

PENGARUH LIMBAH CANGKANG KERANG SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Syafiadi Rizki Abdila^{1*}, Sahrul Zulfikar¹, Yonas Prima Arga¹

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana, Indonesia

*e-mail koresponden: syafiadirizki@unkris.ac.id; sahrulzulfikar2503@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi beton dalam uji coba penambahan bahan campuran terus dilakukan untuk mendapatkan kekuatan dan mutu beton yang diinginkan. Pada cangkang kerang mengandung senyawa kimia yang bersifat pozolan yaitu zat kapur yang diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai substitusi agregat halus pada campuran bahan penyusun beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan memanfaatkan limbah cangkang kerang sebagai substitusi agregat halus sebesar 0%, 15% dan 25% dengan pemeraman yang diamati pada umur 7, 14 dan 28 hari. Penelitian ini dilakukan beberapa pengujian material seperti analisa saringan, berat jenis agregat, kadar air, kadar lumpur, keausan, zat organik, uji slump dan uji kuat tekan beton. Berdasarkan hasil penelitian didapat kekuatan optimum pada variasi campuran dengan limbah cangkang kerang sebagai substitusi agregat halus 25% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 14,09 Mpa pada umur 14 hari. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan limbah cangkang kerang sebagai substitusi agregat halus hasilnya tidak disarankan untuk pembuatan beton di dunia konstruksi, karena nilai kekuatannya beton yang di dapat tidak memenuhi persyaratan SNI 7656:2012

Kata kunci: Beton, Limbah Cangkang Kerang, Kuat Tekan

Abstract

The development of concrete technology in trials of adding mixed ingredients continues to be carried out to obtain the desired strength and quality of concrete. The clam shells contain pozzolanic chemical compounds, namely lime which is expected to be used as a substitute for fine aggregate in a mixture of concrete constituents. This research was conducted to determine the compressive strength of concrete by utilizing shell waste as a substitute for fine aggregate of 0%, 15% and 25% with aging observed at 7, 14 and 28 days. This research carried out several material tests such as sieving, aggregate specific gravity, moisture content, silt content, wear and tear, organic matter, slump test and concrete compressive strength test. Based on the results of the study, it was found that the optimum strength in mixed variations with shell waste as a substitute for 15% fine aggregate obtained a compressive strength value of 14.09 MPa at 14 days. From the results of the research conducted, it can be concluded that the use of shell waste as a substitute for fine aggregate is not recommended for the manufacture of concrete in the world of construction, because the strength value of the concrete obtained does not meet the requirements of Standard SNI 7656: 2012

.Keywords: Concrete, Clam Shell Waste, Compressive Strength

1. PENDAHULUAN

Beton adalah pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan berlangsung. Kelebihan dari beton yaitu dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, mampu memikul beban yang berat, tahan terhadap temperatur yang tinggi, dan biaya pemeliharaan yang kecil [1]. Seiring perkembangannya, penggunaan beton terus meningkat tidak

hanya untuk penggunaan konstruksi secara struktural namun juga digunakan pada konstruksi non-structural [2].

Besarnya peningkatan kebutuhan material pembuatan beton menyebabkan banyak penambangan agregat baik kasar dan halus sebagai salah satu material campuran beton secara besar yang menyebabkan berkurangnya jumlah sumber alami yang tersedia untuk pembuatan beton. Sekarang sumber penghasil pasir alami kini persediannya semakin menipis [1], [2].

Perkembangan ilmu teknik sipil di bidang konstruksi gencar dilakukan dalam beberapa dekade terakhir dengan tujuan untuk menginovasikan bahan – bahan pencampuran beton yang ramah lingkungan dan juga memiliki kuat tekan [1]–[3]. Nilai kekuatan beton dipengaruhi oleh material pencampurannya, muncul gagasan untuk memanfaatkan limbah sebagai bahan substitusi maupun bahan tambah. Salah satunya dengan menambahkan limbah untuk digunakan sebagai campuran beton [1], [3], [4].

