

Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Sungai (Lokan) Sebagai Bahan Campuran Pada Beton Dengan Penambahan *Superplasticizer*

Utilization Of River Shell Waste (Lokan) As A mixture In Concrete With The Addition Of Superplastizer

Chandra Margareta¹, Herlina Arifin², Muhammad Nur Fajar³, Marina Abriani Butudoka⁴, dan Mohammad Aris⁵

(1,2,3,4,5) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong

Abstrak

Semen memiliki peranan yang sangat penting pada beton karena sebagai bahan pengikat yang mengeras dan menyatukan agregat. Maka, untuk mengurangi penggunaan semen secara berlebihan, diperlukan suatu inovasi beton terbaru, agar konstruksi beton dimasa yang akan datang lebih ramah lingkungan serta berkelanjutan. Dengan memanfaatkan cangkang kerang sebagai bahan campuran semen pada beton, diharapkan dapat menjadi alternatif dan dapat meningkatkan kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja kuat tekan beton menggunakan cangkang kerang Lokan sebagai bahan campuran semen serta dengan penambahan *superplasticizer*. Metode penelitian ini yaitu uji eksperimental. Variasi cangkang kerang yang digunakan sebesar 2% dan 5% serta pada masing-masing variasi dilakukan penambahan 2% dan 3% *superplasticizer* pada umur beton 14 dan 28 hari.. Hasil penelitian menunjukan bahwa semakin besar presentase cangkang kerang yang digunakan, nilai kuat tekan akan semakin menurun dan pada beton cangkang kerang penambahan *superplasticizer* kekuatan beton maksimal pada penambahan 2% *superplasticizer* serta beton mengalami penurunan kuat tekan pada penambahan sebesar 3% *superplasticizer*.

Kata Kunci: Beton, Kerang Lokan, Kuat Tekan, Semen, *Superplasticizer*.

Abstract

Cement has a very important role in concrete because it is a binding material that hardens and unites aggregates. Therefore, to reduce excessive use of cement, a new concrete innovation is needed, so that future concrete construction is more environmentally friendly and sustainable. By utilizing shells as a mixture of cement in concrete, it is expected to be an alternative and can increase the compressive strength of concrete. This study aims to determine the compressive strength performance of concrete using Lokan shells as a mixture of cement and with the addition of *superplasticizer*. The research method is an experimental test. The variations of shells used are 2% and 5% and in each variation, 2% and 3% *superplasticizer* are added at the age of concrete 14 and 28 days. The results showed that the greater the percentage of shells used, the compressive strength value will decrease and in shell concrete, the addition of *superplasticizer* has a maximum concrete strength at the addition of 2% *superplasticizer* and the concrete experienced a decrease in compressive strength at the addition of 3% *superplasticizer*.

Keywords: Concrete, Lokan Shell, Compressive Strength, Cement, *Superplasticizer*.

PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan material beton mengakibatkan ketersediaan batu kapur sebagai bahan baku yang tidak dapat diperbarui pembuat semen *portland* menjadi terbatas dan akan habis jika pengambilannya dilakukan secara terus-menerus. Pembuangan limbah cangkang kerang di laut menyebabkan nilai estetika lingkungan berkurang. Selain itu, limbah ini juga menyebabkan pendangkalan sehingga kapal nelayan sulit untuk keluar masuk. Pada bulan Juni 2015 perkembangan kerang lokan 3.750 ekor/m² - 11.429 ekor/m² dengan berat 157,92 gr/ekor, menghasilkan 592,2 kg – 1.804,87 kg kerang lokan (Nurahman, 2016). Maka, untuk mengurangi penggunaan semen secara berlebihan, diperlukan suatu inovasi beton terbaru, agar konstruksi beton dimasa yang akan datang lebih ramah lingkungan serta berkelanjutan (Kurohman, 2023). Dengan memanfaatkan cangkang kerang sebagai bahan campuran semen pada beton dan penambahan *superplasticizer*, diharapkan dapat menjadi alternatif dan dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Pada penelitian Oktaviani, (2016) cangkang kerang Lokan sebagai substitusi semen dapat memenuhi standar kuat tekan yang direncanakan pada presentase optimum yaitu pada presentase 4% sebesar pada $f'c$ 35 MPa. Dan pada penelitian Jonizar et al., (2022) dengan penambahan 3% Cangkang Kerang Hijau dan *superplasticizer* terhadap beton normal sangat mempengaruhi terhadap peningkatan mutu beton K-400 yang mengalami peningkatan di setiap penambahan *superplasticizernya*.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Seiring dengan penambahan

