

Jurnal Taxiway
e-ISSN : 2685-7464
jurnal.taxiway@upp.ac.id

Vol. 4 No. 2 - juli 2025
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Pasir Pengaraian

ANALISIS BETON GEOPOLIMER SUBSTITUSI POFA (PALM OIL FUEL ASH) DENGAN METODE CURRING DIPANASKAN

Alhadi Saputra¹, Bambang Edison² dan Rismalinda²

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pasir Pengaraian,
,Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pasir Pengaraian.

Email: alhadisaputra10@gmail.com⁽¹⁾, bambang.edison@upp.ac.id⁽²⁾,
risdickrismalindastmt@gmail.com⁽²⁾

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
Diterima Tersedia Online Juli 2025	Beton adalah bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar, dan bahan campuran lainnya. Semen merupakan salah satu material yang digunakan untuk membuat beton. Beton yang menggunakan material pozzolan disebut beton geopolimer.
Kata kunci: Concrete, Geopolymers, Substitutions, POFA	Kabupaten Rokan hulu banyak memproduksi kelapa sawit yang menghasilkan limbah berupa cangkang, tandan kosong, dan serat. Pengujian material mengacu pada SNI 03-2834-1993 dan rancangan campuran beton mengacu pada SNI 03-2834-2000. Dalam proses pembuatan benda uji menggunakan larutan alkali aktivator dengan konsentrasi 8 M dan 16 M. Proses curing bervariasi antara suhu ruang dan suhu 60°C selama 24 jam. Pengujian dilakukan terhadap benda uji silinder berukuran 15 cm x 30 cm dengan karakteristik kuat tekan beton f'c 20 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton geopolimer pada umur 28 hari mengalami sedikit penurunan dibandingkan beton normal. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi penambahan POFA 10% + 8M aktivator dengan curing suhu 60°C, yaitu sebesar 229,23 Kg/cm ² (22,67 MPa). Penambahan konsentrasi aktivator hingga 16 M justru menurunkan kuat tekan beton, yang disebabkan nilai Slump nya semakin mengecil dan penurunan workability. Selain itu, proses curing pada suhu 60°C mempercepat reaksi polimerisasi, meningkatkan kuat

tekan awal, dan menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap pengaruh panas.

Abstract

Concrete is a building material made from a mixture of cement, water, fine aggregate, coarse aggregate, and other mixed materials. Cement is one of the materials used to make concrete. Concrete that uses pozzolan material is called geopolymer concrete. Rokan Hulu Regency produces a lot of oil palm which produces waste in the form of shells, empty bunches, and fiber. The material test refers to SNI 03-2834-1993 and the design of concrete mixtures refers to SNI 03-2834-2000. In the process of manufacturing the test piece, an activator alkaline solution with concentrations of 8 M and 16 M is used. The test was carried out on a cylindrical test specimen measuring 15 cm x 30 cm with a concrete compressive strength characteristic of f'_c 20 MPa. The results showed that the compressive strength of geopolymer concrete at the age of 28 days decreased slightly compared to normal concrete. The highest compressive strength was obtained in the variation of adding POFA 10% + 8M activator with curing temperature of 60°C, which was 229.23 Kg/cm² (22.67 MPa). The addition of activator concentration up to 16 M actually decreases the compressive strength of the concrete, which is caused by the shrinking Slump value and a decrease in workability. In addition, the curing process at 60°C accelerates the polymerization reaction, increases the initial compressive strength, and shows better resistance to heat influences.

PENDAHULUAN

Beton adalah bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar, dan bahan campuran lainnya. Beton merupakan salah satu komponen struktur bangunan yang sering digunakan dalam konstruksi infrastruktur. Beton merupakan sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi bahan agregat dan semen sebagai bahan pengikat (Hamdi et al. 2022). Semen merupakan salah satu material yang digunakan untuk membuat beton. Pada proses pembuatannya, semen melepaskan banyak karbon dioksida ke atmosfer. Karbon dioksida menyebabkan pemanasan global sehingga terjadi mencairnya es di kutub, hujan asam, cuaca ekstrim, dan dampak negatif pada produksi pangan (Ali, Ahmad, and Yusup 2020). Upaya untuk

mengurangi penggunaan semen telah dilakukan. Salah satunya adalah memanfaatkan material pozzolan yang dapat merekatkan seperti semen.

