

ANALISA PENGARUH LIMBAH CANGKANG KERANG DARAH SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

Irfan Maulana¹, Meillyta^{2*}, Wahyuni³

^{1,2,3}Teknik Sipil, Teknik, Universitas Muhammadiyah Aceh

*Corresponding author, email address: meillyta@unmuha.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received
25 Desember 2025
Accepted
28 Desember 2025
Online
31 Desember 2025

ABSTRAK

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan beton inovatif yang mampu mengalir dan memadat sendiri tanpa bantuan getaran, sehingga cocok digunakan pada konstruksi dengan penulangan rapat. Namun, peningkatan kebutuhan pembangunan mengakibatkan ketersediaan agregat alami semakin menurun, sehingga diperlukan material alternatif yang ramah lingkungan. Salah satu limbah potensial adalah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), yang banyak ditemukan di pesisir Aceh sebagai sisa konsumsi rumah makan. Limbah ini sering terbuang dan mencemari lingkungan, padahal mengandung kalsium karbonat yang berpotensi dimanfaatkan dalam campuran beton. Permasalahan penelitian ini adalah bagaimana pengaruh limbah cangkang kerang darah sebagai substitusi sebagian agregat halus terhadap sifat beton segar dan kuat tekan SCC. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis nilai kuat tekan optimum serta variasi terbaik dari penggunaan limbah tersebut. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental di laboratorium menggunakan benda uji silinder 15 × 30 cm sebanyak 40 buah. Variasi substitusi limbah terhadap agregat halus adalah 0%, 5%, 7,5%, dan 10%. Beton direncanakan dengan kuat tekan ($f'c$) 25 MPa. Pengujian meliputi sifat fisis agregat, *slump flow*, T-500, *J-Ring*, *sieve segregation*, serta kuat tekan pada umur 7 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar persentase limbah, nilai *slump flow* menurun dari 715 mm (0%) menjadi 655 mm (10%), dan T-500 meningkat dari 3,5 detik menjadi 4,7 detik. Pada umur 7 hari kuat tekan menurun dari 18,96 MPa menjadi 10,89 MPa, sedangkan pada 28 hari kuat tekan tertinggi dicapai pada variasi 0% sebesar 28,98 MPa. Variasi 5% menghasilkan kuat tekan 26,36 MPa yang masih mendekati $f'c$ rencana, sementara 7,5% dan 10% jauh lebih rendah. Disimpulkan bahwa limbah cangkang kerang darah dapat digunakan maksimal 5% sebagai pengganti agregat halus pada SCC.

Kata Kunci: *Self compacting concrete*, limbah cangkang kerang darah, agregat halus, kuat tekan

ABSTRACT

Self-Compacting Concrete (SCC) is an innovative concrete that can flow and compact itself without the aid of vibration, making it suitable for use in construction with dense reinforcement. However, increasing development needs have resulted in the decreasing availability of natural aggregates, so that environmentally friendly alternative materials are needed. One potential waste is the shell of blood cockles (*Anadara granosa*), which is often found on the coast of Aceh as a leftover from restaurant consumption. This waste is often discarded and pollutes the environment, even though it contains calcium carbonate that has the potential to be used in concrete mixtures. The problem of this research is how the effect of blood clam shell waste as a partial substitute for fine aggregate on the properties of fresh concrete and the compressive strength of SCC. The purpose of this research is to analyze the optimum compressive strength value and the best variation of the use of this waste. The research was conducted using an experimental method in the laboratory using 40 cylindrical test specimens measuring 15x30 cm. Variations in waste substitution to fine aggregate were 0%, 5%, 7.5%, and 10%. The concrete was designed with a compressive strength (f_c) of 25 MPa. Testing included aggregate physical properties, slump flow, T-500, J-Ring, sieve segregation, and compressive strength at 7 and 28 days. The results showed that with increasing waste percentage, the slump flow decreased from 715 mm (0%) to 655 mm (10%), and the T-500 increased from 3.5 seconds to 4.7 seconds. At 7 days, the compressive strength decreased from 18.96 MPa to 10.89 MPa, while at 28 days, the highest compressive strength was achieved with the 0% variation of 28.98 MPa. A 5% variation produced a compressive strength of 26.36 MPa, which was still close to the planned f_c , while 7.5% and 10% were significantly lower. It was concluded that blood cockle shell waste can be used at a maximum of 5% as a substitute for fine aggregate in SCC.

