

Analisa Temperatur dan Waktu Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Cangkang Kelapa Sawit Pasca Bakar

Ariyan Saputra, Devi Oktarina, A. Gumay

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malahayati
Email: ariyansaputra69@yahoo.com; oktarina_sipil@yahoo.co.id; agumay53@gmail.com

ABSTRAK

Banyaknya musibah kebakaran yang terjadi di daerah pemukiman warga kebanyakan diakibatkan oleh ledakan tabung gas, ledakan bom, hubungan pendek arus listrik, sambaran petir, atau karena dengan sengaja membakar bangunan gedung, tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu terhadap pembakaran terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton cangkang kelapa sawit. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian kuat tekan dengan *CTM* (*Compression Testing Machine*), dengan jumlah benda uji sebanyak 16 buah beton normal dan cangkang kelapa sawit, pada pengujian kuat tekan dan kuat tarik desak dengan temperatur 200°C dan 600°C selama 1 dan 2 jam. Besarnya penurunan kuat tekan beton cangkang kelapa sawit yang dibakar selama 1 jam pada temperature 200°C dan 600°C menggunakan pengujian (*CTM*) adalah 12,323% dan 20,234%. Sedangkan penurunan kuat tarik belah beton cangkang kelapa sawit yang dibakar selama 1 jam pada temperature 200°C dan 600°C adalah 0,4179 % dan 0,4450%. Penggunaan cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengisi beton sangat mempengaruhi porositas beton itu sendiri, cangkang kelapa sawit yang mengalami pembakaran berubah menjadi abu pada suhu dan waktu yang tinggi. Beton cangkang kelapa sawit penambahan 5% mengalami presentasi penurunan kuat tekan dan kuat tarik yang lebih besar dari beton normal.

Kata Kunci: *Pascabakar, Cangkang Kelapa Sawit, Kuat Tekan, Kuat Tarik.*

ABSTRACT

The number of fire accidents that occur in residential areas are mostly caused by gas cylinder explosions, bomb explosions, short circuits of electricity, lightning strikes, or by deliberately burning buildings, the purpose of this study was to determine the effect of temperature and time on burning strength. Compressive strength and split tensile strength of palm shell concrete. The method used in this study is a compressive strength tester whit Compression Testing Machine (CTM), with a total of 16 specimens of normal concrete and palm shells, for testing the compressive strength and compressive tensile strength at temperature of 200°C and 600°C during 1 and 2 hours. The magnitude of the decrease in the compressive strength of palm shell concrete which was burned for 1 hour at a temperature of 200°C and 600°C using the test (CTM) was 12,323% and 20,234%, respective. Meanwhile, the decrease in split tensile strength of palm shell concrete which was burned for 1 hour at a temperature of 200°C and 600°C was 0,4179% and 0,4450%, respectively. The use of oil palm shells as a filler in concrete greatly affects the porosity of the concrete itself, oil palm shells that undergo combustion turn to ash at high temperatures and time. Palm shell concrete with 5% addition experienced a decrease in compressive strength and tensile strength which was greater than normal concrete.

Key words: *Post-burning, Palm Oil Shell, Compressive Strength, Tensile Strength.*

Submitted: 25 Jan 2022	Revised: 15 Feb 2022	Accepted: 18 Feb 2022	Available online: 01 August 2022
----------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--

PENDAHULUAN

Banyaknya terjadi musibah kebakaran akhir-akhir ini yang merusak konstruksi bangunan gedung. Efek pemanasan akibat kebakaran tersebut tidak memberikan pengaruh yang berbahaya seperti halnya pada struktur baja dan

kayu, tetapi bukan berarti bahwa efek pemanasan tidak memberikan dampak yang buruk pada beton. Saat terbakar beton tidak menghasilkan api namun dapat menyerap panas sehingga akan terjadi peningkatan suhu tinggi secara signifikan yang akan mengakibatkan

perubahan mendasar dari sifat-sifat struktur beton. (Pertiwi et al, 2007; Ahmad, 2000) Pada batas suhu tertentu, pemanasan akan menyebabkan stabilitas ikatan jel semen pada beton menjadi hilang, pemuaiannya butiran kerikil (*agregat*), lepasnya ikatan semen dan pemuaiannya pada butiran (Arwanto, 2006; Dharmawan et al., 2016; Simbolon et al., 2012). Pada kondisi ini struktur konstruksi mengalami penurunan kemampuan untuk mendukung beban yang bekerja dan dikhawatirkan konstruksi tersebut tidak dapat lagi digunakan atau dimanfaatkan sebagaimana awal konstruksi tersebut.

