

## Pengaruh penambahan limbah cangkang kelapa sawit terhadap nilai kuat tekan beton

Randi Bastika<sup>1</sup>, Yoseph Yustinus<sup>1</sup>, Nur Aida<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil dan Pertambangan, Politeknik Negeri Ketapang, Kalimantan Barat, Indonesia

\*Corresponding authors: [nhuraidha@politap.ac.id](mailto:nhuraidha@politap.ac.id)

Submitted: 6 March 2024, Revised: 14 June 2024, Accepted: 20 June 2024

**ABSTRACT:** Ketapang regency is one of the oil palm producing districts in West Kalimantan. The area of oil palm plantations is 650,110 Ha with 2,509,110 tons of oil palm plantations produced in 2022. Under these conditions, will produce quite large amounts of palm oil shell waste. This waste can be used as a mixture of materials for making concrete. Waste utilization is one solution that can be done to maintain existing natural resources. The aim of this research is to determine the effect of adding variations in palm oil shell waste of 5%, 10%, and 15% on the compressive strength of concrete. This research is experimental research in the structure and materials laboratory, Departement of Civil Engineering, Ketapang State Polytechnic. The research was carried out from 12 August 2023 to 17 September 2023. The average value of concrete compressive strength at 28 days for normal concrete and the 5% palm oil shell variation is included in the standard K-200 concrete quality value, but there is a decrease in the 10% and 15% palm oil shell variations. This result is supported by the SPSS test results of two mean tests between 0% and 5% which are the same, there is no difference, but for other variations it is different. The greater the use of palm oil shells in the concrete mixture will reduce the compressive strength value of the concrete. Variation of palm shell mixture that produces the maximum compressive strength of concrete at a variation of 5% with an average value of 221.01 kg/cm<sup>2</sup>.

**KEYWORDS:** concrete compressive strength; correlation and regression test; palm shell; t-test.

**ABSTRAK:** Kabupaten Ketapang merupakan salah satu kabupaten penghasil kelapa sawit di Kalimantan Barat. Luas area tanaman perkebunan kelapa sawit sebesar 650,110 Ha dengan 2,509,110 ton produksi tanaman perkebunan kelapa sawit yang dihasilkan pada tahun 2022. Dengan kondisi tersebut, akan menghasilkan jumlah limbah cangkang kelapa sawit yang cukup besar. Limbah tersebut bisa digunakan sebagai campuran material pembuatan beton. Pemanfaatan limbah merupakan salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk menjaga sumber daya alam yang ada. Tujuan penelitian ini mengetahui pengaruh penambahan variasi limbah cangkang kelapa sawit 5%, 10%, 15%, terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil dan Pertambangan, Politeknik Negeri Ketapang. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 12 Agustus 2023 sampai 17 September 2023. Nilai rata-rata kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk beton normal dan variasi cangkang kelapa sawit 5% masuk kedalam standar nilai mutu beton K-200 akan tetapi mengalami penurunan pada variasi cangkang kelapa sawit 10% dan 15%. Hasil ini didukung oleh hasil pengujian SPSS uji dua mean antara 0% dan 5% dimana sama, tidak ada perbedaan, tetapi untuk variasi lainnya berbeda. Semakin besar penggunaan cangkang kelapa sawit dalam campuran beton akan mengurangi nilai kuat tekan pada beton. Variasi campuran cangkang kelapa sawit yang menghasilkan kuat tekan beton paling maksimal pada variasi 5% dengan nilai rata-rata sebesar 221.01 kg/cm<sup>2</sup>.

**KATA KUNCI:** kuat tekan beton; uji korelasi dan regresi; cangkang kelapa sawit; uji t.

© The Author(s) 2024. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

### 1 PENDAHULUAN

Kabupaten Ketapang merupakan salah satu kabupaten penghasil kelapa sawit di Kalimantan Barat. Pada tahun 2022 seluas 650,110 Ha area tanaman Perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Ketapang dan sebanyak 2,509,110 ton produksi tanaman Perkebunan kelapa sawit yang dihasilkan (Rumahorbo et al., 2023). Dengan kondisi tersebut, Kabupaten Ketapang memiliki jumlah limbah cangkang kelapa sawit yang cukup besar. Cangkang kelapa sawit merupakan limbah dari hasil pengolahan minyak kelapa sawit yang belum bermanfaat secara optimal oleh masyarakat.

