

Pemanfaatan Limbah Kerang Hijau (*Perna Viridis L.*) sebagai Bahan Campuran Kadar Optimum Agregat Halus pada Beton Mix Design dengan Metode Substitusi

Alfred Edvant Liemawan, Tavio dan I Gusti Putu Raka

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: tavio@ce.its.ac.id

Abstrak— Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang giat-giatnya melakukan pembangunan. Tetapi hal tersebut berbanding lurus dengan kebutuhan material yang semakin meningkat, salah satunya adalah kebutuhan material untuk pembuatan beton. Dalam tugas akhir ini dibahas tentang material substitusi pengganti semen yang ramah lingkungan, salah satunya menggunakan cangkang kerang. Cangkang kerang yang dipakai adalah cangkang kerang hijau (*Perna Viridis L.*) Cangkang kerang mengandung senyawa yang terkandung dalam semen. Untuk itu diharapkan cangkang kerang dapat dijadikan substitusi semen yang baik. Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7, 14 dan 28 hari dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% kekuatan optimum 28 hari terjadi pada variasi 5% yaitu sebesar 20.98 MPa. Hasil rerata pengujian modulus elastisitas beton berturut-turut adalah, 41098.54 MPa, 26751.93 MPa, 24438.51 MPa, 18016.02 MPa dan 5375.01 MPa. Disamping itu serbuk cangkang kerang juga memberikan pengaruh pada berat volume beton, dengan berat volume paling ringan terjadi pada variasi beton 20% pada umur 14 hari dengan berat 9.710 kg.

Kata Kunci— cangkang kerang, kuat tekan, modulus serbuk.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang giat-giatnya melakukan pembangunan. Hal tersebut berbanding lurus dengan kebutuhan material yang semakin meningkat, salah satunya adalah kebutuhan material untuk pembuatan beton. Beton yang banyak dipakai pada saat ini yaitu beton normal. Beton normal ialah beton yang mempunyai berat isi 2200–2500 kg/m³ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah. Beton normal dengan kualitas yang baik yaitu beton yang mampu menahan kuat desak/hancur yang diberi beban berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuk, kemudahan pengerjaan (workability), faktor air semen (f.a.s) dan zat tambahan (admixture) bila diperlukan [1]. Beton merupakan bahan campuran antara Portland Cement, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton

basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis [2]. Namun bahan pembuat beton, yaitu PC memiliki beberapa kekurangan. Diantaranya kurang ramah lingkungan dan sangat terbatas di alam. Untuk itu perlu bahan pengganti PC yang memiliki sifat yang sama.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Beton adalah campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat. Struktur beton sangat dipengaruhi oleh komposisi dan kualitas bahan-bahan pencampur beton, yang dibatasi oleh kemampuan daya tekan beton (in a state of compression) seperti yang tercantum dalam perencanaannya. Berdasarkan kekuatan beton, beton dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Beton normal, kuat tekan yang dicapai kurang dari 45 MPa.
- b. Beton mutu tinggi (High Strength Concrete/ HSC) yang memiliki kuat tekan 45-90 MPa.
- c. Beton mutu sangat tinggi (Ultra High Strength Concrete/ UHSC) yang memiliki kuat tekan diatas 90 MPa.
- d. Reactive Powder Concrete (RPC), ini merupakan marga baru dalam kelompok beton yang sedikit berbeda dengan ketiga beton sebelumnya, kekuatan yang dimiliki antara 200-800 MPa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Mix Design

Pada penelitian tugas akhir ini, sumber acuan yang digunakan sebagai pedoman dalam penyusunan rancangan campuran (mix design) beton adalah metode DOE (Department of Environment)

Berikut adalah prosedur Mix Design yang digunakan dalam pembuatan beton pada tugas akhir ini:

1. Kuat tekan rencana $f'c = 25$ Mpa

Kuat tekan yang ditargetkan akibat koreksi standard deviasi sebesar 2,5

$$f'_{cr} = f'_c + 1,64 \times 2,5$$

$$= 25 + 4,1$$

$$= 29,1 \text{ Mpa}$$

2. Dengan acuan tabel 1 dan grafik 1, dari garis bantu dimana kuat tekan usia 28 hari dengan benda uji silinder adalah 37 Mpa diperoleh faktor air semen sebesar 0,44
3. Kadar air bebas ditentukan oleh tabel 2 dengan diambil nilai slump maksimum.
Kadar air bebas = $\frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225$
= 205 kg/m³
4. Jumlah semen didapat dari kadar air bebas dibagi W/C
Jumlah semen = $205 / 0,44 = 466 \text{ kg/m}^3$
5. Ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 20 mm.
6. Berat jenis relatif diperoleh dari berat jenis masing-masing agregat dikali masing-masing prosentase.
Bj relatif = $(0,55 \times 2,74) + (0,45 \times 2,75)$
= 2,74 g/cm³
7. Berat isi beton ditentukan dari grafik 3.2 dengan menghubungkan kadar air bebas dengan berat jenis relatif, maka akan diperoleh berat isi beton. Dari grafik diperoleh 2435 kg/m³
8. Kadar agregat gabungan
= 2435 - (205 + 466)
= 1764 kg/m³
Agregat Halus = $1764 \times 0,55 = 970,2 \text{ kg/m}^3$
Agregat Kasar = $1764 \times 0,45 = 793,8 \text{ kg/m}^3$

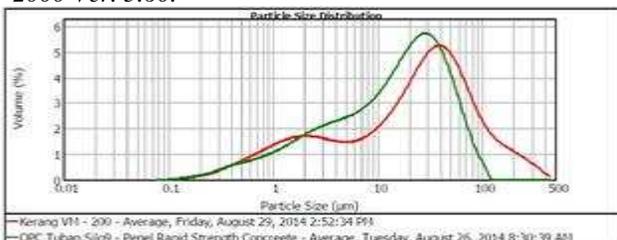
B. Analisa Serbuk Cangkang Perna Viridis L.

Pada analisa serbuk cangkang kerang hijau dilakukan beberapa uji laboratorium yang bertujuan untuk melihat karakteristik kerang hijau ini. Pengujian yang dilakukan antara lain adalah:

1. PSD (*Particle Size Distribution*)
2. XRD (*X-Ray Diffractometer*)
3. SEM (*Scanning Electron Microscopes*)
4. EDX (*Energy Dispersive X-Ray*)

1. PSD (*Particle Size Distribution*)

Analisa PSD dilakukan bertujuan untuk melihat ukuran butiran pada sampel kerang hijau. Pengujian dilakukan pada tanggal 26 Agustus 2014 di Laboratorium Litbang PT. Semen Gresik Tbk., menggunakan instrumen *Malvern Instruments Ltd.* Dengan bantuan program *Mastersizer 2000 Ver. 5.60.*



Gambar 1. Grafik Pembacaan PSD

Tabel 1. Hasil Analisa PSD

Size (µm)	Vol Under %
36.000	78.85
38.000	80.76
40.000	82.51
45.000	86.29
50.000	89.33
53.000	90.85
56.000	92.16
63.000	94.61
71.000	96.56
75.000	97.28

Analisa:

• Hasil Pengujian:

Dari hasil pengujian yang dilakukan operator dilapangan didapatkan ukuran butiran sebanyak 90.85% lolos saringan 270 mesh. Sedangkan pada butiran agregat semen OPC lolos pada saringan 325 mesh. Mesh adalah ukuran suatu lubang yang didapat dari jumlah lubang dalam 1 inch².

• Referensi:

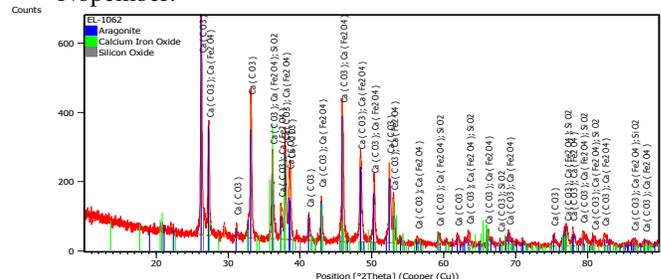
Kategori kehalusan butiran dalam pembacaan instrumen *Malvern* berkisar antara 90%

• Kesimpulan:

Tingkat gradasi kehalusan butiran serbuk cangkang kerang 90% terdapat pada ukuran 53 µm atau sebesar 270 Mesh.