Untuk memperkuat kekuatan beton salah satunya bisa dengan menambahkan atau memperbaiki kualitas dari material pembentuk beton itu sendiri, penambahan material *additive* seperti kaolin (Chayati et al., 2017), *Damdex* (Putranto & Syaiful, 2019), atau bahan *substitute* ke dalam campuran beton seperti dengan menambahkan terak nikel (Hartono et al., 2021). Limbah cangkang kelapa sawit dipergunakan dalam penelitian ini mengingat bahwa beton dengan penambahan cangkang kelapa sawit sebanyak 5% ini mempunyai kuat tekan 269,96 kg/cm² (Alkhalay, 2016).

METODE PENELITIAN

Penyiapan Benda Uji

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimen. Penelitian dilakukan dengan membakar beton normal dan beton cangkang kelapa sawit berbentuk kubus ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm dan silinder ukuran 30 cm x 15 cm, dalam temperatur yang berbeda selama 1 jam dan 2 jam. Peneliti melakukan eksperimen di laboratorium untuk mendapatkan data yang konkret dari hasil penelitian terdahulu dengan penambahan cangkang kelapa sawit dengan tambahan 5% saja.

Penelitian ini dibagi menjadi tujuh tahap yaitu: Pemeriksaan bahan campuran beton seperti agregat kasar agregat halus dan bahan pengisi beton (cangkang kelapa sawit), setelah pemeriksaan bahan campuran telah sesuai dengan yang direncanakan barulah peneliti membuat rencana campuran (*mix design*), dalam penelitian ini rencana campuran beton menggunakan rencana *mix design* dengan metode *American Concrete Institute* (ACI) dengan kuat tekan rencana $f'c$ 25 MPa atau 250 kg/cm², kemudian pembuatan benda uji dibuat sebanyak 16 untuk beton normal dan 16 untuk beton cangkang kelapa sawit, setelah itu pemeliharaan terhadap benda uji (*curing*) bertujuan untuk mencegah kehilangan air dalam jumlah besar pada saat bersamaan air yang

diperlukan untuk hidrasi tahap awal dan dilakukan selama umur beton 28 hari, setelah itu dilakukan pembakaran benda uji selama 1 jam dan 2 jam menggunakan suhu 200°C dan 600°C, pendinginan benda uji dilakukan selama 24 jam setelah pembakaran benda uji, setelah pendinginan dilakukan pengujian menggunakan alat uji *Compressing Testing Machine* (CTM), dan tahap akhir analisis hasil penelitian.

Lokasi

Lokasi penelitian dilaksanakan di 2 (dua) tempat. Lokasi pembakaran benda uji dilaksanakan di UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung – LIPI, Jalan Ir. Sutami KM 15, Tanjung Bintang, Lampung, dan lokasi pembuatan serta pengujian benda uji dilaksanakan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Malahayati, Jalan Pramuka Bandar Lampung dan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung, Bandar Lampung.

Analisis Data

Pemeriksaan Bahan Campuran

Sebelum Melakukan Mix Design, material diperiksa terlebih dahulu untuk memastikan kualitas material tersebut memenuhi standar yang ditetapkan.

