

PENGARUH CKS SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT PADA KUAT TEKAN BETON

Ahmad Zaki¹, Titis Yoga Pratama², Candra Agung Wibisono³, dan Fadillawaty Saleh⁴

¹Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Bantul, Yogyakarta

Email: ahmad.zaki@umy.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Bantul, Yogyakarta

Email: titis.yoga.ft17@umy.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Bantul, Yogyakarta

Email: candra.agung.ft17@mail.umy.ac.id

⁴Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Bantul, Yogyakarta

Email: fadilawaty_umy@yahoo.com

ABSTRACT

Concrete with oil palm shells (OPS) is an innovative alternative to normal concrete, which is increasingly expensive. In addition, reducing palm-based waste is the objective, one of which is waste that is no longer used in the form of palm shells. Therefore, OPS concrete can also be called green or environmentally friendly concrete. Thus, OPS concrete research becomes very important so that the effect of percentage (%) OPS on the compressive strength of concrete can be analyzed. A specimen in the form of a cylinder was used in this study. Such cylinders have dimensions with a diameter of 75 mm and a height of 150 mm. And the specimen consists of 5 variations of the specimen in the form of the percentage of OPS used, namely 0%, 10%, 20%, 30%, and 40% of the weight of the coarse aggregate (stone or gravel). Each specimen will be tested for compressive strength at concrete lifespans of 7, 14, and 28 days. In this study, the variation of oil palm shells with a percentage of 10% was the optimum value of compressive strength obtained. Compressive strength will decrease in concrete with a percentage above 10%. This happens because the increasing composition of OPS causes the concrete mixture's low workability so that the concrete's compressive strength value becomes lower.

Keywords: concrete, oil palm shell, compressive strength

ABSTRAK

Beton dengan cangkang kelapa sawit (CKS) adalah sebuah inovasi sebagai alternatif material dari beton normal yang semakin berbiaya mahal. Selain itu mengurangi limbah berbasah dasar kelapa sawit merupakan tujuannya, salah satunya limbah yang sudah tidak terpakai lagi yaitu berupa cangkang kelapa sawit. Oleh karena itu, beton CKS dapat disebut juga sebagai beton hijau atau ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian beton CKS menjadi sangat penting untuk dilakukan, sehingga dapat dianalisis pengaruh persentase (%) CKS terhadap kuat tekan beton. Benda uji berupa silinder digunakan pada penelitian ini. Silinder tersebut memiliki dimensi dengan diameter 75 mm dan tinggi 150 mm. Dan benda uji terdiri dari 5 variasi benda uji berupa persentase CKS yang digunakan yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat agregat kasar (batu atau kerikil). Masing-masing benda uji akan diuji kuat tekan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari. Pada penelitian ini, variasi cangkang kelapa sawit dengan persentase sebesar 10% merupakan nilai optimum kuat tekan yang didapatkan. Kuat tekan akan mengalami penurunan pada beton dengan persentase di atas 10%. Hal tersebut tersebut terjadi karena semakin banyaknya komposisi CKS menyebabkan rendahnya *workability* campuran beton sehingga nilai kuat tekan beton menjadi semakin rendah.

Kata kunci: beton, cangkang kelapa sawit, kuat tekan

1. PENDAHULUAN

Bahan utama konstruksi bangunan yang hampir selalu digunakan pada seluruh dunia adalah beton. Sehingga kondisi ini menyebabkan peningkatan signifikan penggunaan material pembentuk beton dan di satu sisi lain mengakibatkan terbatasnya ketersediaan material pembentuk beton tersebut, sehingga menyebabkan peningkatan harga material komposisi beton tersebut, seperti batu (BPS 2016). Salah satu usaha yang dilakukan untuk mengurangi pemakaian batu adalah dengan menggunakan agregat dari limbah pertanian, seperti limbah kelapa sawit yaitu cangkang kelapa sawit sebagai pengganti sebagian batu (Shafigh dkk. 2014, Mo dkk. 2015).

Corresponding Author

E-mail Address: ahmad.zaki@umy.ac.id

Negara-negara dengan iklim tropis seperti Indonesia, Malaysia, dan Nigeria memiliki produksi kelapa sawit yang sangat besar (Tjahjono dkk. 2017, Rahman dkk. 2020). Menurut penelitian Yanti and Hutasuhut (2020), lahan perkebunan sawit di Indonesia dengan luas kurang lebih 14,73 juta hektar atau terbesar di Dunia. Pada tahun 2020, lahan perkebunan kelapa sawit tersebut menghasilkan sebanyak 65 juta ton kelapa sawit. Namun hal tersebut memberikan dampak dengan bertambahnya limbah yang dihasilkan dari kelapa sawit karena limbah berupa cangkang kelapa sawit (CKS) dalam 65 kg akan dihasilkan dari 1 Ton produksi kelapa sawit. Karena CKS adalah limbah yang paling keras dari sekian banyak limbah kelapa sawit lainnya sehingga dapat digunakan secara maksimal sebagai bahan substitusi atau pengganti dari batu atau kerikil pada campuran beton (Shafiqh dkk. 2014, Zaki dkk. 2021).

