

## PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KERANG DAN ABU JERAMI SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Petrus Tomu Natal Marpaung<sup>1</sup>, Lolom Evalita Hutabarat<sup>2</sup>, Setiyadi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Jl. Mayjen Sutoyo Cawang Jakarta Timur

Email: [petrusmarpaung111999@gmail.com](mailto:petrusmarpaung111999@gmail.com)

Email: [lolom.hutabarat@uki.ac.id](mailto:lolom.hutabarat@uki.ac.id)

Email: [setyadi@uki.ac.id](mailto:setyadi@uki.ac.id)

### ABSTRAK

Sebagai negara kepulauan dan lahan pertanian, wilayah pesisir dan pertanian mendominasi sebagian besar daratan Indonesia. Kondisi tersebut membuat limbah cangkang kerang dan abu jerami sangat mudah diperoleh dalam jumlah banyak sebagai bahan campuran pada beton yang menjadi solusi teknologi tepat guna sesuai kearifan lokal. Penelitian dilakukan dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder sebanyak 24 buah dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm, mengacu pada SNI 7656-2012 dengan rencana beton K-300 atau 25 MPa. Komposisi cangkang kerang 10% digunakan sebagai pengganti agregat halus, sedangkan komposisi abu jerami divariasikan yaitu 3%, 5%, dan 7% sebagai pengganti semen. Curing beton dilakukan 14 dan 28 hari sebelum uji tekan. Hasil pengujian pada umur 14 dan 28 hari memperlihatkan kuat tekan beton mencapai 24,72 MPa dan 25,00 MPa yang sesuai dengan kuat tekan rencana. Nilai kuat tekan beton campuran abu jerami padi dan kerang meningkat dari beton biasa pada umur 14 hari yaitu 25,95 MPa, 27,18 MPa, dan 26,04 MPa untuk masing-masing variasi 3%, 5%, dan 7%. Sedangkan pada umur beton 28 hari, dengan menggunakan variasi campuran limbah kerang 3%, 5%, dan 7% diperoleh kuat tekan sebesar 27,18 MPa, 28,21 MPa, dan 26,99 MPa. Dengan demikian terjadi peningkatan kuat tekan berkisar antara 0,05%-0,12% pada beton yang menggunakan campuran abu Jerami dan limbah cangkang.

**Kata kunci:** Abu Jerami, Cangkang Kerang, Kuat Tekan Beton

### ABSTRACT

*As an archipelago and agricultural territory, coastal and agricultural areas occupy most of Indonesia's terrain. According to local wisdom, these characteristics make it very easy to collect vast amounts of shell waste and straw ash as a mixture for concrete, which is an ideal technological answer. The study employed 24 cylindrical test objects with diameters of 15cm and heights of 30cm, following SNI 7656-2012, and a concrete plan of K-300 or 25 MPa. As a substitute for fine aggregate, a 10% shellfish composition was employed, while the composition of straw ash was altered, specifically 3%, 5%, and 7% as a cement substitute. Concrete curing was done 14 and 28 days before the compressive test. The compressive strength of concrete reached 24.72 MPa and 25.00 MPa at 14 and 28 days, respectively, which was consistent with the design compressive strength. At 14 days, the compressive strength of concrete mixed with rice straw ash and shellfish was 25.95 MPa, 27.18 MPa, and 26.04 MPa for 3%, 5%, and 7% variations, respectively. Meanwhile, at a concrete age of 28 days, the compressive strength was 27.18 MPa, 28.21 MPa, and 26.99 MPa when a mixture of 3%, 5%, and 7% shellfish debris was used. Thus, the compressive strength of concrete utilizing a straw ash and shell waste mixture increases by 0.05% to 0.12%.*