2. XRD (*X-Ray Diffractometer*)

Analisa XRD dilakukan untuk mengidentifikasi unsur/senyawa (analisis kualitatif) dan penentuan komposisi (analisis kuantitatif). Analisa XRD dilakukan pada tanggal 21 Agustus 2014 di Laboratorium Litbang PT. Semen Gresik Tbk., namun hasil yang didapat kurang maksimal dikarenakan hasil pengujian menggunakan standar perusahaan bukan standar penelitian. Maka penulis memutuskan untuk melakukan analisa ulang XRD pada tanggal 12 Desember 2014 di Laboratorium Energi Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



Gambar 2. Grafik Analisa XRD

Tabel 2. Hasil Analisa XRD

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	01-075-9987	83	Calcium Carbonate	0.064	0.868	Ca(CO ₃)
*	01-078-4322	27	Calcium Iron Oxide	0.153	0.463	Ca(Fe ₂ O ₄)
*	01-089-8939	8	Silicon Oxide	0.151	0.106	SiO ₂

Analisa:

• Hasil Pengujian:

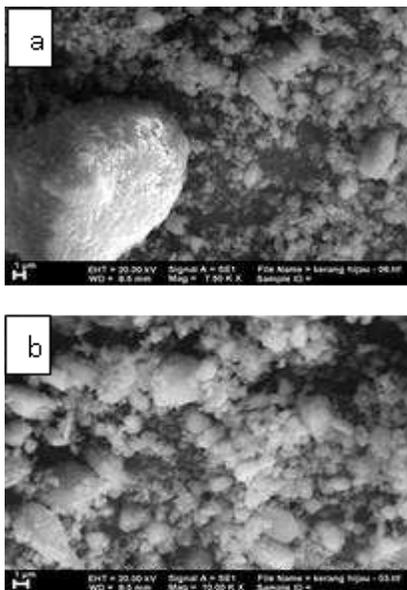
Dari senyawa yang terdeteksi oleh analisa XRD didapat hasil berupa Ca (CO₃), Ca (Fe₂O₄) dan SiO₂. Pada **Gambar 4.4** hasil analisa menunjukkan bahwa bentuk dari butiran kerang adalah *crystal* dan senyawa dominan adalah CaCO₃ dengan *interval peak* 607.57 pada suhu 26.2885 °C.

• Kesimpulan:

Untuk melihat lebih detail bentuk butiran kerang selanjutnya dilakukan pengujian SEM. Untuk melihat prosentase senyawa yang dibutuhkan selanjutnya dilakukan pengujian EDX.

3. SEM (Scanning Electron Microscopes)

Analisa SEM dilakukan untuk melihat bentuk butiran serbuk cangkang kerang dengan perbesaran tertentu. Pengujian dilakukan pada tanggal 28 September 2014 di LPPM Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



Gambar 3. (a) SEM 1 µm Mag. 7500 (b) SEM 1 µm Mag. 10000

Analisa:

• Hasil Pengujian:

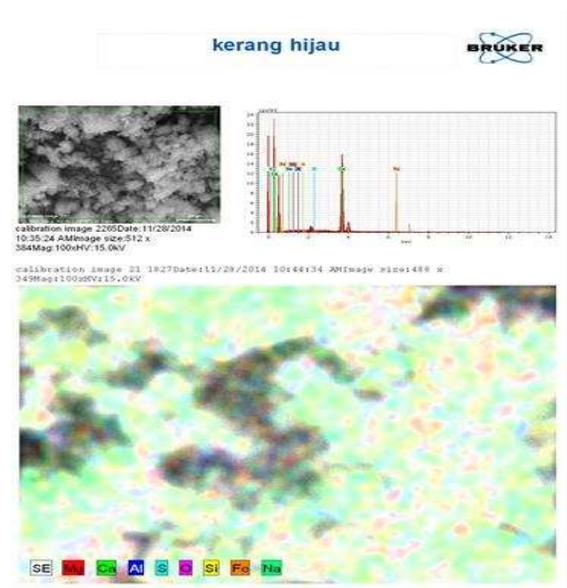
Dari hasil pengamatan menunjukkan pada perbesaran 1 µm bentuk serbuk kerang adalah Kristal dan gradasi yang belum homogen.