umur beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan ($f'c$) pada usia 28 hari (SNI 03 - 2847 2002). Beton mengandung rongga udara sekitar 1%-2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25%-40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60%-75%. Beton memiliki kelebihan mampu kekuatan menahan tekanan tinggi (Mulyono, 2004).

Persamaan/Formula

Uji kuat tekan beton adalah pengujian yang dilakukan dengan memberikan beban terhadap sampel untuk mengetahui kapasitas atau kekuatan tekanan gaya yang diberikan pada beton tersebut. Kuat tekan yang disyaratkan $f'c$ adalah kuat tekan yang ditetapkan oleh perencana struktur. Kuat tekan yang ditargetkan ($f'c_r$) adalah kuat tekan rata-rata yang diharapkan dapat dicapai yang lebih besar dari $f'c$ (SNI 03-2834, 2000).

$$\text{Kuat tekan beton } (\sigma) = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

σ = Tegangan (N/m²)

P = Gaya Aksial (N)

A = Luas (m²)

Semen

Menurut (Mulyono, 2004) Semen *portland* adalah konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Peranan semen sangat penting sebagai bahan pengikat meskipun hanya sekitar 10% semen yang digunakan sebagai komposisi beton. Bahan utama pembentuk semen *portland* adalah kapur (CaO) sebesar 60-65%, silika (SiO₃) sebesar 20-25%, oksida besi (Fe₂O₃) dan alumina (Al₂O₃) sebesar 7-12%, sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali.

Agregat

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. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm dan lolos pada saringan no. 4 (4,75 mm) (SNI 03-2834, 2000). Kandungan agregat didalam beton sangat tinggi yaitu sebesar 60% - 70%. Walaupun fungsi agregat hanya pengisi dalam beton, tetapi dengan komposisinya yang sangat besar maka agregat pun menjadi penting (Tri Mulyono, 2004).

Air

Menurut (Mulyono, 2004) air diperlukan pada pembuatan untuk memicu proses kimawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Kerang Lokan

Kerang Lokan (*Geloina Erosa*) merupakan salah satu hewan sejenis kerang yang hidup di daerah rawa atau perairan sungai yang memiliki cangkang keras menutupi tubuhnya. Bentuk Cangkang Kerang Lokan seperti piring atau cawan yang terdiri dari dua katub menutup yang cukup tebal dan keras. Komposisi kimia kerang lokan yaitu CaO sebesar 86,95%, SiO₂ sebesar 10,25% dan Al₂O₃ sebesar 2,8% (Nurahman, 2016).

Superplasticizer

Pada ACI SP-19, bahan tambah didefinisikan sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton, misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, penghematan atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi. *Superplasticizer* berfungsi mengurangi pemakaian air pada pencampuran beton dengan konsistensi tertentu, dapat meningkatkan *slump* beton sampai 8 inch (208 mm) atau lebih. Dosis yang disarankan adalah 1% sampai 2% dari berat semen. Jika lebih dari itu, maka nilai kuat tekan beton akan mengalami penurunan (Tri Mulyono, 2004).

