

Beton Ringan Dari Limbah Cangkang Pala Kabupaten Fakfak

Nur Aisna

Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Fakfak

Della Ardilla M. Syarif

Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Fakfak

Rosna

Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Fakfak

Budiman

Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Fakfak

Alamat: Jl. Imam Bonjol Atas, Kabupaten Fakfak, Provinsi Papua Barat

Korespondensi penulis: nuraisna2004@gmail.com

Abstract. *Technology in the field of building construction is experiencing rapid development, so a construction technology is needed that can overcome the reduction of natural exploitation. By using nutmeg shells as an alternative new material. This research aims to identify the characteristics of aggregate as a constituent material for concrete and determine the compressive strength value of concrete. The method used is the DOE (Department of Environment) method with laboratory experimental research with a replacement material percentage of 2.5%, 5% and 7.5% for coarse sand aggregate. The results of the research show that using nutmeg shells in the concrete mixture affects the characteristic compressive strength values of the concrete. Where the characteristic compressive strength value at 7 days was obtained at 55.69 kg/cm² for normal concrete, while the compressive strength value for concrete after using nutmeg shells of 2.5%, 5% and 7.5% was respectively obtained at 263.56 kg/cm², 234.26 kg/cm² and 280.14. These values meet the planned mix design value, namely 175 kg/m³ or K-175.*

Keywords: *Lightweight concrete, Nutmeg shells, Compressive Strength (f_c').*

Abstrak. Teknologi dibidang konstruksi bangunan mengalami perkembangan pesat, Sehingga diperlukan suatu teknologi konstruksi yang dapat mengatasi dalam mengurangi eksploitasi alam. Dengan memanfaatkan cangkang pala sebagai alternatif material baru. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi karakteristik agregat sebagai bahan penyusun beton dan menentukan nilai kuat tekan beton. Metode yang digunakan yaitu metode DOE (Departement Of Environment) dengan jenis penelitian eksperimen laboratorium dengan persentasi bahan pengganti 2,5%, 5% dan 7,5% terhadap agregat pasir kasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan penggunaan cangkang pala pada campuran beton mempengaruhi nilai kuat tekan karakteristik beton. Dimana nilai kuat tekan beton setelah dilakukan penggunaan cangkang pala 2,5%, 5% dan 7,5% masing-masing diperoleh 263,56 kg/cm², 234,26 kg/cm² dan 280,14 Nilai tersebut memenuhi nilai mix design rencana yaitu 175 kg/m³ atau K-175.

Kata kunci: Beton Ringan, Cangkang Pala, Kuat Tekan Beton.

LATAR BELAKANG

Penggunaan beton sebagai bahan bangunan telah sangat populer di Indonesia karena bisa memanfaatkan bahan – bahan lokal seperti pasir, batu belah, semen dan air yang mudah diperoleh dengan harga yang relatif murah. Namun terkadang pada daerah tertentu sangat terbatas untuk mendapatkan agregat, khususnya Agregat kasar dan Agregat halus sebagai bahan utama dalam pembuatan beton.

Keterbatasan sumber daya alam dalam menyediakan material pembentuk beton merupakan persoalan yang sangat penting (Jusmawandi & Imran, 2023). Keberadaan Kota Fakfak sebagai daerah yang memiliki hasil pertanian yang melimpah memiliki potensi dalam menyediakan material bahan tambah yang alami. Hasil produksi pertanian buah pala (*nugmet*) mencapai 4.000 ton/tahun, dengan luas lahan 16.010 Ha (Fakfak Dalam Angka, 2022). Banyaknya produksi tersebut sebanding dengan cangkang pala yang dihasilkan, jika dibiarkan begitu saja akan menjadi limbah. Limbah yang dibiarkan tanpa ada penanganan akan menimbulkan permasalahan tersendiri bagi lingkungan.