Penelitian-penelitian beton dengan cangkang kelapa sawit telah banyak dilakukan (Daneshmand dan Saadatian 2011, Marpaung dan Tilik 2012, Sobuz dkk. 2014, Adeyemi dkk. 2017, Loh dkk. 2018, Azunna 2019, Nawati dkk. 2019, Prasetyo 2019, Vitri dan Herman 2019, Rahayu dkk. 2021, Wibisono dkk. 2021, Zaki dkk. 2021). Meskipun demikian, perilaku kuat tekan beton CKS masih perlu diteliti sehingga dibutuhkan penelitian untuk mengidentifikasi lebih dalam hal tersebut, apalagi menggunakan material-material lokal yaitu dari Sungai Progo, Kulon Progo. Penelitian ini dilakukan dalam rangka mengidentifikasi pengaruh CKS sebagai pengganti agregat pada kuat tekan benda uji beton pada umur beton 7, 14, dan 28 hari.

2. METODOLOGI

Adapun tahapan penelitian ini dilakukan dengan mempersiapkan material beton dengan cangkang sebagai pengganti batu atau kerikil. Pada saat pencampuran beton dilakukan uji *slump* untuk melihat *workability* campuran. Selanjutnya, benda uji beton dilakukan uji kuat tekan dan kemudian dianalisa pola retaknya.

Material

Material yang digunakan merupakan bahan penyusun utama pada beton seperti cangkang kelapa sawit, kerikil, pasir, semen, dan air. Cangkang kelapa sawit (CKS) yang digunakan berasal dari Sumatera Selatan dengan ukuran yang digunakan yaitu lolos saringan $\frac{3}{4}$ tertahan saringan No. 4. CKS dicuci dan dikeringkan terlebih dahulu sebelum dicampurkan ke dalam campuran beton. Kerikil dan pasir adalah dua material yang didapat dari Sungai Progo, Kulon Progo. Kerikil tersebut mempunyai ukuran butir 19 mm atau lolos saringan $\frac{3}{4}$ inch. Sementara pasir adalah yang lolos saringan No. 4 namun tertahan pada saringan No. 200. Semen pada penelitian ini merupakan jenis *Portland Pozzolanic Cement* (PPC) dengan tipe semen yaitu Tipe I.

Mix design

Kerikil dan pasir dilakukan pengujian terlebih dahulu untuk mendapatkan spesifikasinya. Adapun jenis pengujian yang dilakukan yaitu uji gradasi, modulus halus butir, berat jenis, kadar lumpur, penyerapan air, kadar air, berat volume, dan keausan. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM C33M-18 (ASTM 2018) Setelah data hasil pengujian diperoleh, selanjutnya dapat dianalisa kebutuhan campuran untuk 1 benda uji menggunakan SNI 03-2834-2000 (BSN 2000). Pada penelitian ini, benda uji berupa silinder dengan diameter 75 mm dan tinggi 150 mm berjumlah 15 buah masing-masing dengan umur beton rencana 7, 14, dan 28 hari. Uji *slump* pada campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui *workability* dari campuran beton. Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 1972:2008 (BSN 2008).

Kuat tekan beton

Kuat tekan adalah suatu perbandingan beban pada beton terhadap luas penampangnya. Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 1974:2011 (BSN 2011) menggunakan alat bernama Universal Testing Machine (UTM) dengan merk Hung Ta. Nilai pengujian kuat tekan pada silinder beton dapat dihitung dengan persamaan:

$$F'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana:

F'_c = kuat tekan beton (MPa),

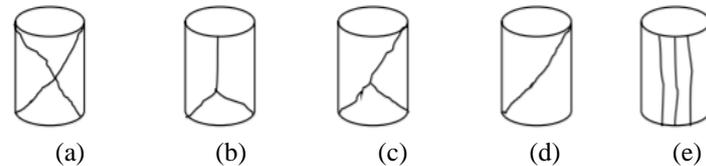
P = beban tekan (N), dan

A = luas tampang benda uji (mm^2).

Pola retakan beton

Berdasarkan ASTM C09:2014 (ASTM 2014) pola retakan pada benda uji beton silinder terbagi menjadi 5 tipe, yaitu: tipe kerucut (*cone*), tipe kerucut-pecah (*cone-split*), tipe kerucut-geser (*cone dan shear*), tipe geser (*shear*), dan tipe columnar. Ada lima tipe pola retakan tersebut dibedakan berdasarkan bentuk dan arah retakan yang terjadi pada beton

silinder setelah menahan beban yang diberikan selama pengujian berlangsung yang diperlihatkan pada Gambar 1. Perbedaan pola retak tersebut dapat terjadi akibat tidak homogenya penyebaran agregat kasar dalam campuran beton sehingga retakan terjadi pada titik-titik yang kurang agregat. Yang kedua perbedaan pola retak bisa terjadi karena *segregation* (pemisahan) material beton pada saat pembuatan benda uji. Material yang lebih berat akan berada di bagian bawah dan material yang lebih ringan berada di bagian atas sehingga menyebabkan keroposnya beton. Kedua hal tersebut sangat dipengaruhi oleh faktor manusia dalam proses pembuatan beton.