METODE

Penelitian yang dilakukan bersifat uji eksperimental dengan penelitian di Laboratorium yang mengacu pada SNI 03-2834, (2000) tentang “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal” dengan benda uji ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm berbentuk kubus sebanyak 42 sampel. Variasi abu Cangkang Kerang Lokan (CK) sebagai substitusi semen sebesar 0%, 2%, dan 5%. Sedangkan variasi *superplasticizer* (SP) yang digunakan adalah 2% CK ditambah 2% SP, 5% CK ditambah 3% SP, 5% CK ditambah 2% SP, dan 5% CK ditambah 3% SP. Dimana, benda uji berjumlah 3 buah pada setiap variasinya dan pengujian dilakukan pada umur perawatan 14 dan 28 hari.

Persiapan

Dalam tahap persiapan pada penelitian ini, dilakukan segala hal yang menyangkut dengan terdukungnya pelaksanaan proses penelitian ini. Persiapan tersebut meliputi studi literatur, pelaksanaan pengadaan material seperti agregat kasar, pengambilan agregat halus, dan semen dengan melakukan pemesanan, serta pemeriksaan cangkang kerang lokan yang akan digunakan dalam penelitian.

Pemeriksaan dan Pengujian Material

Pengujian karakteristik dilakukan untuk memastikan apakah bahan yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi spesifikasi berdasarkan SNI, pengujian yang dilakukan meliputi, pengujian konsistensi semen *portland* Percobaan waktu mengikat dan mengeras semen, pengujian gradasi agregat, pengujian berat isi agregat, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat, pemeriksaan kadar lumpur, *test* keausan agregat dan dilakukan pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sorong.

Perancangan dan Pencampuran Beton

Metode rancangan campuran beton (*Job Mix Design*) berdasarkan SNI 03-2834-2000 dengan memperhitungkan nilai Faktor Air Semen (FAS), nilai *slump*, jumlah agregat kasar, agregat halus, semen, air. Pencampuran beton dilakukan menggunakan mesin pengaduk (molen). Urutan dalam pencampuran yaitu, kerikil, pasir, semen kemudian air dan bahan tambah jika digunakan. Pembuatan campuran beton mengacu pada SNI-03-2834-2000 “Tata Cara Pembuatan Campuran Beton”

Perawatan (*Curing*)

Setelah benda uji dibuka dari cetakannya, dilakukan penimbangan pada setiap benda uji sebelum dilakukan perawatan beton. Perawatan beton (*curing*) dengan cara perendaman didalam bak berisi air. Perendaman benda uji dilakukan selama 14 hari dan 28 hari.

Pengujian Kuat Tekan Beton

Setelah masa perawatan berakhir, benda uji kembali ditimbang untuk mengetahui berat setelah perawatan. Kemudian dilakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji dengan umur 14 hari dan 28 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan *Compression Machine Test* pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sorong.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Material Penyusun Beton

Setelah seluruh rangkaian pengujian dilakukan, rekapitulasi hasil pengujian karakteristik material sebagai pencampuran beton dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Material

No	Nama Pengujian	Interval	Acuan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Konsistensi Semen <i>Portland</i>				Memenuhi
	a. Normal	9-11 mm	SNI 15-2049- 2004	11 mm	
	b. CK 2%			9 mm	
	c. CK 5%			11 mm	
2	Waktu Ikat Semen				Memenuhi
	a. Normal	> 45 mnt	SNI 15-2049- 2004	62 mnt	
	b. CK 2%			53,5 mnt	
	c. CK 5%			56 mnt	
3	Gradasi Agregat				Memenuhi
	a. Ag. Halus	Zona 1-4	SNI 03-2834- 2000	Zona 3	
	b. Ag. Kasar	Zona 1-3		Zona 2	