Riset yang pernah dilakukan sebelumnya terkait dengan bahan tambah oleh Budiman, 2020 dengan judul peluang cangkang pala sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penggunaan cangkang pala maka beton semakin ringan dan nilai kuat tekan maksimum 3,2 Mpa. Dalam riset ini yang akan diteliti yaitu menentukan karakteristik dan komposisi limbah cangkang pala yang cocok untuk beton ringan (Budiman et al., 2021). Beberapa penelitian sebelumnya dengan bahan tambah baik serat alami maupun buatan seperti. Penelitian tentang Beton (Hani, 2018) meneliti tentang pengaruh campuran serat pisang terhadap beton. Eka D. dan (Maulana et al., 2017) meneliti tentang pengaruh substitusi tempurung kelapa (*endocarp*) pada campuran beton sebagai material serat peredam suara. (Anugraha & Mustaza, 2010) meneliti beton ringan dari campuran styrofoam dan serbuk gergaji. (Basri & Mubarak, 2021) meneliti pembuatan beton ringan dari agregat bahan tambahan plastik. Erniati juga meneliti tentang pengaruh cangkang kemiri sebagai pengganti agregat kasar terhadap sifat mekanik beton (Erniati et al., 2017). Penelitian yang akan dilakukan akan memanfaatkan cangkang pala sebagai agregat kasar pada beton ringan.

KAJIAN TEORITIS

Beton ringan merupakan beton yang berat jenisnya yang lebih kecil dari beton normal. Menurut SNI-03-2847-2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat jenis tidak lebih dari 1900 kg/m^3 sedang menurut Tjokrodinuljo beton ringan memiliki berat jenis antara $1000\text{-}2000 \text{ kg/m}^3$. Beton ringan dapat dibuat dengan menggunakan material sebagai bahan tambah yaitu agregat ringan, beton tanpa agregat halus (non pasir) dan beton busa (Amrulloh et al., 2021).

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya ialah mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya mempercepat pengerasan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, dan sebagainya (Harianja & Barus, 2008).

Dari pemikiran diatas, maka perlu dilakukan Riset Beton Ringan Dari Limbah Cangkang Pala Fakfak. Tujuan riset ini menentukan karakteristik dan nilai kuat tekan beton ringan dengan rencana komposisi campuran 2,5%, 5%, 7,5% terhadap berat volume pasir. Pasir dan kerikil yang digunakan yaitu material sungai yang diambil di Distrik Bomberay karena ketersediaan di Fakfak terbatas, sehingga dibutuhkan survey awal ke sumber material. Urgensi riset ini yaitu dapat menghasilkan material baru dalam mendukung material penyusun beton khususnya beton ringan non struktur dan sebagai solusi dalam penanganan limbah cangkang pala di Kabupaten Fakfak. Manfaat riset menjadi pengalaman bagi peneliti dan menjadi referensi riset yang serupa. Hasil riset nantinya dapat berkontribusi sebagai material maju dalam pengembangan teknologi beton dengan target luaran artikel ilmiah.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Riset ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Fakfak dengan waktu pengambilan data riset direncanakan selama 4 (empat) bulan tidak termasuk pengolahan data dan penulisan laporan akhir

Bahan dan Alat Penelitian

Berikut alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pengujian Analisa Saringan

- a. Mesin pengguncang saringan (*sieve shaker*) saringan untuk agregat halus dengan ukuran : No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, dan No.200, Pan dan cover, Timbangan dan Oven
- b. Pasir \pm 1000 gram.

2. Pengujian Berat jenis dan penyerapan agregat halus

- a. Talang (wadah), Aquades, Piknometer 1 buah, Timbangan, Oven, Kerucut kuningan, dan Penumbuk
- b. Pasir \pm 1000 gram

3. Kadar Air agregat halus (pasir) dan Agegrat kasar (kerikil)

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,001 gram, Talang (wadah) dan Oven
- b. Pasir \pm 1000 gram
- c. Batu pecah \pm 1000 gram,

4. Kadar lumpur dan lempung agregat halus dan agregat kasar

- a. Talang (wadah), Oven, Timbangan, Aquades dan Saringan No. 200 (0,075 mm)
- b. Pasir dengan berat kering \pm 1000 gram
- c. Kerikil \pm 1000 gram

5. Berat isi dan rongga udara agregat halus dan agregat kasar

- a. Cawan, Container/mould, Timbangan dan Tongkat pemadat
- b. Pasir
- c. Kerikil

6. Kadar organik agregat halus (pasir)

- a. Botol bening/organik
- b. Larutan NaOH 3% , pasir dan Standart warna kandungan organik (*organic plate*)