Cangkang kelapa sawit merupakan bagian dari buah sawit yang terletak antara daging buah dan inti sawit. Setelah minyak kelapa sawit mentah diekstraksi dari daging buah sawit pada tahap awal proses pengolahan di pabrik minyak kelapa sawit. Bentuk utuh inti sawit yang tertutup oleh cangkang selanjutnya akan dikirim ke tahap pemecahan dan pemisahan antara cangkang dan inti sawit. Cangkang sawit memiliki warna alami coklat gelap. Limbah cangkang kelapa sawit bisa dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan biobriket karena memenuhi kriteria mutu arang berdasarkan SNI 1683 tahun 2021 dan SNI 01-

6235 tahun 2000 (Harmiansyah et al, 2023). Selain itu, tidak hanya tentang beton, tetapi penelitian lain tentang stabilitas tanah, penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap tanah lempung pada variasi 6% dapat meningkatkan nilai CBR 8.3% (Sarifah & Pasaribu, 2017). Serta pencampuran Batubara dengan cangkang kelapa sawit dapat meningkatkan nilai kalori dan total moisture Batubara, menurunkan kadar abu Batubara, menurunkan volatile matter dari Batubara, dan menurunkan sulfur (Al-alang & Fadhillah, 2020). Penambahan cangkang kelapa sawit 3% dan 6% mengalami peningkatan sebesar 9.49% dan 18.64% dari bata beton normal (Oktarina & Natalina, 2018).

Banyak penggunaan beton dibidang konstruksi akan mengakibatkan peningkatan kebutuhan material. Produksi beton identik dengan merusak lingkungan dari proses menggali kapur, proses pembakaran dan emisi karbon diudara (Mulyono, 2005). Material penyusun beton merupakan sumber daya alam yang terus mengalami penurunan volume pada saat ini. Misalnya berkurangnya penggunaan semen dapat mengurangi polusi udara yang terjadi sehingga menciptakan *green concrete* (Ahmad et al., 2017). Sehingga mendorong adanya inovasi pengganti material lainnya misalnya agregat pada beton yang masih memiliki karakteristik yang hampir sama sehingga dapat mengurangi jumlah volume yang dibutuhkan dalam pembuatan beton. Pemanfaatan limbah merupakan salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk menjaga sumber daya alam yang ada. Cangkang kelapa sawit merupakan bahan agregat alami yang ramah lingkungan untuk campuran beton dan telah memenuhi 2 dari 6 prinsip teknologi ramah lingkungan yaitu *reuse* dan *recovery* (Kristianto et al., 2016).

Beton umumnya tersusun dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen Portland atau semen hidropolis lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan kimia atau berupa bahan lainnya dengan perbandingan tertentu. Di setiap daerah bahan penyusun agregat kasar dan halus pasti berbeda. Semakin banyak penambangan liar untuk mendapatkan agregat kasar dan halus, maka akan menimbulkan masalah baru terhadap lingkungan (Diana et al., 2020). Dengan pemanfaatan limbah, bahan dapat dicampur atau ditambah dan bahkan diganti. Limbah cangkang kelapa sawit dapat diteliti sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton, karena limbah cangkang kelapa sawit memiliki sifat-sifat yang mirip dengan batu pecah tetapi beratnya lebih ringan (Lubis & Hidayat, 2020). Penambahan abu cangkang kelapa sawit dapat dijadikan inovasi untuk pembuatan bata beton ringan menggantikan penggunaan pasir silika yang biasa didapat dari mineral alam (Rahardja et al., 2022). Pemakaian limbah cangkang kelapa sawit dapat dipakai dalam pembuatan beton mutu tinggi pada presentase variasi agregat sebesar 10% (Serwinda et al., 2013). Tetapi berdasarkan penelitian (Ardhyan et

al., 2022) pemakaian limbah cangkang kelapa sawit sebagai substitusi agregat kasar dapat digunakan dalam pembuatan beton mutu tinggi pada persentase variasi substitusi 40%. Sedangkan variasi pengguna cangkang kelapa sawit yang memenuhi nilai kuat tekan rencana sebesar K-200 pada variasi 15 % dimana benda ujinya berbentuk kubus (Perdama et al., 2019). Penggunaan cangkang kelapa sawit 100% tidak direkomendasikan untuk pembuatan beton, tetapi jika hanya sebagai pengganti kerikil dengan persentase kurang dari 50% masih bisa (Manaf et al, 2023). Dengan presentase tersebut peneliti akan melakukan variasi yang berbeda yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15 % pada benda uji berbentuk kubus. Tujuan dari penelitian ini mengetahui pengaruh penambahan variasi limbah cangkang kelapa sawit 5%, 10%, 15% terhadap kuat tekan beton.

## 2 METODOLOGI

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, yang mengkaji pengaruh penambahan limbah cangkang kelapa sawit (Gambar 1) dengan variasi 5%, 10% dan 15 % terhadap nilai kuat tekan beton. Untuk mengetahui apakah ada pengaruh penambahan limbah cangkang kelapa sawit (5%, 10%, dan 15%) terhadap kuat tekan beton dilakukan uji regresi liner. Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil dan Pertambangan, Politeknik Negeri Ketapang. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 12 Agustus sampai 17 September 2023. Benda uji berupa kubus dengan ukuran  $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$  sebanyak 24 sampel dengan variasi beton normal, limbah cangkang kelapa sawit 5%, limbah cangkang kelapa sawit 10% dan limbah cangkang kelapa sawit 15% masing-masing 6 sampel.