• Kesimpulan:

Bentuk Kristal pada serbuk cangkang kerang diharapkan meningkatkan kepadatan pada pembentukan beton. Tetapi gradasi yang kurang merata dikhawatirkan akan mengurangi sifat reaktif pada beton.

4. EDX (Energy Dispersive X-Ray)

Analisa EDX bertujuan untuk mengidentifikasi prosentase senyawa yang terkandung pada serbuk cangkang kerang hijau. Analisa EDX dilakukan pada tanggal 28 September 2014 di LPPM Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



Gambar 4. Grafik Prosentase Senyawa dan Persebaran Senyawa Kimia Pada Serbuk Cangkang Kerang Hijau

Analisa:

• Hasil Pengujian:

Dari hasil pengamatan menunjukkan pada perbesaran 1 µm bentuk serbuk kerang adalah Kristal dan gradasi yang belum homogen.

• Kesimpulan:

Bentuk Kristal pada serbuk cangkang kerang diharapkan meningkatkan kepadatan pada pembentukan beton. Tetapi gradasi yang kurang merata dikhawatirkan akan membentuk rongga-rongga pada beton.

Tabel 3. Prosentase Senyawa Kimia Pada Serbuk Cangkang Kerang Hijau

Senyawa	Kadar (%)
CaCO ₃	95.69
SiO ₂	0.22
Fe ₂ O ₃	1.00
MgO	3.08
Al ₂ O ₃	0.01

Selanjutnya akan dibandingkan kadar prosentase kulit kerang dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan kerang darah (*Andara Grandis*) dilakukan oleh Siti Maryam 2006 dalam Shinta Marito Sirigra 2009 [3].

Tabel 4. Perbandingan Prosentase Senyawa Kimia dengan Penelitian Sebelumnya.

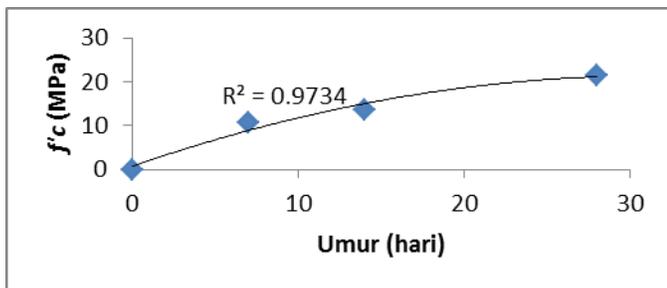
Senyawa	Kadar % (<i>Perna Viridis L.</i>)	Kadar % (<i>Andara Grandis</i>)
CaCO ₃	95.69	66.70
SiO ₂	0.22	7.88
Fe ₂ O ₃	1.00	0.03
MgO	3.08	22.28
Al ₂ O ₃	0.01	1.25

Analisa:

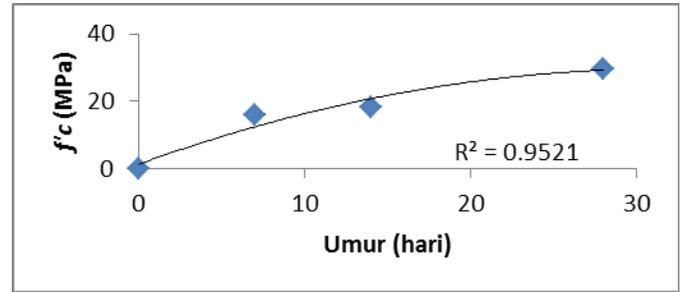
- Hasil Pengujian:
 Dari hasil analisa senyawa yang terkandung juga terdapat pada senyawa semen. Namun ada perbedaan signifikan pada senyawa SiO₂ yang berfungsi sebagai pembentuk C₃S atau Tikalsium Silikat yang berfungsi sebagai zat perekat pada semen.
- Kesimpulan:
 Dengan senyawa yang terkandung pada serbuk cangkang kerang memiliki senyawa yang terkandung dalam semen maka serbuk cangkang kerang dapat digunakan sebagai bahan substitusi semen.

