

PENGARUH ABU CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENGANTI SEMEN PADA BETON BERPORI

Abdi Manaf^{1*}, Irma Ridhayani¹, Amalia Nurdin¹

1. Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat, Jl. Prof. Dr. H. Baharuddin Lopa, Talumung, Majene, 91423, Indonesia

*e-mail: abdimanaf.21@gmail.com

(Received: 5 Apr. 2023.; Reviewed: 7 Mei 2023; Accepted: 16 Mei 2023)

Abstract

The Effect of Using Palm Oil Fuel Ash (POFA) as Partial Cement Replacement in Porous Concrete. Palm oil fuel ash is ash produced by burning palm shells at high temperatures which has the chemical elements SiO_2 , Al_2O_3 and CaO so that it is said to have pozzolanic properties which allows it to be used as a partial replacement for cement in the manufacture of concrete. This research was conducted to determine the optimum value of using palm shell ash as a partial replacement for cement with a percentage of 10%, 20%, 30% and 40% on the mechanical properties of porous concrete. The test parameters were compressive strength at 7, 14, 21 and 28 days, permeability and porosity of porous concrete at 28 days, with 72 cylindrical specimens with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm. The test results obtained are the optimal value of using palm shell ash as a substitute for cement with a percentage of 0-40% with an interval of 10% of the total weight of cement up to a percentage of using palm shell ash of 20%, based on SNI 03-0691-1996 it is included in quality D which intended for garden use and others.

Keywords: Porous Concrete, Cement, Palm Oil Fuel Ash, Mechanical Properties of Concrete.

Abstrak

Abu cangkang sawit adalah abu hasil pembakaran cangkang sawit pada suhu tinggi yang memiliki unsur kimia SiO_2 , Al_2O_3 dan CaO sehingga dikatakan memiliki sifat pozzolan yang memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai optimum penggunaan abu cangkang sawit sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 10%, 20%, 30% dan 40% terhadap sifat mekanik beton berpori. Adapun parameter pengujian yaitu kuat tekan umur 7, 14, 21 dan 28 hari, permeabilitas dan porositas beton berpori umur 28 hari, dengan benda uji berjumlah 72 buah benda uji berbentuk silinder yang berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Hasil pengujian yang diperoleh adalah nilai optimum penggunaan abu cangkang sawit sebagai pengganti semen dengan persentase 0-40% dengan interval 10% dari berat total semen sampai pada persentase penggunaan abu cangkang sawit 20%, berdasarkan SNI 03-0691-1996 termasuk dalam mutu D yang diperuntukan untuk penggunaan taman dan lainnya.

Kata Kunci: Beton Berpori, Semen, Abu Cangkang Sawit, Sifat mekanik beton.

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara agraris yang terbesar di dunia yang memiliki kekayaan alam dari struktur perkebunan diantaranya adalah perkebunan kelapa sawit. Salah satu limbah kelapa sawit yang belum dimanfaatkan dengan baik adalah abu cangkang sawit [14]. Abu cangkang sawit adalah abu hasil pembakaran cangkang sawit pada suhu tinggi yang memiliki unsur kimia SiO_2 , Al_2O_3 dan CaO sehingga dikatakan memiliki sifat pozzolan yang memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton [7]. Kemajuan pesat dalam bidang infrastruktur mengakibatkan pembetonan semakin meningkat yang menyebabkan berkurangnya daerah resapan air. Salah satu upaya yang dilakukan untuk meminimalisir air limpasan permukaan adalah dengan pembuatan beton berpori. Beton berpori adalah beton ringan yang dibuat tanpa menggunakan agregat halus sehingga memiliki rongga yang dapat dengan mudah dilewati oleh air.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik beton berpori dengan pemanfaatan material abu cangkang sawit sebagai pengganti semen serta penentuan nilai optimum yang dihasilkan dengan penggunaan abu cangkang sawit sebagai pengganti semen sebesar 0-40% dengan interval 10% dari berat total semen pada umur beton 28 hari..

