal (Initial Tangent)

Nilai modulus ini didapat dari garis singgung pada kurva tegangan-regangan yang memotong titik pusatnya.

2. Modulus Chord

Nilai ini ditentukan dari kemiringan garis yang menghubungkan antara dua titik pada diagram tegangan-regangan. Persamaan modulus chord disajikan pada **persamaan 2** sebagai berikut :

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \dots \dots \dots (2)$$

$$Tegangan (\sigma) = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3)$$

$$Regangan (\epsilon) = \frac{\Delta L}{L} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

- P = Beban yang diberikan
- A = Luas Penampang (mm²)
- ΔL = Perubahan panjang akibat beban (defleksi) (mm)
- L = Tinggi Lt ukur modulus elastisitas (mm)
- S2 = Tegangan pada beban elastis (Mpa)
- S1 = Tegangan pada regangan 0,0005 (Mpa)
- ε2 = Regangan pada P elastis
- 0,00005 = Koreksi sebagai akibat pembebanan (ketentuan)

Untuk pengujian modulus elastisitas, besarnya beban maksimum yang diberikan kepada benda uji ± 40-60% beban minimum dari uji kuat tekan.

3. Modulus Elastisitas Sekan

Modulus elastisitas sekan didefinisikan sebagai kemiringan garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan sekitar 0,4 f_c'.

Analisa Biaya

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat (Hidayatai, 2015). Anggaran biaya pada bangunan yang akan berbeda – beda di masing – masing daerah, hal ini disesuaikan dengan harga bahan dan upah tenaga kerja. Beberapa bahan yang harus dikerjakan sebelum menghitung rencana anggaran biaya (RAB).

2. METODE

Persiapan Material

Persiapan material dapat dimulai dengan mempersiapkan material yang akan digunakan seperti : pasir, kerikil, semen, dan limbah kulit kerang darah. Hal ini dilakukan bertujuan agar memastikan setiap material yang akan digunakan tersedia hingga proses penelitian selesai. Selain itu dengan mempersiapkan material yang akan digunakan akan mempermudah dalam proses pengerjaan penelitian.

Pengujian Sifat Fisik Agregat

Pengujian sifat fisik agregat bertujuan untuk mengetahui sifat karakteristik beton yang terdiri dari beberapa pengujian, agregat halus dan agregat kasar yaitu : Pengujian kadar air agregat halus dan agregat kasar, pengujian berat jenis dan penyerapatan pada agregat halus dan kasar, pengujian bobot isi agregat halus dan agregat kasar, pengujian kadar organik agregat halus, pengujian gradasi agregat haus dan agregat kasar.

Pengujian Sifat Fisik Serbuk Kerang

Limbah kulit kerang darah (*Anadara Granosa*) dihaluskan terlebih dahulu dengan menggunakan lesung atau alat penghalus lainnya. Setelah dirasa sudah halus, limbah dilakukan penyaringan dengan ukuran ayakan No. 100 dan No. 200 dan kemudian dilakukan pengujian sifat fisik limbah tersebut dengan pengujian kehalusan semen, pengujian berat jenis semen, pengujian konsistensi normal semen portland, dan pengujian waktu pengikatan semen portland

Bahan Penelitian

Tabel 4 Bahan yang digunakan dalam Penelitian

Bahan	Keterangan
Semen Portland	Semen Pc tipe 1 produksi semen gresik dengan kemasan 40 kg
Limbah Kulit Kerang Darah	Limbah kulit kerang darah didapat dari penduduk sekitar Desa Randu Boto Kecamatan Sidayu Kabupaten Gresik.
Agregat Halus	Pasir cor menggunakan pasir lumajang
Agregat Kasar	Batu pecah dengan ukuran 2/3 dari pasuruan

Air	Air didapat dari laboratorium bahan bangunan dan beton POLINEMA
------------	---

Perhitungan Mix Design

Dalam menentukan sebuah proporsi campuran suatu beton harus menggunakan campuran yang tepat agar beton yang di cetak sesuai dengan yang diinginkan. Metode penentuan tersebut dapat mengacu pada peraturan SNI 03-2934-2000 tentang Tata Cara Penentuan Campuran Beton Normal.

