

CANGKANG PALA SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR PADA BETON NORMAL

Budiman¹, Imran², James WTP³

^{1,2,3} Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Fakfak, Indonesia

¹ budiman@polinef.id, ²Imran@polinef.id, ³jameswtp@gmail.com

Abstrak

Beton normal merupakan beton yang menggunakan agregat halus dan agregat kasar dengan berat jenis beton antara 2200 kg/m³- 2400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15-40 MPa. Tujuan penelitian ini untuk menentukan berat jenis dan nilai kuat tekan beton berdasarkan metode DOE (Department Of Environment) dan mengacu standar SNI. Proporsi campuran yang akan digunakan 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1% dari berat semen. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan cangkang pala sebagai campuran beton normal mempengaruhi berat jenis dan nilai kuat tekan beton. Semakin tinggi persentase cangkang pala, maka berat jenis dan kuat tekan beton semakin menurun. Rata-rata nilai berat jenis beton dari cangkang pala diperoleh 2254,72 (kg/m³) sedangkan beton normal 2304,32 (kg/m³). Nilai kuat tekan beton normal 224,2 kg/cm² sedangkan beton dari cangkang pala pada komposisi 0,25%, dan 0,5% diperoleh sebesar 129,6 kg/cm² dan 140,0 kg/cm² meningkat sedangkan penggunaan cangkang pala pada komposisi 0,75% dan 1% diperoleh nilai sebesar 117,6 kg/cm² dan 118,1 kg/cm² menurun pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan beton normal 22 MPa sedangkan beton cangkang pala maksimum 14 MPa, sehingga tidak memenuhi mutu beton normal pada umumnya.

Kata kunci: Karakteristik Agregat, Cangkang Pala, Kuat Tekan Beton

Abstract

Normal concrete uses fine aggregate and coarse aggregate with concrete density 2200 kg/m³-2400 kg/m³ with a compressive strength of about 15-40 MPa. The purpose of this study is to determine characteristics of the concrete aggregate and the compressive strength of the concrete design based on the DOE (Department of Environment) method and the SNI Standard. In this research, the use of nutmeg shell was varied as follows: 0%, 0,25%, 0,50%, 0,75% and 1% of the cement weight.

The results showed that the use of nutmeg shells as a normal concrete affected the specific gravity and the value compressive strength of concrete. The higher the percentage of nutmeg shells, the lower the specific gravity and compressive strength of the concrete. The average value of concrete density to nutmeg shell 2254.72 (kg/m³) and normal concrete 2304.32 (kg/m³).

The compressive strength of normal concrete is 224.2 kg/cm² and the concrete from nutmeg shell the composition of 0.25% and 0.5% obtained by 129.6 kg/cm² and 140.0 kg/cm² increases the use of nutmeg shell 0.75% and 1% obtained value of 117.6 kg/cm² and 118.1 kg/cm² decreased at the age of 28 days. The compressive strength of normal concrete 22 MPa while the maximum nutmeg shell concrete 14 MPa, so it does not meet the quality of normal concrete in general.

Keywords: Aggregate Characteristics, nutmeg shell, Characteristics Compressive Strength

Pendahuluan

Penggunaan beton sebagai bahan bangunan telah sangat populer di Indonesia karena bisa memanfaatkan material lokal seperti kerikil, pasir, semen dan air yang mudah diperoleh dengan harga yang relatif murah. Namun terkadang pada daerah tertentu sangat terbatas untuk mendapatkan agregat, khususnya kerikil dan pasir sungai. Kabupaten Fakfak salah satu kabupaten di Provinsi Papua Barat dengan ketersediaan agregat masih terbatas. Distrik Bomberay dengan jarak 200 km, salah satu kecamatan yang mensuplai kebutuhan agregat untuk pembangunan konstruksi di Fakfak sebagian besar harus didatangkan dari provinsi luar seperti Sulawesi. (Fakfak Dalam Angka, 2021) Keterbatasan sumber daya alam dalam menyediakan agregat pembuatan beton merupakan persoalan yang sangat penting sehingga dibutuhkan alternatif pengganti sebagian atau keseluruhan agregat. Salah satu contoh upaya dalam mengatasi keterbatasan itu adalah pemanfaatan cangkang pala untuk material agregat kasar dalam pembuatan beton baik beton ringan maupun beton normal.