Metode

Material dan Persiapan Mix

Semen Portland yang digunakan pada semua jenis variasi campuran beton berdasarkan standar SNI 2049:2015 [5]. Semen portland yang digunakan dalam penelitian ini diproduksi oleh pabrik semen di Indonesia yang mudah ditemukan di pasaran setempat. Pada penelitian ini menggunakan abu cangkang sawit yang berasal dari PT. Surya Raya lestari II. Abu cangkang sawit digunakan untuk menggantikan semen sebesar 0-40% pada interval 10% terhadap berat semen. Hasil analisis kimia semen dan abu cangkang sawit dapat dilihat pada Tabel 1. Menurut ASTM 618, nilai $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ menunjukkan bahwa abu cangkang sawit ini masuk dalam klasifikasi tipe C (>50).

Tabel 1. Komposisi kimia semen dan abu cangkang sawit

Komposisi kimia	PCC	Abu cangkang sawit
SiO_2 , %	20,5	54,32
Fe_2O_3 , %	3,9	9,23
CaO , %	62	15,27
Al_2O_3 , %	5,5	-
MgO , %	0,89	-
SiO_3 , %	2,8	-
TiO_2 , %	-	0,6170
K_2O , %	-	14,13

Agregat kasar atau batu pecah yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan standar Nasional Indonesia. Batu pecah yang digunakan berasal dari tambang lokal di Kab. Majene, Sulawesi Barat yaitu Sungai Mappili. Batas klasifikasi batu pecah yang digunakan menunjukkan hasil pemeriksaan agregat telah memenuhi persyaratan untuk dijadikan agregat pada pencampuran beton. Material abu cangkang sawit digunakan dalam penelitian ini sebagai pengganti sebagian semen (Gambar 1). Properti material yang digunakan dan pengujian karakteristik agregat kasar dapat dilihat pada masing-masing Tabel 2 dan Tabel 3. Selain itu, air yang digunakan adalah air tawar yang diperoleh dari sumur bor di laboratorium Unsulbar.



Gambar 1. Tampak semen, abu cangkang sawit dan kerikil yang digunakan

Tabel 2. Komposisi kimia semen dan abu cangkang sawit

Material	Item	Berat jenis kg/m ³
Semen	PCC	3,14
	Abu Cangkang Sawit	2,9
Air	-	1
Batu pecah Mappili	Max. 20 mm	2,5

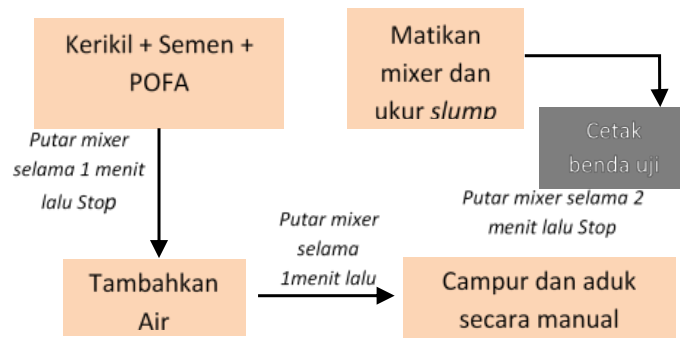
Tabel 3. Pengujian karakteristik agregat kasar

Item	Batu pecah alami
Berat jenis, g/m ³	2,5
Kadar lumpur, %	0,4
Kadar air, %	0,3
penyerapan air, %	0,41
Modulus kehalusan	5,3

Proporsi campuran dengan 100% batu pecah 1-2 cm dan 100% semen (POFA0) digunakan sebagai kontrol spesimen. Proporsi campuran beton normal ditunjukkan pada Tabel 4. Faktor air semen (FAS) yang digunakan adalah 35% dan target nilai kekuatan beton berdasarkan NRMCA, 2011 dan ACI 522R-10 serta menurut SNI 03-0691-196 tentang klasifikasi mutu beton [10][1][4]. Prosedur pencampuran beton dapat dilihat pada Gambar 2.