Keywords: Self-compacting concrete, blood cockle shell waste, fine aggregate, compressive strength

1. PENDAHULUAN

Self compacting concrete (SCC) adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali (Budi et al, 2018). Beton ini dicampur memanfaatkan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan *admixture superplasticizer* untuk mencapai keenceran khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat. Sekali dituang ke dalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip gravitasi, termasuk pada pengecoran beton dengan tulangan pembedaan yang sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton (Sharifi et al, 2019).

Material atau bahan pembentukan beton secara garis besar dibagi menjadi dua bahan aktif dan bahan pasif (Lee & Ludwig, 2016). Kelompok aktif yaitu semen Portland dan air, sedangkan kelompok pasif (memperbesar volume) yaitu agregat yang terbagi atas agregat kasar dan agregat halus (Revilla et al, 2020). Kelompok pasif disebut sebagai perekat atau pengikat. Bahan tambahan

adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen, yang ditambahkan kedalam campuran beton sesaat atau selama percampuran (Asteris et al, 2019). Penggunaan bahan tambahan bertujuan untuk mengubah sifat – sifat beton agar lebih cocok untuk pekerjaan tertentu. Agar lebih ekonomis atau untuk tujuan menghemat energi (Santos et al, 2019).

Superplasticizer ini termasuk jenis *polycarboxylate copolymer* yang secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemudahan mengalir dan sifat mengalir yang lama (Omrane et al, 2017). Sika ViscoCrete 3115N merupakan *superplasticizer* generasi ketiga untuk beton dan mortar (Sitorus, 2018). Ini terutama dikembangkan untuk produksi beton dengan kemampuan mengalir tinggi dengan sifat retensi *workabilitas* yang sangat baik. Sika ViscoCrete 3115N bekerja dengan adsorpsi pada permukaan partikel semen yang menghasilkan efek pemisahan *sterical*. Beton yang diproduksi dengan Sika ViscoCrete 3115N (Iswahyudi, 2024) menunjukkan sifat-sifat berikut :

1. Kemampuan mengalir yang sangat baik (mengurangi usaha dalam pekerjaan penempatan dan pemadatan)
2. Kemampuan *self-compacting* yang baik
3. Pengurangan air yang sangat tinggi (menghasilkan kepadatan dan kekuatan yang tinggi)
4. Mengurangi perilaku penyusutan dan *creep*

Serbuk cangkang kerang darah berasal dari pengolahan limbah cangkang kerang yang dibersihkan kemudian dihancurkan dan dihaluskan. Kandungan senyawa kimia pada abu kulit kerang bersifat pozzolan, yaitu mengandung zat kapur (CaO), alumina dan senyawa silika sehingga dapat digunakan sebagai pengganti sebagian terhadap berat semen (Syahpoetri et al, 2013). Kemudian limbah kulit kerang merupakan bahan lokal yang mudah didapatkan serta limbah kulit kerang juga belum banyak dimanfaatkan.

Senyawa kimia yang terkandung dalam cangkang kerang adalah kitin, kalsium karbonat, kalsium hidrosiapatit dan kalsium posfat. Sebagian besar cangkang kerang mengandung kitin. Kitin merupakan suatu polisakarida alami yang memiliki banyak kegunaan, seperti bahan pengkelat, pengemulsi dan adsorben (Fitriani & Lydia, 2021). Salah satu senyawa kitin yang banyak dikembangkan adalah kitosan. Kitosan adalah suatu amina polisakarida hasil destilasi. Selain kitin cangkang kerang juga memiliki kalsium karbonat (CaCO₃) yang secara fisik mempunyai pori-pori yang memungkinkan memiliki kemampuan mengadsorpsi atau menjerap zat-zat lain ke dalam pori-pori permukaannya. Cangkang kerang darah (tempurung kerang) yang keras dan mengandung kapur, silika, mangan oksida, alumina dan lainnya yang baik untuk meningkatkan mutu beton, ditumbuk sampai halus dan disaring dengan saringan yang sesuai, sehingga diperoleh serbuk cangkang kerang mempunyai ukuran yang sama dengan agregat halus (pasir), selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan substitusi agregat halus untuk membuat beton yang kuat dan ekonomis.