C. Uji Kuat Tekan

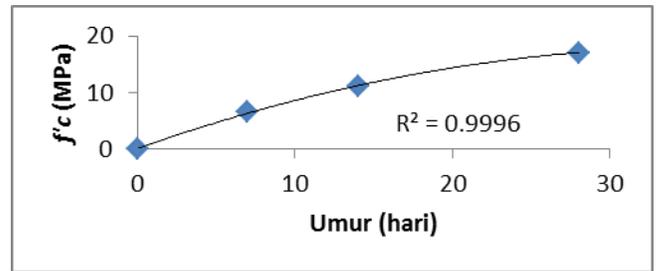
Pengujian kuat tekan dilakukan pada tanggal 31 Oktober hingga 12 Desember 2014 dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dalam umur beton 7, 14 dan 28 hari dengan ukuran silinder 15cm x 30cm Pengujian dilakukan di Laboraturium Beton Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



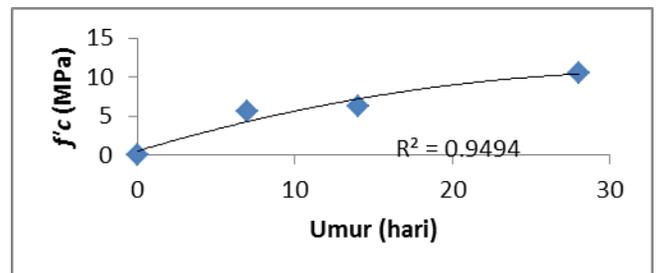
Gambar 5. Pengujian Variasi 0%



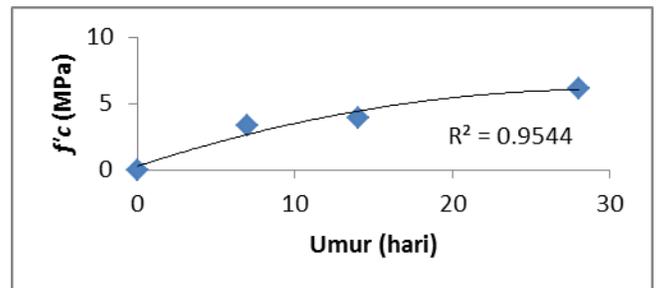
Gambar 6. Pengujian Variasi 5%



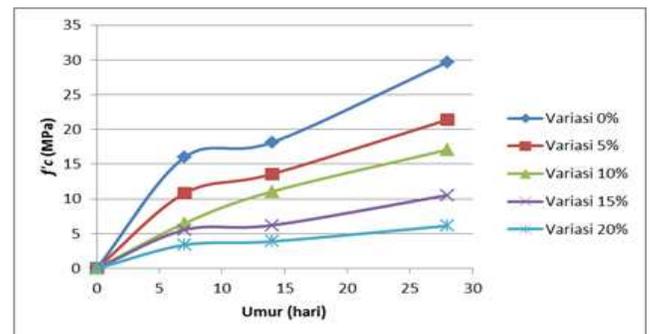
Gambar 7. Pengujian Variasi 10%



Gambar 8. Pengujian Variasi 15%



Gambar 8. Pengujian Variasi 20%



Gambar 9. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Antar Variasi

Analisa:

- Hasil Pengujian:
 - ◆ Pada pengujian kuat tekan umur 28 hari masing-masing variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% memiliki kekuatan tekan berturut-turut sebesar 29.49 MPa, 20.98 MPa, 16,75 MPa, 10.33 MPa dan 6.01 MPa.
 - ◆ Pada beton variasi 0% memiliki kekuatan tekan sebesar 29.49 MPa, hal ini sudah memenuhi target *strength* awal sebesar 25 MPa dan *strength* akibat koreksi standard deviasi sebesar 2.91 MPa.
 - ◆ Kekuatan optimal umur 28 hari terletak pada komposisi 5% dengan kekuatan tekan sebesar 20.98 MPa.
 - ◆ Berat teringan beton terdapat pada komposisi 20% yaitu sebesar 9.710 kg pada umur 14 hari.
- Kesimpulan:
 - ◆ Serbuk kulit kerang tanpa perlakuan khusus tidak memberikan kontribusi terhadap kekuatan tekan beton.
 - ◆ Penambahan kulit kerang mempengaruhi berat volume beton, semakin tinggi prosentase substitusi semakin ringan berat volume beton.