Pemanfaatan cangkang pala sebagai material beton telah diuji sebelumnya sebagai penyusun beton ringan. Hasil penelitian menunjukkan cangkang pala mengurangi berat volume beton, semakin tinggi persentase yang digunakan pada campuran beton, maka berat beton semakin ringan. Nilai kuat tekan maksimum 32,68 kg/cm² (3,2 Mpa) dengan persentase cangkang pala 30% dan berat beton yang diperoleh 1792,4 kg/m³ (Budiman, 2020). Menurut (SNI 03-2847-2002), beton ringan mempunyai berat jenis tidak lebih dari 1900 kg/m³ sedang menurut (Tjokrodiluljo, K., 2007) beton ringan memiliki berat jenis antara 1000-2000 kg/m³. Menurut (Dobrowolski, A.J.,1998) beton ringan memiliki nilai kuat tekan 0,35-6,90 Mpa, sehingga cangkang pala memenuhi spesifikasi sebagai material penyusun beton ringan. Dari hasil ini peneliti mengembangkan penelitian lebih lanjut dengan memanfaatkan cangkang pala sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada beton normal.

Beton normal merupakan beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan kerikil sebagai agregat kasar dan mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m³-2400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15-40 MPa. (Mulyono, 2005).

Penelitian yang dilakukan (Soelarso, dkk. 2016) memanfaatkan limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada beton normal.

Penggunaan proporsi agregat 25%, 50%, 75% dan 100% dari berat total agregat alami. Hasil penelitian menunjukkan proporsi yang paling optimum yaitu proporsi agregat 25% sedangkan (Febriani, 2013) dalam penelitiannya pemanfaatan pecahan beton sebagai alternatif pengganti sebagian agregat kasar sebagai campuran beton K-250 Kg/cm². Penggunaan 100% limbah beton yang dibandingkan dengan beton agregat baru didapatkan rata-rata kuat tekan pada 28 adalah 257,12 Kg/cm² untuk beton normal dan 191,14 Kg/cm² untuk beton limbah.

Dari penjelasan diatas, penulis mengkaji pengembangan cangkang pala sebagai material pengganti sebagian agregat kasar pada campuran beton normal. Tujuan penelitian menentukan berat jenis beton dan nilai kuat tekan beton. Proporsi campuran yang akan digunakan 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1% dari berat semen dengan tahapan pengujian karakteristik, pembuatan benda uji *mix design*, setiap *mix design* dilakukan uji *slum test*, pembuatan sampel dari cetakan selinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, perawatan beton pada umur 3, 7 dan 28 hari dan uji tekan dengan MTS STH Compression.

Desain Penelitian

Penelitian ini meliputi pengujian karakteristik agregat kasar dan agregat halus yang terdiri dari analisa saringan, kadar lumpur, kadar air, berat volume, modulus kehalusan dan kekasaran, kadar organik pada pasir. Apabila karakteristik agregat memenuhi standar kemudian dilanjutkan dengan rancangan *mix design*, setiap *mix design* dilakukan uji *slum test*, pembuatan sampel dari cetakan selinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, perawatan beton pada umur 3, 7 dan 28 hari dan uji tekan dengan MTS STH Compression. Desain sampel penelitian disajikan seperti pada **Tabel 1**.