Tabel 1 Spesifikasi Pengujian Material

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Keterangan
1	Kadar air agregat halus	0 – 1 %	ASTM C-556
2	Kadar air agregat kasar	0 – 3 %	ASTM C-556
3	Berat Jenis SSD agregat halus	2 – 2,9 %	ASTM C-128
4	Berat Jenis SSD agregat kasar	1 – 3 %	ASTM C-127
5	Analisa kadar lumpur agregat halus	< 5 %	ASTM C-117

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 1997

Analisa Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan alat *Compressing Testing Machine* (CTM) dilaksanakan pada 2 (dua) jenis sampel benda uji kubus ukuran 15cm x 15cm x 15cm: 1) sebelum dibakar dan 2) benda uji didinginkan selama 24 jam pasca pembakaran. Persiapan pengujian dengan metode *Compressing Testing Machine* (CTM) menurut SNI 03-4430-1997 adalah sebagai berikut:

- Tentukan lokasi bidang uji pada elemen struktur yang akan diperiksa dan diberi tanda batas.

- b) Bersihkan permukaan bidang uji dari plesteran atau pelapis pelindung lainnya.
- c) Ratakan permukaan bidang uji yang kasar dengan gerinda.

Langkah-langkah pengujian kuat tekan dengan alat *CTM* adalah sebagai berikut:

- a) Benda uji diangkat dari rendaman, kemudian dianginkan atau dilap hingga kering permukaan.
- b) Menimbang dan mencatat berat sampel beton.
- c) Meletakkan sampel beton ke dalam *CTM*, lalu menghidupkan mesin dan secara perlahan mesin memberi tekanan.
- d) Mencatat hasil kuat tekan beton untuk tiap sampelnya.

Analisa Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dengan menggunakan *Compressing Testing Machine (CTM)* dilaksanakan pada 2 (dua) jenis sampel benda uji silinder ukuran 15 cm x 30 cm, 1) sebelum benda uji dibakar, dan 2) setelah benda uji didinginkan selama 24 jam pasca pembakaran. Persiapan pengujian dengan metode *Compressing Testing Machine (CTM)* menurut SNI 03-4430-1997 adalah sebagai berikut:

- a) Tentukan lokasi bidang uji pada elemen struktur yang akan diperiksa dan diberi tanda batas.
- b) Bersihkan permukaan bidang uji dari plesteran atau pelapis pelindung lainnya.
- c) Ratakan permukaan bidang uji yang kasar dengan gerinda.

Langkah-langkah pengujian kuat tekan dengan alat *CTM* adalah sebagai berikut:

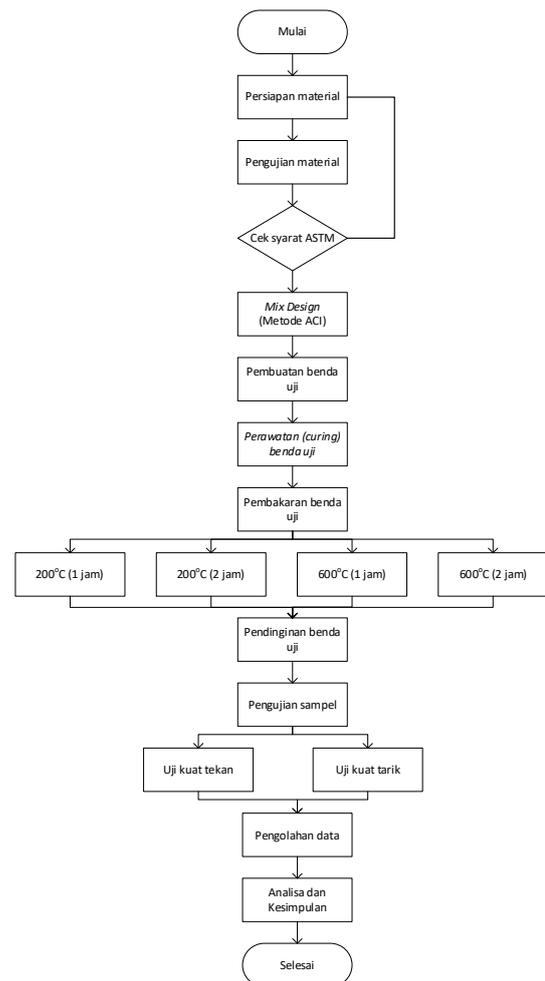
- a) Benda uji diangkat dari rendaman, kemudian dianginkan atau dilap hingga kering permukaan.
- b) Menimbang dan mencatat berat sampel beton.
- c) Meletakkan sampel beton ke dalam *CTM*, lalu menghidupkan mesin dan secara perlahan mesin memberi tekanan.
- d) Mencatat hasil kuat tarik belah beton untuk tiap sampelnya