Pengujian Kuat Tekan

Untuk mengetahui kekuatan tekan beton perlu dilakukan pengujian kuat tekan beton sesuai dengan standar yang berlaku, adapun prosedur pengujian kuat tekan beton. Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat digital technotest.

Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM C 469 – 83. Tujuan percobaan ini untuk menentukan modulus elastisitas beton. Benda uji yang dipakai berbentuk silinder dengan dimensi 15x30 cm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis yang dilakukan ada 5 macam, yaitu analisa sifat fisik material, analisa pengujian kuat tekan, analisa pengujian modulus elastisitas dan analisa biaya.

Hasil Pengujian XRF Limbah Cangkang Kerang

Tabel 5 Kandungan Oksida Cangkang Kerang Darah

Oksida Cangkang Kerang	Hasil Pengujian (%)	Oksida Semen	Persen (%)
Al	0.28	CaO	60-65
Si	0.83	SiO ₂	7-25
P	0.12	Al ₂ O ₃	3-8
K	0.17	Fe ₂ O ₃	0,5-6
Ca	97.73	Mgo	0,5-4
Ti	0.2	SO ₃	1-2
Ba	0.7	Na ₂ O+K ₂ O	0,5-1

Sumber : Hasil pengujian XRF

Penyusun semen diantara adalah Ca, Si dan Al dengan prosentasi masing-masing oksida adalah 97,73% ; 0,83% dan 0,28% sehingga cangkang kerang tersebut dapat menjadi substitusi pada semen dan dapat digunakan untuk campuran beton yang direncanakan.

Hasil Pengujian Agregat Kasar

Tabel 6 Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Kadar Air	%	9,77	5-10
Berat Jenis	gr/cm ³	2,73	2,5-2,7
Penyerapan	%	3,70	1-5
Berat Isi Lepas	gr/cm ³	1,17	≤ 1,2
Berat Isi Tusuk	gr/cm ³	1,57	≤ 1,6
Berat Isi Goyang	gr/cm ³	1,60	≤ 1,6
Kekerasan	%	7,65	≤ 40
Analisa Saringan	-	Ukuran Butir 20 mm	

Sumber : Perhitungan

Hasil pengujian agregat kasar memenuhi persyaratan secara keseluruhan, maka material dapat dijadikan campuran beton sesuai dengan perencanaan.

Hasil Pengujian Agregat Halus

Tabel 7 Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Kadar Air	%	5,98	5-10
Berat Jenis	gr/cm ³	2,63	2,5-2,7
Penyerapan	%	0,69	2-10
Kadar Lumpur	%	2,22	≤ 2,5
Berat Isi Lepas	gr/cm ³	1,20	≤ 1,2
Berat Isi Tusuk	gr/cm ³	1,49	≤ 1,6
Berat Isi Goyang	gr/cm ³	1,54	≤ 1,6
Analisa Saringan	-	Gradasi Zona 2	

Sumber : Perhitungan

Hasil pengujian agregat kasar memenuhi persyaratan secara keseluruhan, maka material dapat dijadikan campuran beton sesuai dengan perencanaan dengan gradasi zona pasir masuk pada gradasi zona 2

Hasil Pengujian Semen

Tabel 8 Uji Kehalusan Semen

Variasi	Tertinggal No.100 (Ø 0,075)	Tertinggal No. 200 (Ø 0,015)	Pan
0%	0,00 %	13,13 %	100 %
3%	3,27 %	24,93 %	75,07 %
5%	4,74 %	22,10 %	77,90 %
7%	4,55 %	29,73 %	70,27 %

Sumber : Perhitungan

Hasil pengujian kehalusan semen tidak memenuhi persyaratan secara keseluruhan, maka material tidak dapat dijadikan campuran beton sesuai dengan perencanaan. Butiran serbuk kerang yang tidak memenuhi persyaratan ini mempengaruhi ikat awal dan konsistensi semen hal tersebut

dikarenakan cangkang kerang tidak mendapatkan perlakuan proses pembakaran pada suhu 1500°C sehingga serbuk cangkang kerang tidak reaktif.

Tabel 9 Uji Konsistensi Normal Semen

Variasi (%)	Konsistensi	Penetrasi
0%	24 %	9 mm
3%	23 %	10 mm
5%	23,5 %	10 mm
7%	23.5 %	11 mm

Sumber : Perhitungan

Hasil pengujian konsistensi normal memenuhi persyaratan secara keseluruhan, terjadinya penurunan konsistensi normal dikarenakan butir serbuk cangkang kerang yang tidak memenuhi persyaratan semen.