**Keywords:** Compression Strength, Oyster-Shells, Rice Husk Ash

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia berupaya menutup kesenjangan antara 43% stok modal infrastrukturnya dan rata-rata 70% negara-negara G20. Menyongsong Indonesia Emas 2045. Pemerintah berupaya melalui berbagai setor untuk

menutup infrastruktur gap guna mencapai tujuan menjadi negara maju. Sektor pembangunan infrastruktur tumbuh relatif tinggi selama sepuluh tahun terakhir dan terfokus pada wilayah di luar Jawa. Jenis bangunan ini biasanya menggunakan teknologi beton yang umumnya memiliki kuat tekan besar, kemudahan pembentukannya, tahan terhadap suhu tinggi dan biaya operasional yang murah. Hal ini berakibat pada timbulnya penambangan intensif bahan bangunan yang pada gilirannya akan mengurangi sumber daya alam yang tersedia. Pasta beton adalah campuran semen Portland, air dan agregat dengan komposisi tertentu. Penggunaan semen sebagai salah satu komponen pembuatan beton cenderung menimbulkan pencemaran lingkungan sekitar selama produksi. Pemanfaatan bahan limbah sebagai campuran dalam beton sebagai pengganti sebagian agregat dan semen dapat menjadi solusi teknologi tepat guna dalam pembuatan beton dengan kearifan lokal sebagaimana penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan limbah seperti serbuk kaca, serbuk keramik, fly ash ataupun ampas tebu (Hulu dkk, 2023; Laia dkk, 2023; Samosir dkk., 2021; R. A. Siregar dkk, 2021). Jenis limbah lainnya yang memungkinkan untuk juga digunakan adalah limbah cangkang kerang.

Produksi limbah cangkang kerang dara (*Anadara Granosa Linn*) sangatlah melimpah di Indonesia, tingginya produksinya mencapai 48.994-ton atau terbesar di Asia Tenggara pada tahun 2012 berdasarkan data Direktorat Jenderal Perikanan (Afranita dkk., 2014). Hal ini dikarenakan Indonesia memiliki wilayah pesisir yang luas dan industry perikanan yang besar. Limbah cangkang kerang adalah salah satu limbah organik hasil industri pengolahan kerang yang memiliki kandungan  $\text{CaCO}_3$  yang tinggi. Berbagai komponen kimia yang terdapat pada kerang darah selain kalsium karbonat, protein, mineral magnesium, kalium, phosphor juga kalsium fosfat, kalsium hidroksida dan kitin (No dkk., 2003). Kitin disini berfungsi sebagai pengemulsi yang dapat menyerap dan juga merekatkan. serta komponene lainnya seperti. Secara fisik permukaan cangkang kerang darah memiliki pori-pori (Wiyarsi & Erfan, 2012) sehingga dapat menyerap zat lainnya seperti tercantum pada Tabel 1. Unsur dominan pada cangkang kerang dalam bentuk serbuk merupakan senyawa pozzolan yang berupa kapur dengan komposisi antara 67% antara 98% yang bersifat reaktif pada campuran beton (S. M. Siregar, 2009). Serbuk cangkang kerang tersebut dapat berfungsi sebagai pengikat dan pengisi beton sehingga bisa mengurangi jumlah agregat. Selain itu juga dapat meningkatkan kekerasan permukaan dan kekautan beton secara bersamaan juga mengurangi bobot beton sehingga menjadi lebih ringan.

**Tabel 1.** Komposisi kimia yang terkandung pada cangkang limbah kerang darah

Senyawa	Cangkang Kerang Darah (%)		Abu Jerami (%)
	(Maryam, 2006)	(Hariyanto et al., 2020)	(Endale et al., 2023)
CaO	66.70	97.7	0.09 – 3.17
MgO	22.38	-	0.26 – 1.18
SiO <sub>2</sub>	7.88	-	74.35 – 96.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.25	-	0.09 – 1.379
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.766	0.10 – 1.68
MnO	-	0.045	-
Cu	-	0.037	-
Sr	-	0.8	-
Yb	-	0.55	-
Lu	-	0.1	-

Di sisi lain, limbah jerami sangatlah banyak ditemukan di Indonesia terutama di daerah pertanian karena Indonesia merupakan produsen utama beras dunia. Limbah abu jerami yang mengandung silika dan bahan kimia aktif lain juga berperan sebagai bahan pengisi dan pengikat pada beton sehingga dapat mengurangi jumlah semen yang digunakan. Selain itu juga dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap serangan kimia seperti pada konstruksi lepas pantai dimana beton berada dibawah air laut. Abu yang mengandung silika dan aluminium dihasilkan saat pembakaran setelah proses panen, bereaksi dengan kalsium oksida dalam pasta semen yang akan meningkatkan kualitas beton polimer (Liangsari & Whardono, 2016).