Bahan penelitian berupa semen Portland type I (semen Gresik) berdasarkan SNI 2847-2002. Pasir pawan berasal dari Sungai Pawan, batu pecah milik CV. Mega Sari di Sukabangun, dan air. Alat yang diperlukan berupa: satu set saringan, timbangan, picnometer, tabung silinder, botol *Le Chatelier*, oven, cetakan beton, kerucut Abrams, mesin uji kuat tekan beton, sendok spesi, skop, penggaris, nampang, dan tongkat pematat.



Gambar 1. Cangkang kelapa sawit

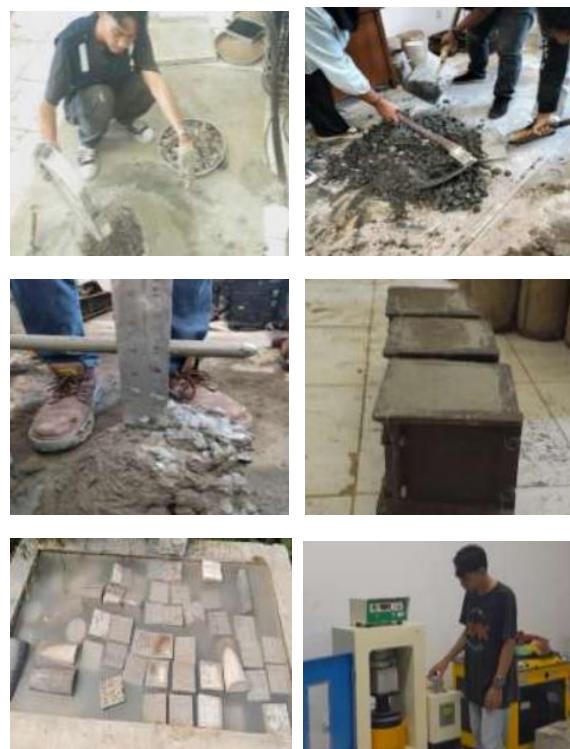
Data yang diambil pada penelitian ini ada dua yaitu data pengujian material, dan data kuat tekan. Metode pengumpulan data berupa melakukan pengujian material agregat berupa batu pecah 2/3, pasir pawan, pengujian semen dan pengujian limbah cangkang kelapa sawit. Pengujian material agregat berupa analisa saringan SNI 03-1968-1990 (BSN, 1990), kadar air berdasarkan SNI 1971-2011 (BSN, 2011), kadar lumpur berdasarkan SNI 03-4141-1996 (BSN, 1996), berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan ASTM C33 (ASTM, 2002), berat jenis dan penyerapan agregat kasar berdasarkan SNI 7656-2012 (BSN, 2012), abrasi berdasarkan SNI 2417-2008 (BSN, 2008a), dan bobot isi berdasarkan SNI 1973-2008 (BSN, 2008b). Pengujian semen berupa berat jenis semen berdasarkan SNI 03-2531-1991 (BSN, 1991) dan *setting time* semen berdasarkan SNI 03-6827-2002 (BSN, 2002). Pengujian limbah cangkang kelapa sawit berupa berat jenis dan penyerapan dengan standar mutu 1.14 gr/cm, analisis saringan 65% dan bobot isi 0.67 kg.

Adapun tahapan penelitian yaitu (Gambar 2 dan Gambar 3): 1) pengujian material berupa pasir (pengujian analisa saringan, kadar air, kadar lumpur, berat isi, berat jenis dan penyerapan), batu (pengujian analisa saringan, kadar air, kadar lumpur, berat isi, berat jenis dan penyerapan), semen berupa pengujian *vicat* dan limbah cangkang kelapa sawit (pengujian kadar air, berat isi, berat jenis dan penyerapan); 2) melakukan perencanaan *mix design*; 3) melakukan pembuatan dan perawatan beton; 4) pengujian kuat tekan beton; 5) analisa pengaruh cangkang kelapa sawit sebagai tambah agregat kasar terhadap kuat tekan.



**Gambar 2.** Pengujian agregat berupa analisa saringan, berat jenis, kadar lumpur, keausan, berat isi, dan semen

Perawatan benda uji dilakukan dengan berbagai metode diantaranya menaruh beton segar dalam ruangan yang lembab, dalam genangan air, dalam air, menyelimuti permukaan beton dengan air, dengan karung basah dan menyirami permukaan beton secara kontinu (Agustini & Aryastana, 2017). Perawatan yang dilakukan dengan merendam benda uji selama 6 hari dan 27 hari. Faktor yang mempengaruhi hasil kuat tekan beton yang digunakan antara lain material, metode yang digunakan, tata pelaksanaan pembuatan beton, dan perawatan (Adhitia & Pertiwi, 2020). Empat bagian utama yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton diantaranya: (1) proporsi bahan-bahan penyusunnya; (2) metode perancangan; (3) perawatan; dan (4) keadaan pada saat dilaksanakannya pengecoran yang dipengaruhi oleh lingkungan (Mulyono, 2015). Nilai kuat tekan beton dapat dipengaruhi oleh rasio air-semen, jenis semen, bahan tambahan yang digunakan, agregat, air, kondisi kelembapan udara saat masa perawatan benda uji, serta umur beton saat diuji (Tampubolon, 2022).



