

Pemanfaatan Tumbukan Cangkang Kerang sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar pada Campuran Beton

Fetty Febriasti Bahar¹, M. Nuklirullah², Khansa Najla Tamimah³

^{1,2}Dosen Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

³ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

Email: fetty.febriasti@unja.ac.id

Diterima redaksi: 4 September 2022 | Selesai revisi: 30 Oktober 2022 | Diterbitkan *online*: 31 Oktober 2022

ABSTRAK

Cangkang kerang dapat bernilai tambah melalui penggunaan cangkang kerang lokan sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada campuran beton. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sifat cangkang yang digunakan, menentukan nilai *workability* dari campuran cangkang, dan untuk mengetahui nilai kuat tekan dengan campuran tumbukan cangkang lokan. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah umur benda uji 28 hari dihitung dari hari pembuatan benda uji tersebut, dari hasil studi dengan mengetahui hasil *workability* dan hasil kuat tekan dapat dirangkum tentang pengaruh tumbukan cangkang kerang berjenis lokan pada kuat tekan beton dengan cara membandingkan beton biasa (normal) dengan beton yang menggunakan cangkang lokan sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% pada pengganti agregat kasar. Hasil dari penelitian yang dilakukan dapat menunjukkan bahwa, 1) pada karakteristik cangkang kerang yang telah diteliti telah memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton, 2) cangkang kerang lokan yang dipakai sebagai pengganti agregat kasar mengalami kenaikan nilai slump seiring dengan bertambahnya variasi cangkang kerang pada campuran beton, dan 3) pada uji kuat tekan yang dilakukan pada variasi 10% tidak terjadi penurunan nilai.

Kata kunci: Cangkang Kerang Lokan, Beton, *Workability*, Nilai Kuat Tekan.

ABSTRACT

Shells can be added value through the use of shells as a substitute for coarse total within the concrete blend. The reason of this think about was to decide the properties of the shell utilized, to determine the workability of using a mixture of shell collisions, and to decide the compressive quality of concrete employing a blend of shell collisions. The compressive quality test of concrete out after the examples are 28 days ancient, calculated from the day of manufacture, from the results of the research by knowing the results of work and strong results, the conclusion of the texts is obtained from the impact effect of shell shells of the type of twists on the compressive quality of concrete by comparing concrete normal with concrete using 0%, 10%, 20%, 30%, and 40% lokan shells as a rough substitute. The results by the research conducted is, 1) the characteristics of the shells that have been studied have met the requirements as a concrete mixture, 2) the shells of Lokan shells used as a halfway substitution for coarse total in this study experienced an increase in the slump value along with the increase in shell variations. shells in the concrete mixture, and 3) the compressive quality test carried out at a variety of 10% did not decrease in value.

Keywords: Lokan Clam Shell, Concrete, *Workability*, Compressive Strength Value.



1. Pendahuluan

Pembangunan akan terus menerus berkembang begitu juga dengan kebutuhan pembangunan salah satunya adalah beton, untuk dimasa yang akan datang kebutuhan beton akan berkembang dikarenakan beton banyak digunakan dalam dunia konstruksi pembangunan karena dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan, untuk bahan material yang digunakan dalam pembuatan beton yaitu batu pecah, air, pasir, semen dan air yang bahannya tidak sulit ditemukan, perawatan pada beton juga tidak menggunakan banyak biaya, tahan panas dan memiliki kuat tekan yang tinggi [1].

Kerang loka merupakan kerang yang hidup di perairan, kerang ini memiliki ciri-ciri berbentuk sedikit pipih dan membulat, sedikit menggelembung, tebal, mengkilat berwarna kehijauan seawaktu muda dan coklat kehitaman pada kerang dewasa [2]. Cangkang umumnya digunakan sebagai bahan buat menciptakan kerajinan, dekorasi ruangan, selain itu cangkang kerang juga digunakan sebagai bahan pakan ternak [3]. Untuk menambah nilai manfaat cangkang kerang maka dilakukanlah pemakaian cangkang kerang loka sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton [4].