Analisa Hasil

Analisa hasil dari penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) Menghitung berat jenis benda uji dengan cara menimbang benda uji kemudian membaginya dibagi dengan volumenya.
- 2) Menghitung kuat tarik belah beton dengan mesin desak.
- 3) Menghitung kuat tekan beton dengan *CTM*.

- 4) Dari hasil pengujian kuat tekan dengan *CTM* dan kuat tarik belah dengan mesin desak masing-masing dibuat grafik hubungan antara pengaruh varian temperatur terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
- 5) Dari grafik hubungan antara pengaruh varian temperatur terhadap kuat tekan beton didapat perbandingan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton karakteristik antara pengujian dengan mesin desak dan *CTM*, kemudian dianalisa untuk mendapatkan persamaan atau konversi nilai kuat tekan dengan mesin desak terhadap pengujian *CTM*. Diagram alir pengujian diperlihatkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Diagram alir pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian agregat

Pengujian material dimaksudkan untuk mengetahui data awal dari material yang akan digunakan pada campuran beton diperlihatkan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Hasil Pemeriksaan Pengujian Bahan Penyusun Beton

Jenis pengujian	Material yang digunakan	Nilai hasil pengujian	Standar ASTM
Modulus kehalusan	Agregat kasar	7,377	6,0 – 8,0
	Agregat halus	2,936	2,3– 3,1
Berat jenis	Agregat kasar	2,67	2,5 – 2.7
	Agregat halus	2,51	2,5 – 2.9
Penyerapan (%)	Agregat kasar	2,91	1 – 3%
	Agregat halus	3	1 – 3%
Kadar Air (%)	Agregat kasar	2,88	0 – 3%
	Agregat halus	0,91	0 – 1%
Kadar lumpur (%)	Agregat halus	2,50%	< 5%
Berat volume (Kg/m ³)	Agregat kasar	1625,4	-
	Agregat halus	1558,4	-
Kandungan Zat Organik	Agregat Halus	Sama dengan warna standar	Tidak boleh lebih terang dari warna standar
Los Angeles test (%)	Agregat Kasar	24,22	40%

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Analisis Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton dihitung menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*) untuk perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3 Komposisi Campuran Beton per-m³

Semen (kg)	Air (Liter)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
440,29	203,7	517,139	1157,52

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Tabel 4 Komposisi Campuran Beton Sampel Kubus

Jumlah Benda Uji (Kubus)	Volume	Semen (kg)	Air (liter)	Agr. Halus (kg)	Agr. Kasar (kg)	C.Kelapa Sawit (kg)
BN	0.00409	1.634954	0.75633	1.91988	4.29729	-
5% CKS	0.00409	1.634954	0.75633	1.91988	4.08243	0.214865

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Tabel 5 Komposisi Campuran Beton Sampel Silinder

Jumlah Benda Uji (Silinder)	Volume	Semen (kg)	Air (liter)	Agr. Halus (kg)	Agr. Kasar (kg)	C.Kelapa Sawit (kg)
BN	0,00583	2,56818	1,18804	3,01574	6,75017	-
5% CKS	0,00583	2,56818	1,18804	3,01574	6,41263	0,337537

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Analisa Berat Volume Beton

Berat volume diperoleh dengan cara membagi berat beton dengan volumenya, beratnya didapat dari menimbang benda uji sebelum dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan saat beton dalam kondisi kering. (Ichsan et al., 2021; Sardjoe & Godinho, 2018) Dalam penelitian ini benda uji dengan umur beton 28 hari diangkat dari rendaman 7 hari sebelum hari pengujian dan dibiarkan padaruangan terbuka. Adapun rumus berat volume beton yaitu:

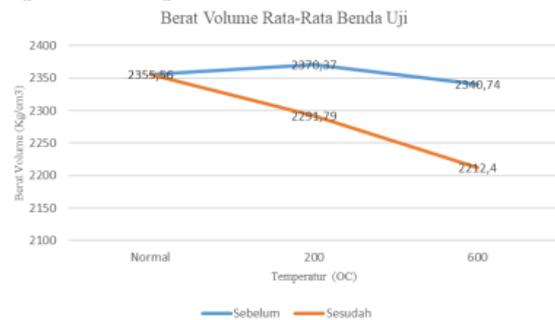
$$\text{Berat Volume} = \frac{\text{Berat Beton (kg)}}{\text{Volume Beton (m}^3\text{)}} \quad \dots 1)$$

Tabel 6 Hasil Pengukuran Berat Volume Beton

Temperatur (°C)	Berat Volume Rata-Rata (Kg/m ³)		Perubahan Berat Volume Rata-Rata Pasca Bakar (%)
	Pra Bakar	Pasca Bakar	
Normal	2362,963		0
200	2348,149	2200,7405	-2,913
600	2352,593	2059,7662	-4,345

Sumber: Hasil pengujian, 2021

Perubahan berat volume rata-rata benda uji diperlihatkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Kurva perbandingan berat volume beton tanpa pembakaran, pembakaran 200 °C dan pembakaran 600 °C

Porositas Beton

Berdasarkan ASTM C 642-90, porositas beton dapat dihitung dengan mempergunakan rumus di bawah ini:

$$n = \frac{C - A}{C - D} \times 100\% \quad \dots 2)$$

Dengan:

- n* : Porositas benda uji (%)
- A* : Berat kering oven benda uji (kg)
- C* : Berat beton jenuh air setelah pendidihan (kg)
- D* : Berat beton dalam air (kg).

Kuat Tekan Beton

Pengujian Kuat Tekan dengan alat kimpresi dilakukan dengan cara memberikan pembebanan pada benda uji, kemudian mencatat beban maksimum (P) pada saat benda uji runtuh dan kemudian dibagi dengan luas penampang benda uji (A) seperti berikut: (Ahmad et al., 2009;

Badan Standardisasi Nasional, 1997; Febrianti et al., 2019; Handayani et al., 2019)

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad \dots 3)$$

Dengan:

f'_c : Kuat tekan beton karakteristik (kg/cm^2)

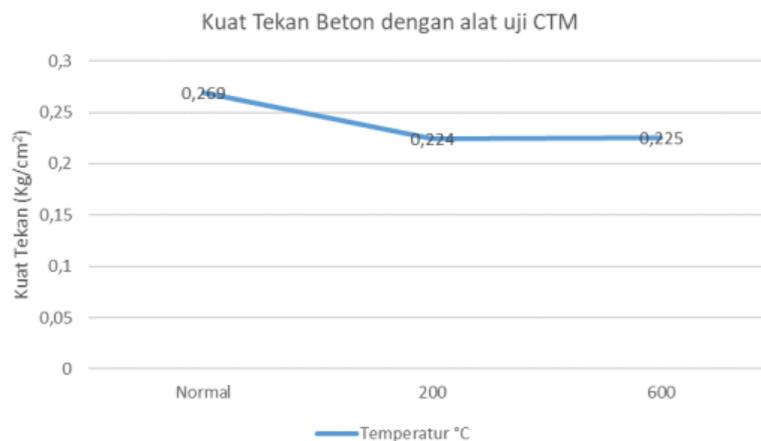
P : Beban maksimum (kg)

A : Luas penampang benda uji (cm^2)

Tabel 7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata – Rata Benda Uji dengan CTM

Temperatur		Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2)
Normal		269,90
200°C	1 jam	236,64
	2 jam	227,8
600°C	1 jam	209,8
	2 jam	192,82

Sumber: Hasil Penelitian, 2020



Gambar 3 Kurva hubungan antara kuat tekan rata-rata beton dengan temperatur menggunakan alat uji kompresi (CTM)