Gambar 1. Tipe pola retakan pada beton silinder (a) *cone*, (b) *cone-split*, (c) *cone-shear*, (d) *shear*, dan (e) *columnar*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mix design

Tabel 1 dan 2 memperlihatkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada agregat. Berat jenis CKS memiliki nilai lebih rendah 52,4% dibandingkan nilai berat jenis pada kerikil. Sedangkan berat isi CKS 53,3% lebih rendah dibandingkan nilai berat jenis pada kerikil. Hal tersebut menunjukkan bahwa cangkang kelapa sawit memiliki massa yang lebih ringan dibandingkan kerikil. Sementara pada uji penyerapan air memiliki hasil yang berbeda. CKS memiliki nilai penyerapan air yang lebih besar yaitu 16% daripada pada kerikil yang hanya 2,5%. Hal tersebut menunjukkan bahwa pori-pori pada permukaan material CKS 84,4% lebih tinggi dibandingkan dengan pori-pori pada permukaan kerikil.

Tabel 1. Spesifikasi pasir

Pengujian	Pasir	Satuan
Daerah Gradasi	Daerah 2	-
MHB	2,47	-
Penyerapan Air	3,1	%
Berat Isi	1,62	gram/cm ³
Berat Jenis.	2,53	-
Kadar Air	1,53	%
Kadar Lumpur	3,89	%

Tabel 2. Spesifikasi kerikil dan CKS

Pengujian	CKS	Kerikil	Satuan
Berat Jenis.	1.27	2.67	-
Penyerapan Air	16	2,5	%
Berat Isi	0.63	1,35	gram/cm ³
Kadar Air	3.36	3.09	%
Kadar Lumpur	3.81	1.87	%
Keausan	14.65	36.8	%

Spesifikasi ketiga material tersebut selanjutnya digunakan untuk menganalisa kebutuhan campuran beton untuk tiap spesimen sesuai dengan persentase CKS yang akan digunakan. Tabel 3 memperlihatkan kebutuhan campuran beton per 1 m³ dan kebutuhan campuran beton untuk tiap variasi CKS ditunjukkan pada Tabel 4. Pengujian *slump* dilakukan pada setiap dua adukan campuran beton. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian *slump* daripada campuran beton pada benda uji.

Tabel 3. Proporsi campuran untuk 1 m³

Material	Nilai	Satuan
Semen	526.51	kg
Pasir	837.28	kg
Kerikil	1219.93	kg
Air	215.15	liter

Tabel 4. Proporsi material untuk tiap spesimen

% CKS	Material				
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	CKS (kg)	Air (L)
0			0.81	0	
10			0.73	0.08	
20	0.35	0.55	0.65	0.16	0.14
30			0.57	0.24	
40			0.49	0.32	

Tabel 5. Rata-rata nilai slump

Persentase CKS	Rata-rata Nilai slump (cm)
0%	8,5
10%	10,20
20%	11
30%	12
40%	12,5

Kuat tekan

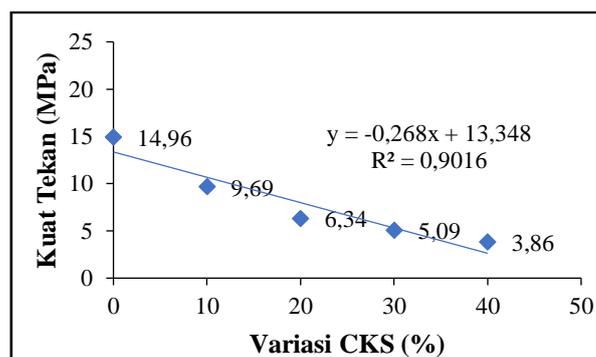
Kuat Tekan Umur 7 hari

Tabel 6 memperlihatkan nilai kuat tekan beton CKS saat berumur 7 hari. Beton CKS dengan persentase 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% mempunyai nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 14.96 MPa, 9.69 MPa, 6.34 MPa, 5.09 MPa, dan 3.86 MPa. Besarnya penurunan nilai kuat tekan yang terjadi pada variasi CKS 10%, 20%, 30%, dan 40% terhadap beton normal yaitu 35.2%, 57.6%, 66%, dan 74.2%. Gambar 2 menunjukkan variasi beton CKS umur 7 hari, nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi CKS 10% sebesar 9.69 MPa. Di sisi lain, penurunan kuat tekan beton akibat penambahan persentase CKS seperti ditunjukkan pada Tabel 6.