D. Standard Deviasi

Standard deviasi perlu dilakukan untuk mencari simpangan baku suatu data guna mencari tingkat keseragaman benda uji. Semakin kecil standar deviasi maka semakin seragam benda uji. Standard deviasi yang direncanakan sesuai *mix design* sebesar 2.5.

Tabel 5. Standard Deviasi

No.	Variasi	Umur	Sampel (MPa)			rerata	Sd
			1	2	3		
1	0%	7	15.664	15.774	15.552	15.663	0.136
2		14	17.662	17.829	17.884	17.791	0.150
3		28	29.548	28.881	28.937	29.122	0.507
4	5%	7	10.219	9.997	11.776	10.664	1.123
5		14	12.886	13.774	13.330	13.330	0.628
6	10%	28	20.661	20.884	21.383	20.976	0.436
7		7	6.776	5.887	6.443	6.3686	0.633
8		14	10.497	10.886	11.164	10.849	0.418
9	15%	28	17.273	16.551	16.440	16.754	0.600
10		7	5.610	5.498	5.221	5.443	0.236
11	20%	14	5.998	6.220	6.054	6.091	0.161
12		28	10.108	10.664	10.219	10.330	0.409
13		7	3.221	3.277	3.443	3.314	0.135
14	20%	14	3.665	3.777	3.999	3.814	0.202
15		28	5.998	6.165	5.887	6.017	0.175
Rerata =							0.397

Analisa:

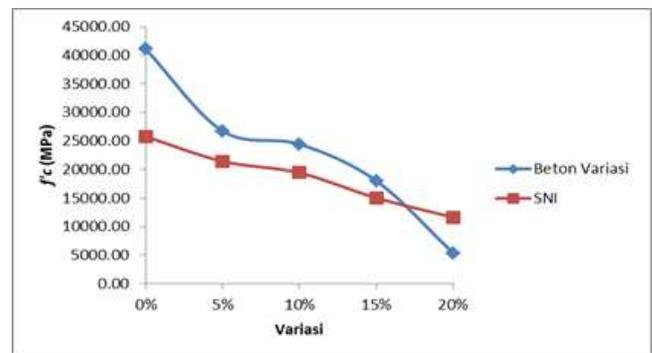
- Hasil Perhitungan:
 - Rerata standard deviasi sebesar 0.397
- Kesimpulan:
 - Rerata standar deviasi kurang dari 2,5.
 - Keseragaman benda uji cukup tinggi.

E. Uji Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan setelah benja uji beton silinder berusia 28 hari. Berikut adalah contoh perhitungan uji modulus elastisitas beton.

No.	Variasi	f'c (MPa)	Rerata (Mpa)	SNI (MPa)	Rerata (MPa)
1	0%	44400.733	41098.54	25794.5281	25769.43
2		41980.854		25501.9531	
3		36914.03		26011.7998	
4	5%	27498.044	26751.93	21569.6571	21442.00
5		27022.678		21685.3129	
6		25735.058		21071.0388	
7	10%	28489.239	24438.51	19722.0459	19422.68
8		23940.85		19305.4488	
9		20885.429		19240.5564	
10	15%	20226.321	18016.02	15087.1589	15031.12
11		15608.572		14836.3853	
12		18213.153		15169.8289	
13	20%	5222.9299	5375.01	11622.0743	11639.47
14		5784.5011		11782.3864	
15		5117.5957		11513.9596	

Tabel 6. Modulus Elastisitas V SNI



Gambar 10. Grafik Rerata Modulus Elastisitas Beton V SNI

Analisa:

- Hasil Pengujian:
 - Nilai rerata modulus elastisitas beton pada variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% secara berturut-turut adalah, 41098,54 MPa, 26751,93 MPa, 24438,51 MPa, 18016,02 MPa dan 5375,01 MPa Sedangkan hasil kontrol menurut SK SNI-T-15-1991 berturut-turut adalah, 25769,43 MPa,

21442,00 MPa, 19422,68 MPa, 15031,12 MPa dan 5375,01 MPa.