Memanfaatkan limbah cangkang kerang darah dan abu Jerami pada beton tentunya dapat mengurangi dampak lingkungan yang terjadi seperti penambangan pasir. Studi yang pernah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa menggunakan limbah cangkang kerang menggantikan sebagian pasir dapat meningkatkan kuat tekan mekanik beton dan serangan terhadap asam (Bunyamin & Mukhlis, 2020; Jamwal dkk., 2019; Somarriba

Sokolova dkk., 2018; Tayeh dkk., 2019). Penelitian lain memperlihatkan bahwa penggunaan serbuk halus cangkang sebagai pengganti semen justru menurunkan kuat tekan selama proses perendaman tetapi dapat mempercepat pengerasan beton (Attah dkk., 2018; Li dkk., 2015; Sani, 2019). Sementara itu, penelitian yang dilakukan pada beton menggunakan abu jerami sebagai pengganti Sebagian semen menunjukkan peningkatan kuat tekan dan permeabilitas material yang sangat baik karena tingginya kandungan silika dalam abu jerami (Endale dkk., 2023; Hasan dkk., 2022; Minh & Tram, 2017). Untuk itulah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap dampak penggabungan limbah kerang dengan abu jerami terhadap kuat tekan beton.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan studi eksperimental dengan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia. Benda uji beton berbentuk silinder 150 mm×300 mm sebanyak 24 buah dibuat di laboratorium dengan penggunaan cangkang kerang dan abu jerami sebagai bahan pengganti terhadap kuat tekan yang dilakukan setelah sampel mencapai umur 14 & 28 hari. Variasi limbah cangkang kerang dara sebesar 0%, 10%, 10%, dan 10% dan abu Jerami 0%, 3%, 5%, dan 7% diberikan sebagai substitusi Sebagian material agregat halus dan semen dapat dilihat pada Tabe2 dan Tabel 3. Serbuk cangkang kerang darah yang digunakan berasal dari Cilegon sedangkan abu Jerami yang digunakan berasal dari pembakaran gabah padi di wilayah Karawang Jawa Barat.

**Tabel 2.** Sample Beton yang akan di Uji

Benda Uji Beton	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Sampel (silinder)
Beton Normal	14	3
	28	3
Beton AJP 3%	14	3
	28	3
Beton AJP 5%	14	3
	28	3
Beton AJP 7%	14	3
	28	3

**Tabel 3.** Komposisi Kebutuhan Campuran untuk pembuatan 3 buah benda uji beton

Material	Beton Normal (kg)	Beton AJP 3% (kg)	Beton AJP 5% (kg)	Beton AJP 7% (kg)
Semen	4,953	4,8044	4,7053	4,6063
Pasir	14,048	2,6432	12,6432	12,6432
Kerikil	15,264	15,264	15,264	15,264
Air	3,021	3,021	3,021	3,021
Cangkang Kerang	0	1,4048	1,4048	1,4048
Abu Jerami	0	0,1486	0,2477	0,3467

## 3. DATA DAN ANALISA

### 3.1. Hasil Uji Slump dan Penyerapan Beton

Hasil Pengujian slump test dan penyerapan untuk masing-masing benda uji dapat dilihat pada Tabel 4. Dari hasil slump terlihat bahwa dengan penambahan Abu Jerami Padi (AJP) sampai dengan 7% nilai slum akan meningkat sampai dengan 5 cm. Demikian juga dengan penyerapannya mencapai 0,24% dengan penambahan AJP 7%. Ini berarti bahwa AJP dapat meningkatkan kemudahan pengerjaan (*workability*) dari beton karena kandungan pozzolan pada AJP yang dapat menyerap air dengan baik sehingga mampu meningkatkan nilai slump test dari mortar beton.