**Gambar 3.** Pembuat benda uji dan pengujian kuat tekan beton

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan secara langsung di laboratorium diperoleh kadar air rata-rata agregat halus sebesar 2.37%. Untuk kadar lumpur rata-rata agregat halus sebesar 0.97%, dan berat isi rata-rata agregat halus sebesar 1.61 kg/m<sup>3</sup>. Nilai berat jenis rata-rata agregat halus sebesar 22.5% dan nilai rata-rata penyerapan air agregat halus sebesar 2.01%.

Hasil modulus kehalusan untuk agregat kasar (batu) sebesar 3.66. Rata-rata kadar air agregat kasar sebesar 1.91%, untuk kadar lumpur sebesar 0.42%. Rata-rata berat isi sebesar  $1.45 \text{ kg/cm}^3$ . Berat jenis rata-rata agregat kasar sebesar 2.81% dan penyerapan airnya sebesar 4.05%.

Pengujian *vicat* semen menunjukkan bahwa nilai waktu awal semen pukul 12:35 menit ke 15 dengan nilai 5 mm. Untuk waktu ikat akhir semen pukul 14:05 menit ke 105 dengan nilai penurunan 2.9 mm.

Untuk rata-rata kadar air pada limbah cangkang kelapa sawit diperoleh data sebesar 0.82%, untuk berat isi padat  $0.36 \text{ kg/cm}^3$  dan berat isi lepas sebesar  $0.30 \text{ kg/cm}^3$ . Rata-rata berat jenisnya 1.21% dan penyerapan air variasi cangkang kelapa sawit sebesar 58.5%. Untuk perencanaan campuran beton menggunakan pedoman SNI 03-2834-2000, dengan nilai kuat tekan rencana pada umur 7 hari K-200 (16 MPa) (BSN, 2000). Komposisi campuran beton yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Mix design sampel**

| No | Jenis Pengujian                     | Nilai                                     |
|----|-------------------------------------|---|
| 1  | Kuat tekan yang disyaratkan         | 18.67 MPa                                 |
| 2  | Standar deviasi                     | 7 MPa                                     |
| 3  | Nilai tambah (margin)               | 11.48 MPa                                 |
| 4  | Kekuatan rata-rata yang ditargetkan | 30.15 MPa                                 |
| 5  | Semen                               | Semen tipe 1 Gresik                       |
| 6  | Faktor air semen maksimum           | 0.25                                      |
| 7  | Jenis - pasir                       | Batu merak 2/3 halus                      |
| 8  | Slump                               | Pasir Pawan                               |
| 9  | Jumlah air pengaduk bebas           | 60 – 180 mm                               |
| 10 | Jumlah semen                        | $195 \text{ kg/m}^3 & 225 \text{ kg/m}^3$ |
| 11 | FAS yang disesuaikan                | 394.23 $\text{kg/m}^3$                    |
| 12 | Jumlah persentase agregat halus     | 0.52                                      |
|    | Jumlah persentase agregat kasar     | 40%                                       |
| 13 | Berat jenis agregat gabungan        | 60%                                       |
| 14 | Berat jenis agregat halus           | 2.59 $\text{kg/m}^3$                      |
| 15 | Berat jenis agregat kasar           | 670.7 $\text{kg/m}^3$                     |
| 16 | Koreksi untuk 1 $\text{m}^3$ -pasir | 1,006.1 $\text{kg/m}^3$                   |
|    | Koreksi untuk 1 $\text{m}^3$ -pasir | 6.71 $\text{kg/m}^3$                      |
|    |                                     | 22.705 $\text{kg/m}^3$                    |

Hasil komposisi campuran beton per sampel dengan variasi limbah cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2. Komposisi benda uji per sampel**

| Kombinasi   | Semen (kg) | Cangkang Kelapa Sawit (kg) | Pasir (kg) | Kerikil (kg) | Air (Liter) |
|-------------|------------|----------------------------|------------|--------------|-------------|
| Normal      | 1.33       | 0                          | 2.26       | 3.40         | 0.69        |
| Variasi 5%  | 1.33       | 0.17                       | 2.26       | 3.23         | 0.69        |
| Variasi 10% | 1.33       | 0.34                       | 2.26       | 3.06         | 0.69        |
| Variasi 15% | 1.33       | 0.51                       | 2.26       | 3.89         | 0.69        |