Penggunaan limbah kulit kerang dara sebagai agregat kasar pada beton, untuk kuat tekan rencana sebesar 25 Mpa dengan hasil beton normal sebesar 32,39 Mpa dan hasil kuat tekan dengan presentase pengganti agregat kasar menggunakan cangkang kerang sebanyak 38,45% dengan perlakuan menghasilkan sebesar 27,21 Mpa [5]. Penelitian lain yang menggunakan cangkang kerang laut berjenis kerang dara dan lambis lambis terhadap kuat tekan beton terjadi peningkatan pada presentase 15% dengan kuat tekan 294,81 Kg/Cm² terjadi kenaikan yang beton normal kuat tekannya sebesar 259 Kg/Cm² dengan kuat tekan rencana sebesar K-225 [6]. Dalam penelitian lain, menjelaskan bahwa menggunakan cangkang kerang berjenis loka sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton mendapatkan nilai tertinggi pada presentase campuran 25% dimana kuat tekan yang dihasilkan sebesar 25,670 Mpa sedangkan kuat tekan beton tanpa penambahan 22,900Mpa dibanding kuat tekan rencana 20Mpa [7].

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai dari *workability* dalam penggunaan pencampuran efek tumbukan cangkang kerang, mengetahui ciri-ciri cangkang kerang, dan nilai kuat tekan yang akan diuji dengan tipe cangkang kerang loka.

2. Tinjauan Pustaka

Beton sebagai isian komponen yang bermacam-macam dari semen portland, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Rasio pencampuran, metode pencampuran, metode mengangkut, metode mencetak, metode memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat fisik [8]. Agregat itu bahan berbutir, seperti pasir, batu pecah, kerikil yang dicampurkan sebagai perekat untuk menghasilkan beton mortar [8].

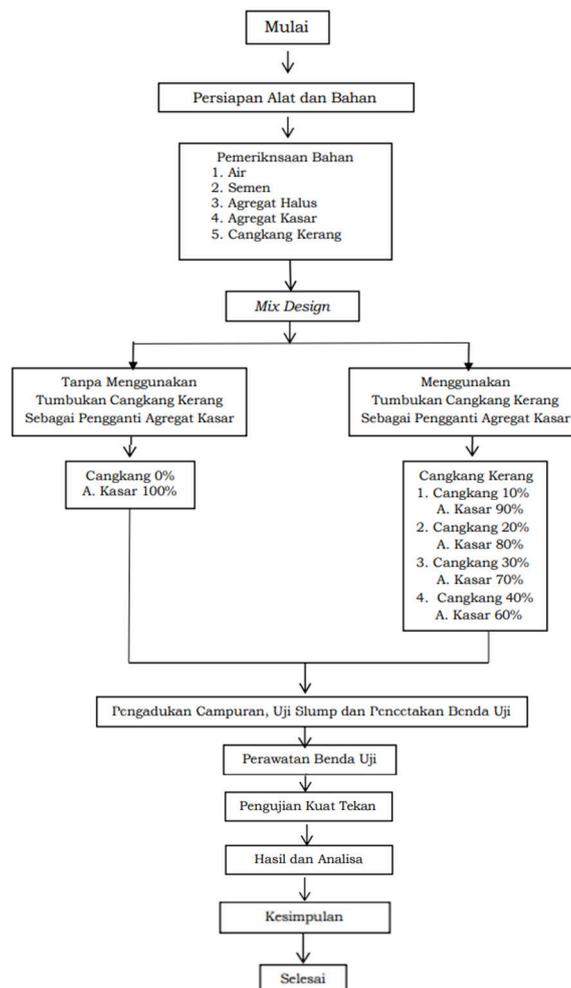
Penggunaan air yang dipakai saat pengadukan beton harus lolos dari syarat : 1) air yang dipakai dalam pencampuran beton harus lolos dari bahan yang mengandung minyak, alkali, garam, bahan organik atau bahan lain yang merugikan beton ataupun tulangan, 2) air tidak boleh ada zat ion klorida dalam pencampur pembuatan beton dan 3) air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan dalam pembuatan beton, [8].