Material pozzolan merupakan material yang di dalamnya memiliki kandungan silika, aluminium, besi, dan kalsium. Beton yang menggunakan material pozzolan disebut beton geopolimer. Kelemahan dari beton geopolimer adalah durasi setting time yang singkat dan tingkat kelecakan yang rendah (Internasional et al. 2019). Beton pracetak merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan tersebut. Beton pracetak yang memiliki kuat tekan awal tinggi, dapat membuat produksi lebih efisien karena beton pracetak dapat dilepaskan dari bekisting dan dapat menanggung beratnya sendiri. Beton dengan kuat tekan awal tinggi dapat mempercepat durasi Pembangunan (Bediakoa et al. 2016).

Riau khususnya Kabupaten Rokan hulu banyak memproduksi kelapa sawit yang menghasilkan limbah berupa cangkang, tandan kosong, dan serat. Beberapa penelitian untuk memanfaatkan cangkang kelapa sawit telah dilakukan. (Kristianto, Mungok, and Handalan 2016) menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai agregat kasar dalam membuat beton normal. Penambahan sebanyak 10% meningkatkan kuat tekan sebesar 12,8%. Penambahan sebanyak 20% dan 30% membuat kuat tekan menurun. (Wibowo, Christianto, and Widjajakusuma 2024) membuat pasta geopolimer dari abu cangkang kelapa sawit dengan variasi konsentrasi larutan natrium hidroksida. Pada umur 28 hari, pasta geopolimer memiliki kuat tekan 26,83-31,08 MPa. Jumlah komposisi silika, aluminium, besi, dan kalsium pada abu cangkang kelapa sawit (Lerry, Elhusna, and Afrizal 2012) lebih sedikit dibanding jumlah pada abu terbang (Lerry et al. 2012) sehingga kurang efektif menggunakan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan utama membuat pasta geopolimer. (Firdausa et al. 2020) melakukan penelitian dengan cara mengganti 10% dari berat agregat halus dengan abu cangkang kelapa sawit dan 30% dari berat agregat kasar dengan cangkang kelapa sawit untuk membuat beton normal dengan target kuat tekan 25 MPa. Hasil kuat tekan pada benda uji berumur 28 hari adalah sebesar 21 MPa. Kuat tekan beton tidak mencapai target karena cangkang kelapa sawit memiliki kekuatan yang lebih rendah dibanding agregat kasar dan halus. Keunggulan cangkang kelapa sawit adalah memiliki berat jenis yang lebih rendah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi eksperimen melalui tahapan-tahapan pengujian di laboratorium. Seluruh pengujian bahan penyusun campuran beton mengacu pada standart SNI 03-2834-1993. Untuk rancangan campuran beton normal dengan mutu mengacu pada SNI 03-2834-2000. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian pada rentang waktu bulan Desember 2024 sampai bulan Februari tahun 2025. Pada penelitian ini penulis melakukan pengujian terhadap bahan campuran beton $f'c$ 20 Mpa yaitu agregat halus dan agregat kasar, benda uji dibuat berbentuk Silinder menggunakan cetakan dengan ukuran 15cm x 30cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian merupakan penelitian eksperimen di laboratorium untuk mengetahui karakteristik campuran beton $f'c20$ dengan menggunakan bahan berbasis POFA, rancangan dan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pasir Pangaraian, merupakan suatu pencarian data yang mengacu pada perumusan masalah. Pemeriksaan/pengujian bahan agregat halus dan agregat kasar mengacu pada SNI 03-2834-1993 dan SNI 03-2834-2000. Uraian hasil penelitian dapat penulis sajikan di dalam sub bab pembahasan berikut ini.