Dalam hal ini inovasi yang dilakukan adalah dengan menggunakan limbah serbuk cangkang kerang sebagai agregat halus. Kerang pada umumnya hanya diambil bagian isinya untuk dikonsumsi, sehingga kulit kerang dibiarkan menumpuk begitu saja dan menjadi limbah [5], [6]. Limbah serbuk cangkang kerang mengandung senyawa kimia yang bersifat pozolan yaitu zat kapur CaO (Kalsium Oksigen) sebesar 55,10%. Dengan kandungan zat kapur yang cukup besar pada kulit kerang ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian agregat halus pada campuran bahan penyusun beton, Penggunaan limbah kulit kerang yang dapat meningkatkan mutu kuat tekan beton [1]–[4], [6], [7].

Ridwan (2020) telah melakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Campuran Beton K-225”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah kulit kerang sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan variasi 5%, 10%, dan 20% terhadap kuat tekan beton dan penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan mengacu pada ACI (*American Concrete Institute*). Dari hasil penelitian ini telah diperoleh nilai kuat tekan beton pada setiap variasi penggunaan limbah kulit kerang 0% nilai kuat tekannya sebesar 22,04 MPa, variasi penggunaan limbah kulit kerang 5% nilai kuat tekannya sebesar 14,60 MPa, variasi penggunaan limbah kulit kerang 10% nilai kuat tekannya sebesar 24,60 MPa, dan pada penggunaan limbah kulit kerang 20% nilai kuat tekannya sebesar 23,92 MPa. Dengan adanya penelitian terdahulu di atas, penulis ingin melakukan penelitian dengan menggunakan bahan limbah serbuk kulit kerang kedalam campuran beton dengan variasi sebanyak 0% (beton normal), 15%, 25% sebagai pengganti agregat halus. Pada penelitian kali ini penulis mengambil judul “Pengaruh Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton”.

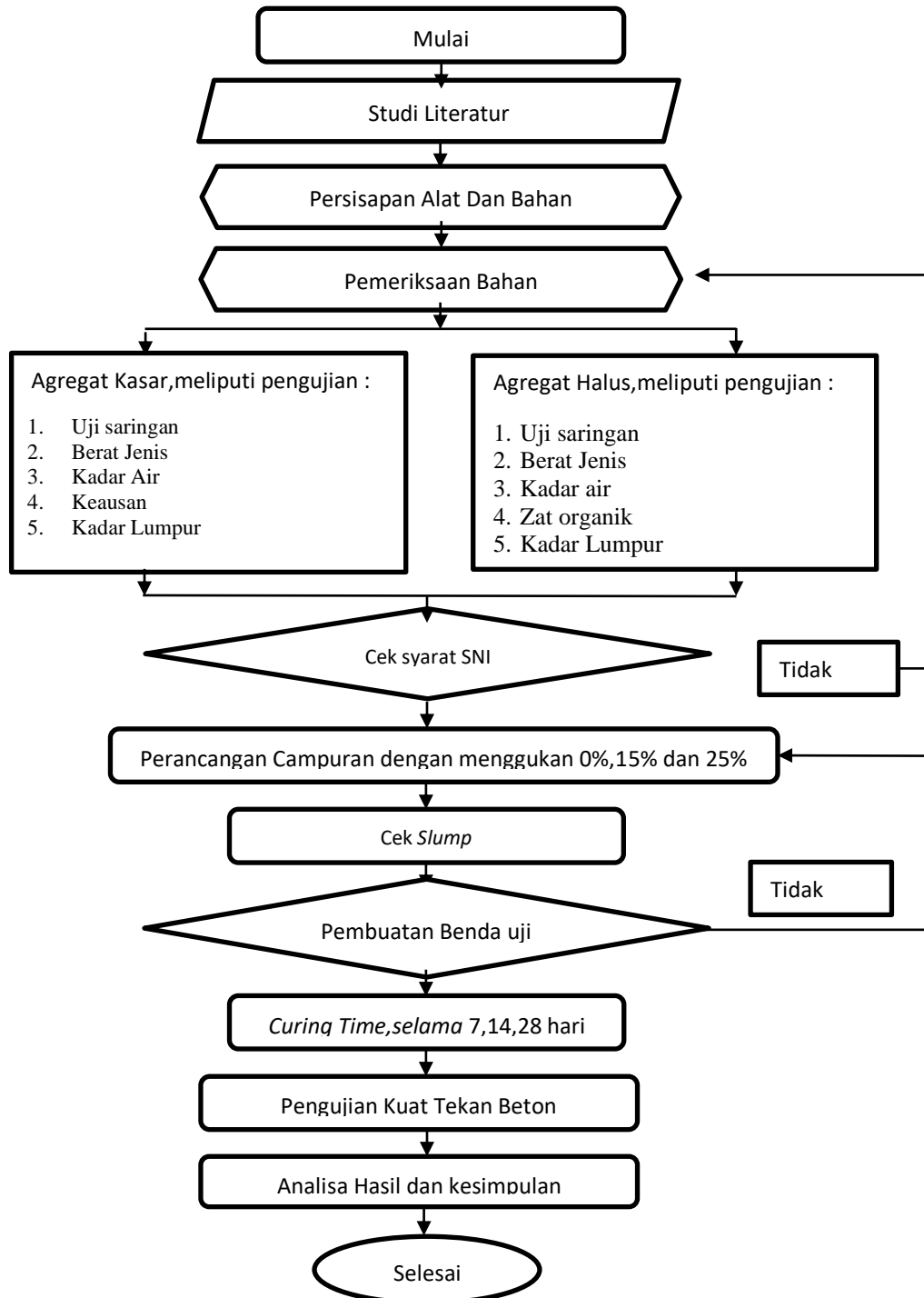
2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan variabel yang digunakan adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu limbah cangkang kerang sebagian substitusi agregat halus/pasir pada komposisi beton. Sementara variabel terikat dalam penelitian ini yaitu beton normal $f_c' 30$ Mpa. Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Krisnadwipayana Jakarta Timur.

