

PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK CANGKANG KEONG SAWAH SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP NILAI MODULUS ELASTISITAS

Rinaldhi Ridha'al Syariffudin

Hieryco Manalip, Mielke R. I. A. J. Mondoringin

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: rinaldhi15021101197@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mencoba memanfaatkan limbah cangkang keong sawah karena komposisi cangkang keong sawah banyak mengandung kalsium karbonat. Kalsium fosfat, silikat magnesium karbonat, besi dan zat organik lainnya membentuk sisa komposisi protien structural dan senyawa fosfor sama halnya dengan komposisi semen yang banyak mengandung kalsium, dan silikat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah cangkang keong sawah sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap nilai modulus elastisitas.

Metode ACI 211.1-91 digunakan untuk menghitung komposisi campuran beton. Menggunakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 14 dan 28 hari, sedangkan untuk pengujian modulus elastisitas menggunakan 3 rumus yaitu, ASTM C 469-94, SK SNI T-15-1991-03, ACI 363-92 dilakukan pada umur 28 hari. Dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 25% dari volume semen. Jumlah benda uji 30 silinder, dengan setiap variasi 6 silinder.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan pada beton normal adalah 23,96 MPa pada umur 14 hari dan 26,55 MPa pada umur 28 hari. Pada beton variasi serbuk cangkang keong 5% menghasilkan kuat tekan optimum sebesar 24,75 MPa pada umur 14 hari dan 27,61 MPa pada umur 28 hari, dengan kenaikan kuat tekan beton sebesar 10,81% pada umur 14 hari dan 14,83% pada 28 hari. Nilai modulus elastisitas untuk beton normal pada umur 28 hari dengan menggunakan rumus ASTM C 469 – 9 adalah 29859,01 MPa 4, sedangkan kalau menggunakan rumus SK SNI T-15-1991-03 adalah 24216,02 MPa, dan menggunakan rumus ACI 363-92 hasilnya adalah 24005,79 MPa. Variasi serbuk cangkang keong sawah 5% pada umur 28 hari menghasilkan modulus elastisitas sebesar 31508,84 MPa (menggunakan rumus ASTM C 469 – 94), 25054,42 MPa (menggunakan rumus SK SNI T-15-1991-03), dan 24598.02 MPa (menggunakan rumus ACI 363-92). Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan nilai modulus elastisitas berbanding lurus dengan kenaikan nilai kuat tekan.

Keywords: *Modulus Elastisitas, Kuat Tekan, Limbah Cangkang Keong Sawah, Substitusi Semen, CKS.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan adalah salah satu solusi yang dilakukan secara terus menerus dan berkelanjutan, yang mengarah pada taraf hidup masyarakat dan kesejahteraan umum. Dengan semakin pesatnya pembangunan maka kebutuhan salah satu bahan bangunan yaitu beton juga meningkat, Bahan tersebut dapat diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air, agregat dan kadang-kadang bahan tambah yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia dengan perbandingan tertentu.

Banyaknya jumlah penggunaan beton dalam konstruksi mengakibatkan meningkatnya kebutuhan material beton, terutama semen, karena semen merupakan material penting dalam pembuatan beton karena merupakan zat pengikat antara agregat kasar dan halus. Hal ini menyebabkan turunnya jumlah sumber alam yang tersedia untuk keperluan pembeconan dan perusak lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan bahan tambah yang bisa digunakan sebagai pengganti atau meminimalisir penggunaan semen. Alternatif untuk mengatasi masalah tersebut dapat diatasi dengan menggunakan limbah-limbah yang tidak bermanfaat, seperti cangkang keong sawah. Dikarenakan pemanfaatan limbah cangkang keong sawah di indonesia belum optimal,

biasanya hanya dipakai sebagai bahan campuran makanan ternak dan dibuang begitu saja. Dengan optimalisasi pemanfaatan limbah cangkang keong ini diharapkan akan mengurangi limbah yang mencemari lingkungan dan memberikan nilai tambah tersendiri.

Oleh karena itu kiranya perlu mencari alternative lain sebagai bahan dasar beton yaitu semen diganti dengan tumbukan cangkang keong sawah. Dikarenakan pemanfaatan limbah cangkang keong sawah di Indonesia belum optimal, biasanya hanya dipakai sebagai bahan campuran makanan ternak, seperti itik dan ayam.

Keong sawah (pila ampullace) termasuk kedalam jenis siput anggota filum moluska yang hidup di darat. Filum moluska adalah hewan berbadan lunak yang terlindungi oleh suatu cangkang yang keras yang berwarna keemasan yang mengandung kalsium karbonat. Keong sawah mempunyai bentuk morfologi yaitu cangkang yang berwarna kuning keemasan hingga coklat transparan serta lebih tipis dibandingkan dengan jenis keong lainnya.