No	Nama Pengujian	Interval	Acuan	Hasil Pengujian	Keterangan
4	Berat Isi Agregat				Memenuhi
	a. Ag. Halus	1,4-1,9 gr/cm ³			
	- Padat			1,66 gr/cm ³	
	- Gembur		SNI 1973-2008	1,54 gr/cm ³	
	b. Ag. Kasar	1,6-1,9gr/cm ³			
	- Padat			1,48 gr/cm ³	
	- Gembur			1,35 gr/cm ³	
5	Berat Jenis Agregat				Memenuhi
	a. Ag. Halus	1,6-3,3 %	SNI 03-1970-1990		
	- BJ Curah			2,32 gr/cm ³	
	- BJ Kering Muka			2,33 gr/cm ³	
	- BJ Semu			2,36 gr/cm ³	
	b. Ag. Kasar	1,6-3,2 %	SNI 1961-2016		
	- BJ Curah			2,48 gr/cm ³	
	- BJ Kering Muka			2,53 gr/cm ³	
	- BJ Semu			2,60 gr/cm ³	
6	Penyerapan Air				Memenuhi
	a. Ag. Halus	Maks 2%	SNI 03-1970-1990	0,56 %	
	b. Ag. Kasar	0,2-4 %	SNI 1961-2016	1,80 %	
7	Kadar Lumpur	Maks 5%	SNI 03-2847-2002	1,11 %	Memenuhi
8	Keausan Ag. Kasar	15-50 %	SNI 2417-2008	16,41 %	Memenuhi

Sumber : Hasil Olah Data Pengujian, 2024

Berdasarkan tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa seluruh pengujian karakteristik semen dan agregat memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh SNI yang menjadi acuan dan dapat digunakan sebagai material pencampuran beton.

Proporsi Campuran Beton

Setelah dilakukan perhitungan (*Job Mix Design*), proporsi campuran beton cangkang kerang dna dengan penambahan *superplasticizer* adalah sebagai berikut.

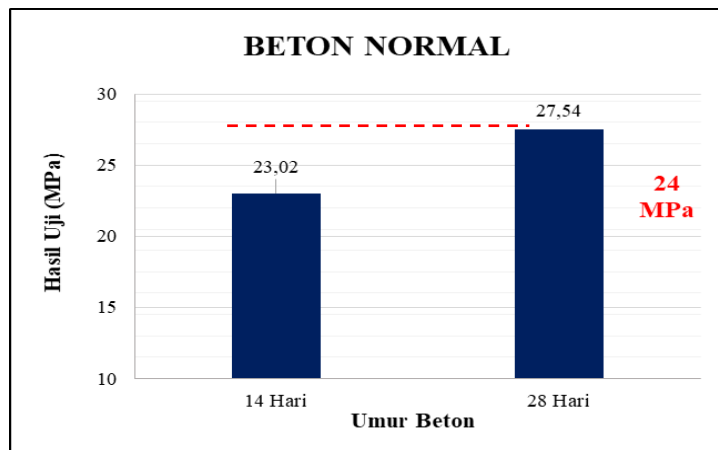
Tabel 2. Proporsi Campuran Beton pada Setiap Variasi (kg)

Kode Benda Uji	Semen	Air	Ag. Halus	Ag. Kasar	CK	SP
BN	9,315	4,774	14,906	25,381	-	-
BN + CK 2%	9,129	4,774	14,906	25,381	0,186	-
BN + CK 2% + SP 2%	9,129	3,342	14,906	25,381	0,186	0,186
BN + CK 2% + SP 3%	9,129	2,626	14,906	25,381	0,186	0,279
BN + CK 5%	8,849	4,774	14,906	25,381	0,466	-
BN + CK 5% + SP 2%	8,849	3,342	14,906	25,381	0,466	0,186
BN + CK 5% + SP 3%	8,849	2,626	14,906	25,381	0,466	0,279