Nilai *slump* beton normal dan beton variasi limbah cangkang kelapa sawit pada 7 hari dan 28 hari berkisar antara 9 – 11.5 cm nilai tersebut sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (8 cm – 12 cm). Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan pada umur 7 hari dan 28 hari**

| Nama Sampel | Umur 7 Hari                     |           | Umur 28 Hari                    |           |
|-------------|---------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
|             | Kuat Tekan ( $\text{kg/cm}^2$ ) | Rata-Rata | Kuat Tekan ( $\text{kg/cm}^2$ ) | Rata-Rata |
| 0%          | 95.175                          |           | 203.95                          |           |
| 0%          | 97.90                           | 95.32     | 210.25                          | 212.39    |
| 0%          | 92.91                           |           | 222.98                          |           |
| 5%          | 113.3                           |           | 217.54                          |           |
| 5%          | 116.1                           | 116.05    | 224.33                          | 221.01    |
| 5%          | 118.74                          |           | 221.16                          |           |
| 10%         | 102.87                          |           | 192.16                          |           |
| 10%         | 97.90                           | 92.91     | 196.24                          | 193.06    |
| 10%         | 77.95                           |           | 190.80                          |           |
| 15%         | 70.70                           |           | 179.92                          |           |
| 15%         | 74.77                           | 75.53     | 180.37                          | 183.543   |
| 15%         | 81.13                           |           | 190.34                          |           |

Nilai rata-rata kuat tekan pada umur 7 hari hasilnya tidak masuk kedalam standar nilai mutu beton K-200 baik dari sampel beton normal, beton variasi cangkang kelapa sawit 5%, beton variasi cangkang kelapa sawit 10%, dan beton variasi cangkang kelapa sawit 15% dikarenakan umur beton yang masih terlalu muda. Sedangkan pada hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari, rata-rata nilai kuat tekan beton untuk beton normal dan variasi cangkang kelapa sawit 5% masuk kedalam standar nilai mutu beton K-200 akan tetapi mengalami penurunan pada beton variasi cangkang kelapa sawit 10% dan beton variasi cangkang kelapa sawit 15%. Nilai kuat tekan beton menggunakan penambahan agregat kasar 5%, 10%, dan 15%

cangkang kelapa sawit mempunyai nilai kuat tekan yang melebihi dari beton normal pada campuran 5%, sedangkan penambahan lainnya lebih kecil dari beton normal dengan K-200. Akan tetapi hasil penelitian ini jika menggunakan K-225, maka nilai kuat tekan betonnya juga masih melebihi dari beton normal pada penambahan 5% cangkang kelapa sawit. Berbeda dengan penelitian sebelumnya dimana tidak ada satu variasipun (5%, 10% dan 15% penggantian limbah cangkang kelapa sawit) yang nilai kuat tekan betonnya melebihi dari beton normal (K-225) (Syarifudin et al., 2020). Batas penggunaan cangkang kelapa sawit sebagai bahan penambah agregat kasar dalam campuran beton maksimal 5%, dimana pada penelitian sebelumnya nilai substitusi cangkang kelapa sawit (CKS) optimum terhadap agregat kasar pada campuran beton adalah sebesar 5% dengan nilai ( $f'c$ ) 23.33 MPa (Adibroto et al., 2020). Sesuai dengan hasil penelitian lainnya, penambahan cangkang kelapa sawit sebesar 7% menghasilkan kuat tekan 0.08 MPa lebih besar dari beton normal, sedangkan pada persentase 12% penambahan cangkang kelapa sawit, hanya menghasilkan kuat tekan 0.1 MPa saja dari nilai beton normal (Purnama et al., 2022). Penggunaan cangkang kelapa sawit dalam beton ringan dapat meningkatkan kuat tekan namun dalam beton pasca bakar, beton yang menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengisi sebanyak 5% mengalami persentase penurunan kuat tekan dan kuat tarik yang lebih besar dari beton normal (Saputra et al., 2022). Berdasarkan pengujian kuat tekan beton ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) didapat hasil sebagai berikut (Tabel 4):

Dari Tabel 4, diperoleh semakin besar kandungan cangkang kelapa sawit pada agergat kasar semakin

kecil kuat tekan. Uji dua mean dilakukan dengan  $\alpha = 5\%$  (0.05) dimana derajat kebebasan  $(1 - (0.05/2); (3+3-2))$  dan hipotesisnya yaitu  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$  dan  $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$  sehingga diperoleh hasil uji dua mean seperti Tabel 5 berikut:

**Tabel 4.** Hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari

| No                   | Percentase Cangkang Kelapa Sawit |        |        |        |
|----------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|
|                      | 0%                               | 5%     | 10%    | 15%    |
| 1                    | 203.95                           | 217.54 | 192.16 | 179.92 |
| 2                    | 210.25                           | 224.33 | 196.24 | 180.37 |
| 3                    | 222.98                           | 221.16 | 190.80 | 190.34 |
| Kuat Tekan rata-rata | 212.39                           | 221.01 | 193.06 | 183.54 |
| SD (standar deviasi) | 9.694                            | 3.397  | 2.831  | 5.89   |
| Varians              | 93.974                           | 11.539 | 8.015  | 34.692 |

**Tabel 5.** Hasil uji dua *mean*

| No        | Kuat Tekan Antara |               |               |
|-----------|-------------------|---------------|---------------|
|           | 0% dan 5%         | 0% dan 10%    | 0% dan 15%    |
| t tabel   | 2.78              | 2.78          | 2.78          |
| t hitung  | -1.453            | 3.315         | 4.405         |
| Keputusan | $H_0$ diterima    | $H_0$ ditolak | $H_0$ ditolak |

Hasil output dengan program SPSS dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.