Pemeriksaan Agregat Halus

Pengujian agregat halus bertujuan untuk mengetahui sifat fisik agregat halus yang akan digunakan sebagai material penyusun beton. Sifat atau karakteristik agregat halus juga mempunyai pengaruh besar terhadap kekuatan beton. Pengujian yang dilakukan pada agregat halus meliputi pengujian analisa saringan, berat jenis *bulk*, berat jenis *apparent*, penyerapan air, berat isi/volume dan kadar lumpur. Hasil pengujian agregat halus ditunjukkan dalam dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Satuan	Ket
1	Penyerapan	<2,5%	1,195	%	Memenuhi
2	Berat Jenis <i>Bulk</i>	>2,5	2,587	Gr/cc	Memenuhi
3	Berat Jenis <i>Apparent</i>	>2,5	2,618	Gr/cc	Memenuhi
4	Berat Volume	1,4-1,8	1,401	Gr/cc	Memenuhi
5	Kadar Lumpur	<5%	1,16	%	Memenuhi

(Sumber: Hasil penelitian ;2024)

Sampel agregat halus yang diuji baik berat jenis *bulk* maupun penyerapan tersebut telah memenuhi spesifikasi, untuk pengujian penyerapan air agregat halus adalah 1,195%. Spesifikasi dari pada SNI 03-2834-1993 dan SNI 03-2834-2000 adalah < 2,5%. Berat jenis *bulk* dalam spesifikasi SK SNI adalah > 2,5 gr/cc, hasil dari pengujian berat jenis *bulk* agregat halus sebesar 2,587 gr/cc nilai ini memenuhi spesifikasi yang ditentukan dalam SK SNI. Sementara untuk pengujian berat jenis *Apparent* agregat halus adalah 2,618 gr/cc, nilai ini juga memenuhi spesifikasi SK SNI 03-2834-1993. Hasil pengujian terhadap kadar lumpur bahan agregat halus adalah sebesar 1,16% dan nilai ini telah memenuhi spesifikasi dalam SNI 03-4142-1995 yaitu <5%. Secara umum bahan agregat halus telah memenuhi persyaratan/spesifikasi sebagai bahan rancangan campuran beton.

Pemeriksaan Agregat Kasar

Sampel agregat kasar yang diuji adalah agregat kasar batu pecah ukuran 1-2 inchi, baik berat jenis *bulk* maupun penyerapan terlihat bahwa meterial tersebut memenuhi spesifikasi, untuk pengujian penyerapan air agregat kasar adalah 0,548 %.

Spesifikasi dari pada SNI 03-2834-1993 dan SNI 03-2834-2000 adalah $< 2,5\%$. Berat jenis *bulk* dalam spesifikasi SK SNI adalah $> 2,5$ gr/cc, hasil dari pengujian berat jenis *bulk* agregat kasar sebesar 2,598 gr/cc nilai ini memenuhi spesifikasi SNI yang ditentukan. Sementara untuk pengujian berat jenis *Apparent* agregat kasar adalah 2,612 gr/cc. Pada hasil pengujian berat isi/volum agregat kasar batu pecah 1-2 inchi diperoleh hasil sebesar 1,517 gr/cc, nilai ini memenuhi spesifikasi dalam SK SNI 03-2834-1993 dan SNI 03-2834-2000.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Sat	Ket
1	Penyerapan	$< 2,5\%$	0,548	%	Memenuhi
2	Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,5-2,7	2,598	Gr/cc	Memenuhi
3	Berat Jenis <i>Semu</i>	$> 2,5$	2,612	Gr/cc	Memenuhi
4	Berat Volume	1,5-1,8	1,517	Gr/cm ³	Memenuhi

(Sumber: Hasil Penelitian ;2024)