Sumber : Hasil Olah Data Pengujian, 2024

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

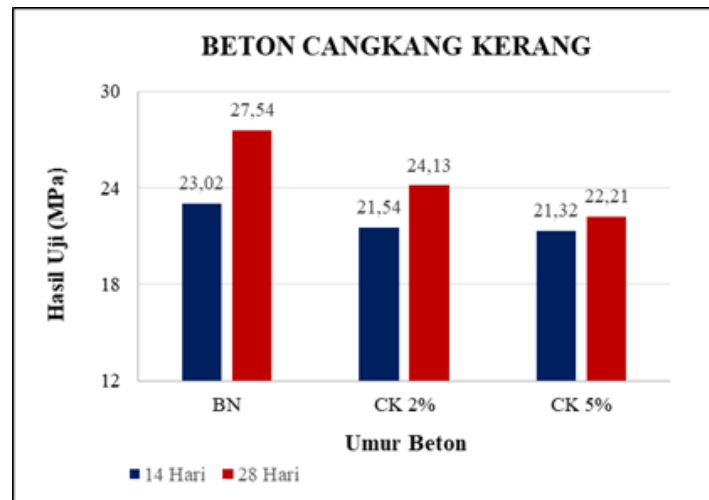
Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah masa perawatan benda uji beton pada umur beton 14 hari dan 28 hari menggunakan alat kuat tekan beton (*Compression Machine Test*).



Gambar 1. Nilai f'_c dan BN
Sumber: Hasil Data Pengujian, 2024

Berdasarkan gambar diatas, hasil kuat tekan rata-rata beton normal pada umur 14 hari yaitu 23,02 MPa dan pada umur 28 hari kuat tekan beton mengalami kenaikan sebesar 14,74% yaitu 27,54 MPa dari kuat tekan rencana.

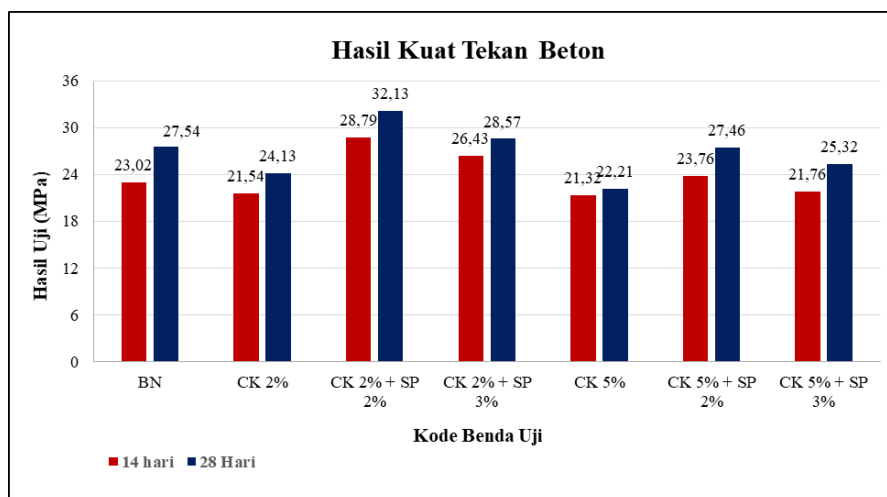
Berikut adalah diagram perbandingan hasil kuat tekan Beton Normal dan hasil kuat tekan pada setiap variasi Cangkang Kerang 2% dan 5%.



Gambar 2 Perbandingan Nilai Kuat Tekan BN dan CK 2% dan 5%
Sumber: Hasil Data Pengujian, 2024

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan bahwa kuat tekan beton mengalami penurunan di setiap penambahan variasi abu Cangkang Kerang. Pada CK 2% mengalami penurunan sebesar 6,43% dengan nilai kuat tekan 21,54 MPa pada umur 14 hari dan pada umur beton 28 hari sebesar 12,37% dengan nilai kuat tekan 24,13 MPa.

Pada CK 5% mengalami penurunan sebesar 7,40% dengan nilai kuat tekan 21,32 MPa pada umur 14 hari dan pada umur beton 28 hari sebesar 19,35% dengan nilai kuat tekan 22,21 MPa.