**Tabel 4.** Nilai Slump Test Benda Uji Beton

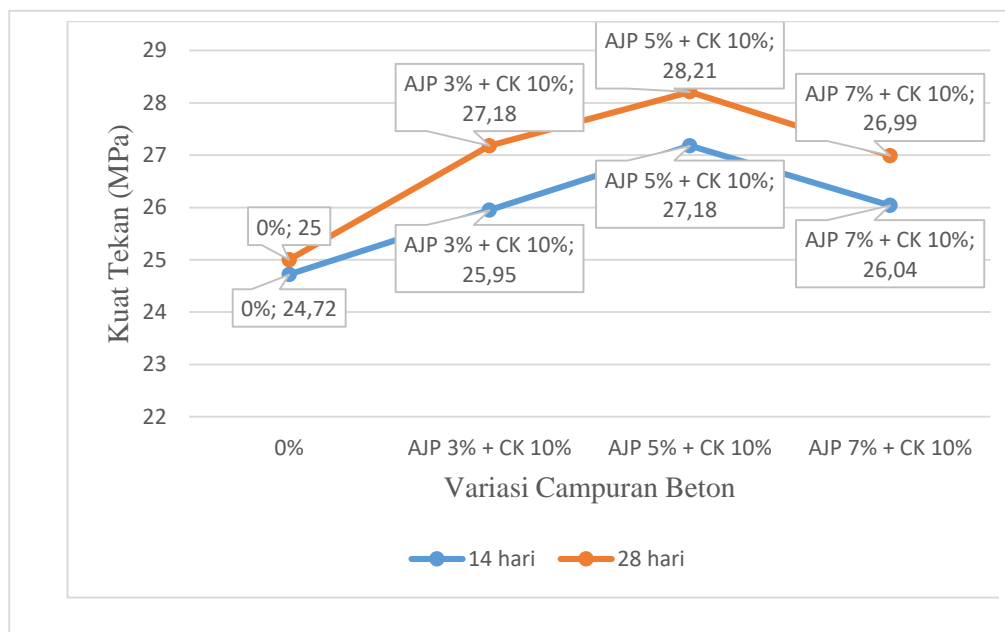
Jenis Benda Uji	Nilai slump (cm)	penyerapan (%)
Beton normal	2,5 – 3,0	0,10 – 0,11
Beton AJP 3%	3,0	0,14 – 0,16
Beton AJP 5%	4,0 – 4,5	0,18 – 0,20
Beton AJP 7%	4,5 – 5,0	0,22 – 0,24

### 3.2. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Tabel 5 menampilkan hasil uji kuat tekan yang dilakukan pada beton umur 14 dan 28 hari. Dari Tabel 5 terlihat bahwa kuat tekan yang ditargetkan sesuai campuran beton (*mixed design*) mengacu pada SNI 7656-2012 yaitu k-300 atau 25 MPa dapat tercapai pada umur 28 hari, bahkan pada umur beton 14 hari sudah tercapai 99%.

**Tabel 5.** Uji kuat tekan pada beton umur 14 hari dan 28 hari dengan campuran cangkang kerang darah 10% sebagai pengganti sebagian pasir

Penambahan Abu Jerami (%)	Rerata Berat Benda Uji (kg)		Kuat Tekan Beton (MPa)			
	14 hari	21 hari	14 hari	Average	28 hari	Average
0	12,65	12,68	24,63	24,72	24,91	25,00
			25,19		25,19	
			24,35		24,91	
			26,33		27,18	
3	12,57	12,55	26,04	25,95	27,46	27,18
			25,48		26,89	
			27,46		28,31	
			26,61		28,59	
5	12,49	12,50	26,33	27,18	26,89	28,21
			26,04		27,18	
			25,76		26,89	
			26,04		27,18	
7	12,38	12,47	26,04	26,04	27,18	26,99
			25,76		26,89	
			26,04		27,18	
			25,76		26,89	