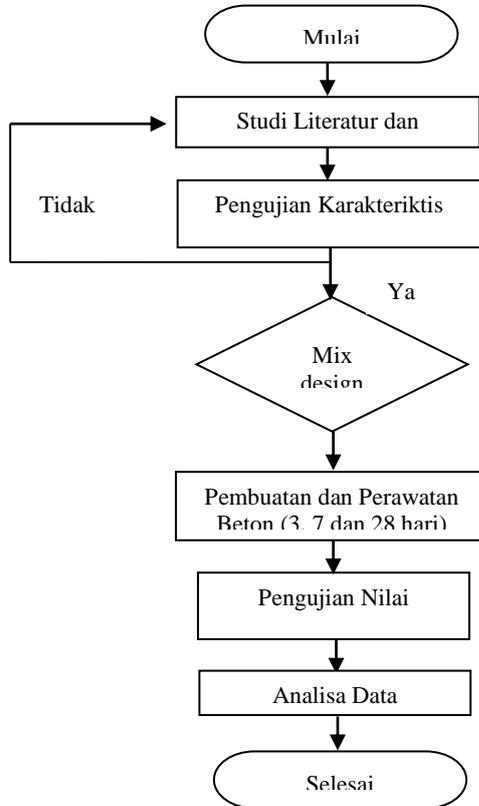
Tabel 1. Sampel Penelitian

| No | Sampel Benda Uji Beton | Persentase cangkang pala % | Waktu Perawatan Beton (hari) |
|----|------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1 | 9 Sampel | 0 | 3, 7, 28 |
| 2 | 9 Sampel | 0,25 | 3, 7, 28 |
| 3 | 9 Sampel | 0,50 | 3, 7, 28 |
| 4 | 9 Sampel | 0,75 | 3, 7, 28 |
| 5 | 9 Sampel | 1 | 3, 7, 28 |

Cangkang Pala Sebagai Material Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Beton Normal

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat menggunakan studi literatur pustaka yang sudah dirangkum seperti pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Metode pengujian agregat

| No | Jenis pengujian | Metode |
|----|--|------------------|
| 1 | Analisa Saringan | SNI 03-1968-1990 |
| 2 | Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus | SNI 03-1970-1990 |
| 3 | Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar | SNI 03-1969-1990 |
| 4 | Kadar Air | SNI 03-1971-1990 |
| 5 | Berat Volume | SNI 03-4804-1998 |

(sumber : SK SNI 03-2847-2002)

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton menggunakan MTS STH compression dan dianalisis menggunakan persamaan kuat tekan. (SK SNI 03-1974-1990).

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana:

f_c = Kuat tekan (kg/cm^2)

P = Beban yang dipikul (kg)

A = Luas penampang yang dibebani (cm^2)

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian karakteristik agregat halus (pasir) seperti pada **Tabel 3** Sedangkan untuk hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah) seperti pada **Tabel 4**.

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

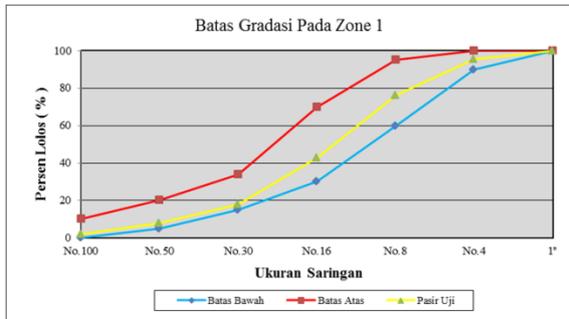
| No | Karakteristik Agregat | Interval | Hasil Pengujian | Keterangan |
|----|-----------------------|--------------------|-----------------|------------|
| 1. | Kadar lumpur | Maks. 5% | 3.60% | Memenuhi |
| 2. | Kadar air | 0.5 - 5% | 2.24% | Memenuhi |
| 3. | Berat volume | 1.4 - 1.9 kg/liter | 1.51 | Memenuhi |
| 4. | Absorpsi | 0.2 - 2% | 1.08% | Memenuhi |
| 5. | Berat jenis spesifik | | | |
| | Bj. Nyata | 1.6 - 3.3 | 2.330 | Memenuhi |
| | Bj. dasar kering | 1.6 | 2.280 | Memenuhi |
| | Bj. kering permukaan | 1.6 | 2.300 | Memenuhi |
| 6. | Modulus kehalusan | 1.50 - 3.80 | 3.660 | Memenuhi |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan tabel 3 pada pengujian karakteristik agregat halus diperoleh nilai kadar lumpur diperoleh 3,6% memenuhi syarat dan layak digunakan untuk campuran beton. Menurut (Mulyono, 2005) agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dan tidak mengandung organik yang dapat merusak beton. Penggunaannya untuk mengisi ruang antara agregat kasar dan memberikan kelecakan. Nilai modulus kehalusan pasir 3.66 memenuhi syarat zone

Cangkang Pala Sebagai Material Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Beton Normal

1 dengan masuk kategori pasir kasar. Grafik hasil pengujian gradasi butiran agregat halus seperti pada **Gambar 2**.