Tahapan Rancangan Campuran Beton (*Concrete Mix Design*)

Adapun langkah-langkah *mix design* dengan metode D.O.E (*Departement Of Environment*) adalah sebagai berikut:

- a. Menetapkan mutu beton yang disyaratkan (f_c , kg/cm² untuk beton uji selinder)
- b. Menetapkan target standar deviasi (S_r , kg/cm²)
- c. Menghitung besarnya margin (M)
- d. Menghitung kuat tekan rata-rata (f_{cr})
- e. Menetapkan tipe semen (Semen yang digunakan adalah semen tipe 1)
- f. Menetapkan tipe agregat
- g. Menetapkan faktor air semen (f_{as})
- h. Penetapan slump (mm),
- i. Menetapkan kadar air bebas (kg/m³ beton)
- j. Penetapan kadar semen (kg/m³beton)
- k. Penetapan perkiraan berat jenis

Tahapan Pengujian Kuat Tekan

Adapun prosedur pengujian sebagai berikut :

- a. Ambil benda uji dari bak perendaman.
- b. Keringkan hingga mencapai kondisi SSD (kering permukaan).
- c. Timbang benda uji.
- d. Letakan benda uji pada meja penekan. Periksa manometer yang akan digunakan pada skala nol.
- e. Bundel disetel pada posisi penekanan lalu dihidupkan mesinnya.
- f. Amati pergerakan manometer, catat nilai maksimum beban yang dapat ditahan oleh benda uji. Setelah dibagi dengan luas penampang benda uji, diperoleh nilai kuat tekan karakteristik beton tersebut.

Analisa Data

Adapun metode analisa data sebagai berikut :

- a. Analisa saringan

$$F_{pasir} = \frac{(\% \text{ tinggal komulatif} \geq \text{saringan } 0.15 \text{ mm})}{100} \quad (1)$$

b. Kadar air

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(C-D)}{100} \times 100\% \quad (2)$$

c. Kadar lumpur

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{(A-B)}{100} \times 100\% \quad (3)$$

d. Rancangan Campuran Beton

a. Hitung $f'_{cr} = f'_{c} + m$.(4)

b. Berdasarkan f'_{cr} tentukan W/C

c. Tentukan berat semen minimum.

d. Tentukan berat air minimum per 3 beton = $W_a = f_{as} \times W_s$ (5)

e. Tentukan proporsi gradasi agregat gabungan sehingga masuk dalam rentang gradasi sesuai grafik. Kemudian tentukan persen (%) pasir dan (%) kerikil.

f. Tentukan kebutuhan agregat per m^3 beton. $W_{agg.camp} = W_{beton} - W_{air} - W_s$ (6)

g. Tentukan kebutuhan agregat halus dan kasar per m^3 beton.

Misal $P = 40\%$ $K = 60\%$

$$W_{psr} = P / (P+K) \times W_{agg.camp} \quad (7)$$

$$W_{krkl} = K / (P+K) \times W_{agg.camp} \quad (8)$$

h. Slump Test

Slump test digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat keenceran adukan suatu beton seperti pada penjelasan tabel 6. Berat volume beton segar

$$\text{Berat isi} = \frac{(B-A)}{100} \quad (9)$$

Keterangan:

B = Berat wadah + beton segar

A = Berat wadah

V = Volume wadah

Uji tekan beton

$$\text{Kekuatan tekan beton} = f_c = \frac{P}{A} \quad (10)$$

keterangan: P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang bidang (cm^2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

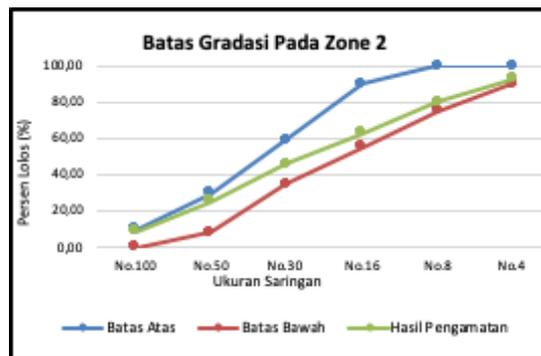
Hasil Penelitian

Hasil pengujian karakteristik agregat halus (pasir hitam) seperti pada Tabel 2. Sedangkan untuk hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah) seperti pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus (pasir hitam)