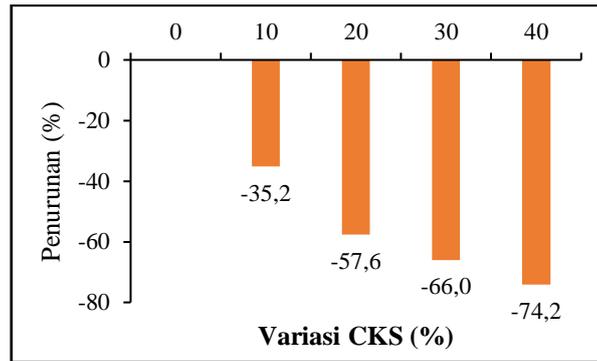
Tabel 6. Kuat tekan silinder pada umur 7 hari

% CKS	Kuat Tekan (MPa)	Penurunan (%)
0	14.96	0
10	9.69	35.2
20	6.34	57.6
30	5.09	66
40	3.86	74.2

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai penurunan tertinggi terjadi pada beton CKS 40% dengan persentase penurunan yang terjadi yaitu 74,2%. Hubungan antara persentase cangkang kelapa sawit, kuat tekan beton, dan penurunannya dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3 dimana ketiga hal tersebut memiliki hubungan yang sangat erat. Pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa semakin besar persentase CKS yang dipakai maka semakin rendah nilai kuat tekan pada beton yang dihasilkan (Shafiqh 2014). Selain itu, pada Gambar 4 juga menunjukkan bahwa penggunaan CKS yang semakin tinggi akan menyebabkan penurunan kuat tekan yang semakin besar sehingga menyebabkan perbedaan yang signifikan antara kekuatan beton CKS 10% dengan beton CKS 40%.



Gambar 2. Hubungan antara persentase CKS dengan kuat tekan beton



Gambar 3. Persentase penurunan nilai kuat tekan beton umur 7 hari pada beton dengan variasi CKS

Hal ini dikarenakan akibat penambahan CKS menyebabkan ikatan antar agregat kasar melemah karena tingginya penyerapan air pada CKS sehingga kuat tekan beton akan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya persentase CKS. Hal serupa juga terjadi pada beton CKS 10% merupakan persentase dengan nilai kuat tekan maksimum yaitu sebesar 3.20 MPa dan akan mengalami penurunan kuat tekan ketika persentase CKS ditambahkan. Namun nilai kuat tekan tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat tekan pada penelitian Azunna (2019). Hal tersebut terjadi karena rendahnya *workability* dalam penelitian tersebut dengan nilai slump berkisar diantara 2 – 5 cm yang akan menyebabkan campuran beton menjadi getas dan dapat menambah pori-pori pada beton.

Kuat Tekan Umur 14 hari

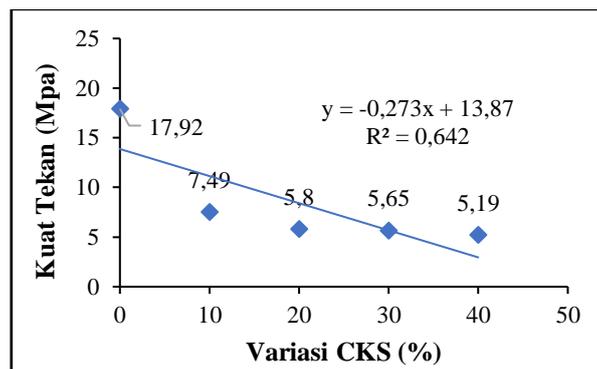
Nilai kuat tekan beton CKS saat berumur 14 hari dapat dilihat pada Tabel 7. Beton CKS dengan persentase 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% menghasilkan nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 17.92 MPa, 7.49 MPa, 5.8 MPa, 5.65 MPa, dan 5.19 MPa.

Tabel 7. Kuat tekan beton silinder umur 14 hari

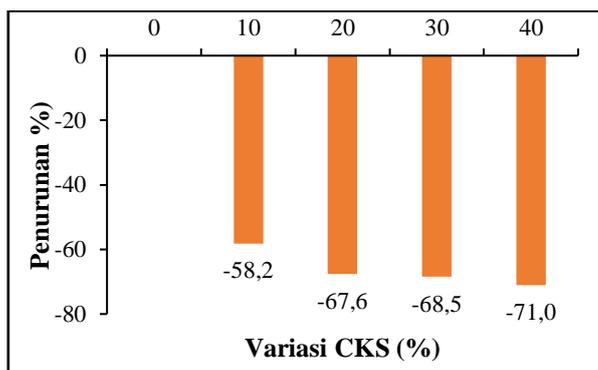
% CKS	Kuat Tekan (MPa)	Penurunan (%)
0	17.92	0
10	7.49	58.2
20	5.8	67.6
30	5.65	68.5
40	5.19	71

Gambar 4 menunjukkan bahwa diantara variasi beton CKS umur 14 hari, nilai kuat tekan tertinggi juga terdapat pada komposisi CKS 10% dengan nilai kuat tekan sebesar 7.49 MPa. Penurunan kuat tekan beton akibat penambahan persentase CKS juga dapat dilihat pada Tabel 7. Besarnya penurunan nilai kuat tekan yang terjadi pada variasi CKS 10%, 20%, 30%, dan 40% terhadap beton normal yaitu 58.2%, 67.6%, 68.5%, dan 71%.