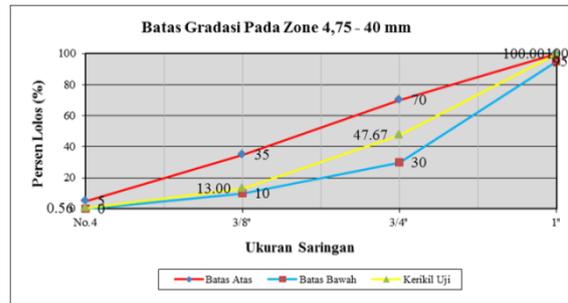
Gambar 2. Grafik Gradasi agregat halus (pasir)

Tabel 4. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar

| No | Karakteristik Agregat | Interval | Hasil Pengujian | Keterangan |
|----|-----------------------|--------------------|-----------------|----------------|
| 1. | Kadar lumpur | Maks. 1% | 0.270% | Tidak Memenuhi |
| 2. | Kadar air | 0.5 - 2% | 0.50% | Memenuhi |
| 3. | Berat volume | 1.4 - 1.9 kg/liter | 1.61 | Memenuhi |
| 4. | Absorpsi | 0.2 - 2% | 2.04% | Memenuhi |
| 5. | Berat jenis spesifik | | | |
| | Bj. dasar kering | 1.6 | 2.450 | Memenuhi |
| | Bj. kering permukaan | 1.6 | 2.579 | Memenuhi |
| 6. | Modulus kekasaran | 5.5 - 8.5 | 8.390 | Memenuhi |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil pengujian tabel 4, dijelaskan bahwa pengujian kadar lumpur pada agregat kasar diperoleh nilai 0.27 % memenuhi syarat dan layak. Menurut (Tjokrodinuljo, K., 2007) agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Modulus agregat kasar masuk zona 4,75 - 40 mm . 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 dengan menggunakan agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir) digunakan mutu beton $f'c$ 175 Mpa. Perhitungan penggabungan agregat diperoleh 30% pasir dan 70% batu pecah pada campuran beton (*mix design*) dengan factor air semen (W/C) = 0,75 seperti Tabel 5 sedangkan untuk penggunaan cangkang pala (CP) sebagai material pengganti sebagian pada agregat kasar menggunakan komposisi 0%, 0,25%, 0,50%, 0,75% dan 1% terhadap berat semen seperti pada **Tabel 5**, **6**, **7**, **8** dan **Tabel 9**.

Tabel 5. Mix Design Rancangan Campuran Beton Normal

| Bahan beton | Berat (kg/m^3) | Rasio terhadap jumlah semen (kg) | Berat untuk 1 sampel (kg) | Berat untuk 9 sampel (kg) |
|-------------|--------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Air | 2.44.49 | 0.7859 | 1.555 | 13.998 |
| Semen | 311.11 | 1.000 | 1.979 | 17.812 |
| Pasir | 487.43 | 1.5668 | 3.101 | 27.908 |
| Kerikil | 1106.9 | 3.5581 | 7.042 | 63.379 |
| Jumlah | 2,150.0 | | 13,678 | 123.099 |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Cangkang Pala Sebagai Material Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Beton Normal

Tabel 6. Mix Design Cangkang Pala (CP) 0,25%

| Bahan beton | Berat (kg/m ³) | Rasio terhadap jumlah semen (kg) | Berat untuk 1 sampel (kg) | Berat untuk 9 sampel (kg) |
|-------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Air | 2.44.4 9 | 0.7859 | 1.555 | 13.998 |
| Semen | 311.11 | 1.000 | 1.979 | 17.812 |
| Pasir | 487.43 | 1.5668 | 3.101 | 27.908 |
| Keriki l | 1101.5 | 3.540 | 7.007 | 63.070 |
| CP | 5.392 | 0.017 | 0.034 | 0.3088 |
| Jumla h | 2,150. 0 | | 13,678 | 123.099 |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 7. Mix Design Cangkang Pala (CP) 0,50%