**Gambar 4.** Hasil output uji dua sampel 0% dan 5%

| Group Statistics       |            |   |          |                |
|------------------------|------------|---|----------|----------------|
|                        | Variasi    | N | Mean     | Std. Deviation |
| Nilai Kuat Tekan Beton | Variasi 0% | 3 | 2.1239E2 | 9.694361       |
|                        | Variasi 5% | 3 | 2.2101E2 | 3.397484       |

Independent Samples Test

|                        | Levene's Test for Equality of Variances |       | t-test for Equality of Means |        |                 |                 |                       |          | 95% Confidence Interval of the Difference |           |
|------------------------|---|-------|------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------------|----------|---|-----------|
|                        | F                                       | Sig.  | t                            | df     | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |          |   |           |
|                        |   |       |                              |        |                 |                 |                       | Lower    | Upper                                     |           |
| Nilai Kuat Tekan Beton | Equal variances assumed                 | 2.965 | .160                         | -1.453 | 4               | .220            | -8.616667             | 5.930810 | -25.083236                                | 7.849903  |
|                        | Equal variances not assumed             |       |                              | -1.453 | 2.484           | .260            | -8.616667             | 5.930810 | -29.915367                                | 12.682033 |

Group Statistics

|                        | Variasi     | N | Mean     | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|------------------------|-------------|---|----------|----------------|-----------------|
| Nilai Kuat Tekan Beton | Variasi 0%  | 3 | 2.1239E2 | 9.694361       | 5.597042        |
|                        | Variasi 10% | 3 | 1.9306E2 | 2.831066       | 1.634517        |

Independent Samples Test

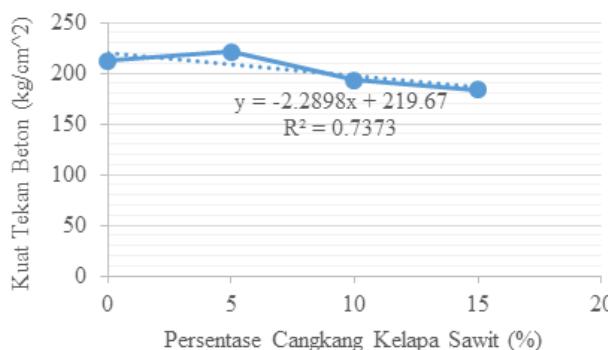
|                        | Levene's Test for Equality of Variances |       | t-test for Equality of Means |       |                 |                 |                       |          | 95% Confidence Interval of the Difference |           |
|------------------------|---|-------|------------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------------|----------|---|-----------|
|                        | F                                       | Sig.  | t                            | df    | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |          |   |           |
|                        |   |       |                              |       |                 |                 |                       | Lower    | Upper                                     |           |
| Nilai Kuat Tekan Beton | Equal variances assumed                 | 3.563 | .132                         | 3.315 | 4               | .030            | 19.326667             | 5.830825 | 3.137701                                  | 35.515633 |
|                        | Equal variances not assumed             |       |                              | 3.315 | 2.339           | .065            | 19.326667             | 5.830825 | -2.582136                                 | 41.235470 |

**Gambar 5.** Hasil output uji dua sampel 0% dan 10%

| Group Statistics       |             |   |          |                |                 |
|------------------------|-------------|---|----------|----------------|-----------------|
|                        | Variasi     | N | Mean     | Std. Deviation | Std. Error Mean |
| Nilai Kuat Tekan Beton | Variasi 0%  | 3 | 2.1239E2 | 9.694361       | 5.597042        |
|                        | Variasi 15% | 3 | 1.8354E2 | 5.890385       | 3.400815        |

| Independent Samples Test |                             |   |      |                              |       |                 |   |                              |
|--------------------------|-----------------------------|---|------|------------------------------|-------|-----------------|---|------------------------------|
|                          |                             | Levene's Test for Equality of Variances |      | t-test for Equality of Means |       |                 |   |                              |
|                          |                             | F                                       | Sig. | t                            | df    | Sig. (2-tailed) | Mean Difference                           | Std. Error Difference        |
|                          |                             |   |      |                              |       |                 | 95% Confidence Interval of the Difference |                              |
| Nilai Kuat Tekan Beton   | Equal variances assumed     | .827                                    | .415 | 4.405                        | 4     | .012            | 28.850000                                 | 6.549231 10.666421 47.033579 |
|                          | Equal variances not assumed |   |      | 4.405                        | 3.300 | .018            | 28.850000                                 | 6.549231 9.038250 48.661750  |