- Pada temperatur 200°C, 1 Jam perubahannya:
 $\frac{236,64-269,90}{269,90} \times 100\% = -12,323 \%$
- Pada temperatur 600°C, 1 Jam perubahannya:
 $\frac{209,8-269,90}{269,90} \times 100\% = -20,243 \%$

satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tarik, rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tarik belah beton adalah:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$$

Dengan:

f_{ct} : Kuat tarik belah (MPa)

P : Beban maksimum waktu belah (kg)

d : Diameter benda uji silinder (mm)

D : Diameter benda uji silinder (mm).

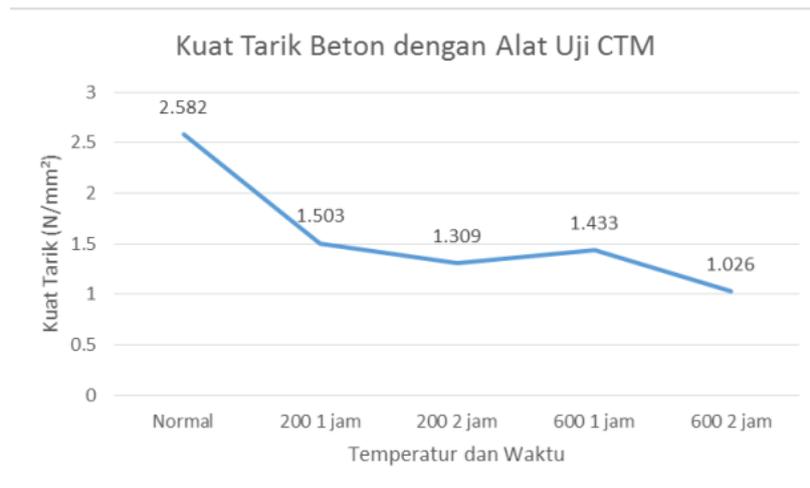
Kuat Tarik Belah

Pengujian Kuat Tarik Belah dilakukan dengan alat *Compression Testing Machine* (CTM) setelah benda uji berumur 28 hari. Kekuatan tarik beton relative rendah, kira-kira 10% - 15% dari kekuatan tarik beton, kadang-kadang dari

Tabel 8 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Rata – Rata Benda Uji dengan CTM

Temperatur		Kuat Tarik Belah Rata-Rata (N/mm^2)	Kuat Tarik Belah Rata-Rata (kg/cm^2)
Normal		2,582	26,329
200°C	1 jam	1,503	15,326
	2 jam	1,309	13,348
600°C	1 jam	1,433	14,33
	2 jam	1,026	10,462

Sumber: Data Primer Hasil Penelitian, 2020



Gambar 4 Kurva hubungan antara Kuat Tarik rata-rata beton dengan Temperatur dan waktu menggunakan alat uji Kompresi (CTM)

- a. Pada temperatur 200°C 1 Jam perubahannya:

$$\frac{1,503-2,582}{2,582} \times 100\% = -0,4179 \%$$

- b. Pada temperatur 600°C 1 Jam perubahannya

$$\frac{1,433-2,582}{2,582} \times 100\% = -0,4450 \%$$

KESIMPULAN

Besarnya penurunan kuat tekan beton cangkang kelapa yang dibakar selama 1 jam pada temperatur 200°C dan 600°C berturut turut menggunakan pengujian *compression testing machine* (CTM) adalah sebesar 33,26 kg/cm² atau 12,32% dan 60,1 kg/cm² atau 20,24%. Besarnya penurunan kuat tarik belah beton cangkang kelapa sawit yang dibakar selama 1 jam pada temperatur 200°C dan 600°C berturut turut menggunakan pengujian *compression testing machine* (CTM) adalah sebesar 11,003 kg/cm² atau 0,418%, dan 11,999 kg/cm² atau 0,445%.