Dalam penelitian ini melakukan beberapa serangkaian pengujian baik sifat fisik dan mekanik diantaranya: uji analisa saringan, berat jenis, keausan, kadar lumpur, zat organik dan tes slump. Dalam penelitian ini sampel benda uji yang digunakan adalah sampel beton silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm. Perancangan untuk sampel benda uji campuran beton dan

limbah cangkang kerang menggunakan variasi 0%,15% dan 25% serta di peram selama 7,14,28 hari. Masing-masing presentase tersebut dibuatkan sampel benda uji sebanyak 6 buah dengan pembagian masing-masing umur pengujian benda uji sebanyak 3 buah. Setelah dilakukan pembuatan benda uji dan pemeraman dilakukan pengujian kuat tekan beton untuk mengetahui kekuatan sample beton. kemudian yang terakhir kita membuat analisa hasil dan kesimpulan.

Tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian sebagai berikut :



Gambar 1. Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemeriksaan Bahan

Hasil pengujian bahan material yang meliputi pengujian agregat halus, agregat kasar, kadar air dan bahan pengganti sebagian agregat halus dapat dijelaskan dibawah ini:

3.1.1 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Berikut data pengujian dan hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Data Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian	Satuan (gram)
Berat piknometer	176
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	500
Berat benda uji kering oven (Bk)	490
Berat piknometer diisi air (25°) (B)	667
Piknometer + SSD + Air (Bt)	962,8

Dari data di atas maka di dapat perhitungan bawa ini maka didapat hasil pengujian agregat halus pada Tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian	Rumus	Hasil Percobaan
Berat jenis (Bulk)	$Bk / (B + SSD - Bt)$	2,39
Berat jenis kering permukaan jenuh	$SSD / (B + SSD - Bt)$	2,54
Berat jenis semu (Apparent)	$Bk / (B + Bk - Bt)$	2,52
Penyerapan (Absorption)	$(SSd - Bk) / Bk * 100\%$	2.04%

Hasil dari pengujian berat jenis agregat halus didapatkan nilai berat jenis masing-masing yaitu agregat halus sebesar 2,54 dan nilai penyerapan air pada agregat halus dengan hasil 2,04. Berdasarkan SNI 03-2834-2000 pasir yang digunakan dalam penelitian ini masuk dalam kategori pasir normal karena berat jenisnya diantara 2,5 – 2,7.