Gambar 3 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Seluruh Variasi Benda Uji
Sumber: Hasil Data Pengujian, 2024

Berdasarkan gambar diatas, menunjukkan bahwa variasi CK 2% + SP 2% adalah variasi dengan kekuatan tertinggi, yaitu mengalami kenaikan kuat tekan beton pada umur 14 hari sebesar 28,79 Mpa dan pada umur 28 hari sebesar 32,13 MPa. Kekuatan beton semakin menurun setelah adanya penambahan *superplasticizer* sebanyak 3%. Hal serupa juga terjadi pada variasi CK 5%, bahwa pada penambahan *superplasticizer* sebanyak 2%, kuat tekan beton mengalami kenaikan diumur 14 hari sebesar 23,76 MPa dan 27,46 MPa diumur 28 hari. Akan tetapi beton mengalami penurunan kuat tekannya ketika penambahan *superplasticizer* sebanyak 3%.

Berdasarkan hasil kuat tekan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton akan mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya presentase kerang yang digunakan karena besarnya persentase penggantian semen dengan serbuk cangkang kerang pada pembuatan beton. Hal ini dikarenakan kandungan Silika (SiO_2) yang berfungsi sebagai perekat dan pengeras semen lebih banyak yaitu sebesar 20-25%, sedangkan SiO_2 pada cangkang kerang hanya 10,25%. Jadi dapat dikatakan bahwa, semakin besar presentase kerang yang digunakan pada campuran beton, akan semakin menurun kuat tekannya karena kurangnya bahan perekat dan reaksi hidrasi yang lebih lama dari serbuk kerang dibandingkan dengan semen pada beton.

Pada beton dengan penambahan *superplasticizer*, kekuatan tertinggi terjadi pada penambahan *superplasticizer* sebesar 2% dan terjadi penurunan kekuatan jika ditambahkan *superplasticizer* sebesar 3%. Hal ini dikarenakan, semakin bertambahnya *superplasticizer* yang digunakan, maka akan semakin sulit dan tidak maksimalnya dalam pencetakan beton dikarenakan sifat *superplasticizer* yang mudah mengeras/mengering dan proses pengikatannya terlalu cepat menyebabkan beton mengalami *honeycomb* atau rongga-rongga udara yang terdapat pada beton selama proses pencetakan benda uji mengakibatkan kekuatan beton menurun.

Beton cangkang kerang jika ditambahkan *superplasticizer*, dapat membantu mencapai kekuatan yang tinggi meskipun tidak sekuat beton dengan semen *portland* murni. Hal ini dikarenakan kandungan *superplasticizer* pada beton yang berfungsi meningkatnya nilai *slump* dan mutu beton. Akan tetapi, perlu diperhatikan bahwa dosis *superplasticizer* yang digunakan harus berdasarkan saran yang telah ditentukan, pemberian dosis yang berlebihan mengakibatkan proses hidrasi dari partikel semen terhambat karena permukaan partikel semen yang seharusnya bereaksi dengan air terselubungi oleh *superplasticizer* sehingga tidak dapat menyatu dengan air mengakibatkan menurunnya kuat tekan beton nantinya.

KESIMPULAN

Nilai kuat tekan beton cangkang kerang akan mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya presentase kerang yang digunakan karena kurangnya bahan perekat dan reaksi hidrasi yang lebih lama dari serbuk kerang dibandingkan dengan semen pada beton. Penggunaan *superplasticizer* dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton cangkang kerang menjadi lebih tinggi, akan tetapi pada presentase penambahan *superplasticizer* sebanyak 3% beton akan mengalami penurunan nilai kuat tekan sebesar 8% pada umur beton 14 hari dan 7-11% diumur 28 hari dari penambahan 2% *superplasticizer* dikarenakan berkurangnya hidrasi antara semen dan air karena banyaknya *superplasticizer* yang digunakan dan sifatnya yang mudah mengeras menyebabkan *honeycomb* pada beton.