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL	KETERANGAN
			PENGAMATAN RATA-RATA	
1	Kadar <u>Organik</u>	<3	2	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	Maks 5%	1,80%	Memenuhi
3	Kadar Air	0,5% - 5%	4,60 %	Memenuhi
4	Berat Volume	1,4 - 1,9 kg/liter	1,40	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1,83%	Memenuhi
6	Berat <u>jenis spesifik</u>			
	a. Berat Jenis Semu	1,6 - 3,3	1,97	Memenuhi
	b. Berat Jenis Kering	1,6 - 3,3	1,90	Memenuhi
	c. Berat Jenis <u>Permukaan</u>	1,6 - 3,3	1,94	Memenuhi
7	Modulus <u>Kehalusan</u>	1,50 - 3,80	3,53	Memenuhi

Berdasarkan tabel 2. pada pengujian karakteristik agregat halus diperoleh nilai kadar lumpur diperoleh 1,80% memenuhi syarat dan layak digunakan untuk campuran beton. Menurut Iksan (2016) agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dan tidak mengandung organik yang dapat merusak beton (Ikhsan et al., 2016). Penggunaannya untuk mengisi ruang antara agregat kasar dan memberikan kelecakan. Nilai modulus kehalusan pasir 3.53 memenuhi syarat zone 1 dengan masuk kategori pasir kasar. Grafik hasil pengujian gradasi butiran agregat halus seperti pada Gambar 2.

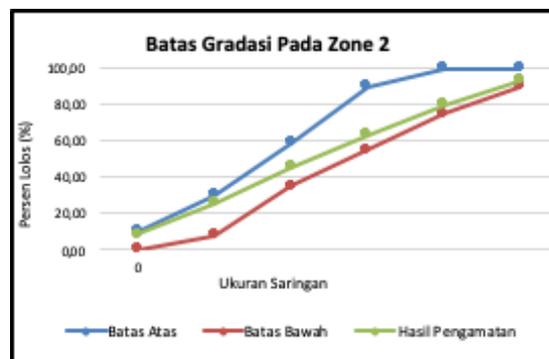


Gambar 2. Grafik Gradasi agregat halus (pasir)

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar (kerikil putih)

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN RATA-RATA	KETERANGAN
1	Kadar Lumpur	Maks 5%	0,43%	Memenuhi
2	Kadar Air	0,5% - 5%	0,67%	Memenuhi
3	Berat Volume	1,6 - 1,9 kg/liter	1,66	Memenuhi
4	Absorpsi	0,2% - 2%	0,47%	Memenuhi
5	Berat jenis spesifik			Memenuhi
	a. Berat Jenis Dasar Kering	1,6 - 3,3	2,17	
	b. Berat Jenis Permukaan	1,6 - 3,3	2,19	Memenuhi
6	Modulus Kekasaran	5,50 - 8,50	5,68	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian tabel 3, dijelaskan bahwa pengujian kadar lumpur pada agregat kasar diperoleh nilai 0.43 % memenuhi syarat dan layak. Menurut Andri (2023) agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Modulus agregat kasar masuk zona 4,75 - 40 mm (Andri et al., 2023). Grafik hasil pengujian gradasi butiran agregat kasar seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Gradasi agregat kasar (kerikil)

Untuk mengetahui kekuatan mutu beton yang akan dihasilkan pada beton normal dengan menggunakan agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir) digunakan mutu beton f'_c 17 Mpa. Perhitungan penggabungan agregat diperoleh 30% pasir dan 70% batu pecah pada campuran beton (*mix design*) dengan factor air semen (W/C) = 0,31 seperti Tabel 4, sedangkan untuk penggunaan cangkang pala sebagai material pengganti sebagian pada pasir menggunakan komposisi 2,5%, 5%, dan 7,5% terhadap berat pasir seperti pada Tabel 5, 6, dan 7.