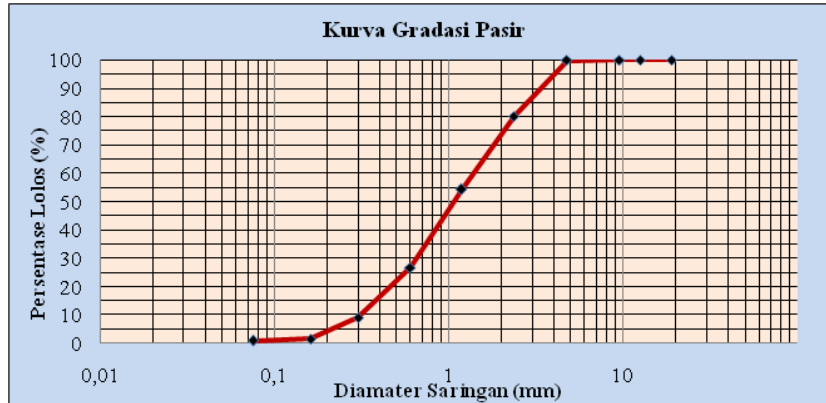
Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran agregat halus dan mengetahui kehalusan butirannya (MHB). Distribusi ukuran butiran dan *muodulus* kehalusan butir (MHB) merupakan komponen penting dalam penentuan kombinasi/komposisi agregat campuran beton. Oleh sebab itu harus dilakukan dengan cermat untuk mendapatkan komposisi agregat gabungan yang memenuhi spesifikasi campuran beton dalam standart SNI 03-2834-2000. Berikut ini adalah hasil analisa saringan agregat halus seperti pada tabel dan kurva gradasi pasir pada gambar dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran Saringan		Berat	%	%	Berat	%	%	Rata
Inci	mm	Tertahan	Tertahan	Lolos	Tertahan	Tertahan	Lolos	Rata
3 / 4"	19.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1 / 2"	12.50	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3 / 8"	9.50	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
#4	4.75	1.91	0.09	99.91	1.89	0.09	99.91	99.91
#8	2.36	383.81	18.47	81.44	436.69	21.05	78.86	80.15
#16	1.18	523.44	25.19	56.25	550.59	26.53	52.33	54.29
#30	0.600	581.76	28.00	28.25	561.13	27.04	25.29	26.77
#50	0.300	385.83	18.57	9.68	350.17	16.88	8.41	9.05
#100	0.160	164.52	7.92	1.76	142.07	6.85	1.57	1.66
#200	0.075	17.27	0.83	0.93	14.23	0.69	0.88	0.90

(Sumber : Hasil Penelitian ; 2024)



Gambar 1. Kurva Gradasi Agregat Halus

Berdasarkan hasil analisa ayakan seperti yang terdapat pada tabel diatas batas gradasi hasil analisa ayakan terhadap agregat halus sebagai bahan campuran beton pada penelitian ini termasuk dalam kategori agregat halus (pasir) zona 1 atau pasir kasar dengan nilai modulus halus butir 3,3. Nilai MHB 3,3 dan syarat nilai MHB adalah 1,5 s/d 3,8. Demikian hasil MHB yang di dapatkan telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan dan spesifikasi yang diisyaratkan SNI S-04-1989-F untuk agregat halus 1,5-3,8.

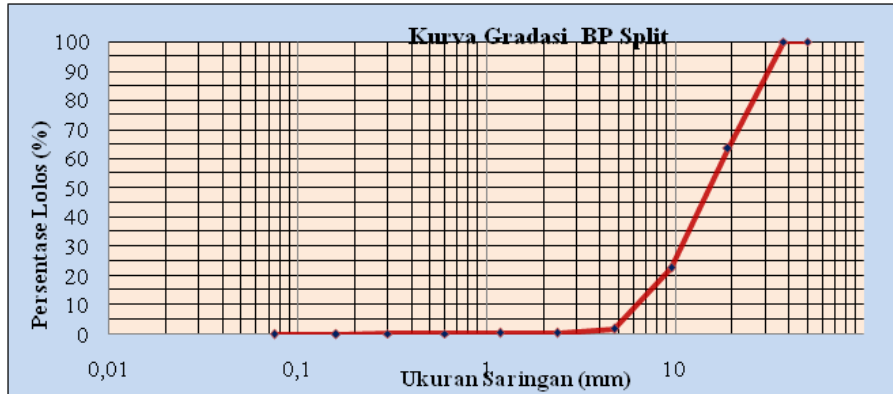
Analisa Saringan Agregat Kasar

Sejalan dengan agregat halus, distribusi ukuran agregat kasar merupakan komponen yang sangat penting dalam menentukan agregat gabungan dan kekuatan beton. Maka dari itu penelitian perlu dilakukan dengan seksama dan cermat untuk mendapatkan hasil kombinasi agregat gabungan yang memenuhi spesifikasi campuran beton. Hasil analisa ayakan terhadap bahan agregat kasar berupa batu pecah ukuran 1-2 inchi. Dibawah ini merupaka hasil dari analisa saringan agregat kasar BP 1-2 seperti pada :