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai penurunan tertinggi terjadi pada beton CKS 40% dengan persentase penurunan yang terjadi yaitu 71%. Hubungan antara persentase cangkang kelapa sawit, kuat tekan beton, dan penurunannya dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa tidak banyak terjadi perbedaan baik kuat tekan maupun penurunannya antara beton CKS 10% dan beton CKS 40%. Dari kedua grafik tersebut hanya menunjukkan perbedaan yang signifikan jika dibandingkan antara variasi beton CKS 10% dengan beton normal. Hal serupa juga dialami oleh Azunna (2019) dimana beton CKS 10% umur 14 hari mengalami penurunan hingga 66% dibandingkan dengan beton normal umur 14 hari sedangkan untuk variasi beton CKS tidak mengalami perbedaan yang signifikan.



Gambar 4. Hubungan antara persentase CKS dengan kuat tekan beton



Gambar 5. Persentase penurunan kuat tekan beton umur 14 hari

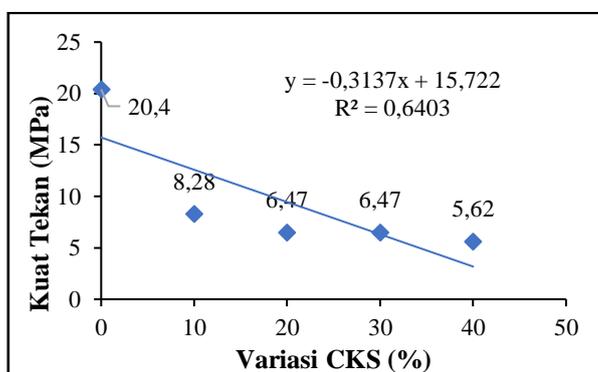
Kuat Tekan Umur 28 hari

Nilai kuat tekan beton CKS berumur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 8. Beton CKS dengan persentase 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% menghasilkan nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 20.4 MPa, 8.28 MPa, 6.47 MPa, 6.47 MPa, dan 5.62 MPa.

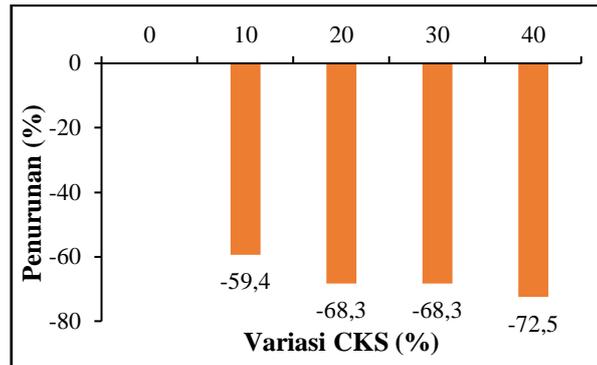
Tabel 8. Kuat tekan beton silinder umur 28 hari

% CKS	Kuat Tekan (MPa)	Penurunan (%)
0	20.4	0
10	8.28	59.4
20	6.47	68.3
30	6.47	68.3
40	5.62	72.5

Gambar 6 menunjukkan bahwa diantara variasi beton CKS umur 28 hari, nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada komposisi cangkang kelapa sawit 10% dengan nilai kuat tekan sebesar 8.28 MPa. Di sisi lain, penurunan kuat tekan beton akibat penambahan persentase CKS juga dapat dilihat pada Tabel 8. Besarnya penurunan nilai kuat tekan yang terjadi pada variasi CKS 10%, 20%, 30%, dan 40% terhadap beton normal yaitu 59.4%, 68.3%, 68.3%, dan 72.5%. Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai penurunan tertinggi terjadi pada beton CKS 40% dengan persentase penurunan yang terjadi yaitu 72.5%. Hubungan antara persentase cangkang kelapa sawit, kuat tekan beton, dan penurunannya dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa tidak banyak terjadi perbedaan baik kuat tekan maupun penurunannya antara beton CKS 10% dan beton CKS 40% seperti pada hasil nilai kuat tekan umur 14 hari pada bagian sebelumnya.