Menurut penelitian sebelumnya telah dilakukan dengan menggunakan jenis kerang dara, untuk jenis kerang yang digunakan saat ini adalah jenis kerang loka sebagai pengganti [9]. Sebagian agregat kasar dan untuk menjadi suatu perbandingan antara jenis cangkang kerang yang digunakan saat ini dengan jenis cangkang kerang yang digunakan pada penelitian terdahulu. Cangkang kerang mengandung bahan kimia pozzolan, yang mengandung senyawa kimia dari alumina, zat kapur yang bisa digunakan sebagai bahan baku beton alternatif yang dapat mengurangi dampak negatif dari beton seperti pencemaran lingkungan dan bisa memberikan nilai guna dalam dunia konstruksi [10]. Dalam proses penyusunan rencana campuran beton pada umumnya dibutuhkan hasil data uji berupa berat kering agregat kasar dan halus, berat jenis agregat, kadar air agregat, penyerapan agregat, gradasi agregat, modulus kehalusan agregat, dan berat jenis semen yang digunakan [8]. *Workability* dapat didefinisikan sebagai cara mudah dimana beton dapat dibuat, dipindahkan, dan dipadatkan [11].

3. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan yaitu metode penelitian eksperimen. Pengujian ini dilaksanakan dilokasi Labolatorium Balai Penelitian UPTD Pasir Putih Dinas Pekerjaan Umum. Variable bebas yang digunakan adalah penggunaan cangkang kerang sebagai pengganti agregat kasar. Variabel terikat adalah pengujian kuat tekan dan *workability*. Bahan yang disiapkan dalam penelitian ini adalah semen padang 50kg, agregat halus dan kasar yang, air yang digunakan adalah air PDAM, dan cangkang kerang ini diperoleh dari Kab. Kerinci, Prov. Jambi. Penelitian ini dilakukan pengumpulan data primer yang diperoleh dengan dengan metode pengamatan berupa percobaan uji labroatorium, meliputi uji analisis saringan, uji kadar air agregat, berat jenis dan penyerapan agregat, uji berat isi, uji kadar lumpur, uji *workability* beton, dan uji kuat tekan beton. Adapun analisis data yang

dilakukan antara lain melalui analisis uji agregat halus, analisis uji agregat kasar, analisis uji cangkang kerang. Tahap selanjutnya adalah melakukan proses pembuatan desain campuran beton dimana ditentukan *workability*, kuat tekan beton rencana dan dan didapatkan proporsi bahan yang digunakan dari hasil campuran beton. *Workability* dilihat saat benda uji akan dicetak. Uji kuat tekan dilakukan setelah umur 28 hari yang dihitung dari hari produksi benda uji tersebut, dari hasil kontrol *workability* dan pengujian kuat tekan, yang darinys dapat disimpulkan bagaimana pengaruh efek cangkang kerang pada kuat tekan beton. Hasil kuat tekan beton didapat dengan membandungkan beton biasa dengan beton menggunakan campuran cangkang kerang berjenis lokan sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Tahapan ini terdapat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian

Sumber: Data olahan, 2022

4. Analisis dan Pembahasan

Pada penelitian ini penelitian menggunakan data primer yang berupa hasil dari masing-masing material

yang telah diuji dilaboratorium sesuai dengan jenis materialnya dapat dilihat pada **Tabel 1**, **Tabel 2**, dan **Tabel 3**.

4.1 Uji Agregat Halus

Tabel 1. Hasil Dari Uji Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil	Memenuhi
1	Pengujian Analisis Saringan	2,78	√
2	Pengujian Berat isi	1,54 kg/liter	√
3	Pengujian Berat Jenis	2,27 %	√
4	Pengujian Kadar Lumpur	4,45 %	√
5	Pengujian Kadar Air	25 %	√

Sumber: Data olahan, 2022

4.2 Uji Agregat Kasar

Tabel 2. Hasil Dari Uji Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil	Memenuhi
1	Pengujian Analisis Saringan	7,57	√
2	Pengujian Berat isi	1,32 kg/liter	√
3	Pengujian Berat Jenis	1,84 %	√
4	Pengujian Kadar Lumpur	0,65 %	√
5	Pengujian Kadar Air	1,95 %	√
6	Pengujian Abrasi	18,34 %	√