3.1.2 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Padat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

Lolos Ayakan	Berat Tertahan	Jumlah Tertahan	Jumlah Presentase		Tertahan Komulatif	
			Tertahan	Lolos		
SNI (mm)	ASTM	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)
9,52	3/8 in	0	0	0,00	100,00	0,00

4,75	NO.4	30	30	3	97	3
2,36	NO.8	70	100	10	90	10
1,18	NO.16	142	242	24,2	75	24,2
0,6	NO.30	128	370	37	63	37
0,3	NO.50	133	503	50,3	49,7	50,3
0,15	NO.100	277	780	78	22	78
0,075	NO.200	220	1000	100	0	0
Jumlah		1000				202,5
Modulus Kehalusan						2.025

Hasil Pengujian modulus Kehalusan = $202.5 / 100 = 2.025$

Spesifikasi SNI-S-04-1989-F nilai modulus agregat halus **1,50-3,80**

Pengujian gradasi agregat halus dilakukan dengan menggunakan standar ukuran 10 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15; pen. Menurut standar SNI S-04-1989-F. Agregat halus untuk bahan menggunakan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi syarat. Hasil dari pengujian gradasi Agregat Halus didapatkan nilai 2.025 sehingga memenuhi syarat SNI-S-04-1989-F yaitu 1,50-3,80.

3.1.3 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur agregat halus yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada pasir tersebut. Dari hasil pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

No	Uraian	Hasil	
1	Cawan	1	2
2	Berat kering sebelum dicuci (A) gram	500	500
3	Berat pasir kering setelah dicuci (B) gram	492,3	491,6
4	Kadar lumpur $((A) - (B) / A) \times 100 \%$	1,54	1,68
Kadar lumpur rata-rata (%)		1,61	
Hasil Pengujian kadar lumpur 1,61%			
Spesifikasi SNI-S-04-1989-F, nilai kadar lumpur maksimum pasir <5% .			

Hasil dari pengujian Kadar Lumpur didapatkan nilai 1,61% sehingga memenuhi syarat SNI-S-04-1989-F yaitu nilai kadar lumpur maksimum pasir <5%.

3.1.4 Pengujian Kadar Organik Agregat Halus

Pengujian kadar organik agregat halus yaitu dengan cara memasukkan pasir kedalam botol duran ditambahkan air yang sudah dicampur dengan senyawa kimia soda api (NaOH) sebesar 3% .



Gambar 2. Pengujian Kadar Organik Agregat Halus

Hasil pengujian kadar organik menunjukkan no. 5 (kuning cerah) pada colour plate, sehingga agregat halus tersebut dapat digunakan.

3.1.5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Menurut Tjokrodinuljo (2010) pada berat jenisnya. Agregat dibagi menjadi 3 jenis yaitu: agregat normal, agregat ringan, dan agregat berat. Dimana agregat normal memiliki berat jenis 2,5 - 2,7 agregat ringan memiliki berat jenis kurang dari 2,0 dan agregat berat memiliki berat jenis lebih dari 2,8. Berikut data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air dari agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 5. Data Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian	Satuan (gram)
Berat piknometer	540
Berat benda uji kering oven (Bk)	4840
Berat benda uji kering - Permukaan jenuh (Bj)	5000
Berat benda uji dalam air (Ba)	2993

Tabel 6. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian	Rumus	Hasil	Satuan
Berat Jenis (Bulk)	$(BK/BJ-BA)$	2,58	Gram
Berat Jenis Permukaan Jenuh	$BJ/(BJ-BA)$	2,61	Gram
Berat Jenis Semu / Apparent (Bj)	$BK/(BK-BA)$	2,65	Gram
Penyerapan	$BJ-BK)X100%/(BK)$	1	%

Dari tabel di atas bisa dilihat bahwa hasil pengujian berat jenis permukaanjenuh (SSD) pada batu split sebesar 2,61 gram, sehingga dapat memenuhi syarat sesuai spesifikasi SNI 03-1969-2008 nilai minimum 2,5%.

3.1.6 Pengujian Keausan Agregat Kasar

Dari data di atas maka di dapat perhitungan bawa ini maka didapat hasil pengujian Keausan Agregat Kasar pada tabel 7 di bawah ini :

Tabel 7.Data Hasil Pengujian Keausan dengan Mesin Los Angeles

Pengujian Abrasi / Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin Los Angeles				
No	Uraian	Satuan	Rumus	Hasil

				Pengujian
1	Berat agregat kasar mula mula (A)	gr	-	10640
2	Berat agregat tertahan no.12 (B)	gr	-	678
3	Nilai Keausan / Abrasi	%	$(A - B) / A * 100\%$	0,93

Hasil pengujian keausan agregat kasar sebesar 0,93%. Spesifikasi SNI 03-2417-2008 nilai maksimal keausan agregat kasar 40%.