Gambar 6. Hubungan antara persentase CKS dengan kuat tekan beton



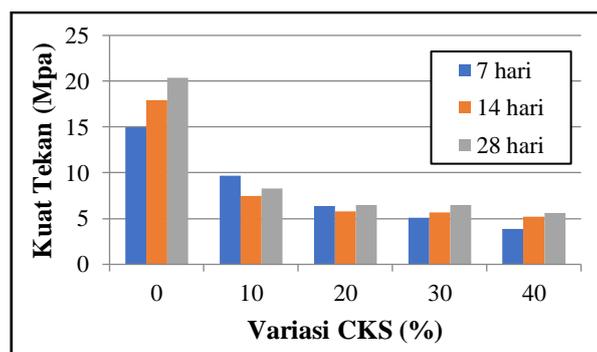
Gambar 7. Persentase penurunan kuat tekan beton umur 28 hari

Perbandingan kuat tekan

Tabel 9 menunjukkan hasil nilai kuat tekan pada beton silinder dengan variasi umur benda uji dan persentase CKS. Pada tabel tersebut memperlihatkan bahwa nilai kuat tekan mengalami kenaikan pada persentase CKS 20%, 30%, dan 40%. Meskipun pada persentase 10% beton CKS mengalami penurunan, Gambar 8 menunjukkan bahwa hasil kuat tekan yang diperoleh beton CKS 10% merupakan yang tertinggi dibandingkan persentase lainnya dengan nilai 9,69 MPa pada umur 7 hari, 7,49 MPa pada umur 14 hari, dan 8,28 MPa pada umur 28 hari. Selain itu, Gambar 8 juga memperlihatkan bahwa umur beton memiliki pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap kuat tekan pada beton CKS. Hal tersebut dapat diketahui dari nilai perbedaan yang tidak terlalu tinggi seperti yang ada pada Tabel 9.

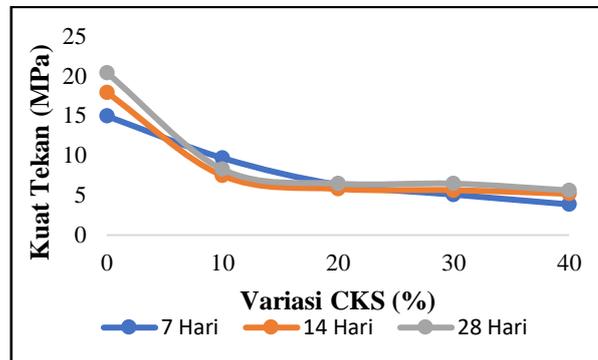
Tabel 9. Kuat tekan pada setiap spesimen

Variasi CKS (%)	Kuat Tekan (MPa)	Umur (Hari)	Diferensiasi (%)
0	14,96	7	0,0
	17,92	14	19,8
	20,4	28	36,4
10	9,69	7	0,0
	7,49	14	-22,7
	8,28	28	-14,6
20	6,34	7	0,0
	5,8	14	-8,5
	6,47	28	2,1
30	5,09	7	0,0
	5,65	14	11,0
	6,47	28	27,1
40	3,86	7	0,0
	5,19	14	34,5
	5,62	28	45,6



Gambar 8. Nilai kuat tekan beton pada setiap benda uji

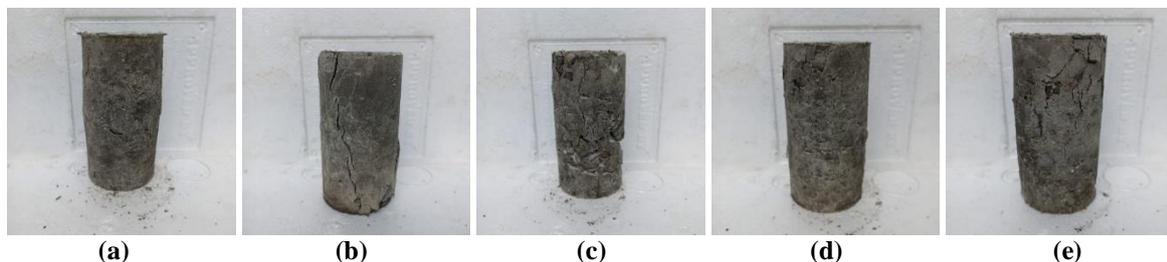
Sedangkan Gambar 9 memperlihatkan perilaku penurunan nilai kuat tekan beton pada variasi persentase CKS. Pada persentase 0-10% terjadi penurunan nilai kuat tekan beton yang signifikan dilanjutkan dengan penurunan kembali hingga persentase 20%. Meskipun pada persentase 20-30% mengalami penurunan, tetapi nilai perbedaan yang dihasilkan tidak terlalu besar dan memiliki grafik yang relatif datar seperti yang terlihat pada Tabel 9 dan Gambar 9. Kemudian, pada proses selanjutnya, penurunan kembali terjadi ketika persentase CKS yang digunakan mencapai 40%.