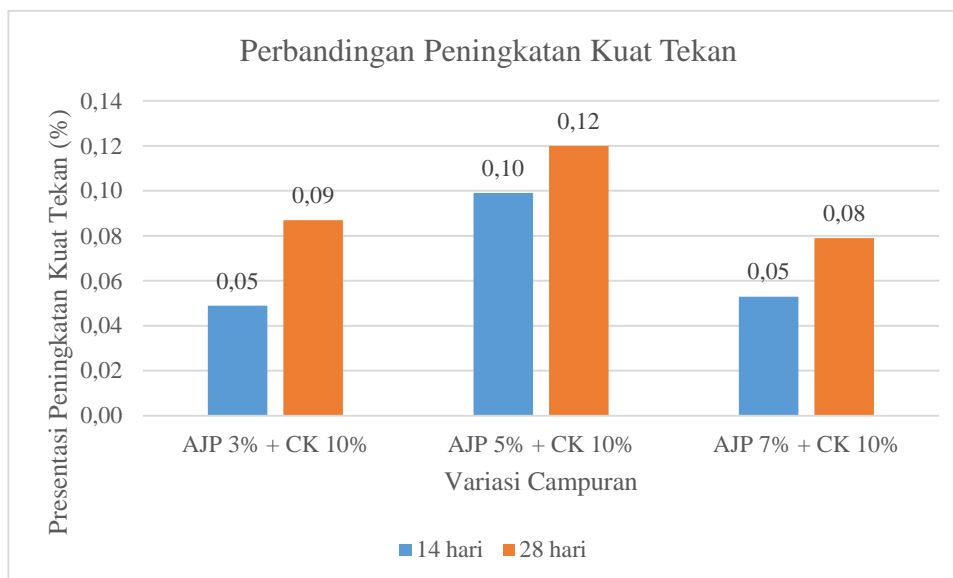
**Gambar 1.** Hasil Uji Tekan Beton

Ditunjukkan pada Gambar 1 bahwa setelah 14 hari beton yang mengandung abu jerami padi dan bubuk cangkang kerang dengan variasi penambahan berturut-turut 3%, 5% dan 7% mencapai kuat tekan sebesar 25,95 MPa, 27,18 MPa dan 26,04 MPa pada umur 14 hari. Sementara itu kuat tekan 27,18 MPa, 28,21 MPa, dan 26,99 MPa tercapai di umur 28 hari.

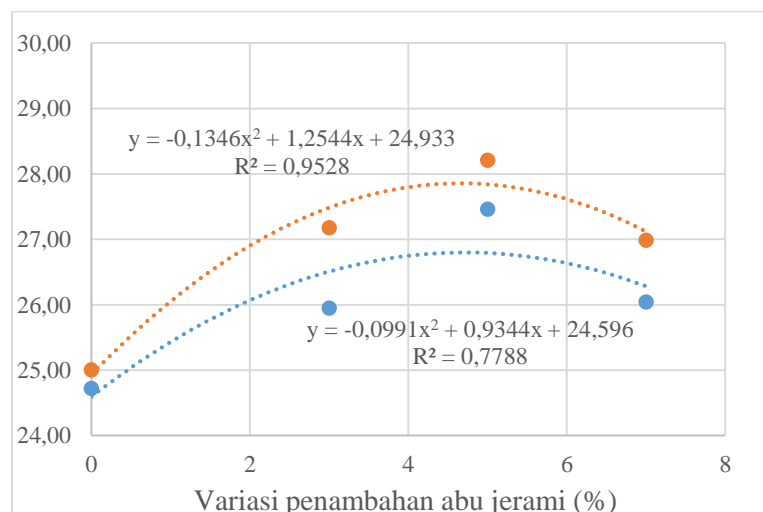
### 3.3. Peningkatan Uji Kuat Tekan Beton

Penambahan abu jerami padi dan abu cangkang kerang dalam jumlah berbeda ke dalam campuran beton akan menghasilkan nilai serapan air yang lebih tinggi sebagaimana didapatkan dari hasil pengujian. Kondisi ini disebabkan karena kandungan pozzolan pada Abu Jerami Padi yang dapat menyerap air dengan baik dan karena cangkang kerang mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yaitu bahan yang secara fisik memiliki pori-pori sehingga mempunyai kemampuan menyerap zat-zat lain di permukaannya. Hal ini akan menaikkan kuat tekan pada saat pengujian beton setelah perendaman 28 hari.