• Referensi:

- ◆ Senyawa C_3S (Trikalsiumsilikat) yang berfungsi sebagai zat perekat pada semen akan terbentuk apabila zat penyusun semen dipanaskan hingga suhu $1400^{\circ}C$ [4].
- ◆ Semakin banyak CaO yang terkandung mengakibatkan menurunnya proses hidrasi yang akan menurunkan kekuatan beton [5].
- ◆ Substitusi abu kulit kerang tanpa proses *furnace* variasi 5%, 10%, 15% dan 20% dari pemakaian semen pada campuran beton mengalami penurunan nilai kuat tekan sebesar 89,18%, 74,09%, 67,87%, 64,92% dari beton normal setiap variasinya [6].
- ◆ Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan semen adalah kehalusan butiran semen. Hal ini disebabkan oleh peningkatan kepadatan dari campuran mortar, sementara luasan agregat pada mortar berkurang [7].

• Kesimpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas beton variasi 5% dibawah kontrol SK SNI-T-15-1991.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari studi ini adalah :

1. Dari hasil analisa PSD, tingkat gradasi kehalusan kerang yaitu sekitar 270 mesh.
2. Pada hasil analisa XRD, senyawa paling dominan ditunjukkan oleh $CaCO_3$, dengan interval peak sebesar 607,57 pada suhu $26.2885^{\circ}C$.
3. Pada analisa SEM, bentuk partikel serbuk cangkang kerang pada perbesaran $1\mu m$ dengan Mag. 7500 adalah Kristal dengan tingkat gradasi yang kurang homogen.
4. Pada analisa EDX, prosentase dominan ditunjukkan oleh senyawa $CaCO_3$ dengan kadar prosentase 95,69%, sedangkan untuk SiO_2 hanya sebesar 0,22%
5. Komposisi senyawa kimia yang terdapat pada serbuk cangkang kerang terkandung dalam seluruh unsur semen walaupun dalam prosentase yang kecil.
6. Penambahan serbuk cangkang kerang yang tidak mengalami perlakuan khusus tidak dapat memberikan kontribusi terhadap kuat tekan beton.
7. Semakin banyak prosentase substitusi kerang yang diberikan semakin menurun kuat tekan beton.
8. Semakin banyak prosentase substitusi kerang yang diberikan maka volume berat beton akan semakin

berkurang. Beton dengan berat volume paling ringan berada pada prosentase 20% dalam umur 14 hari yaitu sebesar 9.710 kg.

9. Kuat tekan optimum yang dihasilkan yaitu pada prosentase substitusi 5% pada usia 28 hari sebesar 20,98 MPa

Saran dari studi ini adalah:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi jenis kerang hijau di daerah lain atau pun jenis kerang lain.
2. Melakukan proses *furnace* pada serbuk kerang dengan harapan dapat lebih reaktif.
3. Perlu meningkatkan gradasi kehalusan hingga diatas 400 mesh untuk mengimbangi perlakuan tanpa proses *furnace*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alam dkk., 2011. Kerang Hijau (*Perna Viridis L.*), URL <<http://karyatulisilmiah.com/kerang-hijau-perna-viridis-l/>>.
- [2] Sutikno, 2003. "Panduan Praktek Beton", Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- [3] Sirigar, Shinta Marito., 2009. "Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer". Tesis, Sumatra Utara: Jurusan Fisika, Universitas Sumatra Utara Medan.
- [4] Frieska, A.S., Dyah, S., 2013. "Studi Eksperimental Pembuatan Ekosemen Dari Abu Sampah dan Cangkang Kerang Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Semen". Tugas Akhir, Surabaya: Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] Othman, N.A., Abu Bakar, B.H., Don, M.M. dan Johari, M.A.M., 2013. "Cockle Shell Ash Replacement for Cement and Filler in Concrete". Malaysian Journal of Civil Engineering, Penang: University Sains Malaysia.
- [6] Ade S.R, Karolina Rahmi, 2010. "Pengaruh Substitusi Abu Kulit Kerang Terhadap Sifat Mekanik Beton (Eksperimental)". Skripsi, Sumatra Utara: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sumatra Utara Medan.
- [7] Mahardika, Aridite S. 2006. "Pengaruh Kehalusan Butiran Terhadap Kuat Ten Skaemen Gresik". Skripsi. Program Studi Fisika. Malang: Universitas Negeri Malang.