Gambar 9. Nilai kuat tekan beton pada setiap benda uji

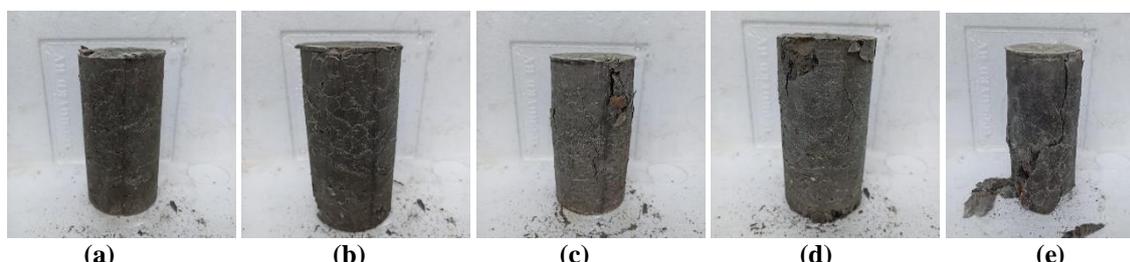
Pola retakan

Gambar 10 menunjukkan pola keretakan yang terjadi pada umur beton 7 hari di setiap variasi CKS. Retakan yang terjadi pada setiap persentase berturut-turut yaitu retak kerucut dan pecah untuk CKS 0%, retak kerucut dan geser untuk CKS 10%, retak kerucut dan pecah untuk CKS 20%, retak kerucut dan geser untuk CKS 30%, serta retak kerucut, dan geser untuk CKS 40%.



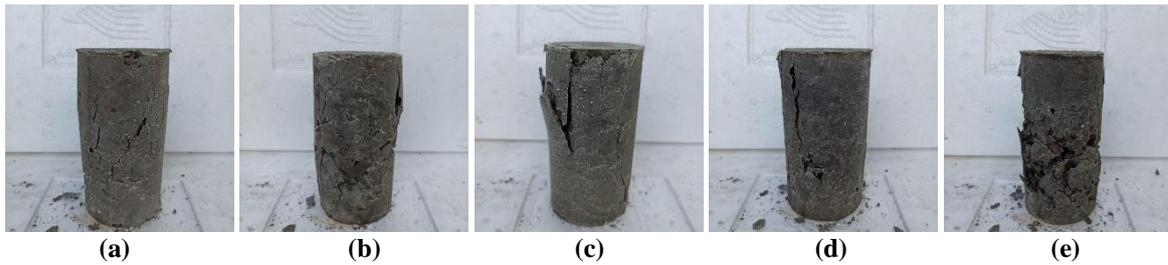
Gambar 10. Pola retak pada silinder umur 7 hari (a) 0%, (b) 10%, (c) 20%, (d) 30%, dan (e) 40%

Sedangkan Gambar 11 menunjukkan pola keretakan yang terjadi pada umur beton 14 hari di setiap variasi CKS. Retakan yang terjadi pada setiap persentase berturut-turut yaitu retak kerucut (*cone*) untuk CKS 0%, retak kerucut dan geser untuk CKS 10%, retak kerucut dan pecah untuk CKS 20%, retak kerucut dan geser untuk CKS 30%, serta retak kerucut dan geser untuk CKS 40%.



Gambar 11. Pola retak pada silinder umur 14 hari (a) 0%, (b) 10%, (c) 20%, (d) 30%, dan (e) 40%

Sedangkan Gambar 12 menunjukkan pola keretakan yang terjadi pada umur beton 28 hari di setiap variasi CKS. Retakan yang terjadi pada setiap persentase berturut-turut yaitu retak kerucut (*cone*) untuk CKS 0%, retak kerucut dan geser untuk CKS 10%, retak kerucut dan geser untuk CKS 20%, retak kerucut dan pecah untuk CKS 30%, serta retak kerucut dan pecah untuk CKS 40%.



Gambar 12. Pola retak pada silinder umur 28 hari (a) 0%, (b) 10%, (c) 20%, (d) 30%, dan (e) 40%

Pada dasarnya retakan yang terjadi pada setiap spesimen mayoritas memiliki pola yang sama dengan semakin banyak komposisi variasi cangkang kelapa sawit maka semakin besar dampak keretakan yang dapat terlihat.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang dilakukan pada beton dengan CKS sebagai pengganti sebagian kerikil sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% menunjukkan bahwa:

1. Semakin banyak persentase cangkang kelapa sawit maka semakin turun nilai kuat tekan beton.
2. Nilai kuat tekan tertinggi yaitu pada beton CKS 10% sebesar 9,69 MPa pada umur 7 hari, 7,49 MPa pada umur 14 hari, dan 8,28 MPa pada umur 28 hari. Sedangkan nilai kuat tekan terendah yaitu pada beton CKS 40% dengan nilai kuat tekan yaitu 3,86 MPa pada umur 7 hari, 5,19 MPa pada umur 14 hari, dan 5,62 MPa pada umur 28 hari.
3. Pola retakan yang dominan terjadi pada beton yaitu pola retak kerucut geser dan pola retak kerucut pecah, dimana semakin bertambah umur perawatan dan proporsi cangkang kelapa sawit maka semakin terlihat retakan yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyemi, A., Anifowose, M., Adebara, S., Olawuyia, M. dan Amototo, I. (2017). Effect of palm kernel shell (PKS) as aggregate in concrete with varying water cement ratio. Ninth International Conference of Science, Engineering & Environmental Technology, Ede, Nigeria, October 2017, 55-62.
- ASTM. (2014). ASTM C09-2014, Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. West Conshohocken, PA, USA, ASTM Internasional.
- ASTM. (2018). ASTM C33M-18, Standard specification for concrete aggregates. West Conshohocken, PA, USA, ASTM Internasional.
- Azunna, S. U. (2019). "Compressive strength of concrete with palm kernel shell as a partial replacement for coarse aggregate". *SN Applied Sciences*, 1 (4), 1-10.
- BPS. (2016). The Indonesia Quarrying Statistics 2011-2015. Badan Pusat Statistik.
- BSN. (2000). SNI 03-2834-2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2008). SNI 1972-2008, Cara Uji Slump Beton. Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2011). SNI 1974-2011, Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.
- Daneshmand, S. dan Saadatian, O. (2011). "Influence of oil palm shell on workability and compressive strength of high strength concrete". *Annals of the Faculty of Engineering Hamedoara*, 9 (2), 51.
- Loh, L. T., Yew, M. K. dan Yew, M. C. (2018). A new mixing method for lightweight concrete with oil palm shell as coarse aggregate. International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE 2018), Kuala Lumpur, Malaysia, 2-5 October 2018, 02012.
- Marpaung, R. dan Tilik, L. F. (2012). "Pengaruh Limbah Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan Dan Berat Beton". *PILAR*, 7 (2),
- Mo, K. H., Alengaram, U. J., Visintin, P., Goh, S. H. dan Jumaat, M. Z. (2015). "Influence of lightweight aggregate on the bond properties of concrete with various strength grades". *Construction and Building Materials*, 84 377-386.
- Nawati, N., Tumingan, T. dan Tistro, R. (2019). "Pengaruh Tempurung Kelapa sebagai Bahan Tambah terhadap Agregat Kasar dalam Campuran Beton Normal". *Teknologi Sipil*, 3 (1), 16-20.
- Prasetyo, L. (2019). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kelapa Sawit sebagai Bahan Pembuatan Bata Ringan. Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA), Malang, Indonesia, 21-22 November 2019, 91-93.

- Rahayu, H., Zaki, A., Saleh, F. dan Fauzi, A. (2021). The Effect of Different Acceleration Corrosion Processes on Flexural Strength of Oil Palm Shell Concrete. The third International Conference on Engineering, Technology and Innovative Researches (ICETIR 2021), Purwokerto, Indonesia, 1 September 2021,
- Rahman, F. F., Prakoso, W. A., Tjahjono, E., Sentosa, B. O. B. dan Orientilize, M. (2020). Load-Displacement Response of Oil Palm Shell Concrete Compressive Test Using Digital Image Correlation. The 5th International Conference on Civil and Environmental Engineering for Sustainability, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Johor, Malaysia, 19-20 Desember 2019, 012037.
- Shafigh, P., Mahmud, H. B., Jumaat, M. Z. dan Zargar, M. (2014). "Agricultural wastes as aggregate in concrete mixtures—A review". *Construction and Building Materials*, 53 110-117.
- Sobuz, H. R., Hasan, N. M. S., Tamanna, N. dan Islam, M. S. (2014). "Structural lightweight concrete production by using oil palm shell". *Journal of Materials*, Vol. 2014 6 Pages.
- Tjahjono, E., Fani, A. M., Dodi, D. D., Purnamasari, E. P., Silaban, F. A. dan Arijoeni, E. (2017). The Study of Oil Palm Shell (OPS) Lightweight Concrete Using Superplasticizer, Silica Fume, and Fly Ash. International Conference on Civil and Building Materials (ICCBM), Materials Science Forum, Kowloon, Hongkong, 15-16 October 2016, 65-73.
- Vitri, G. dan Herman, H. (2019). "Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Material Tambahan Beton". *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 6 (2), 78-87.
- Wibisono, C. A., Zaki, A., Saleh, F. dan Fauzi, A. (2021). The Effect of Partial Replacement of Aggregate on the Flexural Strength of Corroded Oil Palm Shell Concrete. Sriwijaya International Conference on Engineering and Technology 2021 (SICETO 2021), Palembang, Indonesia, 25-26 October 2021,
- Yanti, R. N. dan Hutasuhut, I. L. (2020). "Potensi Limbah Padar Perkebunan Kelapa Sawit di Provinsi Riau". *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 15 (2), 1-11.
- Zaki, A., Putri, O., Yadi, S. dan Rommel, E. (2021). Mechanical Behavior of Corroded Steel in Lightweight Concrete: A Review. 3rd International Conference on Sustainable Infrastructure, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 5-6 October 2020, 012015.