3.2 Rencana Campuran Beton (Mix Design Concrete)

Dalam perancangan campuran beton dilakukan berdasarkan SNI 03-2834- 2000 tentang “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”, perancangan campuran beton ini bertujuan untuk mengetahui komposisi atau proporsi dari bahan-bahan untuk penyusunan beton. Pengujian yang dihasilkan untuk diuji pada umur 7, 14 dan 28 hari, adapun hasil mix design yang telah dilakukan untuk satu benda uji silinder 15 cm x 30 cm.

3.3 Hasil Pengujian Slump Beton

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kelecakan atau workability dari campuran beton segar. Percobaan ini dilakukan berdasarkan SNI 1972 -2008. Semakin rendah nilai slump maka akan semakin susah diaduk, dituang, diangkut dan dipadatkan Hasil rata – rata nilai slump untuk 3 variasi yaitu sebesar 110 mm. Hasil rata – rata nilai slump dalam penelitian ini masih berada didalam rencana awal design slump yaitu 60-180 mm. Adapun hasil nilai slump yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 8. Data Hasil Pengujian Slump Benda Uji Beton

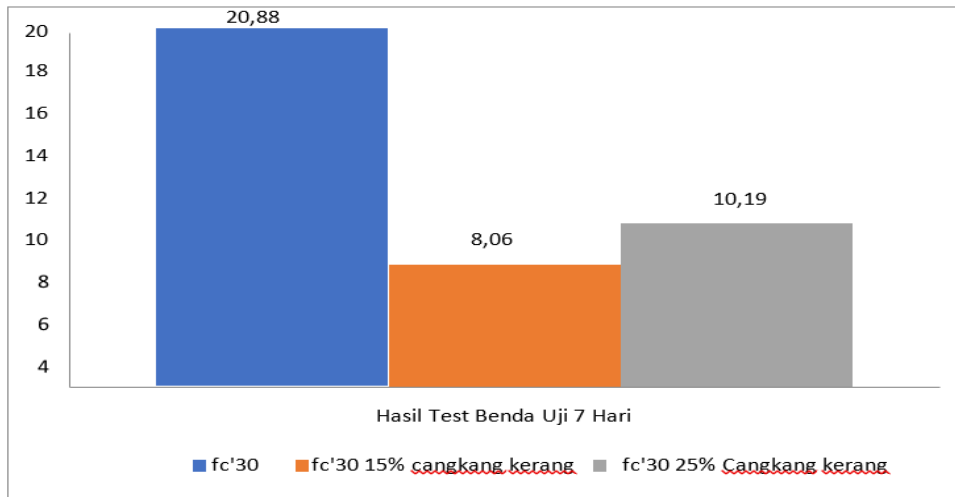
Variasi Campuran	Nilai Slump	Satuan
Beton Normal (fc'30)	9	cm
Beton Variasi 1 limbah cangkang kerang 15% (fc'30)	12	cm
Beton Variasi 2 limbah cangkang kerang 25% (fc'30)	12	cm

Berdasarkan hasil slump test dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan variasi limbah cangkang kerang semakin meningkat nilai slump.

3.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji diumur 7 hari dengan menggunakan alat uji tekan beton (*Compression Testing Machine*) dengan pembacaan pada alat menggunakan satuan kN dan tampilan digital. Diketahui pada umur 7 hari kuat tekan beton normal yaitu mencapai 20,88 MPa, pada variasi 15% mencapai 8,06 MPa, pada variasi 25% mencapai 10,19 MPa. Dalam hal ini dapat dilihat kuat tekan beton umur 7 hari mengalami penurunan di setiap variasi.