| Bahan beton | Berat (kg/m ³) | Rasio terhadap jumlah semen (kg) | Berat untuk 1 sampel (kg) | Berat untuk 9 sampel (kg) |
|-------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Air | 2.44.4 9 | 0.7859 | 1.555 | 13.998 |
| Semen | 311.11 | 1.000 | 1.979 | 17.812 |
| Pasir | 487.43 | 1.5668 | 3.101 | 27.908 |
| Keriki l | 1096.1 2 | 3.523 | 6.973 | 62.759 |
| CP | 10.825 | 0.034 | 0.068 | 0.6198 |
| Jumla h | 2,150. 0 | | 13,678 | 123.099 |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 8. Mix Design Cangkang Pala (CP) 0,75%

| Bahan beton | Berat (kg/m ³) | Rasio terhadap jumlah semen (kg) | Berat untuk 1 sampel (kg) | Berat untuk 9 sampel (kg) |
|-------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Air | 2.44.49 | 0.7859 | 1.555 | 13.998 |
| Semen | 311.11 | 1.000 | 1.979 | 17.812 |
| Pasir | 487.43 | 1.5668 | 3.101 | 27.908 |
| Kerikil | 1090.82 | 3.506 | 6.939 | 62.456 |
| CP | 16.125 | 0.051 | 0.102 | 0.923 |
| Jumlah | 2,150.0 | | 13,678 | 123.099 |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 9. Mix Design Cangkang Pala (CP) 1%

| Bahan beton | Berat (kg/m ³) | Rasio terhadap jumlah semen (kg) | Berat untuk 1 sampel (kg) | Berat untuk 9 sampel (kg) |
|-------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Air | 2.44.4 9 | 0.7859 | 1.555 | 13.998 |
| Semen | 311.11 | 1.000 | 1.979 | 17.812 |
| Pasir | 487.43 | 1.5668 | 3.101 | 27.908 |
| Keriki l | 1085.4 5 | 3.489 | 20.716 | 62.148 |
| CP | 21.500 | 0.069 | 0.410 | 1.231 |
| Jumla h | 2,150. 0 | | 13,678 | 123.099 |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hitungan hasil rancangan diatas diperoleh perbedaan berat berdasarkan persentase kebutuhan agregat kasar dan material cangkang pala yaitu persentase 0,25 cangkang pala terhadap berat semen membutuhkan agregat kasar 1101 kg/m³ dan 5,39 kg/m³ cangkang pala, persentase 0,5 membutuhkan agregat kasar 1096,1 kg/m³ dan 10,82 kg/m³ cangkang pala, persentase 0,75 membutuhkan agregat kasar 1090,8 kg/m³ dan 16,12 kg/m³ dan persentase 1 membutuhkan 1085,4 agregat kasar dan 21,5 kg/m³ cangkang pala. Nilai rancangan ini menunjukkan semakin tinggi persentase cangkang pala yang digunakan dalam campuran beton, maka kebutuhan agregat kasar semakin menurun.

Dari hasil perhitungan *mix design* campuran beton dengan cangkang pala, selanjutnya dilakukan analisa nilai berat volume beton segar dengan cara berat beton segar rata-rata dibagi dengan volume benda uji selinder seperti pada **Tabel 10.**

Tabel 10. Berat Volume Beton Segar

| No | Sampel | Berat Volume Beton Segar (kg/m ³) |
|----|----------------|---|
| 1 | Beton Normal | 2304,32 |
| 2 | Beton CP 0,25% | 2241,19 |
| 3 | Beton CP 0,50% | 2245,81 |
| 4 | Beton CP 0,75% | 2233,23 |
| 5 | Beton CP 1% | 2298,66 |

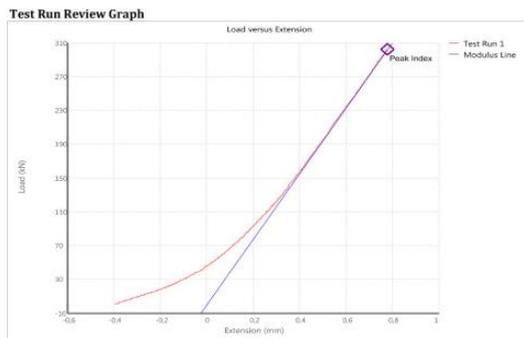
(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil analisa perhitungan berat volume beton segar pada beton normal diperoleh 2304,32 (kg/m³), beton cangkang pala 0,25% sebesar 2241,19 (kg/m³), beton cangkang pala 0,5%