Tabel 4. Mix Design Rancangan Campuran Beton Normal

BETON RINGAN DARI LIMBAH CANGKANG PALA KABUPATEN FAKFAK

BAHAN BETON	BERAT (KG/M ³)	RASIO TERHADAP JUMLAH SEMEN (KG)	BERAT UNTUK 1 SAMPEL (KG)	BERAT UNTUK 3 SAMPEL (KG)	BERAT UNTUK 9 SAMPEL (KG)
Air	139.7891	0.3058	0.8893	2.6679	8.0037
Semen	457.1429	1.0000	2.9082	8.7247	26.1740
Pasir	641.4510	1.4032	4.0807	12.2422	36.7266
Kerikil	936.6170	2.0488	5.9585	17.8755	53.6265
Jumlah	2,175.000		13.837	41.510	124.531

Tabel 5. Mix Cangkang Pala 2,5%

BAHAN BETON	BERAT (KG/M ³)	RASIO TERHADAP JUMLAH SEMEN (KG)	BERAT UNTUK 1 SAMPEL (KG)	BERAT UNTUK 3 SAMPEL (KG)	BERAT UNTUK 9 SAMPEL (KG)
Air	139.7891	0.3058	0.8893	2.6679	8.0037
Semen	457.1429	1.0000	2.9082	8.7247	26.1740
Pasir	641.4510	1.4032	4.0807	12.2422	36.7266
CP 2,5%	16.0363	0.0351	0.1020	0.3061	0.9182
Kerikil	936.6170	2.0488	5.9585	17.8755	53.6265
Jumlah	2,191.036		13.939	41.816	125.449

Tabel 6. Mix Cangkang Pala 5 %

BAHAN BETON	BERAT (KG/M ³)	RASIO TERHADAP JUMLAH SEMEN (KG)	BERAT UNTUK 1 SAMPEL (KG)	BERAT UNTUK 3 SAMPEL (KG)	BERAT UNTUK 9 SAMPEL (KG)
Air	139.7891	0.3058	0.8893	2.6679	8.0037
Semen	457.1429	1.0000	2.9082	8.7247	26.1740
Pasir	641.4510	1.4032	4.0807	12.2422	36.7266
CP 5%	32.0726	0.0702	0.2040	0.6121	1.8363
Kerikil	936.6170	2.0488	5.9585	17.8755	53.6265
Jumlah	2,207.073		14.041	42.122	126.367

Tabel 7. Mix Cangkang Pala 7,5 %

BAHAN BETON	BERAT (KG/M ³)	RASIO TERHADAP JUMLAH SEMEN (KG)	BERAT UNTUK 1 SAMPEL (KG)	BERAT UNTUK 3 SAMPEL (KG)	BERAT UNTUK 9 SAMPEL (KG)
Air	139.7891	0.3058	0.8893	2.6679	8.0037
Semen	457.1429	1.0000	2.9082	8.7247	26.1740
Pasir	641.4510	1.4032	4.0807	12.2422	36.7266
CP 7,5%	48.1088	0.1052	0.3061	0.9182	2.7545

Berdasarkan hitungan hasil rancangan diatas diperoleh persentase kebutuhan agregat pasir alami untuk persentase CP 2,5% dapat menghemat penggunaan pasir alami

sebesar. Nilai rancangan ini menunjukkan semakin tinggi persentase cangkang pala (CP) yang digunakan dalam campuran beton, maka kebutuhan agregat pasir alami semakin menurun.

Dari hasil rancangan mix desain dilanjutkan dengan pembuatan sampel beton selinder dengan waktu perawatan maksimal 28 hari, kemudian dilakukan uji tekan dengan mesin. Hasil uji tekan dengan menggunakan MTS STH Compression dilanjutkan perhitungan analisa kuat tekan karakteristik (f_{ck}') dimana nilai kuat tekan (f_c') dibagikan dengan faktor koreksi seperti Tabel 8,9,10.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Analisa Kuat Tekan Karakteristik dengan Limbah Cangkang Pala 2,5%