Komposisi pada cangkang keong sawah hampir seluruhnya dari kalsium karbonat. Kalsium fosfat, silikat magnesium karbonat, besi dan zat organik lainnya membentuk sisa komposisi protein struktural dan senyawa fosfor. Komponen penyusun cangkang keong sawah adalah CaCO_3 dengan rendemen 53,10%.

Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Adapun hasil penelitian yang dijadikan perbandingan berupa topik penelitian yaitu cangkang keong sawah sebagai bahan tambah campuran beton.

Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan Putra dkk (2019) meneliti tentang penggunaan cangkang keong sawah sebagai substitusi Agregat halus (pasir). Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi agregat halus (pasir) dengan cangkang keong sawah yang lolos saringan no. 4 pada campuran beton bisa dilakukan tanpa mengurangi kuat tekan beton. Nilai kuat tekan pada beton normal mengalami kenaikan 9,03% sehingga dengan persentase yang tepat terbukti dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Hartantyo dan Susianto (2019) dengan judul pengaruh penambahan tumbukan cangkang keong mas terhadap kuat tekan beton non struktural K-175, dalam penelitiannya diketahui bahwa benda uji yang digunakan berukuran 15 x 30 cm dan

untuk penambahan tumbukan cangkang keong mas menggunakan variasi persentase 2%, 4%, dan 6% dari berat semen. Hasil dari penelitian ini untuk penambahan tumbukan cangkang keong mas dengan variasi 2% (15,423 MPa), 4% (17,59 MPa), dan 6% (19,276 MPa). Dimana nilai kuat tekan tertinggi didapat pada penambahan tumbukan cangkang keong mas 6% yaitu 19,276 MPa, sedangkan nilai terendah terdapat pada penambahan tumbukan cangkang keong mas 2% yaitu 15,423 MPa. Hasil nilai slump pada penelitian ini untuk penambahan tumbukan cangkang keong mas untuk variasi 0% (8 cm), 2% (8,5 cm), 4% (10 cm), dan 6% (12 cm).

Dari dua penelitian diatas maka peneliti membuat variasi presentase serbuk cangkang keong sawah sebesar 5%, 10%, 15%, 25% mengacu pada penelitian dari Putra dkk (2019) karena untuk jenis cangkang keong yang akan digunakan berasal dari daerah yang sama di Tondano, Tondano. Dan diharapkan dengan adanya penelitian ini serbuk cangkang keong sawah bisa berpengaruh terhadap nilai kuat tekan dan modulus elastisitas beton.

Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang masalah maka hal-hal yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah “bagaimana pengaruh substitusi serbuk cangkang keong sawah dengan semen terhadap nilai modulus elastisitas beton”

Batasan Masalah

Dalam penyusunan penelitian ini penulis membatasi permasalahan yang ada dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan merupakan semen Portland
2. Air yang digunakan dari Sumur Bor Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
3. Agregat halus dari Girian.
4. Agregat kasar (batu pecah) dari Lansot, Kema.
5. Persentase serbuk cangkang keong terhadap semen adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 25%
6. Cangkang keong sawah berasal dari daerah Toulour, kecamatan Tondano Timur Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara.
7. Benda uji silinder beton dengan diameter : 10 cm dan h : 20 cm.
8. Mutu beton yang direncanakan sebesar 25 MPa.

9. Perhitungan komposisi campuran beton sesuai ACI 211. 191.
10. Pengujian modulus elastisitas dilakukan umur 28 hari.
11. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi.
12. Nilai slump 75-100

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh substitusi serbuk cangkang keong sawah dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 25% dari semen terhadap nilai modulus elastisitas beton
2. Mengetahui perbandingan modulus elastisitas beton tanpa bahan tambah serbuk cangkang keong sawah dengan modulus elastisitas beton yang telah di campur serbuk cangkang keong sawah.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan diperoleh dari penelitian ini diantaranya :

1. Penelitian ini bisa menjadi bahan referensi cangkang keong sawah sebagai bahan pengganti semen.
2. Dengan penelitian yang maksimum diharapkan bahan tambah tersebut dapat dijadikan bahan tambah komponen beton yang ramah lingkungan.
3. Dapat mengurangi limbah cangkang keong sawah, Dan pemanfaatan cangkang keong sawah menjadi produk yang memiliki nilai jual.

LANDASAN TEORI

Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (portland cement), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (admixture atau additive) (Tjokrodimulyo, 1996).

Keong Sawah (*pila ampullacea*)

Keong sawah adalah sejenis siput air yang mudah di jumpai di perairan tawar asia tropis. Hewan bercangkang ini dikenal juga sebagai siput sawah, siput air atau tutut. Cangkang keong sawah atau cangkang tutut adalah pelindung karena cangkang bersifat keras dan tutut memiliki tubuh yang lunak. Cangkang tersebut mengandung

banyak kalsium, karena di dalamnya terkandung kalsium karbonat (CaCO₃) atau zat kapur.