Sumber: Data olahan, 2022

4.3 Uji Cangkang Kerang

Tabel 3. Hasil Dari Uji Cangkang Kerang

No	Jenis Pengujian	Hasil	Memenuhi
1	Pengujian Analisis Saringan	7,78	√
2	Pengujian Berat isi	1,24 kg/liter	√
3	Pengujian Berat Jenis	0,74 %	√
4	Pengujian Kadar Lumpur	0,06 %	√
5	Pengujian Kadar Air	0,23 %	√
6	Pengujian Abrasi	21,31 %	√

Sumber: Data olahan, 2022

4.4 Perencanaan Campuran Beton

Perhitungan campuran beton dengan SNI 7656-2012 adalah prosedur pencampuran untuk beton normal. Dalam penelitian ini dilakukan

perencanaan dengan mutu f_c 20 Mpa. Untuk hasil perhitungan perencanaan dapat dilihat pada **Tabel 4**. berikut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Mix Design per 1 silinder

Variasi (%)	Air (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Semen (Kg)	Tumbukan Cangkang Kerang (Kg)
0	3,498	13,389	14,088	6,885	0
10	3,498	13,389	12,678	6,885	1,41
20	3,498	13,389	12,225	6,885	1,86
30	3,498	13,389	9,861	6,885	4,22
40	3,498	13,389	6,451	6,885	5,63

Sumber: Data olahan, 2022

4.5 Nilai Slump dan *Workability*

Hasil pengujian slump dilakukan untuk mengetahui kemudahan kerja (*workability*), pada saat merancang *workability* dapat dilihat dari nilai slump yang diperoleh,

slump yang direncanakan adalah 75mm sampai 100mm. Pada **Tabel 5.** dapat dilihat hasil pengujian pencampuran dan pencetakan beton.

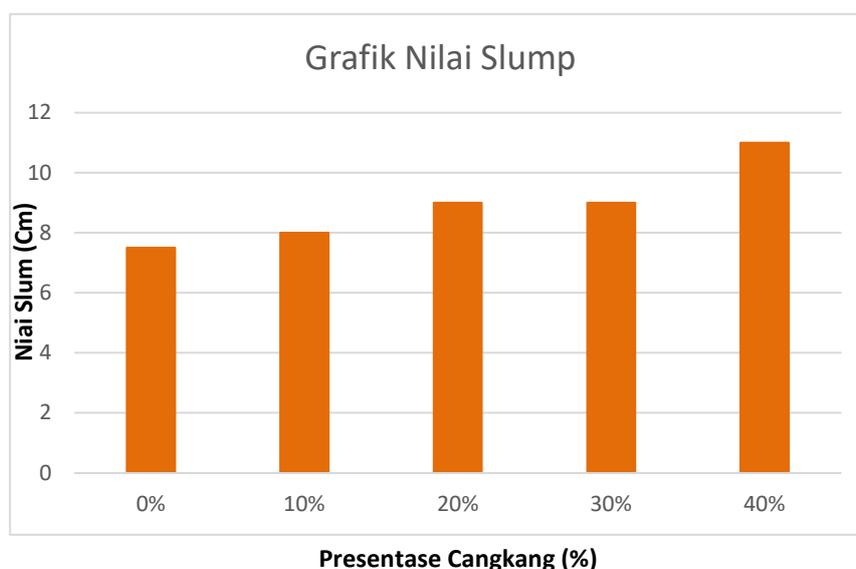
Tabel 5. Hasil Pengujian Slump

No	Variasi Campuran	Hasil Uji Slump (cm)
1	0%	7,5
2	10%	8
3	20%	9
4	30%	9
5	40%	11

Sumber: Data olahan, 2022

Berdasarkan pengujian slump yang dilakukan, terlihat terjadinya kenaikan slump pada beton, semakin tinggi presentase cangkang kerang yang digunakan dalam beton, semakin tinggi pula nilai slump yang akan didapat. Kenaikan pada nilai slump

beton terjadi dikarenakan sedikitnya penyerapan cangkang kerang, kadar air yang begitu rendah. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik yang menunjukkan rentang nilai yang didapatkan dari hasil uji slump pada **Gambar 2.** Berikut.

