

PEMANFAATAN CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR UNTUK CAMPURAN BETON

Sapherdi Kalinggoru¹⁾, Safrin Zuraidah²⁾, Budi Hastono³⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo, Surabaya,
Indonesia

Email: erdikalinggoru@gmail.com

²⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo, Surabaya,
Indonesia

Email: safrin.zuraidah@unitomo.ac.id

³⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo, Surabaya,
Indonesia

Email: budi.hastono@unitomo.ac.id

Abstract

Concrete is a mixture of cement, fine aggregate, coarse aggregate and water which will be formed in such a way with a certain ratio so that it becomes a concrete structural material for buildings according to the desired quality. Almost all buildings and water structures use concrete as one of their structural elements, this is because the main advantage of concrete compared to other components is that concrete is easy to shape, the cost of making it is relatively cheap and does not require special maintenance. However, the large number of uses of concrete in construction has resulted in an increase in the need for concrete materials, thus triggering the development of aid as a material for forming concrete on a large scale. This causes a decrease in the amount of natural resources available for concrete purposes and damages the environment. So as an alternative that can be used to overcome this problem by utilizing waste that has not been utilized optimally. Test results for compressive strength and split tensile strength in this research using palm oil shells in concrete mixtures using mixed variations of 0%, 0.3%, 0.6% and 0.9% of the weight of coarse aggregate (gravel) with an age of 28 days it can be concluded that the highest compressive strength value was achieved by concrete using a percentage of 0.3%, with a value of 11.98 MPa, while the lowest compressive strength value was 0.9%, amounting to 5.85 MPa. Meanwhile, the highest value of splitting tensile strength using a percentage of 0.3% was 2.74 MPa, while the lowest value of splitting tensile strength was 0.9%, with a value of 0.61 MPa. In this research the use of palm oil shells in the mixture concrete shows that the greater the percentage of palm oil shells mixed in the concrete, the smaller the compressive strength and split tensile strength values of the concrete produced. From the results of the evaluation of the compressive strength and splitting tensile strength of concrete using palm oil shell waste does not have compressive strength and splitting tensile strength that exceeds that of normal concrete.

Keywords: Compressive Strength, Split Tensile Strength Concrete, Palm Oil Shell.

Abstrak

Beton merupakan campuran adukan semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang akan dibentuk sedemikian rupa dengan perbandingan tertentu sehingga menjadi material struktur beton untuk bangunan sesuai mutu yang dikehendaki. Hampir di semua bangunan gedung maupun bangunan air menggunakan beton sebagai salah satu elemen strukturnya, hal ini disebabkan keuntungan utama beton dibandingkan dengan komponen lainnya adalah bahwa beton mudah dibentuk, biaya pembuatannya relatif murah dan tidak perlu memerlukan perawatan yang khusus. Namun, banyaknya jumlah penggunaan beton dalam konstruksi mengakibatkan peningkatan kebutuhan material beton, sehingga memicu pengembangan bantuan sebagai salah satu bahan pembentuk beton secara besar-besaran. Hal ini menyebabkan menurunnya jumlah sumber alam yang tersedia untuk keperluan pembeconan dan merusak lingkungan. Sehingga sebagai alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut dengan memanfaatkan limbah-limbah yang belum termanfaatkan dengan optimal. Hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah dalam penelitian ini dengan pemanfaatan cangkang kelapa sawit pada campuran beton menggunakan variasi campuran 0%, 0,3%, 0,6%, dan 0,9% dari berat agregat kasar(kerikil) dengan umur 28 hari dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan terbesar yang dicapai oleh beton yang menggunakan presentase 0,3% , dengan nilai sebesar 11,98 MPa, sedangkan nilai kuat tekan paling rendah 0,9%, sebesar 5,85 MPa. Sedangkan nilai terbesar kuat tarik belah yang menggunakan presentase 0,3%, didapat sebesar 2,74 MPa, sedangkan nilai kuat tarik belah paling rendah 0,9%, dengan nilai sebesar 0,61 MPa. Pada penelitian ini penggunaan cangkang kelapa sawit pada campuran beton menunjukkan bahwa semakin besar persentase cangkang kelapa sawit yang di campurkan pada beton maka semakin kecil pula nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang di hasilkan. Dari hasil evaluasi kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton penggunaan limbah cangkang kelapa sawit tidak mempunyai kuat tekan dan kuat tarik belah yang melebihi dari beton normal

Kata Kunci: Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah Beton, Cangkang Kelapa Sawit..