Penelitian menurut lainnya tentang smart partisi dari cangkang keong sawah dapat diambil kesimpulan, pembuatan formula Smart-Partisi digunakan perbandingan 5%, 10%, dan 15 % CPA dan blotong tebu. Kemudian dilakukan penambahan pelapisan coating TiO₂ dan Al₂O₃. Hasil fisik Smart-Partisi berupa papan penyekat tiga lapis dengan blotong tebu sebagai peredam suara pada bagian tengah partisi. Melalui hasil uji yang telah dilakukan, formula terbaik Smart-Partisi adalah 10%. Uji ini dilakukan juga dengan membandingkan beberapa partisi (kalsiboard dan gypsum).



Gambar 1. Serbuk cangkang keong

Karakteristik Beton

Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Berat volume beton dipengaruhi oleh bentuk agregat, gradasi agregat, berat jenis agregat, ukuran maksimum agregat, karena berat volume beton tergantung pada berat volume agregat. Berat volume beton ini semuanya berada dalam keadaan kering udara. Berat volume dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\gamma_c = \frac{W}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (1)$$

Dimana:

γ_c = Berat Volume Beton (kg/m³)

W = Berat Benda Uji (kg)

V = Volume Beton (m³)

Kuat Tekan Beton

Beton merupakan suatu bahan konstruksi yang mempunyai sifat kekuatan tekan yang khas, yaitu apabila diperiksa dengan sejumlah besar benda uji, nilainya akan menyebar sekitar suatu nilai rata-rata tertentu.

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan tekan beton dinotasikan sebagai berikut:

- $f'c$ = Kekuatan tekan beton disyaratkan (MPa).
- Fck = Kekuatan tekan beton yang didapatkan dari hasil uji (MPa).
- Fc = Kekuatan tarik dari hasil uji belah silinder beton (MPa).
- $F'c$ = Kekuatan tekan beton rata-rata yang dibutuhkan, sebagai dasar pemilihan perancangan campuran beton (MPa).

Berdasarkan beban runtuh yang dapat diterima oleh benda uji, maka nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad (2)$$

Dimana :

- $f'c$ = Kuat Tekan Beton (Kg/cm²)
- P = Beban Maksimum (Kg)
- A = Luas Penampang yang Menerima Beban (cm²)

Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah rasio dari tegangan normal Tarik atau tekan terhadap regangan. Modulus elastisitas tergantung pada umur beton, sifat-sifat agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji.

Dari pengujian tekan silinder beton 15/30 dihitung besarnya modulus elastisitas beton dengan menggunakan rumus ASTM C 469-02 sebagai berikut :

$$E_c = \frac{\sigma(\text{tegangan})}{\epsilon(\text{regangan})}$$

Pada dasarnya $\sigma = \frac{P}{A}$ dan $\epsilon = \frac{\delta}{L}$

Sehingga $E_c = \frac{P.L}{A.\delta}$

- Dimana : E_c = Modulus Elastisitas
 P = Beban Aksial
 A = Luas Penampang
 δ = $L' - L$

Khusus material beton, modulus elastisitasnya ialah berubah-ubah menurut kekuatannya. Beton memperlihatkan deformasi yang tetap (permanen) walaupun beban yang kecil Neville (1998).

Dari ASTM C 469-94, modulus elastisitas dapat dihitung seperti:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005}$$

Dimana:

- E_c = Modulus Elastisitas (Kg/m³)
- S_2 = Tegangan pada saat 40% dari tegangan batas (MPa)
- S_1 = Tegangan pada saat nilai kurva regangan ϵ_1 (MPa)
- ϵ_2 = Regangan longitudinal akibat tegangan sebesar S_2
- ϵ_1 = Tegangan pada saat regangan 0.00005 (MPa)

Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 digunakan rumus nilai modulus elastisitas beton dengan mempertimbangkan unsur berat isi beton, untuk W_c diantara 1500 dan 2500 Kg/m³ rumus yang digunakan adalah:

$$E_c = (W_c)1,5 \times 0,043 \sqrt{f'c'}$$

Sedang untuk beton normal adalah:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c'}$$

Dalam ACI 363-92 “State of The Art Report on High Strength Concrete” adalah sebagai berikut:

$$E_c = 3320 \sqrt{f'c'} + 6900$$

METODOLOGI PENELITIAN

Umum

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan pekerjaan. Dimulai dari persiapan alat dan bahan, pemeriksaan bahan, perencanaan campuran dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dan pengujian benda uji. Semua pekerjaan dilakukan berpedoman pada peraturan/standar yang berlaku dengan penyesuaian terhadap kondisi dan fasilitas laboratorium yang ada. Pemeriksaan material dibatasi hanya pada material tertentu yang penting dalam perhitungan campuran.