**Gambar 2.** Grafik Nilai Slump

Sumber: Data olahan, 2022

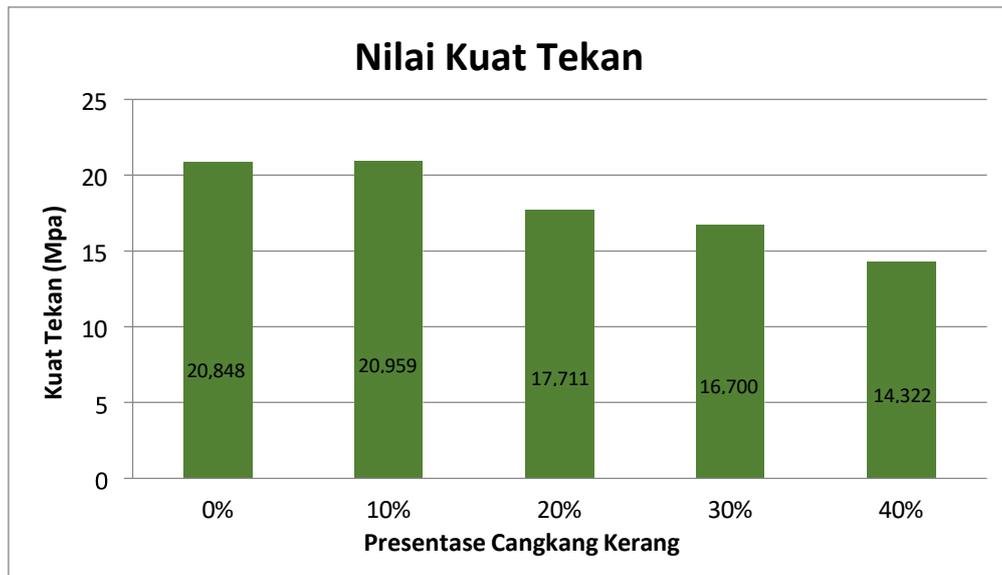
4.6 Pengujian Kuat Tekan

Uji kuat tekan beton dilakukan saat umur beton 28 hari. Pada penelien dapat dilihat pada **Tabel 6.** berikut.

Tabel 6. Hasil Uji Kuat Tekan

Benda Uji	Umur Pengujian	Pembacaan Alat (Kn)	Luas Penampang (m^2)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata
Tumbukan Kerang (0%)	28 Hari	360,025	17,68	20,373	20,848
		371,641	17,68	21,030	
		373,257	17,68	21,121	
		372,030	17,68	21,052	
		365,167	17,68	20,664	
Tumbukan Kerang (10%)	28 Hari	358,826	17,68	20,405	20,959
		370,424	17,68	20,961	
		379,092	17,68	21,452	
		370,831	17,68	20,984	
		371,002	17,68	20,994	
Tumbukan Kerang (20%)	28 Hari	310,300	17,68	17,559	17,711
		297,605	17,68	16,840	
		325,233	17,68	18,404	
		300,941	17,68	17,029	
		332,032	17,68	18,789	
Tumbukan Kerang (30%)	28 Hari	298,603	17,68	16,897	16,700
		298,513	17,68	16,892	
		294,901	17,68	16,687	
		290,334	17,68	16,461	
		292,703	17,68	16,563	
Tumbukan Kerang (40%)	28 Hari	260,869	17,68	14,762	14,322
		238,376	17,68	13,489	
		265,982	17,68	15,051	
		254,967	17,68	14,428	
		245,307	17,68	13,881	

Sumber: Data olahan, 2022



Gambar 3. Nilai Kuat Tekan

Sumber: Data olahan, 2022

Meningkatnya variasi kuat tekan pada penambahan 10% cangkang kerang tersebut diamati dikarenakan ditambahkannya campuran cangkang kerang lokan berpengaruh terhadap kuat tekan dengan kenaikan sebesar 0,111% lebih tinggi dari beton normal. Kekuatan tekan meningkat disebabkan oleh beberapa faktor gradasi yg bervariasi pada cangkang kerang. Semakin beragam gradasi yang ada pada campuran beton maka akan membuat struktur didalam beton semakin padat dan terjadi peningkatan kuat tekan. Kenaikan kuat tekan tersebut didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Neti [6], dimana pada variasi penambahan 15% cangkang kerang (kerang dara+kerang lambis) sebagai pengganti agregat kasar didapatkan kenaikan nilai kuat tekan yaitu sebesar 294,81 Kg/cm².