PENDAHULUAN

Beton merupakan campuran yang bahan penyusunnya terdiri bahan semen hidrolik (portland cemen), agregat halus (pasir), agregat kasar (koral), air dan bahan tambahan (jika diperlukan). Pada penelitian ini material yang digunakan adalah limbah sebagai pengganti agregat dan pengisi celah pada beton. sebagai pengganti

agregat kasar (koral). Limbah cangkang kelapa sawit merupakan limbah dari pabrik kelapa sawit, biasanya juga digunakan sebagai tambahan untuk bahan bakar. Penggunaan limbah cangkang kelapa sawit sebagai material beton karena struktur cangkang yang keras dan ujung dari cangkang yang berserabut sehingga dapat diharapkan.

Achmad Syarifudin, (2020) Dalam penelitian ini penulis membatasi ruang lingkup pekerjaan pengujian –

pengujian bahan material dan benda uji kuat tekan di laboratorium. Penelitian dilakukan terhadap beton dengan membandingkan antara beton tanpa material tambahan dengan beton yang menggunakan material tambahan limbah cangkang kelapa sawit. Dari hasil evaluasi kuat tekan beton yang menggunakan penggantian agregat kasar 5%, 10% dan 15% limbah cangkang kelapa sawit tidak mempunyai kuat tekan yang melebihi dari beton normal

Dari hasil penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini peneliti mencoba menggunakan cangkang kelapa sawit untuk mengetahui nilai kuat tekan, tarik belah, berat volume dan porositas pada beton sebagai substitusi agregat kasar untuk campuran pembuatan beton dengan komposisi 0%, 0,3%, 0,6% dan 0,9%. Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruhnya pemanfaatan cangkang kelapa sawit terhadap kuat tekan, tarik belah, berat volume dan porositas untuk mencari komposisi optimum yang di hasilkan. Pemanfaatan cangkang kelapa sawit dalam penelitian ini sebagai bahan substitusi agregat kasar untuk campuran pembuatan beton.

Penelitian Sejenis

Ade Usra (2019) Penentuan Kuat Tekan Beton Ringan Mutu K-225 Dengan Substitusi Cangkang Sawit Memakai Semen Portland Tipe 1. Telah dilakukan penelitian pembuatan beton ringan dengan bahan campuran menggunakan cangkang sawit sebagai pengganti agregat kasar. Adapun persentase cangkang sawit yang dipakai yaitu 15%, 30 % dan 45 %. Pengujian beton ringan dilakukan pada saat umur beton 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Bentuk beton ringan pada saat diuji yaitu berbentuk silinder dengan ukuran 10 cm x 20 cm (diameter 10 cm dan tinggi 20 cm). Hasil yang diperoleh yaitu nilai kuat tekan beton ringan yang terendah terjadi pada substitusi cangkang sawit 45% sebesar 50,96 kg/cm² umur 3 hari, 63,70 kg/cm² umur 7 hari, 80,67 kg/cm² umur 28 hari dan hasil nilai berat isi beton 30 % dan 45 % termasuk kedalam beton ringan. Sedangkan penelitian yang dilakukan Safrin Z, (2015), tentang Limbah Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton. , FAS 0,40 dan komposisi cangkang kerang sebesar 0 %, 1,25 %, 2,5 %, 3,75 %, dan 5 % dari berat agregat kasar. Dari hasil penelitian menunjukkan penambahan limbah cangkang kerang secara signifikan mengalami penurunan kuat tekan beton sedangkan porositas beton meningkat seiring dengan besarnya komposisi cangkang kerang. Beton yang menggunakan limbah cangkang kerang dengan komposisi 1,25 % sampai dengan 5 % yang kuat tekannya mencapai terendah hingga 16,608 MPa

Material Pembentuk Beton

1. Semen

Semen adalah bahan yang berfungsi sebagai pengikat dalam proses pembentukan beton. Semen yang berhubungan dengan hawa luar atau bereaksi dengan air akan mengeras seperti batu. Demikian juga semen yang mengikat dengan cepat jika terjadi kenaikan temperatur di atas normal sehingga sudah terjadi proses pengikatan dan tidak bisa dikerjakan lagi. Oleh

karena itu diisyaratkan penyimpanan semen harus di atas lantai yang tidak berhubungan langsung dengan lantai.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat berupa kerikil hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu kerikil.

3. Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran yang memiliki kehalusan 2 mm - 5 mm yang berbutir halus. Agregat halus mempunyai ukuran butir maksimum 4,75 mm sesuai dengan ketentuan SNI 02-6820- 2002. Agregat halus merupakan agregat yang besarnya tidak lebih dari 5 mm, sehingga pasir dapat berupa pasir alam atau berupa pasir dari pemecahan batu yang dihasilkan oleh pecahan batu.

4. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa - senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan 10 menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

5. Cangkang Kelapa Sawit

Pemanfaatan cangkang kelapa sawit sebagai bahan campuran bahan penyusun beton merupakan pilihan yang baik karena bahan mudah didapat khususnya di Pulau Kalimantan dan Sumatera yang dikenal sebagai panghasil kelapa sawit terbesar di Indonesia. Kandungan silika yang tinggi dapat meningkatkan kuat desak beton merupakan faktor terpenting dalam pemilihan bahan ini. Jika ingin beton berkualitas baik dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton yang baik dan beton yang dihasilkan juga baik.

Pengujian Beton

Jenis pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi dua pengujian yakni pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah yang dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari.

1. Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 03-1974-1990, kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah mesin uji tekan (Compression Test Machine).

$$\text{Rumus : } \frac{F_c'}{A} = \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

F_c' = Kuat Tekan [MPa]

P = Beban maksimum [kN]

A = Luas Penampang [mm^2]

2. Uji Kuat Tarik Belah

Menurut SNI 03-2491-2002, nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Besarnya nilai kuat tarik belah beton (tegangan rekah beton)

$$\text{Rumus : } F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

F_{ct} = Kuat tarik belah beton (N/mm^2)

P = Beban maksimum yang diberikan (N)

L = Panjang benda uji silinder (mm)

D = Diameter benda uji silinder (mm)

3. Berat Volume

Berat volume adalah untuk dapat menentukan berat volume suatu agregat. Berat volume didefinisikan sebagai perbandingan antara berat agregat kering dengan volumenya. Volume atau berat isi berhubungan dengan kepadatan. Berat volume dibagi menjadi dua kondisi yakni berat volume gembur dan berat volume padat.

$$\text{Rumus: Berat volume} = G - T/V \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

G : Berat agregat dan penakar

T : Berat penakar

V : Volume penakar

4. Porositas

Porositas memiliki 2 jenis yaitu porositas terbuka dan porositas tertutup umumnya lebih sulit untuk ditentukan pori tersebut karena merupakan rongga yang terjebak didalam padatan serta tidak memiliki akses ke permukaan luar, sedangkan porositas terbuka masi terdapat akses ke permukaan luar, meskipun rongga tersebut ada ditengah-tengah padatan. Besar kecilnya nilai porositas pada suatu material dinyatakan dalam % rongga fraksi volume dari suatu rongga atau pori-pori yang ada dalam material tersebut. Pengujian porositas dilakukan dengan menggunakan benda uji silinder dengan

ukuran diameter 5 cm dan tinggi 10 cm pada umur 28 hari.

$$\text{Rumus: Poroasitas} = \frac{m_b - m_k}{v_b} \times \frac{1}{\rho_{air}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

m_b = berat basah benda uji

m_k = berat kering benda uji

v_b = volume benda uji

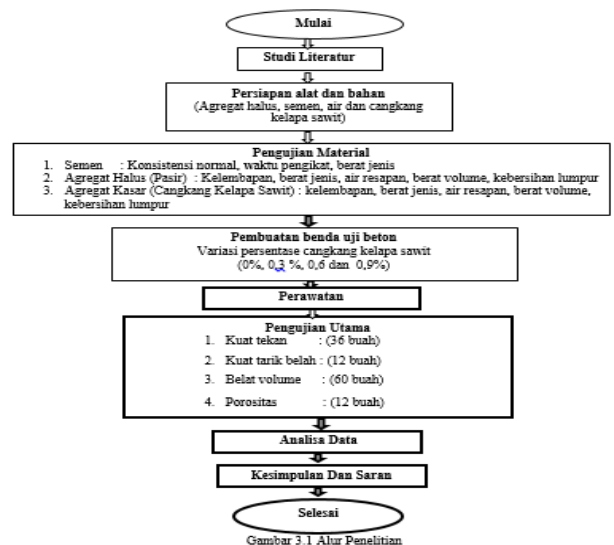
ρ_{air} = massa jenis air

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium yaitu dengan Pemanfaatan cangkang kelapa sawit sebagai substitusi agregat kasar untuk campuran pembuatan beton dengan komposisi 0%, 0,3%, 0,6%, dan 0,9% untuk mencari komposisi optimum yang di hasilkan. Benda uji berbentuk silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm Sebanyak 3 buah tiap variasi untuk pengujian berat jenis, kuat tekan, kuat tarik belah, berat volume dan porisitas kemudian diuji kekuatannya dengan variasi umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui Pemanfaatan cangkang kelapa sawit sebagai agregat kasar untuk campuran pembuatan beton.