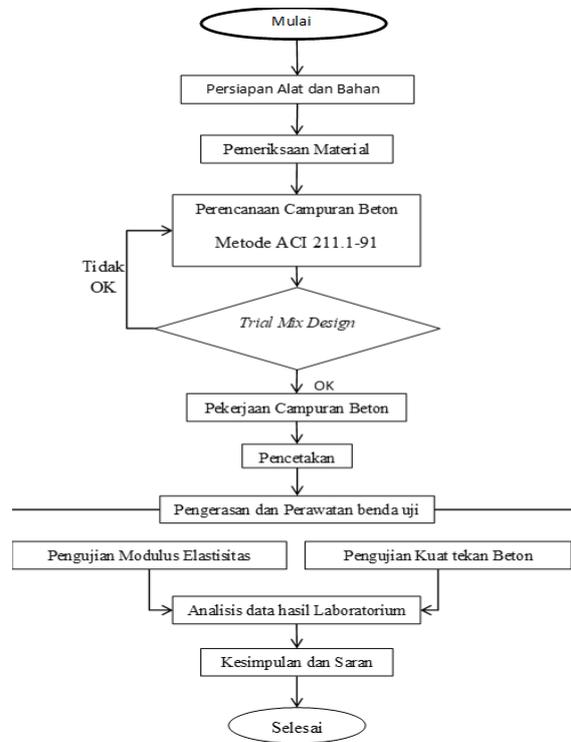
Langkah-langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian, yaitu:

1. Tahapan penelitian yang pertama dilakukan yaitu persiapan peralatan, persiapan material agregat kasar, agregat halus, semen, dan kawat bendrat. Selanjutnya pada tahap kedua agregat kasar dan agregat halus dilakukan pemeriksaan sesuai dengan aturan ASTM dan SNI.
2. Tahap kedua yaitu mengolah cangkang keong menjadi serbuk cangkang keong dengan cara dihaluskan kemudian disaring dengan ayakan no.200 dan diambil hasil yang lolos ayakan no.200 kemudian dioven selama 24 jam sehingga bisa digunakan untuk bahan substitusi semen.
3. Tahap selanjutnya yaitu perhitungan perencanaan campuran beton trial dengan metode modifikasi ACI 211.1- 91. Setelah didapatkan komposisi campuran beton normal selanjutnya dilakukan perhitungan persentase serbuk cangkang keong terhadap berat total benda uji silinder. Setelah didapatkan trial mix design, dilakukan penentuan trial mix design kemudian melakukan pembuatan benda uji.
4. Selanjutnya didalam pembuatan benda uji dilakukan pencampuran beton dengan mencampurkan batu pecah, pasir, dan semen secara bertahap ke dalam molen.
5. Berikutnya memasukan serbuk cangkang keong setiap variasi yang dikurangi dari berat semen untuk masing-masing variasi yaitu, 5%,10%,15%,25%.
6. Selanjutnya air dimasukkan ke dalam molen dan biarkan molen terus mencampur tunggu sampai 5 menit dan lakukan *slump test*. Setelah memenuhi syarat *slump* yang ditentukan, campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
7. Cetakan silinder dilapisi oli cetakan terlebih dahulu agar tidak ada sisa dari beton segar yang menempel.
8. Beton segar lalu dituangkan ke dalam cetakan silinder lalu dirojak dengan menggunakan batangan besi hingga penuh. Cetakan dibiarkan selama sehari, lalu keesokan harinya cetakan dilepas dan benda uji dilakukan pemeriksaan berat volume, selanjutnya benda uji di curing selama 14 dan 28 hari di kolam curing.
9. Setelah 14 dan 28 hari benda uji diangkat, dikeringkan dan dilakukan capping pada benda uji kuat tekan selanjutnya dilakukan pemeriksaan pada benda uji kuat tekan dan kuat tarik belah.

10. Khusus untuk pengujian modulus elastisitas, menggunakan benda uji yang di curing selama 28 hari.
11. Setelah dilakukan pemeriksaan selanjutnya masuk dalam proses analisa dan yang terakhir dilakukan pengambilan kesimpulan dan saran.

Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Campuran Beton

Berdasarkan hasil pemeriksaan material, maka menurut ACI 211.1-91 untuk mencapai beton 25 MPa dengan FAS 0,47 (ditetapkan dari beberapa kali trial mix design) dibutuhkan komposisi campuran beton sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi Campuran Per m³

Komposisi Campuran Per m ³	
Campuran Beton	Beton Normal (Kg)
Semen	436,170
Air	225,737
Agregat Kasar	826,670
Agregat Halus	725,067

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 2. Komposisi Campuran Serbuk Cangkang Keong Per Pengecoran

Prententase		Material (kg)	
SEMEN	CKS	SEMEN	CKS
100%	0%	4,71	0
95%	5%	4,4745	0,2355
90%	10%	4,239	0,471
85%	15%	4,0035	0,7065
75%	25%	3,5325	1,1775
TOTAL		20,9595	2,5905

Sumber: Hasil Penelitian

Pemeriksaan Nilai Slump

Berdasarkan tabel 3. nilai *slump* yang didapatkan dengan dan tanpa tambahan serat kawat bendrat sesuai nilai *slump* 75-100 mm. Campuran beton dengan dan tanpa tambahan serat kawat bendrat dianggap bisa diterapkan karena memiliki *workability* yang baik.

Tabel 3. Nilai Slump

Kode	Bahan Campuran	Nilai Slump (mm)
BN	TANPA BAHAN CAMPURAN	75
CK 5%	SERBUK CANGKANG KEONG 5%	78
CK 10%	SERBUK CANGKANG KEONG 10%	100
CK 15%	SERBUK CANGKANG KEONG 15%	98
CK 25%	SERBUK CANGKANG KEONG 25%	100

Sumber : Hasil Penelitian

Pemeriksaan Berat Volume Beton

Hasil perhitungan berat volume rata-rata tiap benda uji pada umur 1 hari dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Rata-rata Berat Volume Beton Normal

No.	Berat Benda Uji (kg)	Volume Beton (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)
1	3,31	0,00157	2110,40

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 5. Rata-rata Berat Volume Beton Dengan Campuran

No	KODE	Rata-rata Berat Benda Uji (kg)	Volume Beton (m ³)	Rata-rata Berat Volume (kg/m ³)
1.	BN	3,3700	0,00157	2146,497
2.	CK 5%	3,2900	0,00157	2095,541
3.	CK 10%	3,30833	0,00157	2107,219
4.	CK 15%	3,0183	0,00157	1922,505
5.	CK 25%	3,0400	0,00157	1936,306

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel sebelumnya diketahui bahwa, rata-rata berat volume beton dengan dan tanpa tambahan serat kawat bendrat pada penelitian ini berkisar antara 1936,306 – 2146,497 kg/m³. Maka, semua jenis beton dalam penelitian ini termasuk dalam jenis beton normal karena berat massa volume beton tersebut berada pada interval 2110-2550 kg/m³

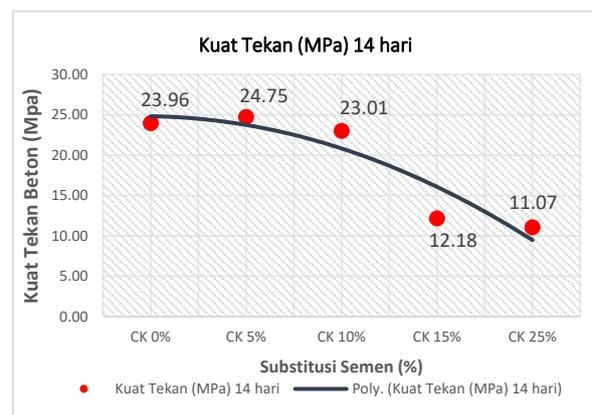
Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton umur 14 hari, didapat nilai kuat tekan beton rata-rata untuk beton dengan campuran serbuk cangkang keong variasi 5% sebesar 24,75 MPa, kemudian mengalami penurunan pada beton dengan campuran serbuk cangkang keong variasi 10% dan seterusnya.

Tabel 8. Hasil Pengujian Rata-rata Kuat Tekan Beton Umur 14 hari

Kode	Bahan Campuran	Kuat Tekan Rata-rata 14 hari (MPa)
BN	TANPA BAHAN CAMPURAN	23,96
CK 5%	SERBUK CANGKANG KEONG 5%	24,75
CK 10%	SERBUK CANGKANG KEONG 10%	23,01
CK 15%	SERBUK CANGKANG KEONG 15%	12,18
CK 25%	SERBUK CANGKANG KEONG 25%	11,07