**Gambar 6.** Hasil output uji dua sampel 0% dan 15%**Gambar 7.** Persentase cangkang kelapa sawit terhadap kuat tekan beton**Variables Entered/Removed<sup>b</sup>**

| Mode | Variables Entered                             | Variables Removed | Method |
|------|---|-------------------|--------|
| 1    | Persentase Cangkang Kelapa Sawit <sup>a</sup> | .                 | Enter  |

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Kuat Tekan Beton

**Model Summary**

| Mode | R                 | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1    | .859 <sup>a</sup> | .737     | .606              | 10.80519                   |

a. Predictors: (Constant), Persentase Cangkang Kelapa Sawit

**ANOVA<sup>b</sup>**

| Model |            | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig.              |
|-------|------------|----------------|----|-------------|-------|-------------------|
|       |            |                |    |             |       |                   |
| 1     | Regression | 655.409        | 1  | 655.409     | 5.614 | .141 <sup>a</sup> |
|       | Residual   | 233.504        | 2  | 116.752     |       |                   |
|       | Total      | 888.914        | 3  |             |       |                   |

a. Predictors: (Constant), Persentase Cangkang Kelapa Sawit

b. Dependent Variable: Kuat Tekan Beton

**Coefficients<sup>a</sup>**

| Model |                                  | Unstandardized Coefficients |            |       | t      | Sig. |
|-------|----------------------------------|-----------------------------|------------|-------|--------|------|
|       |                                  | B                           | Std. Error | Beta  |        |      |
| 1     | (Constant)                       | 219.674                     | 9.040      |       | 24.300 | .002 |
|       | Persentase Cangkang Kelapa Sawit | -2.290                      | .966       | -.859 | -2.369 | .141 |

a. Dependent Variable: Kuat Tekan Beton

**Gambar 8.** Hasil output uji korelasi

Dari tabel dan hasil *output* dengan SPSS diperoleh  $H_0$  diterima pada uji dua mean antara 0% dan 5% hal ini dapat dikatakan bahwa kuat tekan beton tanpa cangkang kelapa sawit dan kuat beton dengan cangkang kelapa sawit 5% dapat dikatakan sama (tidak ada perbedaan). Untuk pengujian lain  $H_0$  ditolak yang berarti kuat tekan beton tanpa cangkang kelapa sawit berbeda dengan kuat tekan beton campuran cangkang kelapa sawit. Regresi antara persentase cangkang kelapa sawit dengan kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 7.

Hasil grafik hubungan antara persentase cangkang kelapa sawit dan kuat beton adalah dapat dikatakan bentuk regresi yang terjadi sudah dianggap baik/sesuai karena  $R^2$  mendekati 1. Semakin besar penggunaan cangkang kelapa sawit kedalam campuran beton akan mengurangi nilai kuat tekan pada beton. Atau semakin kecil persentase penambahan cangkang kelapa sawit maka semakin besar nilai kuat tekan beton (Berli, 2019).

#### 4 KESIMPULAN

Nilai kuat tekan beton normal pada umur 28 hari sebesar 212.39 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan beton yang menggunakan penambahan limbah cangkang kelapa sawit variasi 5% dengan nilai kuat tekan sebesar 221.01 kg/cm<sup>2</sup>, variasi 10% sebesar 193.06 kg/cm<sup>2</sup>, dan variasi 15% sebesar 183.54 kg/cm<sup>2</sup>. Variasi campuran limbah kelapa sawit yang menghasilkan kuat tekan beton yang paling maksimal pada variasi 5% dengan nilai kuat tekan beton 221.01 kg/cm<sup>2</sup>. Adapun pengaruh limbah cangkang kelapa sawit, dimana semakin banyak persentase campuran variasi limbah cangkang kelapa sawit maka nilai kuat tekan beton semakin menurun.