Penggunaan cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengisi beton sangat mempengaruhi terhadap porositas beton itu sendiri, rongga yang dihasilkan beton cangkang kelapa sawit pasca bakar sangatlah terlihat, karena cangkang kelapa sawit yang mengalami pembakaran berubah menjadi abu pada suhu dan waktu yang tinggi.

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 presentasi penurunan kuat tekan dan kuat tarik yang lebih besar dari beton normal. Untuk beton cangkang kelapa sawit tidak disarankan untu menjadi material dalam campuran beton, tetapi jika dipandang dari segi biaya, beton cangkang kelapa sawit sangat efisien jika digunakan mengingat cangkang kelapa sawit merupakan limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I. A., Taufieq, N. A. S., & Aras, A. H. (2009). Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(2).
<https://doi.org/https://doi.org/10.5614/jts.2009.16.2.2>
- Alkhaly, Y. R. (2016). Beton Non-Pasir dengan Agregat Cangkang Kelapa Sawit. *Teras - Jurnal Teknik Sipil*, 3(1).
- Arwanto, R. (2006). Respon Kuat Tekan Hammer Test dengan Compression Test pada Beton Normal dan Beton Pasca Bakar. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 34(1), 85–94.
- Badan Standardisasi Nasional. (1997). *SNI 03-4430-1997 Metode Pengujian Kuat Tekan Elemen Struktur Beton dengan Alat Palu Beton Tipe N dan NR*.
http://perpus.ditbtp.id/opac/index.php?p=show_detail&id=10073
- Chayati, N., Syaiful, S., & Abdurahman, E. E. (2017). Analisis Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Kaolin. *Jurnal Komposit*, 1(2), 77–86.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32832/komposit.v1i2.1543>
- Dharmawan, W. I., Oktarina, D., & Safitri, M. (2016). Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Menggunakan Hammer Test dan Compression Testing Machine terhadap Beton Pasca Bakar. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(1), 35–42.
- Febrianti, T. A., Darmawan, D., & Ismardi, A. (2019). Studi Pengaruh Variasi Komposisi Semen Plester terhadap Gaya Tekan Bahan Berdasarkan Parameter Elektrik. *E-Proceeding of Engineering*, 1346–1350.

- Handayani, J., Lutfi, M., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2019). Studi Pengaruh Temperatur Beton Massa pada Raft Foundation Ketebalan 3 Meter (Studi Kasus: Proyek MCC Tower-Jakarta). *Jurnal Komposit*, 3(1), 20–22.
<http://dx.doi.org/10.32832/komposit.v3i1.3743>
- Hartono, Y. D., Aswad, N. H., Mursidi, B., & Nurbaity, D. P. (2021). Analisis Pengaruh Temperatur Tinggi terhadap Kuat Tekan Beton yang Menggunakan Terak Nikel sebagai Agregat Kasar. *Radial*, 9(2), 210–220.
<https://doi.org/10.37971/radial.v9i2.237>
- Ichsan, M., Tanjung, D., & Hasibuan, M. H. M. (2021). Analisa Perbandingan Hammer Test dan Compression Testing Machine terhadap Uji Kuat Tekan Beton. *Buletin Utama Teknik*, 17(1), 41–45.
- Pertiwi, N., Ahmad, I. A., & Taufieq, N. A. S. (2017). Analysis Residual Strength of Post Fire Concrete. *Asian Journal of Applied Sciences*, 5(3). Retrieved from <https://192.99.73.24/index.php/AJAS/article/view/4859>
- Putranto, F. R., & Syaiful, S. (2019). Pengaruh Penambahan Genteng Press Jatiwangi dan Damdex terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Komposit*, 3(1), 15–18.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32832/komposit.v3i1.3742>
- Sardjoe, D., & Godinho, M. F. (2018). Pengaruh Kenaikan Temperatur terhadap Kualitas Beton. *Isu Teknologi STT Mandala*, 13(1), 53–60.
- Simbolon, D., Basir, N., & Ananda, F. (2012). Pengaruh Lamanya Pembakaran Beton terhadap Kuat Tekan Beton K-250 (Umur 28 Hari). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 1(1), 128–132.