Sumber: Hasil Penelitian

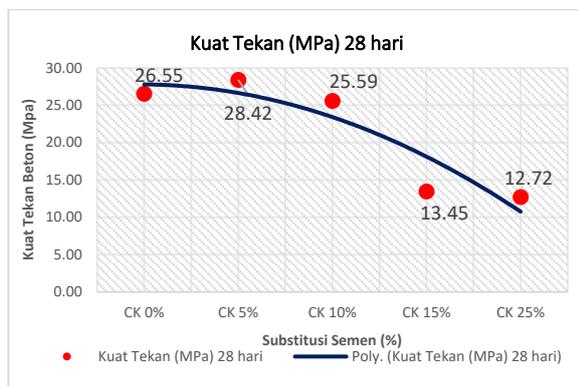


Grafik Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Tabel 9. Hasil Pengujian Rata-rata Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Kode	Bahan Campuran	Kuat Tekan Rata-rata 28 hari (MPa)
BN	TANPA BAHAN CAMPURAN	26,55
CK 5%	SERBUK CANGKANG KEONG 5%	28,42
CK 10%	SERBUK CANGKANG KEONG 10%	25,59
CK 15%	SERBUK CANGKANG KEONG 15%	13,45
CK 25%	SERBUK CANGKANG KEONG 25%	12,72

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 10. Grafik Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan rata-rata umur 28 hari, didapat nilai kuat tekan beton rata-rata untuk beton dengan campuran serbuk cangkang keong sawah variasi 5% sebesar 28,42 MPa, Kemudian mengalami penurunan pada beton dengan campuran serbuk cangkang keong sawah variasi 10% dan seterusnya.

Tabel 10. Hasil Konversi Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari kedalam Umur 28 Hari

Kode	Bahan Campuran	Kuat Tekan Rata-rata 14 hari (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata 28 hari (MPa)
BN	TANPA BAHAN CAMPURAN	23,58	26,13
CK 5%	SERBUK CANGKANG KEONG 5%	24,75	28,12
CK 10%	SERBUK CANGKANG KEONG 10%	23,01	26,14
CK 15%	SERBUK CANGKANG KEONG 15%	12,18	13,84
CK 25%	SERBUK CANGKANG KEONG 25%	10,93	12,42

Sumber: Hasil Penelitian

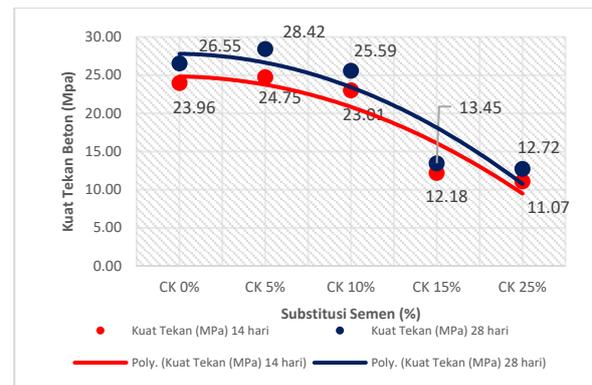
Presentase Kuat Tekan Beton

Dari tabel dan hasil pengujian kuat tekan beton umur 14 hari dan kuat tekan beton umur 28 hari dibuat grafik presentase kenaikan kuat tekan beton pada umur 14 hari dan umur 28 hari seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 11. Presentase Kenaikan Kuat Tekan Beton

Kode	Bahan Campuran	Kuat Tekan Rata-rata 14 hari (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata 28 hari (MPa)	Kenaikan Kuat Tekan Rata-rata (%)
BN	TANPA BAHAN CAMPURAN	23,96	26,55	10,78
CK 5%	SERBUK CANGKANG KEONG 5%	24,75	28,42	14,81
CK 10%	SERBUK CANGKANG KEONG 10%	23,01	25,59	11,18
CK 15%	SERBUK CANGKANG KEONG 15%	12,18	13,45	10,39
CK 25%	SERBUK CANGKANG KEONG 25%	11,07	12,72	14,87

Sumber: Hasil penelitian



Gambar 11. Grafik Presentase Kenaikan Kuat Tekan Beton

Sumber: Hasil Penelitian

Pemeriksaan Nilai Modulus Elastisitas

Berikut contoh perhitungan Modulus Elastisitas untuk variasi 0% untuk sampel BN5:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005}$$

$$= \frac{10,1818 - 0,848485}{0,000350 - 0,00005} = 3111,111 \text{ MPa}$$

Tabel 12 .Modulus Elastisitas Rata-Rata

Teg. Max	Regangan				Modulus Elastisitas
	S2	S1	ε2	ε1	
25,4545	10,1818	0,848485	0,000350	0,00005	31111,1111
25,4545	10,1818	2,545455	0,000350	0,00005	25454,5455
28,0000	11,2000	0,6364	0,000370	0,00005	33011,3636
Modulus Elastisitas Rata-Rata					29859,00673

Sumber: Hasil Penelitian

Untuk nilai S2

$S2 = 10,1818 (40\% \times 25,4545)$ (Teg. Max didapat dari tabel setelah memasukkan data bacaan jarum)