Tabel 4. Hasil Analisa Agregat Kasar BP1-2

Uuran Saringan		Berat	%	%	Berat	%	%	Rata
Inci	mm	Tertahan	Tertahan	Lolos	Tertahan	Tertahan	Lolos	Rata
2"	50.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3 / 4 "	19.00	942.03	37.82	62.18	873.00	35.12	64.88	63.53
3 / 8 "	9.50	1099.39	44.14	18.04	931.80	37.48	27.40	22.72
#4	4.75	438.93	17.62	0.42	599.03	24.10	3.30	1.86
#8	2.36	2.83	0.11	0.30	70.00	2.82	0.49	0.40
#16	1.18	0.66	0.03	0.28	0.66	0.03	0.46	0.37
#30	0.600	0.78	0.03	0.25	1.42	0.06	0.40	0.32
#50	0.300	1.19	0.05	0.20	2.50	0.10	0.30	0.25
#100	0.160	3.26	0.13	0.07	6.19	0.25	0.05	0.06
#200	0.075	1.66	0.07	0.00	1.34	0.05	0.00	0.00

(Sumber : Hasil Penelitian : 2024)



Gambar 2. Kurva Gradasi Agregat Kasar BP 1-2

Hasil analisa ayakan terhadap agregat kasar batu pecah 1-2 inchi sebagaimana pada tabel diperoleh hasil nilai modulus halus butir agregat kasar 1-2 adalah 7,10. Spesifikasi bahan agregat kasar dalam campuran beton dengan demikian bahan batu pecah 1-2 hasil analisa ayakan dapat digunakan sebagai bahan campuran beton. Nilai tersebut telah memenuhi spesifikasi MHB agregat kasar sebagai bahan campuran beton, nilai MHB yang sesuai spesifikasi adalah 5 s/d 8.

Pemeriksaan Semen

Dalam penelitian ini, semen Portland yang digunakan adalah jenis semen Indonesia (Semen Padang). Pemilihan mereka ini berdasarkan pada pertimbangan bahwa merk tersebut dianggap sebagai salah satu merk semen terbaik di Indonesia dan telah memenuhi standar SNI (Standar Nasional Indonesia). Data mengenai karakteristik bahan semen diperoleh dari informasi yang tertera pada kemasan semen. Untuk jenis semen tipe ini data menunjukkan berat jenis sebesar 3,15 gr/cm³ dan berat volume sebesar 1,25 gr/cm³. Secara umum, semen yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi spesifikasi sebagai bahan pengikat dalam campuran beton.