Diagram Alir (Flow Chart)

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



HASIL DAN PEMBAHASAN

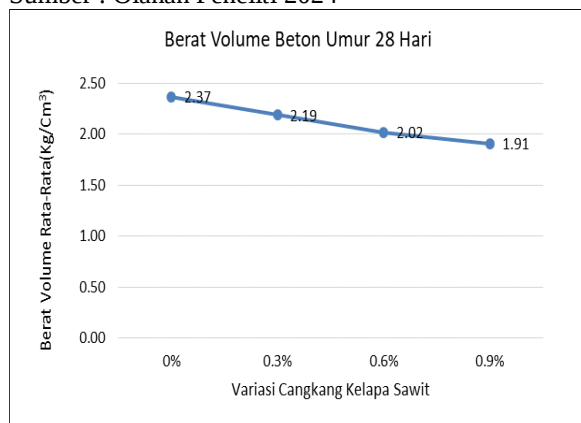
Pengujian berat volume beton pada umur dan 28 hari dengan persentase penambahan cangkang kelapa sawit 0%, 0,3%, 0,6% dan 0,9%. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur dimensi serta menimbang berat dari benda uji tersebut sebelum dilakukan pengujian kuat tekan dan

kuat tarik belah beton. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Tabel 4.1 Hasil Uji Berat Volume Beton Umur 28 Hari

BERAT VOLUME KUAT TEKAN 28 HARI				
Umur (Hari)	Variasi Cangkang g KS	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/cm ³)	Rata-rata (Kg/cm ³)
28		12.55	2,36	
	0%	12.6	2,37	2,37
		12.6	2,37	
		11.65	2,19	
	0,3%	11.7	2,20	2,19
		11.65	2,19	
		10.65	2,00	
	0,6%	10.7	2,01	2,02
		10.85	2,04	
		10.1	1,90	
	0,9%	10.25	1,93	1,91
		10.15	1,91	

Sumber : Olahan Peneliti 2024



Gambar 4.1 Grafik Berat Volume Kuat Tekan Umur 28 Hari.

Berdasarkan tabel 4.27 dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar penggantian agregat cangkang kelapa sawit terhadap agregat kasar ke dalam campuran beton maka berat volume beton semakin menurun, hal ini dipengaruhi oleh cangkang kelapa sawit yang ringan sehingga hasil yang didapatkan menurun dan tidak melebihi hasil beton normal. Sehingga penelitian ini menunjukkan bahwa penggantian cangkang kelapa sawit kedalam campuran adukan beton tidak berpengaruh secara signifikan, dimana berat volume beton dengan penggantian cangkang kelapa sawit terbesar adalah persentase 0.3% yaitu sebesar 2,19 kg/cm³. hal ini disebabkan karena cangkang kelapa sawit memiliki berat jenis yang ringan. Meskipun umur beton 28 hari tetap menunjukkan hasil nya menurun.

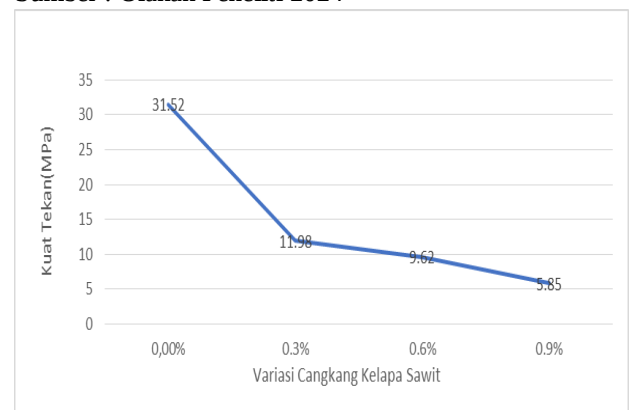
Hasil Pengujian Kuat tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan menggunakan mesin uji tekan dan benda uji silinder yang berdiameter 15 cm serta tinggi 30 cm. Perhitungan kuat tekan beton menggunakan persamaan 2.1. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium teknologi beton universitas Dr. Soetomo didapatkan data - data sebagai berikut:

Tabel 4.34 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Variasi Cangkang g KS	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Nilai Kuat Tekan		Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Turun/ Naik (%)
			kN	MPa		
0%	12,550	17,670	560	31,71	31,52	0
	12,600	17,670	500	28,31		
	12,600	17,670	610	34,54		
0,3%	11,650	17,670	220	12,46	11,98	-61
	11,700	17,670	215	12,17		
	11,650	17,670	200	11,32		
0,6%	10,650	17,670	180	10,19	9,62	-69
	10,700	17,670	150	8,49		
	10,850	17,670	180	10,19		
0,9%	10,100	17,670	100	5,66	5,85	-81
	10,250	17,670	110	6,23		
	10,150	17,670	100	5,66		

Sumber : Olahan Peneliti 2024



Grafik Kuat Tekan Beton Terhadap Umur 28 Hari.

Dari tabel 4.34 dan Grafik 4.12 menunjukkan bahwa semakin besar persentase cangkang kelapa sawit yang digunakan maka semakin kecil pula nilai kuat tekan beton yang di hasilkan. Nilai kuat tekan tertinggi terjadi pada beton normal dengan persentase 0% dengan nilai sebesar 31,52 MPa, sedangkan nilai kuat tekan paling rendah terjadi pada beton menggunakan penggantian cangkang kelapa sawit sebesar 5,85 MPa.

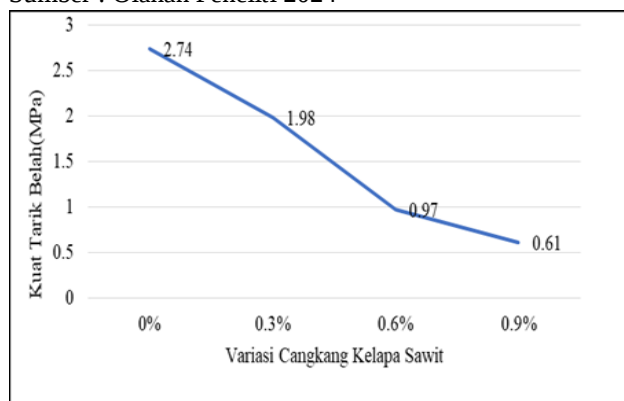
Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Untuk pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Pengujian kuat tarik belah sama seperti pengujian kuat tekan tetapi yang membedakan adalah posisi beton yang direbahkan serta penggunaan plat besi agar beban terbagi secara rata. Benda uji yang digunakan silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Perhitungan kuat tarik belah beton menggunakan persamaan 2.2. Adapun hasil pengujian kuat tarik belah beton seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.2 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari

Variasi Cangkang KS	Berat (Kg)	Nilai Kuat Tarik Belah		Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Naik/turunan(0%)
		kN	MPa		
0%	12,500	200	2,83	2,74	0
	12,400	130	1,84		
	12,450	250	3,54		
0,3%	11,600	150	2,12	1,98	-27,73
	11,650	130	1,84		
	11,750	140	1,98		
0,6%	10,100	70	0,99	0,97	-64,59
	10,150	75	1,06		
	10,100	60	0,85		
0,9%	9,550	45	0,64	0,61	-77,73
	9,500	40	0,57		
	9,500	45	0,64		

Sumber : Olahan Peneliti 2024



Gambar 4.2 Grafik Kuat Tarik Belah Beton Terhadap Umur 28 Hari.

Berdasarkan tabel 4.36 dan gambar 4.14 dapat disimpulkan bahwa penggantian cangkang kelapa sawit pada campuran pembuatan beton menunjukkan bahwa semakin besar persentase cangkang kelapa sawit yang digunakan maka semakin kecil pula nilai kuat tarik belah beton yang dihasilkan. Nilai kuat tarik belah beton meningkat yaitu beton normal pada variasi 0% sebesar 2,74 Mpa. Namun pada variasi 0,3% mengalami penurunan dengan nilai 1,98 Mpa, dan 0,6% mengalami penurunan dengan nilai sebesar 0,97, dan 0,9% mengalami penurunan sebesar 0,61 Mpa tidak melebihi beton normal.

Pengujian Porositas

Pengujian porositas dilakukan dengan menggunakan benda uji silinder dengan ukuran diameter 5 cm dan tinggi 10 cm pada umur 28 hari.