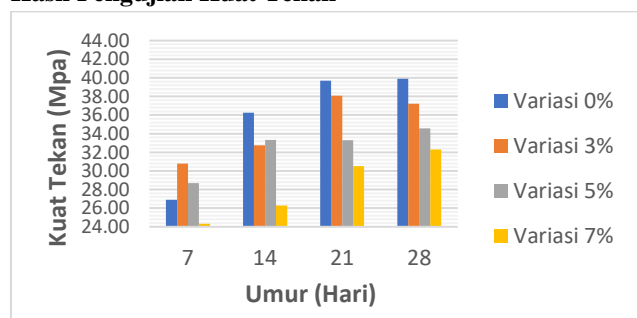
Tabel 10 Uji Ikat Awal Semen

Variasi	Satuan	Hasil	Spesifikasi
0%	menit	86,25	min. 45 mak. 420
3%	menit	115	min. 45 mak. 420
5%	menit	115.71	min. 45 mak. 420
7%	menit	125,45	min. 45 mak. 420

Sumber : Perhitungan

Hasil pengujian Ikat awal memenuhi persyaratan secara keseluruhan, maka material dapat dijadikan campuran beton sesuai dengan perencanaan. Namun, proses ikat awal terjadi lebih lama dibandingkan dengan acuan. Semakin besar prosentase serbuk cangkang kerang yang digunakan, semakin lama pula proses ikat awal semen. Hal ini dikarenakan dampak dari kehalusan serbuk cangkang kerang yang tidak memenuhi syarat dan kerang yang tidak mendapatkan perlakuan proses pembakaran pada suhu 1500°C

Hasil Pengujian Kuat Tekan



Gambar 1 Grafik Hubungan antara Umur dan Kuat Tekan Beton dengan Berbagai Variasi Limbah Cangkang Kerang Darah

Berdasarkan pengujian kuat tekan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan pada setiap umur di masing – masing variasi mengalami peningkatan. Namun jika ditinjau pada setiap variasi 0%, 3%, 5%, dan 7% nilai kuat tekan 28 hari sebesar 39,91 Mpa ; 37,21 Mpa ; 34,57 Mpa ; 32,31 Mpa. Artinya nilai kuat tekan variasi cangkang kerang mengalami penurunan dibanding nilai kuat tekan acuan.

Terjadinya penurunan kuat tekan ini dikarenakan serbuk cangkang kerang tidak bereaksi dengan air. Serbuk cangkang tersebut tidak bersifat reaktif dikarenakan tidak melalui proses pembakaran hingga suhu 1500°C hingga terbentuk polimer anorganik

Selain disebabkan oleh serbuk cangkang kerang yang belum bersifat reaktif, penurunan kuat tekan juga disebabkan oleh kehalusan partikel semen serbuk cangkang kerang yang semakin kecil. Serbuk cangkang kerang yang digunakan kehalusannya lebih rendah dibanding dengan kehalusan semen, sehingga jika serbuk cangkang kerang dicampur dengan semen. Maka kehalusan semen pada sampel beton juga akan semakin rendah

Oleh karena itu komposisi variasi 3%, 5% dan 7% terjadi penurunan kuat tekan terhadap komposisi acuan, yang mana terjadi peningkatan nilai kuat tekan pada umur beton semata – mata terjadi karena agregat yang memenuhi persyaratan dan dilakukan proses perendaman sebagai bentuk perawatan beton.

Hasil Pengujian Modulus Elastisitas



Gambar 2 Grafik Hubungan antara Variasi Limbah Cangkang Kerang Darah dan Modulus Elastisitas Beton

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa nilai modulus elastisitas beton akan meningkat seiring dengan peningkatan kuat tekan beton. Semakin tinggi mutu beton maka nilai modulus elastisitasnya akan semakin tinggi juga. Begitupun sebaliknya apabila semakin rendah nilai kuat tekan beton maka akan semakin rendah pula nilai modulus elastisitas beton tersebut.