Untuk nilai S1

$$S1 = 0,0000 (\text{teg. awal}) + \frac{((0,00005 (\epsilon_1) - 0(\text{Reg. awal})))}{0,000075 - 0} \times (1,2727 - 0,0000) = 0,848485$$

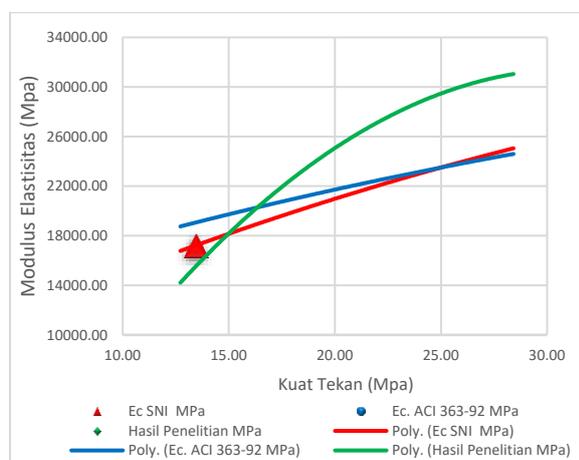
Untuk nilai $\epsilon_1 = 0,00005$

Untuk nilai $\epsilon_2 = 0,00035$ (Regangan longitudinal sebesar S2)

Tabel 13. Modulus Elastisitas

No.	Variasi %	Umur Hari	Berat Volume kg/m ³	f _c MPa	Ec SNI (1) MPa	Ec. ACI 363-92 MPa	Hasil Penelitian MPa
1	0	28	2110,40	26,55	24216,02	24005,79	29859,01
2	5	28	2101,91	28,42	25054,42	24598,02	31508,84
3	10	28	2106,16	25,59	23774,13	23693,64	29659,73
4	15	28	1919,32	13,45	17236,89	19075,85	17171,72
5	25	28	1936,31	12,72	16760,40	18739,26	12739,30

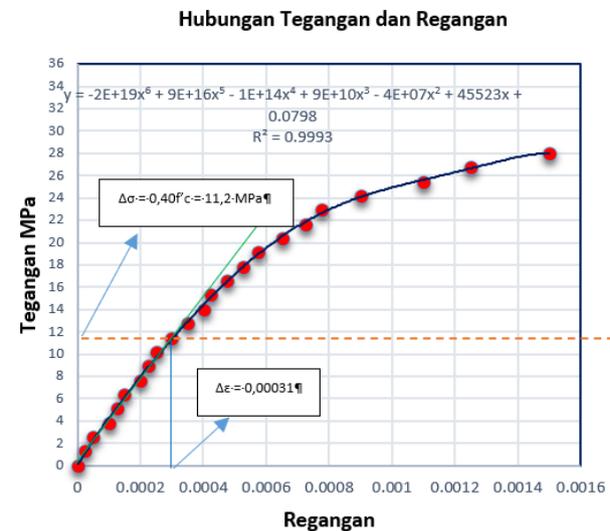
Berdasarkan tabel 13 dapat dilihat nilai modulus elastisitas paling besar terdapat pada substitusi parsial semen variasi 5% menggunakan 3 metode yaitu, Hasil Penelitian di Lab sebesar 31508,84 MPa, SKSNI T-15-1991-03 sebesar 25054,42 MPa, dan ACI 363-92 sebesar 24598,02 MPa. Dari hasil tabel dapat dilihat bahwa nilai modulus elastisitas dari hasil penelitian di Lab jauh lebih besar dibandingkan dengan rumus SKSNI T-15-1991-03 dan ACI 363-92, hal itu disebabkan karena seharusnya prosedur ASTM C 469-94 digunakan untuk benda uji 15 x 30 dan mungkin tidak cocok digunakan untuk benda uji 10 x 20.



Gambar 13. Grafik Modulus Elastisitas

Hubungan Tegangan dan Regangan

Nilai tegangan f_c mencapai nilai maksimum saat regangan mencapai $\pm 0,0015$ dan titik bawah untuk meniadakan pengaruh retak awal pada regangan 0,000025 dan titik atas pada saat tegangan mencapai 40% dari regangan batas.



Gambar 13. Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan

Dari gambar 13 dapat dilihat hubungan tegangan regangan beton mengalami perubahan bentuk mengikuti regangan elastis dan sebagian mengalami regangan plastis. Dari pembacaan plot garis diatas dapat dihitung nilai modulus elastisitas dari grafik yaitu,

$$E = \Delta\sigma / \Delta\epsilon = 11,20 \text{ MPa} / 0,00031$$

$$E = 36129,03225 \text{ MPa} \approx 36060,60606 \text{ MPa}$$

(hasil perhitungan excel)

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data maka didapat kesimpulan, yaitu:

1. Rata-rata berat volume beton dengan dan tanpa tambahan serbuk cangkang keong sawah pada berkisar antara 1922,505 – 2146,497 kg/m³ dan termasuk dalam jenis beton normal.
2. Nilai Kuat tekan optimum pada variasi serbuk cangkang keong sawah 5% meningkat pada umur 14 hari dan 28 hari yang menghasilkan nilai kuat tekan 24,75 Mpa dan 28,42 Mpa dengan kenaikan sebesar 3,3 % dan 7,04 % terhadap beton tanpa bahan tambahan serbuk cangkang keong sawah.