Berbagai penelitian dilakukan untuk meningkatkan performa beton, terutama dengan memanfaatkan material limbah sebagai pengganti sebagian komponen beton konvensional. Pemanfaatan limbah tidak hanya menekan biaya produksi, tetapi juga berkontribusi terhadap

pengurangan pencemaran lingkungan. Salah satu limbah yang berpotensi digunakan adalah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), yang banyak ditemukan di pesisir Aceh namun jarang dimanfaatkan, padahal mengandung kalsium karbonat yang bermanfaat bagi industri konstruksi. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan limbah cangkang kerang darah sebagai substitusi sebagian agregat halus pada beton Self Compacting Concrete (SCC).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Seluruh tahapan kegiatan, meliputi pengujian material penyusun, pembuatan dan perawatan sampel, serta pengujian sampel, dilakukan sepenuhnya di laboratorium tersebut untuk memastikan konsistensi kondisi pengujian.

Penelitian menggunakan 40 benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sebanyak 20 benda uji diuji pada umur 7 hari dan 20 benda uji lainnya pada umur 28 hari. Variasi substitusi limbah cangkang kerang darah terhadap agregat halus ditetapkan sebesar 0%, 5%, 7,5% dan 10%. Rincian data benda uji ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data benda uji penelitian

No	Kode Benda Uji	Umur Beton	Persentase Cangkang Kerang Darah	Persentase <i>Super Plasticizer</i>	Bentuk Benda Uji	Total Benda Uji
1	BSC 0%	7 Hari	0%	1,8%	Silinder	5
2	BSC 5%	7 Hari	5%	1,8%	Silinder	5
3	BSC 7,5%	7 Hari	7,5%	1,8%	Silinder	5
4	BSC 10%	7 Hari	10%	1,8%	Silinder	5
5	BSC 0%	28 Hari	0%	1,8%	Silinder	5
6	BSC 5%	28 Hari	5%	1,8%	Silinder	5
7	BSC 7,5%	28 Hari	7,5%	1,8%	Silinder	5
8	BSC 10%	28 Hari	10%	1,8%	Silinder	5
Jumlah Total Benda Uji Kuat Tekan Beton						40

Material yang digunakan dalam penelitian terdiri atas semen, agregat kasar, agregat halus, air, bahan tambahan (*superplasticizer*), serta limbah cangkang kerang darah sebagai substitusi sebagian agregat halus. Semen yang digunakan adalah Semen Portland Komposit produksi PT Semen Padang yang memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Agregat kasar berupa kerikil pecah dan agregat halus berupa pasir diperoleh dari Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Limbah cangkang kerang darah dikumpulkan dari rumah makan di Kota Banda Aceh, sedangkan air pencampur berasal dari PDAM Tirta Mountala. Bahan *admixture* yang digunakan adalah *superplasticizer* tipe ViscoCrete-3115 produksi PT Sika Indonesia.

Treatment Cangkang Kerang Darah

Dalam penelitian ini, limbah cangkang kerang darah digunakan sebagai substitusi sebagian agregat halus. Limbah diperoleh dari rumah makan di kawasan Rex Peunayong, Banda Aceh, kemudian dibersihkan dari kotoran dan tanah, dikeringkan di bawah sinar matahari selama 5–6 jam dan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian sifat fisis. Sebelum digunakan, cangkang dihancurkan hingga lolos saringan No. 4 guna mencapai gradasi agregat halus, kemudian diuji melalui *sieve analysis* untuk menentukan distribusi ukuran butir serta pengujian berat jenis untuk mengetahui karakteristik material hasil olahan tersebut.

Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Metode perencanaan *mix design* beton *Self Compacting Concrete* (SCC) pada penelitian dihitung berdasarkan metode Standarisasi Nasional Indonesia SNI 2847-2002 untuk beton normal. Perencanaan campuran beton SCC ini dihitung untuk mencapai mutu beton 25 MPa. *Mix Design* benda uji pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. *Mix design* benda uji Material

No	Variasi	Air (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Cangkang Kerang Darah (kg)	Batu Pecah (kg)	<i>Super Plasticizer</i> 1,8%
1	BSC 0%	5,430	11,31	29,59	0,00	15,93	0,204
2	BSC 5%	5,430	11,31	29,26	1,54	16,58	0,204
3	BSC 7,5%	5,430	11,31	28,65	2,32	16,67	0,204
4	BSC 10%	5,430	11,31	27,96	3,11	16,73	0,204
	Total	21,72	45,24	115,46	6,97	65,91	0,816