Kecenderungan nilai modulus elastisitas berkurang karena ikatan semen dengan agregat yang berkurang, sehingga partikel beton akan lebih merenggang apabila diberikan beban. Ikatan semen dengan agregat berkurang dikarenakan ukuran butiran campuran semen dengan serbuk cangkang kerang darah yang semakin besar, sehingga kehalusan butiran partikel semen menjadi rendah. Karena

kemampuan semen untuk mengikat berkurang maka regangan yang terjadi juga semakin besar.

Analisa Biaya

Berdasarkan pengujian kuat tekan dan modulus yang telah dilakukan, maka dapat dihitung biaya pada setiap variasi untuk 1 m³ dengan koefisien bahan menggunakan hasil *mix design* yang telah dikalikan faktor keamanan dan koefisien tenaga kerja menggunakan Permen PU. Sehingga didapatkan data perhitungan biaya kebutuhan material beton normal dengan kuat tekan 39,91 Mpa adalah sebesar Rp. 1.076.110/m³. Dimana hasil analisa biaya tersebut adalah yang paling ekonomis dibandingkan dengan analisa biaya pada variasi 3%, 5%, dan 7% sebesar Rp. 1.466.758, Rp. 1.727.190, Rp 1.987.622.

4. KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- 1) Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik didapatkan hasil pengujian didapatkan hasil bahwa cangkang kerang memiliki kandungan kimia yang mirip dengan semen. Pengujian kehalusan cangkang tidak memenuhi persyaratan semen yang berdampak pada ikat awal semen dan konsistensi normal semen. Hal ini dikarenakan cangkang kerang tidak mendapat perlakuan pembakaran pada suhu 1500°C sehingga tidak bersifat reaktif..
- 2) Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, nilai rata – rata beton tertinggi yaitu pada mutu beton variasi campuran 0% pada umur 28 hari dengan nilai sebesar 39,91 Mpa sedangkan pada variasi campuran 3%, 5% dan 7% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 37,21 Mpa, 34,57 Mpa, 32,31 Mpa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah cangkang kerang darah sebagai bahan substitusi semen menurunkan kuat tekan beton, hal ini dikarenakan serbuk cangkang kerang belum bersifat reaktif dan kehalusan butiran yang tidak memenuhi syarat.
- 3) Berdasarkan pengaruh perubahan kandungan cangkang kerang pada point 1 cenderung menurunkan nilai modulus elastisitas beton. Hal tersebut dapat dilihat pada masing – masing nilai modulus elastisitas yaitu 0% sebesar 23931,122 Mpa ; 3% sebesar 22326,35 Mpa ; 5% sebesar 21966,81 Mpa dan 7% sebesar 20472,96 Mpa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perubahan sifat fisik semen yang terjadi berpengaruh pada turunnya nilai modulus elastisitas pada beton.
- 4) Analisa biaya pembuatan beton dengan limbah cangkang kerang didapatkan biaya untuk 1 m³ pada masing – masing variasi adalah 0% sebesar Rp. 1.076.110 ; 3%

sebesar 1.466.758 ; 5% sebesar 1.727.190 dan 7% sebesar 1.987.622. Sehingga dapat disimpulkan bahwa biaya pembuatan beton dengan substitusi serbuk cangkang kerang lebih mahal dibandingkan dengan biaya pembuatan beton acuan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Oktaviani R, Olivia M, dan Ismeddiyanto. 2016. *Penggunaan Bubuk Kulit Kerah Darah dan Loran Sebagai Bahan Pengganti Semen*. Jurnal Jom FTEKNIK Volume 3 No. 2 Oktober 2016.
- [2] Azyenela, L. 2009. Karakteristik Kuat Tekan Beton, Modulus Elastisitas, dan Permeabilitas Beton dengan Menggunakan Serbuk Cangkang Kerang Darah Sebagai Bahan Pengganti Semen. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Depok: Universitas Indonesia.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-2834-2000 *Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [4] Ibrahim, H., Bachtiar. 2001. *Rencana Estimate Real of Cost*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- [5] Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Penerbit Andi
- [6] Sumekto, Wuryanti dan Rahmadianto, Canda. 2001. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Kansius
- [7] Susilorin, Retno dan Adi Sambowo, Kusno. 2011. *Teknologi Beton Lanjutan Durabilitas Beton*. Semarang: Suray Perdana Semesta