3. Nilai Slump antara 75-100 mm, sesuai dengan nilai slump yang ditetapkan. Nilai slump didapat sesuai dengan nilai FAS yang tetap. Setiap campuran beton dengan atau tanpa bahan campuran memiliki workability yang baik.
4. Serbuk Cangkang keong sawah mempunyai sifat unhidrofilik (sukar terikat dengan air), hal ini menyebabkan campuran beton semakin cair untuk penambahan variasi persentase serbuk cangkang keong lebih banyak dan menyebabkan nilai slump naik.
5. Nilai Modulus Elastisitas mengalami kenaikan seiring kenaikan kuat tekan beton begitupun sebaliknya, hal ini dikarenakan Modulus Elastisitas beton dipengaruhi oleh besarnya Kuat Tekan yang dihasilkan.
6. Nilai Modulus Elastisitas beton tanpa bahan tambahan sebesar 29859,01 MPa, dan mengalami kenaikan terhadap beton dengan bahan tambah serbuk cangkang keong sawah variasi 5% yaitu 31508,84 MPa. Dari variasi 5% ke 10%,15% dan 25%, Nilai modulus elastisitas beton mendapatkan hasil yang turun dibandingkan dengan beton tanpa bahan tambahan. Untuk variasi 10% (29659,73 MPa), 15% (17171,72 MPa), 25% (12739,30 MPa).
7. Nilai Modulus Elastisitas beton variasi serbuk cangkang keong sawah mengalami kenaikan terhadap nilai modulus elastisitas beton tanpa bahan campuran sebesar 5,53 %. Nilai modulus elastisitas beton optimum terdapat pada variasi Serbuk cangkang keong sawah 5%.
8. Serbuk cangkang keong sawah dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen yang dapat meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton, karena serbuk cangkang keong sawah memiliki kandungan sementius, dan sebagian besar kandungan cangkang keong sawah mengandung kalsium (Ca) yang merupakan bahan baku utama penyusun semen yang terdapat didalam batu kapur.

Saran

Berdasarkan penelitian dan analisis data, maka dapat disaran, yaitu:

1. Dalam pengolahan serbuk cangkang keong sawah sebaiknya perlu perlakuan khusus, contohnya dioven lebih lama agar kandungan didalam cangkang keong bias lebih reaktif.
2. Perlu diperhatikan untuk nilai Slump setiap pengecoran.
3. Untuk penelitian selanjutnya agar lebih teliti pembacaan jarum alat Modulus Elastisitas, pada saat sebelum pengujian modulus elastisitas sebaiknya memperhatikan jarum bacaan tepat di angka nol dan penempatan alat benda uji.
4. Untuk penelitian selanjutnya agar membatasi variasi persentase substitusi parsial semen diantara 0% sampai 10%, agar didapat hasil kuat tekan optimum yang optimal. Karena untuk variasi 5% pada penelitian ini bias saja bukan nilai kuat tekan optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 211.1-91. 2002. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*.
- ACI Committee 211.1-91. 1993. *Standard Practice for Selecting Proportion For Nomal, Heavyweight, Dan Mass Concrete*. ACI. Detroit.
- ASTM C 125-1995., Annual Book of ASTM Standards 1995. Vol.04.02, Concrete And Aggregate, Philadelphia.
- ASTM C 40 – 92 . *Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete*. United States.
- ASTM C33 / C33M – 18. *Standard Specification for Concrete Aggregates*. United States.
- Hartyanto, Sugeng D., Susianto, M.H., 2019. Pengaruh Penambahan Tumbukan Cangkang Keong Mas Terhadap Kuat Tekan Beton Non Struktural K-175. UkaRsT Vol.3, No.2 Tahun 2019. ISSN 2579-4620, Universitas Islam Lamongan. Lamongan.

- Putra, Riski Y., Wallah, S. E., Pandaleke, R., 2019. *Pengaruh Pemanfaatan Cangkang Keong Sawah Sebagai Substitusi Agregat Halus (Pasir) Ditinjau Terhadap Kuat Tekan Beton*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.11 (1477-1484) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- SNI 03-1974-1990. 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta, Indonesia.
- SNI 03-2834-2000. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. 1996. *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.