Pada variasi 20%, 30%, dan 40% mengalami kenaikan nilai kuat tekan seiring meningkatnya variasi cangkang kerang. Kenaikan nilai kuat tekan diduga terjadi dikarenakan kadar air cangkang kerang yang lebih sedikit dibanding agregat kasar serta perbedaan nilai keausan cangkang kerang yang lebih besar yaitu sebesar 21,31% dibandingkan dengan nilai keausan agregat kasar yaitu sebesar 18,34% sehingga berpengaruh didalam campuran beton yang mengakibatkan perbedaan kekuatan agregat

[10]. Hal ini juga didukung dengan SK SNI S-04-1989-F yang dimana dijelaskan bahwa agregat kasar harus terdiri dari butiran keras dan tidak berpori [11]. Agregat butiran seragam dapat digunakan jika jumlah butiran pipih tidak melampaui 20% dari total berat agregat. Butir-butir agregat kasar harus bersifat tahan lama [12].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wawarisa [13], dimana pada variasi cangkang kerang dara dengan penggunaan 20%, 50% dan 80% terjadi penurunan pada beton normal, namun pada variasi 20% telah memenuhi kuat tekan rencana. Hal ini dijelaskan bahwa terjadinya perbedaan pada kuat tekan dipengaruhi oleh kandungan cangkang dalam campuran beton dan presentase yang digunakan.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan berdasarkan penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa penggunaan cangkang kerang secara karakteristik fisik ternyata mempengaruhi hasil kuat tekan hal ini tergantung pada jenis cangkang kerang dan komposisi tambahan yang digunakan pada pembuatan beton, cangkang kerang yang digunakan sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada beton terdapat perbedaan pada hasil kuat tekan baik terjadi kenaikan maupun terjadi penurunan, berdasarkan hal tersebut untuk

penggunaan cangkang kerang sebagai pengganti agregat kasar memiliki kadar optimum untuk mendapatkan kenaikan kekuatan beton dan untuk penelitian yang dilakukan saat ini variasi optimal yang digunakan sebanyak 10% cangkang kerang dibandingkan dengan variasi penambahan lainnya.

Menurut SNI 2847-2013 nilai kuat tekan yang digunakan untuk beton struktural yang direncanakan sesuai dengan aturan dalam standar kuat tekan beton tidak boleh kurang dari pada 17Mpa, sehingga beton pada variasi penggunaan 0%, 10% dan 20% cangkang kerang sebagai pengganti agregat kasar dapat digunakan untuk beton struktural, karena nilai kuat tekan beton yang dihasilkan pada variasi tersebut telah memenuhi yaitu lebih besar dari 17 Mpa [15].

4. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada karakteristik cangkang kerang yang telah diteliti telah memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton, namun untuk nilai dari hasil pengujian cangkang kerang berbeda dengan hasil pengujian agregat kasar, seperti keausan pada agregat kasar sebesar 18,34% lebih kecil dibandingkan dengan keausan cangkang kerang sebesar 21,31%. Untuk jenis cangkang kerang yang digunakan adalah cangkang kerang lokan.
2. Dalam penelitian ini, jumlah cangkang kerang yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar dapat meningkatkan nilai slump seiring dengan bertambahnya variasi cangkang kerang pada campuran beton. Dengan nilai slump pada beton normal yaitu 7,5 cm, untuk variasi 10%,20%,30% dan 40% penambahan cangkang kerang didapatkan nilai slump tiap variasi yaitu 8 cm, 9 cm, 9 cm, 11 cm. Hal dapat disimpulkan bahwa untk nilai slump pada penelitian ini telah mencapai nilai slump rencana pada presentase 0%,10%, 20% dan 30%.
3. Berdasarkan hasil uji kuat tekan yang didapat pada nilai kuat tekan beton normal sebesar 20,848 Mpa, untuk penambahan cangkang kerang pada sebagian agregat kasar pada variasi 10%, 20%,30% dan 40% yaitu sebesar 20,959 Mpa, 17,711 Mpa,