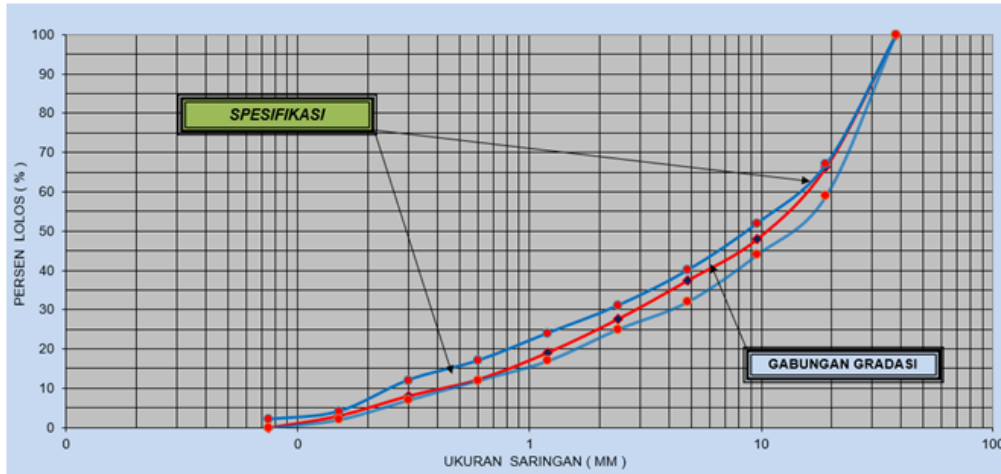
Hasil Kombinasi Agregat Gabungan

Hasil analisa ayakan masing-masing agregat baik agregat halus dan agregat kasar, selanjutnya dikombinasi (agregat gabungan) untuk mendapatkan kurva gradasi agregat gabungan campuran beton yang memenuhi spesifikasi SNI 03-2834-2000. Dibawah ini adalah tabel gradasi agregat gabungan dan gambar gradasi gabungan seperti yang ada di tabel berikut :

Tabel 5. Gradasi Hubungan

JENIS	%	% - BERAT LOLOS									
		11/2 "	3/4 "	3/8 "	#4 "	#8 "	#16 "	#30 "	# 50	# 100	# 200
Kerikil	67.00	67.00	42.57	15.22	1.25	0.26	0.25	0.22	0.00	0.00	0.00
Pasir	33.00	33.00	33.00	33.00	32.97	26.45	17.91	8.83	2.98	0.55	0.30
KOMBINASI GABUNGAN	100	100.00	75.57	48.22	34.22	26.71	18.16	9.05	2.98	0.55	0.30
SPESIFIKASI	100	100	67 ~ 75	44 ~ 52	32- 40	25 ~ 31	17 ~ 24	7 ~ 12	2 ~ 4	0 ~ 2	0

(Sumber : Hasil Penelitian ; 2024)



Gambar 3. Gradasi Hubungan

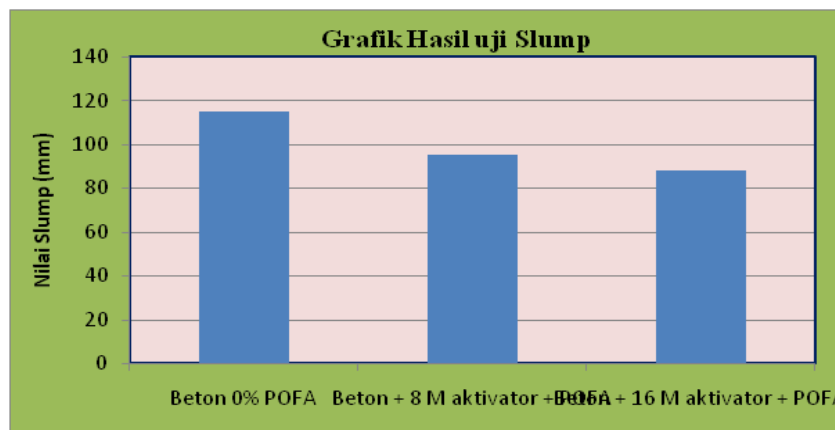
Dari hasil kombinasi agregat gabungan diperoleh komposisi agregat gabungan yang memenuhi spesifikasi antara kurva 1 dan 2. Persentase masing-masing agregat yaitu agregat kasar BP 1-2 sebesar 67% dan agregat halus (pasir) 33%. Dari hasil analisa agregat gabungan yang telah memenuhi spesifikasi dalam rentang kurva 1 dan kurva 2 SNI 03-2834-2000, maka gradasi gabungan ini dapat dilanjutkan untuk di desain campuran, sesuai dengan persentase masing-masing agregat.