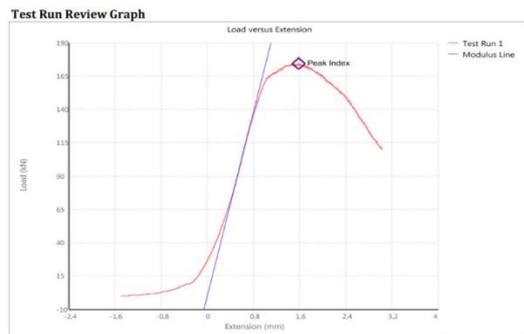
Cangkang Pala Sebagai Material Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Beton Normal

sebesar $2245,81(\text{kg}/\text{m}^3)$, beton cangkang pala 0,75% sebesar $2233,23(\text{kg}/\text{m}^3)$ dan beton cangkang pala 1% dari berat semen diperoleh $2298,66(\text{kg}/\text{m}^3)$. Nilai berat volume beton segar mengalami penurunan setelah menggunakan campuran material cangkang pala. Menurut (Mulyono, 2005) beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara $2200 \text{ kg}/\text{m}^3 - 2400 \text{ kg}/\text{m}^3$. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan cangkang pala sebagai material substitusi sebagai pengganti agregat kasar masih memenuhi ditinjau dari berat jenis beton tersebut.

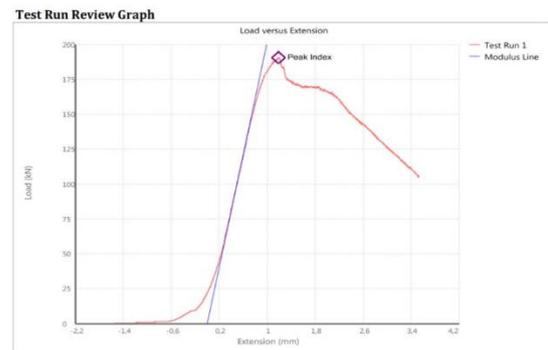
Hasil pengujian kuat tekan karakteristik beton (f'_c) dengan menggunakan MTS pada umur 28 hari diperoleh nilai kuat tekan maksimum masing-masing sampel seperti pada **Gambar 4,5,6,7** dan **Gambar 8**.



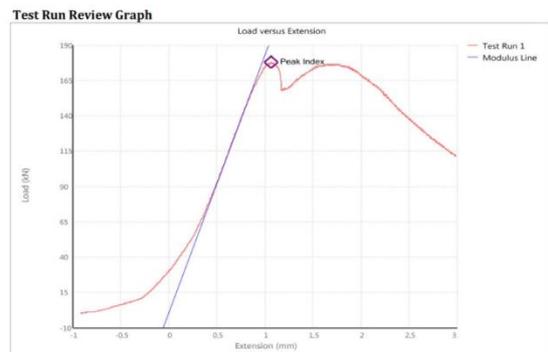
Gambar 4. Hasil Uji Tekan Beton Normal dengan MTS



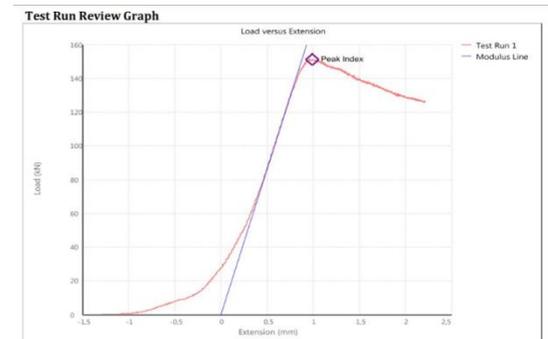
Gambar 5. Hasil Uji Tekan Beton CP 0,25% dengan MTS



Gambar 6. Hasil Uji Tekan Beton CP 0,50% dengan MTS



Gambar 7. Hasil Uji Tekan Beton CP 0,75% dengan MTS



Gambar 8. Hasil Uji Tekan Beton CP 1% dengan MTS

Hasil pengujian berdasarkan gambar 4,5,6,7 dan 8 menunjukkan nilai kuat tekan beton normal maksimum dari 9 sampel uji sebesar 302 KN sedangkan beton dengan menggunakan material cangkang pala 0,25% sebagai pengganti sebagian agregat kasar maksimum diperoleh 174 KN. Nilai kuat tekan tersebut mengalami penurunan. Untuk beton dengan menggunakan material cangkang pala