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan berat volume agregat dilakukan pada 3 material agregat yaitu batu pecah sebagai agregat kasar serta pasir dan limbah cangkang kerang darah sebagai agregat halus. Adapun hasil pengujian berat volume dapat dilihat pada Tabel 3 berikut

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat

No	Jenis Agregat	Berat Volume (Kg)	Batas Izin Troxell 1968 (Kg)
1	Padat Batu Split	1,524	
2	Padat Pasir	1.631	>1,4
3	Padat Limbah Cangkang Kerang Darah	1,950	

Pengujian analisa saringan dilakukan untuk memeriksa nilai modulus kehalusan dan gradasi butiran pada material agregat penyusun beton SCC. Agregat penyusun beton SCC pada penelitian ini yaitu batu split, pasir dan limbah cangkang kerang darah. Pengujian ini juga dilakukan pada setiap variasi gabungan antara pasir dan limbah cangkang kerang darah sebagai agregat halus. Adapun hasil perhitungan modulus kehalusan setiap material agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Nilai Modulus Kehalusan Agregat

No	Jenis Agregat	Modulus Kehalusan	Standar ASTM C33	Keterangan
Agregat Kasar				
1	Batu Split	7,459	-	-
Agregat Halus + Limbah Cangkang Kerang				
2	Pasir	2,518	2,3 – 3,1	Memenuhi (Kekasaran Sedang)
3	Limbah Cangkang Kerang Darah	3,169	2,3 – 3,1	Sangat Kasar
4	Pasir 90% dan Limbah Cangkang Kerang Darah 10%	2,780	2,3 – 3,1	Memenuhi (Kekasaran Sedang)
5	Pasir 92,5% dan Limbah Cangkang Kerang Darah 7,5%	2,767	2,3 – 3,1	Memenuhi (Kekasaran Sedang)
6	Pasir 95% dan Limbah Cangkang Kerang Darah 5%	2,751	2,3 – 3,1	Memenuhi (Kekasaran Sedang)

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Nilai Berat Jenis dan Absorpsi

No	Jenis Agregat	Berat Jenis (<i>Specivic Gravity</i>)		Penyerapan Air (Absorption) %
		SSD	OD	
1	Batu Split	2,745	2,733	0,437
2	Pasir	2,534	2,449	3,489
3	Limbah Cangkang Kerang Darah	2,754	2,561	7,527
4	Pasir 95% dan Limbah Cangkang Kerang Darah 5%	2,703	2,609	3,592
5	Pasir 92,5% dan Limbah Cangkang Kerang Darah 7,5%	2,708	2,612	3,663
6	Pasir 90% dan Limbah Cangkang Kerang Darah 10%	2,732	2,630	3,878

Perancangan campuran beton SCC menggunakan SNI 03-2834-2000 yang disesuaikan proporsi campuran dengan peraturan EFNARC 2002 untuk 30 benda uji silinder yang berdiamter 15 cm dengan tinggi 30 cm

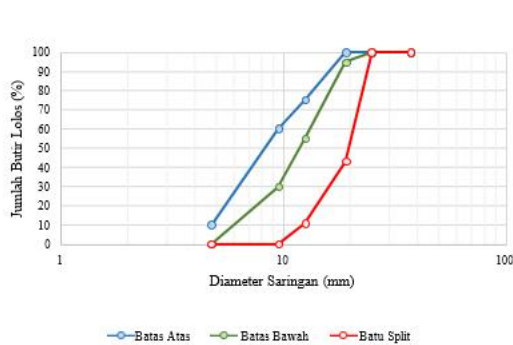
Tabel 6. Hasil Rekapitulasi Perancangan Campuran Beton (*Mix Design*)

No	Material	BSC 0%	BSC 5%	BSC 7,5%	BSC 10%
1	Air (Kg)	5,430	5,430	5,430	5,430
2	Semen (Kg)	11,31	11,31	11,31	11,31
3	Batu Split (Kg)	15,93	16,58	16,67	16,73
4	Pasir (Kg)	29,59	29,26	28,65	27,96
5	Limbah Cangkang Kerang Darah (Kg)	0	1,54	2,32	3,11
6	<i>Superplasticizer</i> 1,8% (Kg)	0,204	0,204	0,204	0,204