Hasil Pengujian Nilai Slump

Dari hasil penelitian ini nilai slump rencana maksimal 180 mm dan slump minimal 60 mm. Nilai pengujian slump dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6. Pemeriksaan Slump Test

NO	Campuran Beton	Slump Test (mm)
1	Beton 0% POFA	115
2	Beton + 8 M aktivator + POFA	95
3	Beton + 16 M aktivator + POFA	88



Gambar 4. Grafik Uji Slump

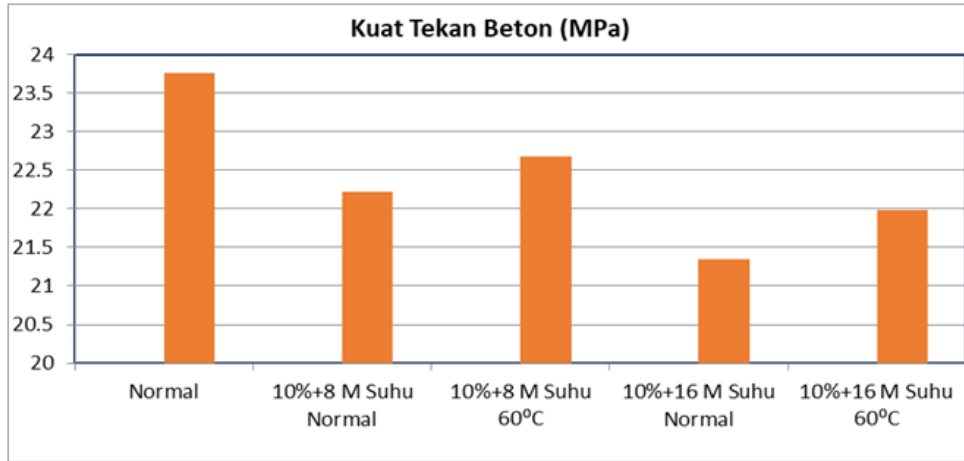
Dari hasil data pemeriksaan pada tabel diatas didapat nilai *slump* beton 0% POFA dengan nilai yaitu sebesar 115 mm, Beton + 8 M aktivator + POFA dengan nilai yaitu sebesar 95mm, dan Beton + 16 M aktivator + POFA dengan nilai yaitu sebesar 88mm. Maka nilai ini telah memenuhi rencana *slump* pada rancangan campuran beton $f'c$ 20 yang direncanakan yaitu 60 mm- 180 mm. Setelah dilakukan pengujian *slump test* maka dapat diketahui bahwa semakin banyak penambahan bahan POFA dan Aktivator maka semakin rendah nilai *slump test* yang didapat, menandakan adukan beton segar semakin kental atau padat, jadi dengan adanya penambahan bahan POFA dan Aktivator akan menurunkan nilai *workability* sehingga diperlukan penambahan air dalam pengerjaan pengecoran.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

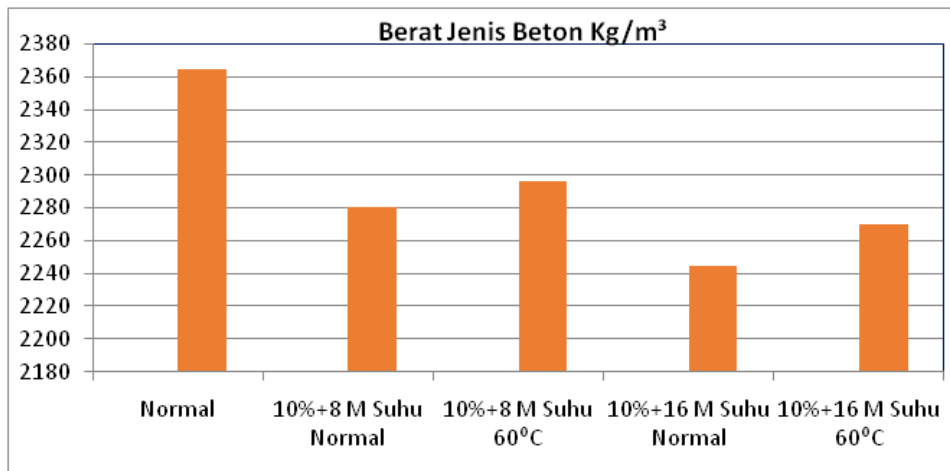
Pada penelitian ini sampel Silinder beton dengan variasi 0% POFA, 10% POFA + 8 M aktivator dan 10% POFA + 16 M aktivator setelah cetak dilakukan curing selama 28 hari dengan metode dilakukan Suhu ruang dan Suhu 60°C. Hasil pengujian kuat tekan beton terhadap seluruh sampel penelitian terdapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 7. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