REFERENSI

- Akhmad, P., Tri, R., & Riyanto, S. (2020). *Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Normal Fc ' 20. 1*, 109–114.
- Gagg, C. R. (2014). Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis. *Engineering Failure Analysis*, 40, 114–140. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2014.02.004>
- Goestiana, L., Bina Darma, U., & Yani No, J. A. (2019). *Pengaruh Abu Cangkang Remis Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton*. 16(1), p-ISSN.
- Hidayat, F., & Melinda, A. P. (2022). Studi Eksperimental Pemanfaatan Abu Cangkang Lokan Terhadap Kekuatan Beton. *Cived*, 9(3), 268. <https://doi.org/10.24036/cived.v9i3.118888>
- Imbabi, M. S., Carrigan, C., & McKenna, S. (2012). Trends and developments in green cement and concrete technology. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 1(2), 194–216. <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2013.05.001>
- Irawan, S. R. (2014). Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Ampas Tebu Dan Abu Kulit Kerang Sebagai Substitusi Semen Pada Campuran Beton Mutu K225. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(3), 510–515.
- Jonizar, J., Massri, M., & Muammar, U. (2022). Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kerang Hijau Dan Zat Adiktif Superplasticizer Sebagai Bahan Tambah Campuran Semen Terhadap Kuat Tekan Beton K-400. *Bearing : Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil*, 7(3), 146. <https://doi.org/10.32502/jbearing.4643202273>
- Kurohman, N. (2023). *Self-Healing Concrete pada Teknologi Material Beton dalam Menjawab Tantangan Infrastruktur di Masa Depan*. <https://depobeta.com/magazine/artikel/self-healing-concrete-teknologi/>
- Maulana, S. (2017). Pengaruh Substitusi Semen Dengan Abu Cangkang Kerang Lokan (Galolnia Expansa) Dan

- Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 5(Vol 5 No 2 (2017): FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)), 108–123.
- Nikawanti, G. dan R. A. (2021). Membangun Ketahanan Pangan dari Kekayaan Maritim Indonesia. *Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime*, 2(2), 149–166. <https://doi.org/10.17509/ijom.v2i2.37603>
- Oktaviani, R. (2016). *PENGGUNAAN BUBUK KULIT KERANG DARAH DAN LOKAN SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEMEN*. 1–7.
- Prima Putri, A., & Khairani Tobing, A. (2018). *ANALISIS KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN SUBSTITUSI BAHAN RAMAH LINGKUNGAN*. 3, 105–109.
- Sipil, D. T., Utara, U. S., Pengajar, S., Teknik, D., & Utara, U. S. (2000). *Abu Cangkang Kerang Dan Abu Cangkang Kelapa Sawit 10-30 %*. 2, 1–12.
- SNI-1972. (2008). *Cara Uji Slump Beton*.
- SNI 03-2834. (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- SNI 03 - 2847. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. *SNI 03-2847-2002*. *SNI 03-2847-2002*, 251.
- SNI 03 - 6826. (2002). *Pengujian Konsistensi Normal Semen*.
- SNI 15-2049. (2004). Semen Portland. *Journal of Nursing Measurement*, 10(1), 5–14. <https://doi.org/10.1891/jnum.10.1.5.52550>
- Tayeh, B. A., Hasaniyah, M. W., Zeyad, A. M., & Yusuf, M. O. (2019). Properties of concrete containing recycled seashells as cement partial replacement: A review. *Journal of Cleaner Production*, 237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117723>
- Tri Mulyono. (2004). *Teknologi Beton*. Penerbit Andi.
- ASTM-C87. (1995). *Standard Test Method for Effect of Organic Impurities in Fine Aggregate on Strength*. 04(Reapproved), 2–4.