Limbah cangkang kelapa sawit sebaiknya diproses sampai halus agar memperoleh hasil yang maksimal. Untuk penelitian selanjutnya mengenai penambahan limbah cangkang kelapa sawit sebaiknya menggunakan mutu K-175.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adhitia, F., & Pertwi, D. (2020). Pengaruh Variasi Fly Ash sebagai Pengganti sebagian Semen dengan Copper Slag Pengganti sebagian Pasir untuk Beton Mutu 42 MPa. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 9(1), 80–86. <https://doi.org/10.22225/pd.9.1.1676.80-86>
- Adibroto, F., et al. (2020). Pemanfaatan Cangkang Sawit sebagai Substitusi Agregat Kasar pada Beton Perkerasan Kaku untuk Jalan Lalu Lintas Rendah. *Prosiding Seminar Nasional Unimus*, 3, 1013–1021.
- Agustini, N. K. A., & Aryastana, P. (2017). Pengaruh Penambahan Abu Sekam dan Serbuk Kaca terhadap Kuat Tekan dan Berat Jenis Beton. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 6(2), 190–202. <https://doi.org/10.22225/pd.6.2.488.190-202>
- Ahmad, I. A., Pertwi, N., & Taufiq, N. A. S. (2017). *Beton Ramah Lingkungan*. CV. AGUSCORP.
- Al-alang, A. M. T., & F. (2020). Analisis Pengaruh Pemberian Cangkang Kelapa Sawit terhadap Nilai Parameter Batubara. *Jurnal Bina Tambang*, 5(1), 190–199.
- Ardhyan, M. Z., Irwansyah, & Basrin, D. (2022). Pengaruh Substitusi Cangkang Sawit terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 3(1), 41–44.
- ASTM. (2002). *ASTM C33-Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM International.
- BSN. (1990). *SNI 03-1968-1990 tentang metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (1991). *SNI 03-2531-1991 tentang metode pengujian berat jenis semen portland*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (1996). *SNI 03-4141-1996 tentang metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2000). *SNI 03-2834-2000 tentang Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2002). *SNI 03-6827-2002 tentang metode pengujian waktu ikat awal semen portland dengan menggunakan alat vicat untuk pekerjaan sipil*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2008a). *SNI 2417-2008 tentang cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2008b). *SNI 1973-2008 tentang cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2011). *SNI 1971-2011 tentang cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2012). *SNI 7656-2012 tentang tata cara pemilihan campuran untuk beton normal,beton berat dan beton massa*. Badan Standardisasi Nasional.
- Berli, A. D. (2019). Penentuan Kuat Tekan Beton Ringan Mutu K-225 dengan Substitusi Cangkang Sawit memakai Semen Portland Tipe 1. *Jurnal MENARA*, XIII(6), 1–5.
- Diana, A. I. N., Fansuri, S., & Desharyanto, D. (2020). Penambahan Abu Daun Bambu sebagai Substitusi Material Semen terhadap Kinerja Beton. *Jurnal PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 9(2), 172–182. <https://doi.org/10.22225/pd.9.2.1788.172-182>
- Harmiansyah, et al. (2023). Karakteristik Arang dari Cangkang Kelapa Sawit sebagai Bahan Dasar Utama Pembuatan Biobriket. *Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME)*, 1(2), 29–36.
- Kristianto, Mungok, C. D., Handalan, C. P. (n.d.). Pengaruh Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Bahan Tambahan terhadap Mutu Beton. *Jurnal Skripsi Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 1–10.
- Lubis, A. M., & H. (2020). *Cangkang Kelapa Sawit Berdaya Guna* (M. P. . Dr. Sumarto (ed.); Pertama). Buku Literasiologi.
- Manaf, A., et al. (2023). Penggunaan Cangkang Sawit sebagai Pengganti Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan Beton. *Journal of Civil Engineering (BANDAR)*, 5(1), 59–66.
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton* (CV. ANDI OFFSET ed.)).
- Mulyono, T. (2015). *TEKNOLOGI BETON: dari Teori Ke Praktek* (Issue Pertama). Lembaga Pengembangan Pendidikan, Universitas Negeri Jakarta.
- Oktarina, D., & N. (2018). Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit untuk Bata Beton Ringan. *Jurnal Rekayasa, Teknologi, Dan Sains*, 2(1), 8–12.
- Perdana, S. A., Taufik, & Rita, E. (2019). Pengaruh Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Pengganti Agregat Kasar

- pada Campuran Beton terhadap Nilai Kuat Tekan. *Kumpulan Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil*, 1(1).
- Purnama, R., Farizal, T., & Ikhwan, M. (2022). Penelitian Kuat Tekan Beton Menggunakan Bahan Tambahan Cangkang Sawit pada Pekerjaan Gorong-Gorong di PT. Socfindo. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida (JITU)*, 3(2), 206–212.
- Rahardja, I., B., Surbakti, V. N. C., & Siregar, A. L. (2022). Empowering Abu Cangkang Kelapa Sawit terhadap Kualitas Bata Beton Ringan (Light-Weight Concrete). *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 14(1), 119–126.
- Rumahorbo, et al. (2023). *Kabupaten Ketapang dalam Angka 2023*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Ketapang.
- Saputra, A., Oktarina, D., & Gumay, A. (2022). Analisa Temperatur dan Waktu terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Cangkang Kelapa Sawit Pasca Bakar. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil (Komposit)*, 6(1), 49–55.
- Sarifah, J., & Pasaribu, B. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit guna Meningkatkan Stabilitas Tanah Lempung. *Buletin Utama Teknik*, 13(1), 55–61.
- Serwinda, Hidayat, A., & Lumba, P. (2013). Pengaruh Penambahan Cangkang Sawit terhadap Kuat Tekan Beton  $f_c \leq 25 \text{ MPa}$  (Issue 1).
- Syarifudin, A., Yunanda, M., & Anjani, C. (2020). Analisis Kuat Tekan Beton K 225 menggunakan Limbah Cangkang Kelapa Sawit sebagai Pengganti Agregat Kasar. *Jurnal Teknik Sipil (UNPAL)*, 10(2), 60–68.
- Tampubolon, S. P. (2022). *Struktur Beton - 1*. UKI Press.