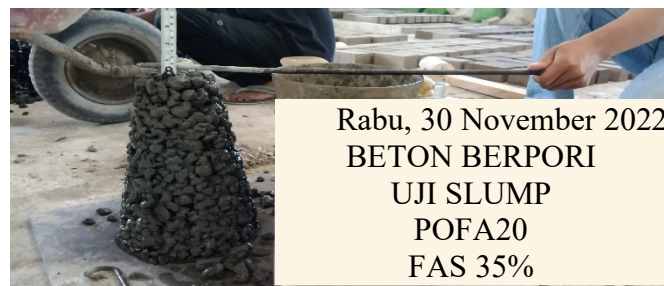
Tabel 4. Desain beton normal

Unit	Semen	Air	Kerikil
Kg/m ³	514	180	1698
Rasio	1	0,35	3,302



Gambar 2. Tampak semen, abu cangkang sawit dan kerikil yang digunakan

Setelah dilakukan uji slump test tinggi slump yang diperoleh untuk semua variasi beton berpori pada penelitian ini adalah 0 cm. Hal tersebut dikarenakan FAS yang digunakan adalah 35%.



Gambar 3. Pengujian slump test pada beton berpori

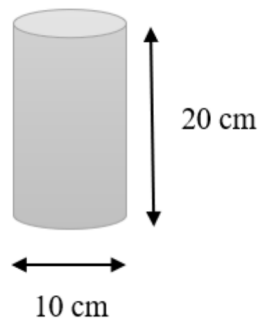
Desain Benda Uji

Spesimen beton untuk kuat tekan, permeabilitas dan porositas beton berpori berukuran diameter 100 mm dan panjang 200 mm disiapkan dalam penelitian ini (Gambar 3). Dalam penelitian ini, sebanyak 60 selinder dibuat untuk uji kuat tekan dan 12 selinder untuk uji permeabilitas dan porositas beton berpori seperti yang pada Tabel 5.

Tabel 5. Desain dan jumlah spesimen beton

Tipe	Agregat Kasar	Bahan Pengikat Beton		Jumlah	
		Semen	Abu Cangkang Sawit	Kuat Tekan	Permeabilitas dan Porositas
POFA0	100%	100%	0%	15	3
POFA10	100%	90%	10%	15	3
POFA20	100%	80%	20%	15	3
POFA30	100%	70%	30%	15	3
POFA40	100%	60%	40%	15	3

Keterangan :
 POA10 : 10% abu cangkang sawit dari berat total semen

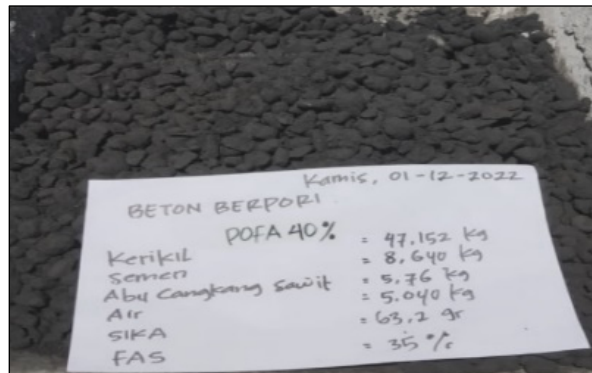


Gambar 3. Desain benda uji

Metode Pengujian

Setelah pengecoran dan pencetakan benda uji, spesimen beton ditutupi plastik untuk menjaga agar air pada beton tidak menguap selama ± 24 jam pada kondisi suhu ruang laboratorium yang tidak terkontrol. Setelah 24 jam, beton dikeluarkan dari cetakan silinder lalu direndam dalam air tawar hingga periode pengujian tertentu. Kuat tekan beton diuji pada hari ke 7, 14, 21 dan 28 dengan menggunakan mesin uji kuat tekan sesuai standar SNI 1974: 2011 [6]. Permeabilitas dan porositas beton diuji pada hari ke 28 sesuai standar ASTM C1701 dan ASTM C 642-06 [2][3]. Kuat tekan beton rata-rata dari tiga benda uji ditentukan untuk setiap campuran beton.