16,700 Mpa dan 14,322 Mpa. Pada uji kuat tekan yang dilakukan pada variasi 10% tidak terjadi penurunan nilai, untuk variasi cangkang kerang sebanyak 20%, 30% dan 40% telah terjadi penurunan kuat tekan seiring dengan bertambahnya variasi cangkang kerang.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, ada beberapa saran yaitu:

1. Pemakaian cangkang kerang disarankan digunakan dengan nilai presentase sebesar 10% sebagai pengganti sebagian agregat kasar.
2. Diatas presentase 10% tidak disarankan untuk digunakan sebagai bahan bangunan pengganti agregat kasar, dikarenakan akan mengakibatkan penurunan kuat tekan.
4. Apabila ingin melakukan penelitian cangkang kerang sebagai pengganti agregat kasar akan lebih baik jika menggunakan variasi campuran rentang dari nilai 10% dikarenakan pada penelitian ini yang memenuhi kuat tekan adalah variasi 10%.
5. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan penambahan zat adiktif pada campuran beton.
6. Peneliti selanjutnya perlu dilakukan pada konsentrasi kimia terhadap cangkang kerang untuk mengetahui pengaruh kuat tekan beton yang dihasilkan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Syahrani D. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang (Kepah) Dan Limbah Kaca Sebagai Bahan Alternatif Substitusi Parsial Semen Untuk Campuran Beton. *J Tek Sipil*. 2017;17(2).
- [2] Karim RR. Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Kulit Telur Ayam Sebagai Pereduksi Semen Dan Nano Silika Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Mutu Tinggi. *Institut Teknologi Indonesia*; 2021.
- [3] Vilpa A. Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada Batako. *Universitas Islam Riau*; 2021.
- [4] Witri AP. Pemanfaatan Limbah Abu

- Cangkang Kerang Dan Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Substitusi Semen Pada Pencampuran Beton. *Abstr Undergrad Res Fac Civ Plan Eng Bung Hatta Univ.* 2022;1(1):1–2.
- [5] Samsurizal E, Supriyadi A. Pengaruh Tambahan Cangkang Kerang Terhadap Kuat Beton. *JeLAST J PWK, Laut, Sipil, Tambang.* 2016;2(2).
- [6] Rahmawati N, Lakawa I, Sulaiman S. Pengaruh Cangkang Kerang Laut Terhadap Kuat Tekan Beton. *Sultra Civ Eng J.* 2021;2(1):46–54.
- [7] Ryansyah MA. Perbandingan Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Cangkang Kerang Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Beton Normal Dengan Perlakuan Awal. *Politeknik Negeri Sriwijaya;* 2014.
- [8] SNI. Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. 2022.
- [9] Sulaiman AR. Penggunaan Agregat Karakteristik Dua Lokasi Berbeda Pada Campuran Aspal Beton AC-WC. *J Sipil Sains Terap.* 2021;4(01).
- [10] Annur H. Studi Penggunaan Cangkang Kerang Laut Sebagai Bahan Penambah Agregat Kasar Pada Campuran Beton. *Jur Tek Sipil Fak Tek Univ Khairun Ternate, Ternate.* 2013;
- [11] Hastono KB. Limbah cangkang kerang sebagai substitusi agregat kasar pada campuran beton.
- [12] Mulyono T. *Teknologi Beton.* Yogyakarta: Andi Offset; 2003.
- [13] Fistcar WA, Utami SRL, Fitriyanti A. Pemanfaatan Limbah Kerang Darah Sebagai Material Buatan Agregat Kasar Berdasarkan Nilai Kuat Tekan. *Prokons J Tek Sipil.* 2021;15(2):27–33.
- [14] Arbi MH. Pengaruh Substitusi Cangkang Kerang dengan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Lentera J Ilm Sains dan Teknol.* 2015;147421.
- [15] Yamin HRA, Vaza H, Sihotang R. Penggunaan Agregat Lokal Substandar Di Kabupaten Talaud Sebagai Lapis Fondasi Jalan Ruas Beo-Esang. *J HPJI (Himpunan Pengemb Jalan Indones.* 2015;1(2).