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan limbah cangkang kerang dan abu Jerami padi, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan abu Jerami padi 3% dan cangkang kerang 10%, abu Jerami padi 5% dan cangkang kerang 10%, abu Jerami padi 7% dan cangkang kerang 10% mengalami peningkatan. Persentase peningkatan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut,



**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Peningkatan Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Abu Jerami Padi + 10% Cangkang Kerang Darah



**Gambar 3.** Trendline Peningkatan Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Abu Jerami Padi + 10% Cangkang Kerang Darah

Nilai Kuat tekan optimum diperoleh pada beton dengan penambahan cangkang kerang 10% dan abu jerami padi sebanyak 5% pada umur 28 hari adalah sebesar 28.21 MPa atau meningkat 21% dibandingkan dengan beton normal. Kuat tekan beton dengan penambahan cangkang kerang 10% dan abu jerami padi 5% pada umur 14 hari sebesar 25.95 MPa artinya baru tercapai 95% dari nilai optimumnya. Berdasarkan hasil analisis di atas di dapatkan peningkatan kuat tekan terhadap beton normal di beton umur 14 hari dengan variasi campuran rata-rata adalah sebesar 0,30%. Berdasarkan trendline dari hasil pengujian pada umur beton 28 hari menunjukkan korelasi yang cukup kuat dengan  $R=0.95$  yang menunjukkan bahwa campuran limbah kerang 10% dan abu jerami 5% dapat meningkatkan kekuatan beton cukup melampaui 20%. Penambahan limbah cangkang jerami 10% dapat meningkatkan kekuatan beton sejalan dengan hasil penelitian sebelum dimana kuat tekan akan meningkat dengan penambahan 10% tetapi justru akan kembali turunkan pada penambahan 13% (Kharismadewia dkk., 2022). Tetapi kenaikan kuat tekan pada penelitian sebelumnya yang mencapai 100% pada K-225 masih perlu divalidasi dengan berbagai studi eksperimental lainnya dengan variasi kuat tekan beton yang berbeda-beda yaitu menggunakan K-300 dengan tambahan abu jerami. Sedangkan penambahan abu jerami optimum sebesar 5% juga sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menghasilkan nilai optimum pada penambahan abu Jerami 3% (Darmawan dkk., 2008) atau terjadi peningkatan kuat tekan pada penambahan abu jerami sebanyak 10-20% karena tidak mempengaruhi sifat pozolanik dari semen (Endale dkk., 2023). Sebaliknya, penelitian yang lain justru menyatakan penurunan hasil kuat tekan sebesar 14% dengan penambahan 5% abu Jerami (Malasyi & Wesli, 2017). Secara reaksi kimiawi saat terjadi interaksi antara silika abu jerami dengan silika pada semen terjadilah proses hidrasi yang menghasilkan panas. Air akan bereaksi dengan senyawa  $3CaO.SiO_2$  dengan sangat cepat (24 jam proses pengerasan) sedangkan reaksi dengan senyawa  $2C_2O.SiO_2$  akan berjalan lebih lambat sampai mencapai umur 7 hari (Darmawan dkk., 2008). Konsentrasi Silika ( $SiO_2$ ) yang terkandung di dalam abu jerami padi dan limbah kerang dapat berdampak buruk pada mutu beton namun dalam batas tertentu campuran akan mencapai kuat tekan yang optimal.