Pengujian benda uji dilakukan pada beton berpori variasi POFA10, POFA20 dan A100-POFA30. Sementara untuk benda uji variasi POFA40 tidak dapat dilakukan pengujian karena campuran yang dihasilkan pada proses mixing kering sehingga dianggap sebagai sampel gagal (Gambar 4).



Gambar 4. Campuran beton berpori variasi POFA40

Hasil

Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk menilai pengaruh abu cangkang sawit sebagai pengganti sebagian semen pada beton. Nilai kuat tekan untuk benda uji yang menggunakan 10%-30% abu cangkang sawit sebagai pengganti semen dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6, kuat tekan beton meningkat seiring bertambahnya umur di semua variasi terkecuali pada beton berpori variasi POFA10 dikarenakan nilai standar deviasi yang dihasilkan melebihi persyaratan (maks 2,5%).

Tabel 6. Kuat tekan beton berpori (f_c , MPa)

Tipe	7 Hari	14 hari	21 Hari	28 Hari
POFA0	6,67	-	-	8,78
POFA10	12,15	8,67	12,45	11,60

Tipe	7 Hari	14 hari	21 Hari	28 Hari
POFA20	7,12	9,28	9,12	12,23
POFA30	4,95	6,57	5,39	5,96

Persentase rasio peningkatan kuat tekan beton semua variasi benda uji terhadap beton normal pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa penggunaan 10% dan 20% abu cangkang sawit sebagai pengganti semen nilai kuat tekan pada umur 28 hari masing-masing sebesar 11,60 MPa dan 12,23 MPa, sedangkan jika dibandingkan dengan beton normal sebesar 8,78 MPa. Nilai ini menunjukkan bahwa benda uji dengan penggunaan 10% hingga 20% abu cangkang sawit dapat meningkatkan kuat tekan dengan rasio peningkatan masing-masing sebesar 31,17% dan 39,30% dari beton normal. Hal berbeda ditunjukkan pada penggunaan 30% abu cangkang sawit dimana mengalami penurunan kuat tekan yaitu 5,96 MPa dengan persentase sebesar 32,06% dari beton normal.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 [4] tentang klasifikasi mutu beton yang terdiri dari 4 mutu yaitu ; mutu A (untuk jalan), mutu B (untuk pelataran parkir), mutu C (untuk pejalan kaki) dan mutu D (untuk penggunaan taman dan lainnya), yang memenuhi adalah beton berpori variasi yang yang menggunakan abu cangkang sawit sampai persentase 20% memenuhi mutu D yang sama dengan beton berpori normal yang diperuntukan untuk penggunaan taman dan lainnya. Menurut NMRCA, 2011 dan ACI 522R-10 nilai kuat tekan yang dihasilkan semua variasi beton berpori umur 28 hari memenuhi persyaratan.

Tabel 7. Persentase rasio peningkatan dan penurunan kuat tekan beton berpori semua variasi benda uji terhadap beton berpori normal pada umur 28 Hari

Tipe	Kuat Tekan (MPa)	% rasio terhadap beton Normal
POFA0	8,78	0
POFA10	11,60	31,17
POFA20	12,23	39,30
POFA30	5,96	-32,006

Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui bahwa penggunaan substitusi abu cangkang sawit pada persentase 10% dan 20% nilai kuat tekan yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan beton berpori tanpa substitusi abu cangkang sawit dari berat total semen. Dapat diartikan bahwa abu cangkang sawit mampu meningkatkan nilai kuat tekan beton berpori sampai pada persentase penggunaan abu cangkang sawit sebagai pengganti semen sebesar 20%.