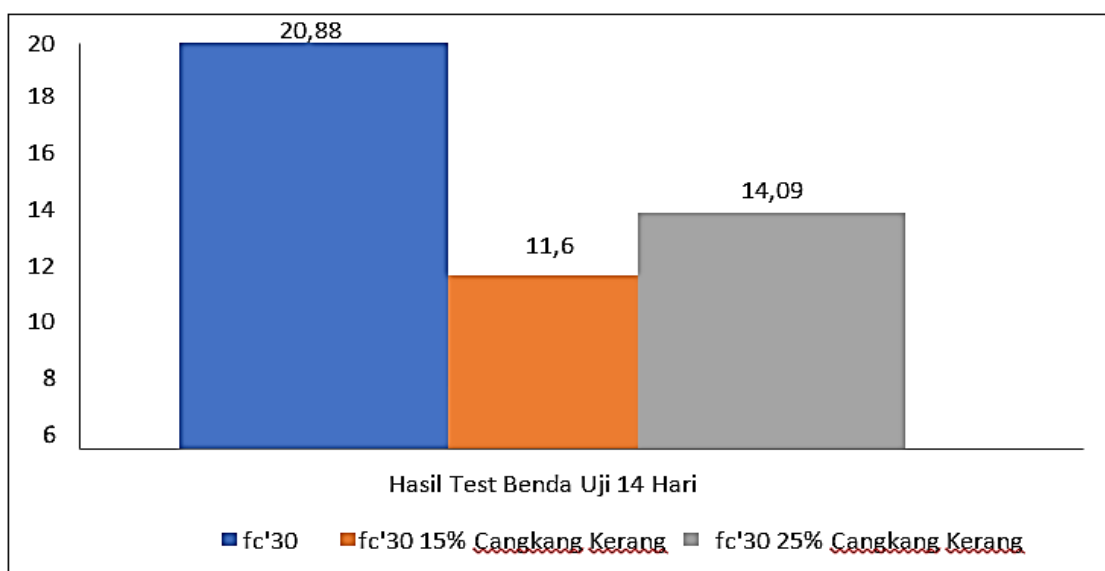
Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji diumur 7 hari dengan menggunakan alat uji tekan beton (*Compression Testing Machine*) dengan pembacaan pada alat menggunakan satuan kN dan tampilan digital. Hasil Pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. Diagram Hasil Test Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji diumur 14 hari dengan menggunakan alat uji tekan beton (*Compression Testing Machine*) dengan pembacaan pada alat menggunakan satuan kN dan tampilan digital. Diketahui pada umur 14 hari kuat tekan beton normal yaitu mencapai 20.88 MPa, pada variasi 15% mencapai 11,6 MPa, pada variasi 25% mencapai 14,09 MPa, Dalam hal ini dapat dilihat kuat tekan beton umur 14 hari mengalami penurunan di setiap variasi.

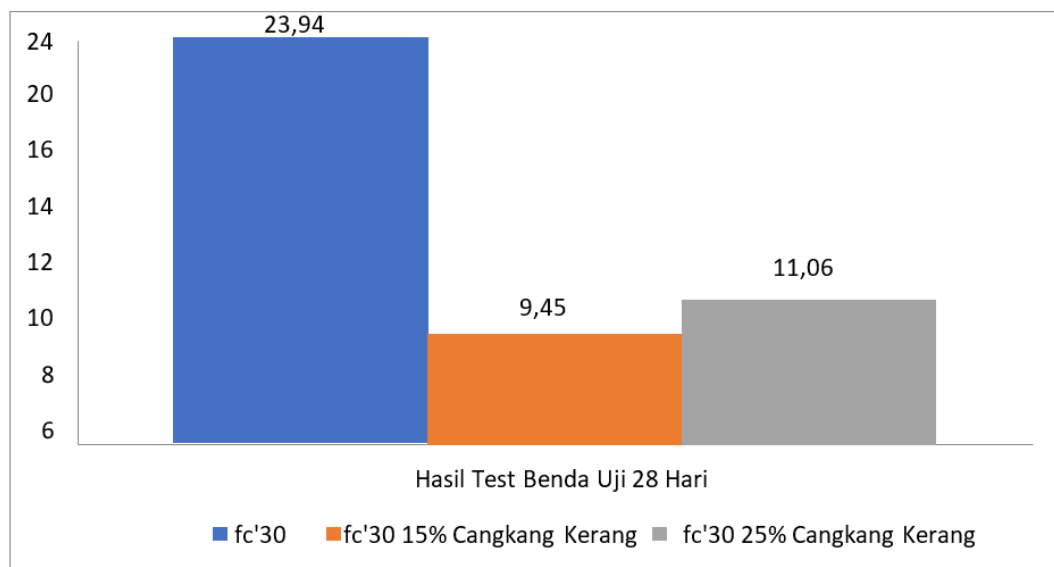
Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji diumur 14 hari dengan menggunakan alat uji tekan beton (*Compression Testing Machine*) dengan pembacaan pada alat menggunakan satuan kN dan tampilan digital. Hasil Pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. Diagram Hasil Test Kuat Tekan Beton Pada Umur 14 Hari

Penujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji diumur 28 hari dengan menggunakan alat uji tekan beton (*Compression Testing Machine*) dengan pembacaan pada alat menggunakan satuan kN dan tampilan digital. Diketahui pada umur 28 hari kuat tekan beton normal yaitu mencapai 23.94 MPa, pada variasi 15% mencapai 9,45 MPa, pada variasi 25% mencapai 11,06 MPa, Dalam hal ini dapat dilihat kuat tekan beton umur 28 hari mengalami penurunan di setiap variasi.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji diumur 28 hari dengan menggunakan alat uji tekan beton (*Compression Testing Machine*) dengan pembacaan pada alat menggunakan satuan kN dan tampilan digital. Hasil Pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 5. Diagram Hasil Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Krisnadwipayana dan pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :1) Nilai kuat tekan beton yang optimum didapat pada variasi campuran 25% dengan nilai kuat tekan pada umur 14 hari sebesar 14,09 Mpa, 2) Semakin banyak penambahan variasi limbah cangkang kerang semakin meningkat nilai slump dari 9 cm menjadi 12 cm, 3) Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan limbah cangkang kerang sebagai substitusi agregat halus hasilnya belum bisa digunakan karena kuat tekan yang dihasilkan masih di bawah beton rencana fc'30 dan tidak memenuhi persyaratan Standard SNI 7656:2012.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Syahrani, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang dan Limbah Kaca Sebagai Bahan Alternatif Substitusi Parsial Semen Untuk Campuran Beton," Jurnal Teknik Sipil Universitas Tanjungpura, vol. 17, 2017.
- [2] S. Latjemma and S. Tahir, "Studi Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang sebagai Agregat Kasar pada Beton Norma," Simo Engineering, vol. 4, 2020.

- [3] R. Karimah, Y. Rusdianto, and D. P. Susanti, "Pemanfaatan Serbuk Kulit Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap," *JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN*, vol. 6, pp. 17–21, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun>
- [4] P. Safrin Zuraidah, L. S. Ode Adi, and B. Hastono, "Limbah Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Betonn," *Fakultas Teknik Universitas Dr. Soetomo*, pp. 117–124, Jun. 2015.
- [5] E. Mina, R. I. Kusuma, and Z. I. Sausan, "Pemanfaatan Semen Slag Sebagai Campuran Stabilisasi Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Nilai CBR Terendam (Soaked California Bearing Ratio) (Studi Kasus: Jalan Raya Munjul Desa Pasir Tenjo Kabupaten Pandeglang, Banten)," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 28, no. 3, pp. 261–268, Jan. 2022, doi: 10.5614/jts.2021.28.3.3.
- [6] M. H. Arbi, "Pengaruh Substitusi Cangkang Kerang dengan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton," *Lentera*, vol. 15, no. 15, 2015.
- [7] L. Flaviana Tilik, F. Firdausa, M. Rifqi Agusri, P. Hartoyo Jurusan Teknik Sipil, and P. Negeri Sriwijaya, "Pengaruh Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dengan Bahan Tambah Superplasticizer Pada Kuat Tekan Beton," *Jurnal Deformasi*, vol. 6, no. 2, pp. 2621–7929, 2021.
- [8] Mildawati (2019). Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Cangkang Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Uji Kuat Tekan Beton . 4(2), 234–255.
- [9] Rofiqatul Karimah (2022). Penambahan Campuran Kulit Kerang Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton. 2(2), 333–354.
- [10] SNI 03-2834-2000. (n.d.). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
- [11] SNI 1974:2011. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder.
- [12] SNI 7656:2012. (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa.
- [13] SNI 03-6820-2002, Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan Dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen.
- [14] SNI 03-2847-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
- [15] SNI 7656:2012, Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa.
- [16] SNI 2847:2013, Persyaratan Beton Structural Untuk Bangunan Gedung.
- [17] SNI 0302:2014, Semen Portland Pozzoland.
- [18] SNI 7064:2014, Semen Portland Komposit.
- [19] Tjokrodinuljo, K., 1992, *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.