No	Tanggal		Umur (Hari)	Berat (kg)	Slump (cm)	Luas (A) (cm ²)	Beban (P) terbacu (kN)	Beban (P) (kg)	Faktor Koreksi		f _c -P/A (kg/cm ²)	f' _{ci} -f _{ci} /k (kg/cm ²)	f' _{ci} -f _{cr} (kg/cm ²)	(f _c -f _{cr}) ² (kg ² /cm ⁴)
	Cor	Test							Benda Uji	Koefisien				
1	06-Aug-23	10-Aug-23	3	11,50	2,50	176,625	189,00	19266	0,83	0,46	131,42	285,70	21,00	441,21
2		10-Aug-23	3	11,50	2,50	176,625	190,35	19404	0,83	0,46	132,36	287,74	23,05	531,10
3		10-Aug-23	3	11,50	2,50	176,625	200,46	20434	0,83	0,46	139,39	303,02	38,33	1.469,04
4		14-Aug-23	7	11,76	2,50	176,625	267,34	27252	0,83	0,70	185,89	265,56	0,87	0,76
5		14-Aug-23	7	11,76	2,50	176,625	277,45	28282	0,83	0,70	192,92	275,61	10,91	119,11
6		14-Aug-23	7	11,76	2,50	176,625	289,00	29460	0,83	0,70	200,95	287,08	22,39	501,18
7		04-Sep-23	28	12,08	2,50	176,625	305,12	30993	0,83	1,00	208,69	208,69	-56,00	3.136,48
8		04-Sep-23	28	12,02	2,50	176,625	324,00	33028	0,83	1,00	225,29	225,29	-39,40	1.552,32
9		04-Sep-23	28	12,00	2,50	176,625	350,25	35703	0,83	1,00	243,54	243,54	-21,15	447,18
Jumlah											2.382,223		8.198,37	

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f_{cr})^2}{n - 1}} = 32,012 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \begin{array}{l} \text{faktor koreksi deviasi standar benda uji untuk } 9 = 1,36 \\ \text{faktor koreksi deviasi standar untuk benda uji } 15 \text{ buah} = 1,16 \\ \text{faktor koreksi deviasi standar untuk benda uji } 30 \text{ buah} = 1,00 \end{array}$$

$$f_c = \frac{\sum F_{ci}}{n} - 1,64 * S - 4 = 218,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ck}' = \frac{f_c'}{0,83} = 263,56 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 9. Hasil Perhitungan Analisa Kuat Tekan Karakteristik dengan Limbah Cangkang Pala 5%

No	Tanggal		Umur (Hari)	Berat (kg)	Slump (cm)	Luas (A) (cm ²)	Beban (P) terbacu (kN)	Beban (P) (kg)	Faktor Koreksi		f _c -P/A (kg/cm ²)	f' _{ci} -f _{ci} /k (kg/cm ²)	f' _{ci} -f _{cr} (kg/cm ²)	(f _c -f _{cr}) ² (kg ² /cm ⁴)
	Cor	Test							Benda Uji	Koefisien				
1	06-Aug-23	10-Aug-23	3	12,00	3,00	176,625	180,00	18349	0,83	0,46	125,16	272,09	27,72	768,49
2		10-Aug-23	3	12,01	3,00	176,625	185,00	18858	0,83	0,46	128,64	279,65	35,28	1.244,67
3		10-Aug-23	3	11,50	3,00	176,625	199,00	20285	0,83	0,46	138,37	300,81	56,44	3.185,76
4		14-Aug-23	7	11,50	8,00	176,625	234,50	23904	0,83	0,70	163,06	232,94	-11,43	130,63
5		14-Aug-23	7	12,00	8,00	176,625	240,30	24495	0,83	0,70	167,09	238,70	-5,67	32,12
6		14-Aug-23	7	12,00	8,00	176,625	250,20	25505	0,83	0,70	173,98	248,54	4,17	17,36
7		04-Sep-23	28	12,00	8,00	176,625	283,23	28872	0,83	1,00	196,94	196,94	-47,43	2.249,35
8		04-Sep-23	28	12,02	8,00	176,625	297,90	30367	0,83	1,00	207,14	207,14	-37,23	1.385,82
9		04-Sep-23	28	12,00	8,00	176,625	320,00	32620	0,83	1,00	222,51	222,51	-21,86	477,84
Jumlah											2.199,330		9.492,03	