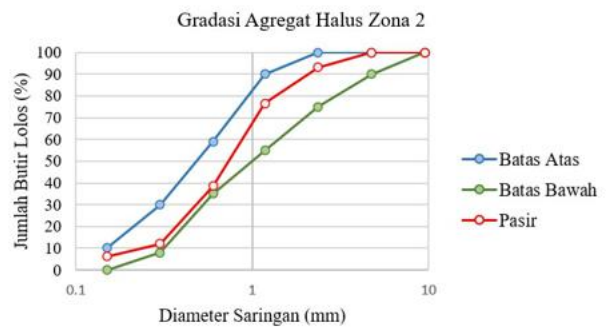
Tabel 7. Hasil Rekapitulasi *Slump Flow Test*

No	Benda Uji	Nilai <i>Slump Flow</i> (mm)	Standar EFNARC 2002 (mm)	Keterangan
1	BSC 0%	715	650 - 800	Memenuhi
2	BSC 5%	690	650 - 800	Memenuhi
3	BSC 7,5%	670	650 - 800	Memenuhi
4	BSC 10%	655	650 - 800	Memenuhi

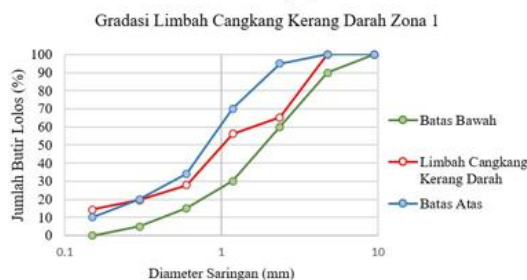
Zona gradasi batu split, pasir, limbah cangkang kerang darah dan zona gradasi pada setiap variasi gabungan antara pasir dan limbah cangkang kerang darah sebagai agregat halus dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



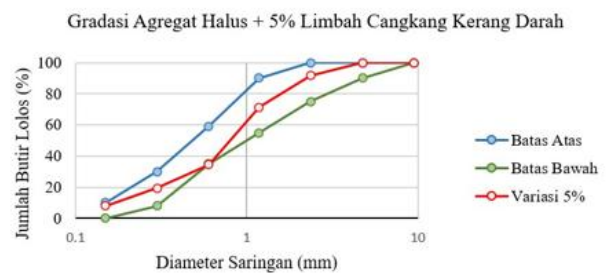
(a)



(b)

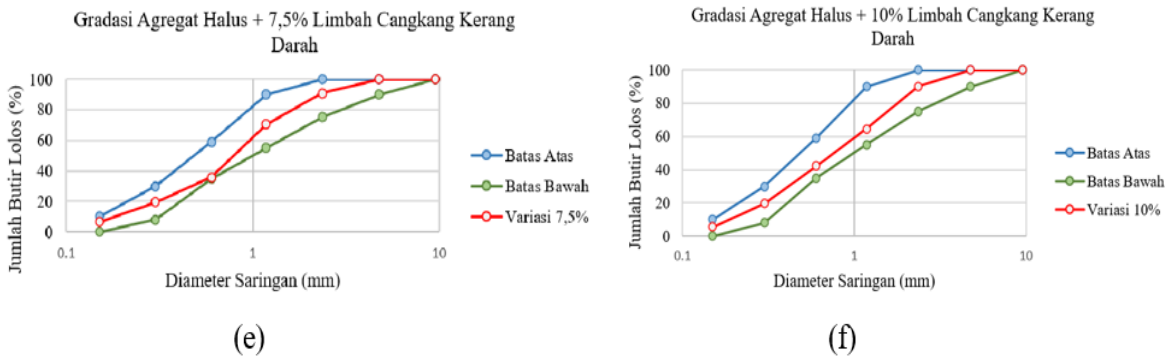


(c)



(d)

<https://>



Gambar 1. (a) Grafik zona gradasi batu pecah, (b) Grafik zona gradasi pasir, (c) Grafik zona gradasi limbah cangkang kerang darah, (d) Grafik zona gradasi agregat halus variasi gabungan 5%, (e) Grafik zona gradasi agregat halus variasi gabungan 7,5%, (f) Grafik zona gradasi agregat halus variasi gabungan 10%