Cangkang Pala Sebagai Material Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Beton Normal

0,50% maksimum 190 KN mengalami peningkatan dibandingkan 0,25%. Namun beton dengan menggunakan material cangkang pala 0,75% dan 1 % yaitu 177 KN dan 151 KN mengalami penurunan. Dari nilai kuat tekan ini disimpulkan bahwa penggunaan material cangkang pala mempengaruhi mutu beton normal, dimana semakin tinggi persentase material pengantinya nilai kuat tekan semakin menurun.

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 11**.

Tabel 11. Nilai Kuat Tekan Karakteristik Beton

| No | Sampel | Nilai kuat tekan terbaca (KN) | Nilai f_{ck}' (kg/cm^2) |
|----|----------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Beton Normal | 302 | 224,2 |
| 2 | Beton CP 0,25% | 174 | 129,6 |
| 3 | Beton CP 0,50% | 190 | 140,0 |
| 4 | Beton CP 0,75% | 177 | 118,1 |
| 5 | Beton CP 1% | 151 | 117,6 |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan tabel 11 hasil analisa nilai pengujian kuat tekan beton dengan penggunaan cangkang pala sebagai substitusi pada agregat kasar dengan pengujian maksimal umur 28 hari menunjukkan bahwa penggunaan cangkang pala sebagai substitusi agregat kasar pada campuran beton normal mempengaruhi berat beton dan nilai kuat tekan karakteristik beton (f_{ck}').

Semakin tinggi persentase penggunaan cangkang pala, maka berat beton semakin menurun dibandingkan dengan berat beton normal tanpa cangkang pala. Nilai kuat tekan beton cangkang pala pada komposisi 0,25%, dan 0,5% diperoleh sebesar $129,6 \text{ kg/cm}^2$ dan $140,0 \text{ kg/cm}^2$ meningkat sedangkan penggunaan cangkang pala pada komposisi 0,75% dan 1% diperoleh nilai sebesar $117,6 \text{ kg/cm}^2$ dan $118,1 \text{ kg/cm}^2$ menurun pada umur 28 hari. Nilai kuat tersebut mengalami penurunan jika dibandingkan dengan beton normal yaitu

sebesar $224,2 \text{ kg/cm}^2$ (22 Mpa). Penurunan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh tingginya persentase penggunaan cangkang pala kedalam adukan beton sehingga butiran agregatnya tidak terbungkus dengan mortar dan mengurangi volume beton yang seharusnya diisi pasta semen. Hal yang sama diungkapkan oleh (Nugraha, 2007) bahwa beton yang baik, setiap butir agregat seluruhnya terbungkus dengan mortar. Demikian pula halnya dengan ruang antar agregat, harus terisi oleh mortar. Jadi kualitas pasta atau mortar menentukan kualitas beton.

Menurut (Tjokrodimuljo, K., 2007) beton normal merupakan beton yang memiliki nilai kuat tekan sekitar 15-40 Mpa. Berdasarkan range nilai kuat tekan tersebut menunjukkan bahwa hasil penelitian beton normal tanpa cangkang pala masuk kategori yaitu 22 Mpa sedangkan beton yang menggunakan cangkang pala pada umur 28 hari maksimal 14 Mpa sehingga disimpulkan bahwa penggunaan cangkang pala sebagai material agregat kasar pada beton normal mengurangi nilai mutu kuat tekan. Untuk penggunaan cangkang pala sebagai material penyusun beton direkomendasikan untuk kategori beton ringan dan dapat diimplementasikan langsung dalam pembuatan batako ringan.