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f_{cr})^2}{n - 1}} = 34,446 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \begin{array}{l} \text{faktor koreksi deviasi standar benda uji untuk } 9 = 1,36 \\ \text{faktor koreksi deviasi standar untuk benda uji } 15 \text{ buah} = 1,16 \\ \text{faktor koreksi deviasi standar untuk benda uji } 30 \text{ buah} = 1,00 \end{array}$$

$$f_c = \frac{\sum F_{ci}}{n} - 1,64 * S - 4 = 194,44 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ck}' = \frac{f_c'}{0,83} = 234,26 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 10. Hasil Perhitungan Analisa Kuat Tekan Karakteristik dengan Limbah Cangkang Pala 7,5%

BETON RINGAN DARI LIMBAH CANGKANG PALA KABUPATEN FAKFAK

No	Tanggal		Umur (Hari)	Berat (kg)	Slump (cm)	Luas (A) (cm ²)	Beban (P)		Faktor Koreksi		f _c - P/A (kg/cm ²)	f' _{ci} - f _c /k (kg/cm ²)	f' _{ci} - f _{cr} (kg/cm ²)	(f _c - f _{cr}) ² (kg ² /cm ⁴)
	Cor	Test					terbaca (kN)	(kg)	Benda Uji	Koefisien				
1	10-Aug-23	3	11,50	2,50	176,625	205,70	20968	0,83	0,46	143,03	310,94	11,68	136,37	
2	10-Aug-23	3	11,50	2,50	176,625	219,26	22350	0,83	0,46	152,46	331,43	32,17	1.035,06	
3	10-Aug-23	3	11,50	2,50	176,625	241,00	24567	0,83	0,46	167,58	364,31	65,04	4.230,74	
4	14-Aug-23	7	11,76	2,50	176,625	284,96	29048	0,83	0,70	198,15	283,07	-16,19	262,26	
5	14-Aug-23	7	11,84	2,50	176,625	334,29	34076	0,83	0,70	232,44	332,06	32,80	1.075,89	
6	14-Aug-23	7	11,84	2,50	176,625	325,27	33157	0,83	0,70	226,18	323,11	23,84	568,57	
7	04-Sep-23	28	12,08	2,50	176,625	340,61	34721	0,83	1,00	236,84	236,84	-62,42	3.896,37	
8	04-Sep-23	28	12,02	2,50	176,625	335,73	34223	0,83	1,00	233,45	233,45	-65,81	4.331,51	
9	04-Sep-23	28	11,76	2,50	176,625	400,02	40777	0,83	1,00	278,15	278,15	-21,11	445,65	
Jumlah											2.693,363		15.982,41	

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f_{cr})^2}{n - 1}} = 44,697 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \begin{array}{l} \text{faktor koreksi deviasi standar benda uji untuk } n = 1,36 \\ \text{faktor koreksi deviasi standar untuk benda uji } 15 \text{ buah} = 1,16 \\ \text{faktor koreksi deviasi standar untuk benda uji } 30 \text{ buah} = 1,00 \end{array}$$

$$f_c = \frac{\sum F_{ci}}{n} - 1,64 * S - 4 = 232,52 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ck}' = \frac{f_c'}{0,83} = 280,14 \text{ kg/cm}^2$$

Pembahasan

Hasil analisa nilai pengujian kuat tekan beton dengan penggunaan limbah cangkang pala sebagai pengganti sebagian pasir alami dengan pengujian maksimal umur 28 hari menunjukkan bahwa penggunaan cangkang pala pada campuran beton normal mempengaruhi nilai kuat tekan karakteristik beton (*f_{ck}'*).

Semakin tinggi persentase penggunaan cangkang pala, maka penggunaan pasir alami semakin menurun. Nilai kuat tekan beton cangkang pala pada komposisi cangkang pala 2,5%, 5% dan cangkang pala 7,5 % diperoleh sebesar 263,56 kg/cm², 234,26 kg/cm² dan 280,14 pada umur 28 hari. Penggunaan cangkang pala sebagai pengganti material pasir dapat menjadi alternative material baru karena memenuhi kriteria beton normal.