Pengujian T-500 ditujukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan campuran beton SCC untuk mencapai nilai *slump flow* pada diameter 500 mm. Pengujian ini penting dilakukan untuk menguji kecepatan aliran beton SCC sebelum dan sesudah dipengaruhi oleh penambahan limbah cangkang kerang darah. Semakin cepat waktu yang diperlukan beton untuk mencapai diameter tersebut, semakin baik fluiditasnya, yang menunjukkan bahwa beton tersebut mudah mengalir dan menyebar. Sebaliknya, waktu yang lebih lama menandakan bahwa beton memiliki viskositas yang lebih tinggi atau mungkin lebih kental, sehingga alirannya lebih lambat.

Tabel 8. Hasil Rekapitulasi Nilai T-500

No	Benda Uji	Nilai <i>Slump Flow Test</i> T-500 (detik)	Standar EFNARC 2002 (detik)	Keterangan
1	BSC 0%	3,5	2 - 5	Memenuhi
2	BSC 5%	3,6	2 - 5	Memenuhi
3	BSC 7,5%	4,2	2 - 5	Memenuhi
4	BSC 10%	4,7	2 - 5	Memenuhi

J-Ring Test merupakan pengujian untuk mengetahui kemampuan melewati tulangan (*Passing Ability*) pada beton SCC. Pengujian ini dilakukan menggunakan *Abrams Cone* dan Alat *J-Ring*. EFNARC 2002 memberi Batasan maksimum untuk nilai pada pengujian ini adalah 10.

Tabel 9. Hasil Rekapitulasi Nilai *Passing Ability*

No	Benda Uji	Nilai Pj (mm)	Standar Efnarc 2002 (mm)	Keterangan
1	BSC 0%	7,50	0-10	Memenuhi
2	BSC 5%	8,00	0-10	Memenuhi
3	BSC 7,5%	6,38	0-10	Memenuhi
4	BSC 10%	8,00	0-10	Memenuhi

Pengujian Kuat Tekan ini dilakukan pada umur beton SCC 7 dan 28 hari terhitung semenjak tanggal pengecoran. Nilai kuat tekan dihasilkan dari *Universal Testing Machine* (UTM) kemudian dibagikan dengan luas permukaan benda uji

Tabel 10. Hasil Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan 7 dan 28 Hari

No	Benda Uji	f'c Rencana (MPa)	f'c Pengujian Umur 7 Hari (MPa)	f'c Pengujian Umur 28 Hari (MPa)
Variasi 0%				
1	BSC 0%	25	19,41	29,44
2	BSC 0%	25	17,68	27,17
3	BSC 0%	25	18,60	28,11
4	BSC 0%	25	19,43	29,90
5	BSC 0%	25	19,69	30,27
	Rata-rata	25	18,96	28,98
Variasi 5%				
1	BSC 5%	25	18,60	27,33
2	BSC 5%	25	16,60	25,75
3	BSC 5%	25	16,88	25,07
4	BSC 5%	25	17,44	25,58
5	BSC 5%	25	18,85	28,06
	Rata - Rata	25	17,68	26,36
Variasi 7,5%				
1	BSC 7,5%	25	16,38	24,64
2	BSC 7,5%	25	15,55	23,36
3	BSC 7,5%	25	15,82	23,79
4	BSC 7,5%	25	14,16	21,51
5	BSC 7,5%	25	14,44	21,37
	Rata - Rata	25	15,27	22,94
Variasi 10%				
1	BSC 10%	25	10,72	15,93
2	BSC 10%	25	10,27	15,05
3	BSC 10%	25	11,51	17,15
4	BSC 10%	25	9,89	15,07
5	BSC 10%	25	12,05	17,51
	Rata-Rata		10,89	16,14

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian pengaruh penggunaan limbah cangkang kerang darah sebagai substitusi sebagian agregat halus pada beton *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah sebagai berikut:

1. Penambahan limbah cangkang kerang darah sebagai pengganti sebagian pasir pada agregat halus mempengaruhi karakteristik beton segar, serta kuat tekan beton *Self Compacting*