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil pengujian kuat tekan beton beraturan pada umur 14 dan 28 hari masing-masing sebesar 24,72 MPa dan 25,00 MPa sesuai dengan kuat tekan rencana. Nilai kuat tekan beton campuran abu jerami padi dan kerang meningkat dari beton biasa pada umur 14 hari yaitu 25,95 MPa, 27,18 MPa, dan 26,04 MPa untuk masing-masing variasi 3%, 5%, dan 7%. Sedangkan pada umur beton 28 hari, dengan menggunakan variasi campuran limbah kerang 3%, 5%, dan 7% diperoleh kuat tekan sebesar 27,18 MPa, 28,21 MPa, dan 26,99 MPa. Dengan demikian terjadi peningkatan kuat tekan berkisar antara 0,05%-0,12% pada beton yang menggunakan campuran limbah cangkang dan abu jerami. Peningkatan kuat tekan terhadap beton normal di beton umur 14 hari dengan variasi campuran rata-rata adalah sebesar 0,30%. Berdasarkan trendline dari hasil pengujian pada umur beton 28 hari menunjukkan korelasi yang cukup kuat dengan  $R=0.95$  yang berarti dapat disimpulkan bahwa campuran limbah kerang 10% dan abu jerami 5% dapat meningkatkan kekuatan beton cukup melampaui 20%. Sedangkan penambahan limbah cangkang jerami 10% dapat meningkatkan kekuatan beton sejalan dengan hasil penelitian sebelum dimana kuat tekan akan meningkat dengan penambahan 10% tetapi justru akan kembali turun pada penambahan 13%.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Afranita, G., Anita, S., & Hanifah, T. A. (2014). *Potensi Abu Cangkang Kerang Darah Sebagai Adsorben Ion Timah Putih*. 01(01), 1–5.
- Attah, I. C., Etim, R. K., & Ekpo, D. U. (2018). The behavior of periwinkle shell ash blended cement concrete in a sulphuric acid environment. *Nigerian Journal of Technology*, 37(2), 315. <https://doi.org/10.4314/njt.v37i2.5>
- Bunyamin, B., & Mukhlis, A. (2020). Utilization of Oyster Shells as a Substitute Part of Cement and Fine Aggregate in the Compressive Strength of Concrete. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 9(3), 150–156. <https://doi.org/10.13170/aijst.9.3.17761>
- Darmawan, A., Anggraini, D., & Gunawan, G. (2008). Pengaruh Substitusi Semen oleh Silika Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan dan Suhu Reaksi Semen Portland. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 11(1), 15–19. <https://doi.org/10.14710/jksa.11.1.15-19>
- Endale, S. A., Taffese, W. Z., Vo, D. H., & Yehualaw, M. D. (2023). Rice Husk Ash in Concrete. *Sustainability*