Permeabilitas

Faktor yang mempengaruhi permeabilitas adalah faktor air semen (FAS) dari campuran beton berpori, kondisi lingkungan dan sifat dari semen. Pengujian permeabilitas dapat dilakukan dengan melibatkan diameter benda uji dan kecepatan aliran air. Pengujian ini dilakukan pada beton berpori umur 28 hari. Nilai permeabilitas untuk benda uji yang menggunakan 10%-30% abu cangkang sawit sebagai pengganti semen dapat dilihat pada Tabel 8.

Berdasarkan Tabel 8, nilai permeabilitas beton berpori yang menggunakan abu cangkang sawit sebagai pengganti semen meningkat seiring bertambahnya persentase penggunaan abu cangkang sawit.

Tabel 8. Permeabilitas beton berpori

Tipe	Permeabilitas (mm/jam)
POFA0	2,03
POFA10	0,86
POFA20	0,97
POFA30	1,51

Persentase rasio peningkatan kuat tekan beton semua variasi benda uji terhadap beton berpori normal pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 9. Berdasarkan Tabel 9 dapat dilihat bahwa penggunaan 10%, 20% dan 30% abu cangkang sawit sebagai pengganti semen nilai permeabilitas pada umur 28 hari masing-masing sebesar 0,86 mm/jam, 0,97 mm/jam dan 1,51 mm/jam, sedangkan jika dibandingkan dengan beton berpori normal sebesar 2,03 mm/jam. Nilai ini menunjukkan bahwa benda uji dengan penggunaan 10% hingga 30% abu cangkang sawit mengakibatkan penurunan nilai permeabilitas beton berpori dengan rasio penurunan masing-masing ialah 57,66%, 52,19% dan 25,36% dari beton berpori normal.

Semua nilai permeabilitas yang dihasilkan memenuhi persyaratan menurut NMRCA, 2011 (0,2 – 1,2 mm/jam) dan ACI 522R-10 (0,14 – 1,22 %) [11][1].

Tabel 9. Persentase rasio peningkatan dan permeabilitas beton berpori semua variasi benda uji terhadap beton berpori normal pada umur 28 Hari

Tipe	Permeabilitas (mm/jam)	% rasio terhadap beton Normal
POFA0	2,03	0
POFA10	0,86	-57,66
POFA20	0,97	-52,19
POFA30	1,51	-25,36

Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui bahwa Pada beton variasi yang menggunakan substitusi abu cangkang sawit mengalami kenaikan setiap variasinya. Hal ini disebabkan karena penambahan abu cangkang sawit pada setiap variasi pencampurannya, sehingga kemudahan beton berpori untuk dapat dilalui air semakin sulit karena rongga-rongga didalam beton berpori berkurang.

Porositas Beton Berpori

Nilai porositas beton berpori pada penggunaan abu cangkang sawit sebagai pengganti semen pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 10. Berdasarkan Tabel 10, nilai porositas beton berpori yang menggunakan abu cangkang sawit sebagai pengganti semen meningkat seiring bertambahnya persentase penggunaan abu cangkang sawit.

Tabel 10. Porositas beton berpori

Tipe	Porositas (%)
POFA0	15,52
POFA10	19,27
POFA20	23,20
POFA30	23,28

Persentase rasio peningkatan kuat tekan beton semua variasi benda uji terhadap beton berpori normal pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 11. Berdasarkan Gambar 11 dapat dilihat bahwa penggunaan 10%, 20% dan 30% abu cangkang sawit sebagai pengganti semen nilai permeabilitas pada umur 28 hari masing-masing sebesar 19,27%, 23,20% dan 23,28%, sedangkan jika dibandingkan dengan beton berpori normal sebesar 15,52%. Nilai ini menunjukkan bahwa benda uji dengan penggunaan 10% hingga 30% abu cangkang sawit mengakibatkan peningkatan nilai porositas beton berpori dengan rasio penurunan masing-masing ialah 24,20%, 49,54% dan 50,07% dari beton berpori normal. Semua nilai permeabilitas yang dihasilkan memenuhi persyaratan menurut buku beton non pasir Trisnoyuwono (12 – 25 mm/jam) [17]. Menurut ACI 522R-10 mengenai porositas beton berpori berkisar antara 15-35%.