Tabel 4.3 Hasil Uji Porositas Pada Umur 28 Hari

Variasi Ser	Volume (cm ³)	Berat Basa (Mb) gram	Zering (Ml)	(Mb-Mk)	1 / Pair			Nilai Rata-
					Berat Basa -	Hasil Porositas		
0%	196,25	422	410	12	0,061	1	0,061	0,054
	196,25	427	418	9	0,045	1	0,045	
	196,25	443	432	11	0,056	1	0,056	
0,3%	196,25	465	455	10	0,050	1	0,050	0,052
	196,25	459	448	11	0,056	1	0,056	
	196,25	452	442	10	0,050	1	0,050	
0,6%	196,25	440	430	10	0,050	1	0,050	0,048
	196,25	436	425	11	0,056	1	0,056	
	196,25	438	430	8	0,040	1	0,040	
0,9%	196,25	425	415	10	0,050	1	0,050	0,047
	196,25	422	411	11	0,056	1	0,056	
	196,25	420	413	7	0,035	1	0,035	

Sumber : Olahan Dari Peneliti 2024

Berdasarkan tabel 4.38 dapat disimpulkan bahwa semakin besar penggunaan cangkang kelapa sawit kedalam beton semakin menurun nilai porositas volume pori atau rongga-rongga udara terhadap benda uji. Porositas yang dihasilkan cukup tinggi yaitu beton normal dengan variasi 0% dengan nilai terbesar 0,054 % sedangkan nilai yang paling rendah yaitu presentase 0,9% sebesar 0,047% hal ini dipengaruhi ukuran butir agregat, tingkat kepadatan, banyaknya cangkang kelapa sawit mudah menyerap, dan melepaskan air.

KESIMPULAN

1. Penggunaan cangkang kelapa sawit dengan variasi 0% ,0,3%,0,6% dan 0,9% kedalam campuran beton dapat mempengaruhi kekuatan beton, dimana beton dengan menggunakan variasi cangkang kelapa sawit mengalami penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah dari beton normal.
2. Penggunaan cangkang kelapa sawit pada campuran beton mengakibatkan terjadinya penurunan nilai kuat tekan beton, dimana nilai kuat tekan pada variasi persentase 0,9% dengan nilai sebesar 5,85 Mpa atau meningkat 0% dari nilai kuat tekan beton normal 31,52 Mpa. Sedangkan kuat tarik belah mengalami penurunan maksimal pada variasi persentase 0,9% dengan nilai kuat tarik belah 0,61 Mpa atau meningkat sebesar 0% dari nilai kuat tarik belah beton normal 2,74 Mpa.

Berdasarkan hasil penelitian beton dengan campuran cangkang kelapa sawit tidak direkomendasikan karena peningkatan kuat tekan dan tarik belah menurun seiring bertambahnya cangkang kelapa sawit walaupun penurunan terlalu signifikan atau relatif sangat kecil.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Jurnal skripsi ini. Terlebih khusus kepada:

1. Safrin Zuraidah, ST., MT selaku dosen Metodologi Penelitian dan Penulisan Ilmiah.

2. Kedua Orang Tua dan keluarga dan teementemen yang telah memberikan doa dan dukungan baik moril maupun materil kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhyan, M. Z., & Basrin, D. (2022). *Pengaruh Substitusi Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Jurnal Media Teknik Sipil Samudra, 3(Nomor 1), 41-44.
- Berli, A. U. (2019). *Penentuan Kuat Tekan Beton Ringan Mutu K-225 Dengan Substitusi Cangkang Sawit Memakai Semen Portland Tipe 1*. Menara Ilmu, 13(6).
- Esa, D. A., Setiawan, A. A., & Subagyo, G. W. (2021). *Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton*. Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun, 7(2), 55-61.
- Kristianto, K., Mungok, C. D., & Handalan, C. P. *Pengaruh Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Bahan Tambah terhadap Mutu Beton (Doctoral dissertation, Tanjungpura University)*.
- Kwan, T. (2018). *Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Agregat Kasar Beton (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara)*.
- Rosyad, F. (2022, April). *Analisa Pengaruh Limbah Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Bahan Tambah Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton FC'25 MPA*. In Bina Darma Conference on Engineering Science (BDCES) (Vol. 4, No. 1, pp. 269-282).
- SNI 03-4810-1998. 1998. *Metode Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Lapangan*. Bandung: Badan Standar Nasional.
- SNI 15-2049-2004. 2004. *Semen Portland*. Bandung: Badan Standar Nasional.