- Concrete* (SCC) pada umur 7 dan 28 hari.
2. Pada sifat fisis dan karakteristik beton SCC, nilai *slump flow* mengalami penurunan dari 715 mm pada variasi 0% hingga 655 mm pada variasi 10%. Nilai T-500 meningkat dari 3,5 detik menjadi 4,7 detik. Kemampuan melewati tulangan (*passing ability*) juga mengalami penurunan, namun masih berada dalam batas standar EFNARC 2002. Nilai ketahanan terhadap segregasi justru meningkat seiring penambahan limbah, ditunjukkan dengan penurunan nilai SR dari 0,96% menjadi 0,23%.
 3. Pada pengujian kuat tekan umur 7 hari, didapatkan bahwa semakin tinggi persentase limbah cangkang kerang darah maka semakin rendah nilai kuat tekan yang dihasilkan. Nilai rata-rata kuat tekan masing-masing variasi yaitu 18,96 MPa untuk variasi 0%, 17,68 MPa untuk 5%, 15,27 MPa untuk 7,5% dan 10,89 MPa untuk 10%. Hanya variasi 0% dan 5% yang mendekati kuat tekan rencana.
 4. Pada pengujian kuat tekan umur 28 hari, beton dengan variasi limbah 0% menghasilkan kuat tekan tertinggi yaitu 28,98 MPa. Nilai ini menurun berturut-turut menjadi 27,51 MPa 5%, 23,19 MPa 7,5% dan terendah sebesar 17,32 MPa 10%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan limbah cangkang kerang darah secara bertahap mengurangi kekuatan tekan beton, meskipun pada umur 28 hari nilai kuat tekan meningkat signifikan dibandingkan umur 7 hari.

DAFTAR PUSTAKA

1. Asteris, P. G., Ashrafian, A., & Rezaie-Balf, M. (2019). Prediction of the compressive strength of self-compacting concrete using surrogate models. *Computers and Concrete*, 24(2), 137–150. <https://doi.org/10.12989/cac.2019.24.2.137>
2. Budi, A. S., Sangadji, S., & Insiroh, F. R. N. (2018). Pengaruh ukuran spesimen terhadap hubungan tegangan dan regangan pada beton high volume fly ash self-compacting concrete. *Matriks Teknik Sipil*, 6(1).
3. Fitriani, R., & Lydia, E. N. (2021). The utilization of shells as a basic material for making chalk paint in gampong kuala langsa. *Global Science Society: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 211-218.
4. Iswahyudhi, A. (2024). PENGARUH PENAMBAHAN SILICA FUME TERHADAP KUAT TEKAN BETON BUSA MENGGUNAKAN SIKAS VISCOCRETE 3115 N. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 8(1), 65-74.
5. Lee, H. T., & Ludwig, H.-M. (2016). Effect of rice husk ash and other mineral admixtures on properties of self-compacting high-performance concrete. *Materials & Design*, 89, 156–166
6. Lia, A., 2017. Beton Ringan Menggunakan Limbah Cangkang Kerang.
7. Mulyono, T., 2003. *Teknologi Beton dan Baja*. Penerbit Gramedia.
8. Omrane, M., Kenai, S., Kadri, E.-H., & Ait-Mokhtar, A. (2017). Performance and durability of self-compacting concrete using recycled concrete aggregates and natural pozzolan. *Journal of Cleaner Production*, 165, 415–430.

9. Revilla-Cuesta, V., Skaf, M., Faleschini, F., Manso, J. M., & Ortega-López, V. (2020). Self-compacting concrete manufactured with recycled concrete aggregate: An overview. *Journal of Cleaner Production*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121362>
10. Santos, S., Da Silva, P. R., & De Brito, J. (2019). Self-compacting concrete with recycled aggregates—a literature review. *Journal of Building Engineering*, 22, 349–371
11. Sharifi, N. P., Jewell, R. B., Duvallet, T., Oberlink, A., Robl, T., Mahboub, K. C., & Ladwig, K. J. (2019). The utilization of sulfite-rich Spray Dryer Absorber Material in Portland cement concrete. *Construction and Building Materials*, 213, 306–312
12. Sitorus, L. R., & Sitorus, T. (2018). Analisis Kuat Tekan terhadap Umur Beton dengan Menggunakan Admixture Superplasticizer Viscocrete-3115 N. *Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara*
13. Syafpoetri, N. A., Olivia, M., & Darmayanti, L. (2013). Pemanfaatan Abu Kulit Kerang (Anadara grandis) Untuk Pembuatan Ekosemen. *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.*