Tabel 11. Persentase rasio peningkatan dan permeabilitas beton berpori semua variasi benda uji terhadap beton berpori normal pada umur 28 Hari

Tipe	Porositas (%)	% rasio terhadap beton Normal
POFA0	15,52	0

Tipe	Porositas (%)	% rasio terhadap beton Normal
POFA10	19,27	24,20
POFA20	23,20	49,54
POFA30	23,28	50,07

Berdasarkan Tabel 11 dapat dilihat nilai porositas beton berpori mengalami peningkatan setiap variasinya. Hal ini disebabkan karena penambahan abu cangkang sawit disetiap persentase, semakin banyak penambahan abu cangkang sawit maka ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton berpori semakin sedikit (rendah), sehingga mempengaruhi porositas beton berpori tersebut.

Pembahasan

Hubungan antara Kuat Tekan, Permeabilitas dan Porositas Beton Berpori

Pada penelitian ini, nilai kuat tekan memiliki kaitan dengan nilai permeabilitas dan porositas beton berpori. Semakin besar nilai permeabilitas dan porositas suatu beton maka semakin kecil nilai kuat tekan yang dihasilkan begitupun sebaliknya. Nilai hubungan antara kuat tekan, permeabilitas dan porositas beton berpori dapat dilihat pada Tabel 12 dan kriteria hasil pengujian berdasarkan standarisasi pada Tabel 13.

Berdasarkan Tabel 12 pada beton berpori variasi POFA0 dengan nilai kuat tekan 8,78 MPa didapatkan nilai permeabilitas beton sebesar 2,03 mm/jam dan nilai porositas beton sebesar 15,52%. Untuk beton berpori variasi POFA10 dengan nilai kuat tekan beton berpori 11,60 MPa diperoleh nilai permeabilitas beton sebesar 0,86 mm/jam dan nilai porositas beton sebesar 19,27%. Pada beton berpori variasi POFA20 dengan nilai kuat tekan beton berpori 12,28 MPa didapatkan nilai permeabilitas beton sebesar 0,97 mm/jam dan nilai porositas beton sebesar 23,20%. Pada beton berpori variasi POFA30 dengan nilai kuat tekan beton berpori 5,96 MPa diperoleh nilai permeabilitas beton sebesar 1,51 mm/jam dan nilai porositas beton sebesar 23,28%. Sementara untuk beton berpori variasi POFA40 tidak dapat dilakukan pengujian sifat mekanik beton berpori karena pada proses mixing menghasilkan campuran beton yang kering sehingga tidak layak dijadikan sebagai benda uji.

Tabel 12. Hubungan antar Kuat Tekan, Permeabilitas dan Porositas beton berpori pada umur 28 Hari

Tipe	Kuat Tekan (MPa)	Permeabilitas (mm/jam)	Porositas (%)
POFA0	8,78	2,03	15,52
POFA10	11,60	0,86	19,27
POFA20	12,28	0,97	23,20
POFA30	5,96	1,51	23,28