Menurut Dumiyati (2015) beton normal merupakan beton yang memiliki nilai kuat tekan sekitar 15-40 Mpa (Dumyati & Manalu, 2015). Berdasarkan range nilai kuat tekan tersebut menunjukkan bahwa beton yang menggunakan cangkang pala 2,5%, 5% dan 7,5% pada umur 28 hari memiliki nilai masing-masing 25,85 Mpa, 22,97 Mpa dan 27,47 Mpa sehingga disimpulkan bahwa penggunaan cangkang pala sebagai pengganti material pasir pada beton normal meningkatkan nilai mutu kuat tekan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa Agregat halus, kasar dan cangkang pala untuk bahan campuran beton semua memenuhi syarat karakteristik agregat beton, secara khusus untuk butiran pasir yang paling baik untuk campuran beton karena modulus kehalusannya 1.5 – 3.8 dan masuk dalam daerah zona 1,

sedangkan agregat kasar masuk dalam daerah zona 4,75 – 40 mm. Nilai kuat tekan karakteristik yang dihasilkan pada umur 7 hari dengan menggunakan cangkang pala 2,5%, 5% dan 7,5% masing-masing 263,56 kg/cm², 234,26 kg/cm² dan 280,14 dan telah mencapai nilai kuat tekan yang direncanakan yaitu K-175 (175 kg/cm²).

Saran

Saran dan rekomendasi penelitian direkomendasikan untuk penelitian lebih lanjut dengan menggunakan cangkang pala sebagai pengganti agregat kasar. Disarankan penelitian lebih lanjut menggunakan presentase cangkang pala sebesar 20%, 30% dan 40% dengan bahan tambah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini mendapat pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa 2023 dan menjadi salah satu penelitian dari tiga judul yang didanai oleh Diktivokasi. Terima kasih kepada Dosen Pembimbing, Civitas Akademika Jurusan Teknik Sipil yang turut membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Tim Jurnal Isaintek yang telah menerbitkan artikel ini, semoga menjadi bahan penelitian yang memiliki manfaat bagi masyarakat.

DAFTAR REFERENSI

- Amrulloh, T., Riyanto, S., & Rochman, T. (2021). Pengaruh Limbah Abu Alumunium Sebagai Subtitusi Agregat Halus Dengan Faktor Air Semen Yang Berbeda Pada Beton Ringan Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 2(1), 97–103.
- Andri, H., Muhtar, M., & Dewi, I. C. (2023). Pengaruh Proporsi Agregat Kasar Batu Skoria Terhadap Kinerja Beton Ringan. *Jurnal Smart Teknologi*, 4(3), 265–273.
- Anugraha, R. B., & Mustaza, S. (2010). Beton ringan dari campuran Styrofoam dan serbuk gergaji dengan semen Portland 250, 300 dan 350 kg/m³. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 8(2), 57–66.
- Basri, D. R., & Mubarak, H. (2021). Beton Ringan dengan Bahan Plastik sebagai Agregat Kasar untuk Konstruksi di Atas Lahan Gambut. *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*, 8(1), 2.
- Budiman, B., Imran, I., & James, W. T. P. (2021). Cangkang Pala Sebagai Material

- Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Beton Normal. *Prokons: Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 42–49.
- Dumyati, A., & Manalu, D. F. (2015). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 3(1), 1–13.
- Erniati, E., Selpedi, S., Upe, A., & Erdawaty, E. (2017). Pengaruh Cangkang Kemiri Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Journal Techno Entrepreneur Acta*, 2(2), 103.
- Hani, S. (2018). Pengaruh Campuran Serat Pisang Terhadap Beton. *Educational Building: Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, 4(1 JUNI), 40–45.
- Harianja, J. A., & Barus, E. (2008). Penggunaan Damdex sebagai Bahan Tambah pada Campuran Beton. *Maj. Ilm. UKRIM*, 1–15.
- Ikhsan, M. N., Prayuda, H., & Saleh, F. (2016). Pengaruh Penambahan Pecahan Kaca Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus dan Penambahan Fiber Optik Terhadap Kuat Tekan Beton Serat. *Semesta Teknika*, 19(2), 148–156.
- Jusmawandi, J., & Imran, I. (2023). Peningkatan Ekonomi Masyarakat Melalui Edukasi Diversifikasi Roster Beton Berbasis Kelompok. *JCES (Journal of Character Education Society)*, 6(3), 483–496.
- Maulana, S., MANALU, D. F., & GUNAWAN, I. (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(2), 108–123.