- (Switzerland), 15(1). <https://doi.org/10.3390/su15010137>
- Hariyanto, A., Sari, V. K., & Pujiastuti, C. (2020). Kinetika Reaksi Pembentukan Kalsium Fosfat dari Asam Fosfat dan Cangkang Kerang Darah. *ChemPro*, 1(02), 32–38. <https://doi.org/10.33005/chempro.v1i2.48>
- Hasan, N., Sobuz, M., Khan, M., Mim, N., Meraz, M., Datta, S., Rana, M., Saha, A., Akid, A., Mehedi, M., Houda, M., & Sutan, N. (2022). Integration of Rice Husk Ash as Supplementary Cementitious Material in the Production of Sustainable High-Strength Concrete. *Journal Materials (Basel)*. DOI 10.3390/Ma15228171. PMID: 36431656; PMCID: PMC9699146., 15(22), 8171.
- Hulu, J. C. D., Hutabarat, L. E., & Simanjuntak, R. (2023). Utilization of Waste Ceramic Powder as a Substitute of Fine. *Toward Adaptive Research and Technology Development for Future Life AIP Conf. Proc.* 2689, 040006-1–040006-8; <https://doi.org/10.1063/5.0114932> Published by AIP Publishing. 978-0-7354-4470-6/\$30.00.
- Jamwal, A., Kumar, S., & Gautam, C. P. (2019). Study of Partial Replacement of Fine Aggregate by Oyster Shell and Partial Replacement of Cement by Rice Husk Ash. In *Jaypee University of Information Technology Wagnaghat, Solan Pradesh, Indi*.
- Kharismadewia, D., Afrizal, M., & Pelantikaa, M. (2022). Pengaruh Aditif Limbah Kerang Darah (Anadara Granosa) Terhadap Kualitas Beton K-225. *Jurnal Innovator*, Homepage: [www.Ojs.Politeknikjambi.ac.id/Inovator](http://www.Ojs.Politeknikjambi.ac.id/Inovator), 5(2), 37–40.
- Laia, Y., Hutabarat, L. E., & Tampubolon, S. P. (2023). Compressive Strength Characteristic of Fly Ash Light. *Toward Adaptive Research and Technology Development for Future Life AIP Conf. Proc.* 2689, 040006-1–040006-8; <https://doi.org/10.1063/5.0114932> Published by AIP Publishing. 978-0-7354-4470-6/\$30.00, 040006.
- Li, G., Xu, X., Chen, E., Fan, J., & Xiong, G. (2015). Properties of Cement-Based Bricks with Oyster-Shell Ash. *Journal of Cleaner Production*, 91, 279–280.
- Liangsari, O., & Whardono, A. (2016). Pengaruh Penambahan Limbah Kerang Terhadap Waktu Pengikatan Awal Dan Workability Pada Pembuatan Beton Geopolymer Dengan Temperatur Normal. *Rekayasa Teknik Sipil, REKATS, FT UNESA Ketintang - Surabaya*, 2(2), 23–30.
- Malasyi, S., & Wesli, W. (2017). Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Jerami Terhadap Kuat Tekan Beton. *Teras Jurnal*, 4(2), 41–49. <https://doi.org/10.29103/tj.v4i2.22>
- Maryam, S. (2006). Pengaruh Serbuk Cangkang Kerang Sebagai Filter Terhadap Sifat-Sifat dari Mortar. In *Skripsi. FMIPA. Universitas Sumatera Utara (USU) Medan, Indonesia*.
- Minh, L. T., & Tram, N. X. T. (2017). Utilization of Rice Husk Ash as a partial replacement with Cement for production of Concrete Brick. *MATEC Web of Conferences*, 97, 0–5. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20179701121>
- No, H. K., Lee, S. H., Park, N. Y., & Meyers, S. P. (2003). Comparison of Physicochemical, Binding, and Antibacterial Properties of Chitosans Prepared without and with Deproteinization Process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(26), 7659–7663. <https://doi.org/10.1021/jf030226w>
- Samosir, F., Hutabarat, L. E., Purnomo, C. C., & Tampubolon, S. P. (2021). The Effect of Bagasse Fibers Martial Substitution of Coarse Aggregate to Increase Compressive Strength and Tensile Strength on Lightweight Concrete. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 878(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/878/1/012046>
- Sani, J. E. (2019). Response of Oyster Shell Ash Blended Cement Concrete in Sulphuric Acid Environment. *Civil and Environmental Research*, 2017, 62–74. <https://doi.org/10.7176/ce/11-4-07>
- Siregar, R. A., Hutabarat, L. E., Tampubolon, S. P., & Purnomo, C. C. (2021). Optimizing Empty Fruit Bunch (EFB) of Palm and Glass Powder as A Partial Substitution Material of Fine Aggregate to Increase Compressive and Tensile Strength of Normal Concrete. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 878(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/878/1/012047>
- Siregar, S. M. (2009). Pemanfaatan kulit kerang dan resin epoksi terhadap karakteristik beton polimer. In *Universitas Sumatera Utara (USU) Medan, Indonesia*.
- Somarriba Sokolova, L. N., Ermakova, E. V., & Rynkovskaya, M. (2018). A Review of Agro-waste Materials as Partial Replacement of Fine Aggregate in Concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 371(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/371/1/012012>
- 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, 117723.
- Wiyarsi, A., & Erfan, P. (2012). Pengaruh Konsentrasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Terhadap Efisiensi Penyerapan Logam Berat. *Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta*.