Tabel 13. Kriteria Mutu dan Persyaratan Beton Berpori

Kuat Tekan (MPa)		Permeabilitas (mm/jam)		Porositas (%)		
SNI 03-0691-1996		NRMCA, 2011	ACI 522R-10	NRMCA, 2011	ACI 522R-10	Trisnoyuwono, 2014
Mutu	Min					
A	35	3,5 - 28	2,8 - 28	0,2 - 1,2	0,14 - 1,22	12 - 25
B	17,0	3,5 - 28	2,8 - 28	0,2 - 1,2	0,14 - 1,22	12 - 25
C	12,5	3,5 - 28	2,8 - 28	0,2 - 1,2	0,14 - 1,22	12 - 25
D	8,5	3,5 - 28	2,8 - 28	0,2 - 1,2	0,14 - 1,22	12 - 25

Berdasarkan Tabel 13 dapat diketahui bahwa hasil pengujian pada beton berpori variasi POFA0 nilai kuat tekan yang dihasilkan sebesar 8,78 MPa memenuhi standarisasi menurut SNI 03-0691-1996 dan termasuk dalam mutu D serta memenuhi persyaratan menurut NRMCA, 2011 dan ACI 522R-10, nilai permeabilitas yang dihasilkan sebesar 2,03 mm/jam melebihi persyaratan yang ditetapkan menurut NRMCA, 2011 dan ACI 522R-10, serta nilai porositas yang dihasilkan sebesar 15,52% memenuhi persyaratan menurut Trisnoyuwono, 2014. Hasil pengujian pada beton berpori variasi POFA10 nilai kuat tekan yang dihasilkan sebesar 11,60 MPa memenuhi standarisasi menurut SNI 03-0691-1996 dan termasuk dalam mutu D serta memenuhi persyaratan menurut NRMCA, 2011 dan ACI 522R-10, nilai permeabilitas

yang dihasilkan sebesar 0,86 mm/jam memenuhi persyaratan yang ditetapkan menurut NRMCA, 2011 dan ACI 522R-10, serta nilai porositas yang dihasilkan sebesar 19,27% memenuhi persyaratan menurut Trisnoyuwono, 2014. Hasil pengujian pada beton berpori variasi POFA20 nilai kuat tekan yang dihasilkan sebesar 12,28 MPa memenuhi standarisasi menurut SNI 03-0691-1996 dan termasuk dalam mutu D serta memenuhi persyaratan menurut NRMCA, 2011 dan ACI 522R-10, nilai permeabilitas yang dihasilkan sebesar 0,97 mm/jam memenuhi persyaratan yang ditetapkan menurut NRMCA, 2011 dan ACI 522R-10, serta nilai porositas yang dihasilkan sebesar 23,20% memenuhi persyaratan menurut Trisnoyuwono, 2014. Adapun hasil pengujian pada beton berpori variasi POFA30 nilai kuat tekan yang dihasilkan sebesar 5,96 MPa tidak memenuhi standarisasi menurut SNI 03-0691-1996 namun memenuhi persyaratan menurut NRMCA, 2011 dan ACI 522R-10, nilai permeabilitas yang dihasilkan sebesar 1,51 mm/jam melebihi persyaratan yang ditetapkan menurut NRMCA, 2011 dan ACI 522R-10, serta nilai porositas yang dihasilkan sebesar 23,28% memenuhi persyaratan menurut Trisnoyuwono, 2014. Dapat disimpulkan bahwa proporsi terbaik yang dihasilkan adalah beton berpori variasi POFA20 karena semua hasil pengujian yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan dan merupakan nilai optimum dengan nilai kuat tekan tertinggi yang dihasilkan pada umur 28 hari yaitu sebesar 12,28 MPa.

Berdasarkan Tabel 12 dapat disimpulkan bahwa nilai permeabilitas dan porositas beton berpori yang menggunakan abu cangkang sawit sebagai pengganti sebagian semen bersifat berbanding lurus (linier), hal tersebut dikarenakan abu cangkang sawit memiliki daya serap air tinggi yang menyebabkan kadar airnya berkurang sehingga beton berpori yang dihasilkan memiliki banyak pori-pori sebagai media lewatnya gas maupun cairan. Sementara nilai kuat tekan berbanding terbalik dengan nilai permeabilitas dan porositas beton berpori. Semakin besar nilai kuat tekan maka nilai permeabilitas dan porositas beton berpori semakin kecil begitupun sebaliknya. Hal ini disebabkan penggunaan abu cangkang sawit yang memiliki daya serap air tinggi sehingga semakin besar persentase penggunaan abu cangkang sawit maka semakin rendah nilai kuat tekan yang dihasilkan.