Penelitian cangkang pala sebagai pengganti agregat kasar untuk beton normal memberikan pengaruh terhadap kuat tekan karakteristik beton, dimana semakin tinggi persentase material pengganti yang digunakan semakin menurun nilai kuat tekannya. Menurut (Soelarso, dkk. 2016) menyimpulkan semakin tinggi persentase penggunaan material substitusi atau pengganti pada agregat kasar, maka nilai kuat tekan semakin menurun, hal serupa disampaikan oleh (Febriani, 2013) dengan memanfaatkan pecahan beton sebagai alternatif pengganti sebagian agregat kasar, (Anwar, 2014) memanfaatkan agregat daur ulang, (Cahyadi, 2012) memanfaatkan abu sekam padi dan limbah adukan beton, berbeda dengan ungkapan (Valentino, 2014) yang memanfaatkan slag nikel sebagai pengganti agregat kasar, dimana semakin tinggi persentase agregat pengganti, akan memberikan peningkatan signifikan nilai kuat tekan beton. Keterkaitan penelitian ini dengan penelitian terdahulu sama-sama dapat berkontribusi sebagai material pengganti agregat kasar pada beton normal.

Cangkang Pala Sebagai Material Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Beton Normal

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang ada, maka diuraikan kesimpulan :

1. Penggunaan cangkang pala sebagai material pengganti sebagian agregat kasar pada campuran beton mempengaruhi berat jenis dan nilai kuat tekan karakteristik beton. Semakin tinggi persentase cangkang pala, maka berat jenis dan kuat tekan beton semakin menurun dengan rata-rata nilai berat jenis beton dari cangkang pala diperoleh 2254,72 (kg/m^3) sedangkan beton normal 2304,32 (kg/m^3).
2. Nilai kuat tekan beton normal 224,2 kg/cm^2 sedangkan beton dari cangkang pala pada komposisi 0,25%, dan 0,5% diperoleh sebesar 129,6 kg/cm^2 dan 140,0 kg/cm^2 meningkat sedangkan penggunaan cangkang pala pada komposisi 0,75% dan 1% diperoleh nilai sebesar 117,6 kg/cm^2 dan 118,1 kg/cm^2 menurun pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan beton normal 22 Mpa sedangkan beton cangkang pala maksimum 14 Mpa.

Saran

Berdasarkan dari kesimpulan yang ada, maka diberikan saran dan rekomendasi :

1. Hasil penelitian ini mempengaruhi berat jenis untuk masing-masing persentase, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mengkaji hubungan berat jenis dengan parameter lainnya.
2. Direkomendasikan penggunaan cangkang pala sebagai material agregat penyusun beton ringan, selain menghemat biaya juga dapat mengurangi limbah yang berdampak pada lingkungan.

Daftar Rujukan

Antoni dan Paul Nugraha., 2007. *Teknologi Beton*. Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.

Eni Febriani, 2013. Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Beton Sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar Sebagai Campuran Beton K-250 kg/cm^2 . *Jurnal Untag Vol 1 No. 2*, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.

Budiman, 2020. The Use of Nutmeg Shell as a Lightweight Concrete Material. *Jurnal INTEK Vol. 7 No. 2*, hal 116-122, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Deni Anwar, 2014. Pengaruh Penggunaan Agregat Daur Ulang Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Berkinerja Tinggi Grade 80. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil Vo. 2 No. 2*, Hal 43-39, Universitas Sebelas Maret.

Dobrowolski, A.J., 1998, *Concrete Construction Hand Book*, The Mc. Graw Hill Companies, Inc., New York.

Kabupaten Fakfak Dalam Angka 2021. Badan Pusat Statistik Kabupaten Fakfak

Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi Offset.

Leonardus dan W. Valentino, 2014. Pengaruh slag nikel sebagai pengganti sebagian agregat kasar terhadap kuat tekan beton. *Politeknik Negeri Ujung Pandang*.

Soelarso, dkk. 2016. Pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada beton normal terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas. *Jurnal Fondasi, Vol. 5 No. 2*, hal 22-29. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

SK SNI 03-2847-2002. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, Panitia Teknik Standarisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan, Bandung.

SK SNI 03-1974-1990. Kuat Tekan Beton. Badan Standardisasi Nasional. 1990.

Tjokrodinuljo, K., 2007. *Teknologi Beton*, Penerbit Nafiri, Yogyakarta.

Wahyu Dwi Cahyadi. 2012. Studi Kuat Tekan Beton Normal Mutu Rendah Yang Mengandung Abu Sekam Padi (RHA) dan Limbah Adukan Beton (CSW).