Kesimpulan

Hasil pengujian diperoleh kesimpulan nilai optimum yang diperoleh pada umur 28 hari yaitu beton berpori dengan penggunaan abu cangkang sawit sampai pada persentase 20% nilai kuat tekan yang dihasilkan termasuk dalam mutu D berdasarkan SNI 03-0691-1996 tentang klasifikasi mutu beton yang diperuntukan untuk penggunaan taman dan lainnya serta nilai permeabilitas yang diperoleh lebih rendah dari beton berpori normal sehingga meningkatkan kualitas daya lolos air pada beton berpori tersebut.

Referensi

- ACI Committee. (2010). *ACI 522R-10, Report on Pervious Concrete*. American Concrete Institute, USA.
- American Society for Testing and Material [ASTM]. (1996). *C1701 Standar Test Method for Infiltration Rate of In Place Concrete*. ASTM
- American Society for Testing and Material [ASTM]. *C642 – 06 Standar test method for density, absorption, and voids in hardened concrete*. ASTM
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *SNI 03-0691-1996, Sifat-Sifat Fisika Beton*. Jakarta, BSN
- Badan Standardisasi Nasional, (2015). *SNI 2049:2015, Semen Portland*. Jakarta, BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SK SNI 03-2834-2000, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta, BSN.
- Gusneli Yanti dkk. (2021). *Variasi Penambahan Sikacim pada Beton Porous*. Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru Riau.
- Kiki Hariadi. (2019). *Studi Kuat Tekan, Porositas, dan Permeabilitas Beton Porous dengan Substitusi Abu Arang Tempurung Kelapa terhadap Berat Semen*. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Muhammad Reja Palepy. (2020). *Pengaruh Penambahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit terhadap Kuat Tarik pada Beton dengan Bahan Tambahan Superplasticier*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan
- Mhd Falah Hudan. (2012). *Abu Boiler Sebagai Bahan Pengganti Semen dalam Campuran Beton dan Perbandingannya dengan Beton Normal*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- National Ready Mixed Concrete Assosiation. NRMCA (2011), *Pervious Concrete and Construction* (International Concrete Sustainability Conference Dubai, Desember). USA.
- Pandei, R. W., Supit, S. W. M., Rangan, J., Karwur, A., Ash, F., Terhadap, S., & Tekan, K. (2019). *Superplasticier terhadap kuat tekan dan permeabilitas beton berpori (Pervious concrete) pengaruh komposisi beton non pasir*. 18(1), 45-52.
- Pordinan Siregar. (2008). *Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit sebagai Campuran Semen pada Beton*. Universitas Sumatera Utara, Medan.

- Remi Napitupulu. (2014). *Pengaruh Penambahan Abu Boiler Kelapa Sawit dalam Meningkatkan Kekuatan Beton*. Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara.
- Siti Kurniasyih. 2020. *Studi Kuat Tekan, Porositas dan Permeabilitas dengan Penambahan Abu Arang Kayu Karet terhadap Beton Porous*. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Tekan, S. K., & Permeabilitas, P. D. A. N. (2020). *Terhadap Beton Porous*.
- Trisnoyuwono, Diarto. (2014). *Beton Non Pasir*. Yogyakarta, Graha Ilmu.
- Vitri, G., & Herman, H. (2019). *Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit sebagai Material Tambahan Beton*. 6(2), 78-78. <https://doi.org/10.21063/JTS.2019.V602.06>.