No	KODE BETON	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Dimensi Silinder (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Bj (Kg/m ³)	Bacaan Alat Umur 7 hari (Ton)	Bacaan Alat dikonversi 28 Hari (Ton)	Beban Maksimum (Kg)	Kekuatan Tekan Maks Kg/Cm ²	Kekuatan Tekan Rata Rata											
											Kg/Cm ²	MPa										
Beton Normal curing suhu ruang																						
1	B1	28	12500	15 x 30	176.625	2339.05	27.30	42.00	42000	237.79	240.26	23.77										
2	B2		12565										2371.31	27.95	43.00	43000	243.45					
3	B3		12525															2369.77	27.50	42.31	42308	239.53
Beton substitusi 10% POFA +8 M aktivator curing suhu ruang																						
1	B1	28	12030	15 x 30	176.625	2270.35	25.35	39.00	39000	220.81	224.58	22.21										
2	B2		12075										2278.84	25.80	39.69	39692	224.73					
3	B3		12150															2292.99	26.20	40.31	40308	228.21
Beton substitusi 10% POFA +8 M aktivator curing suhu 60°C																						
1	B1	28	12035	15 x 30	176.625	2271.29	25.95	39.92	39923	226.03	229.23	22.67										
2	B2		12105										2284.50	26.35	40.54	40538	229.52					
3	B3		12355															2331.68	26.65	41.00	41000	232.13
Beton substitusi 10% POFA +16 M aktivator curing suhu ruang																						
1	B1	28	11890	15 x 30	176.625	2243.93	24.67	37.95	37954	214.88	215.78	21.34										
2	B2		11940										2253.36	25.30	38.92	38923	220.37					
3	B3		11845															2235.43	24.35	37.46	37462	212.10
Beton substitusi 10% POFA +16 M aktivator curing suhu 60°C																						
1	B1	28	12110	15 x 30	176.625	2285.44	25.48	39.20	39200	221.94	222.20	21.98										
2	B2		12015										2267.52	25.80	39.69	39692	224.73					
3	B3		11960															2257.14	25.25	38.85	38846	219.94



Gambar 5. Grafik Kuat Tekan Beton



Gambar 6. Grafik Berat Jenis Beton

Dari pengujian kuat tekan beton dengan variasi Beton normal suhu ruang pada umur 28 hari dihasilkan $240,26 \text{ Kg/cm}^2$ (23,77 MPa), variasi penambahan POFA 10% + 8M aktivator curing suhu ruang pada umur 28 hari dihasilkan $224,58 \text{ Kg/cm}^2$ (22,21 MPa) variasi penambahan POFA 10% + 8M aktivator curing suhu 60°C pada umur 28 hari dihasilkan $229,23 \text{ Kg/cm}^2$ (22,67 MPa) , variasi penambahan POFA 10% + 16 M aktivator curing suhu ruang pada umur 28 hari dihasilkan $215,78 \text{ Kg/cm}^2$ (21,34 MPa) dan variasi penambahan POFA 10% + 16 M aktivator curing suhu 60°C pada umur 28 hari dihasilkan $222,20 \text{ Kg/cm}^2$ (21,98 MPa) .

Dari pengujian berat jenis beton dengan variasi Beton normal suhu ruang pada umur 28 hari dihasilkan $2364,71 \text{ Kg/cm}^3$, variasi penambahan POFA 10% + 8M aktivator curing suhu ruang pada umur 28 hari dihasilkan $2280,73 \text{ Kg/cm}^3$, variasi penambahan POFA 10% + 8M aktivator curing suhu 60°C pada umur 28 hari dihasilkan $2295,82 \text{ Kg/cm}^3$, variasi penambahan POFA 10% + 16 M aktivator curing suhu ruang pada umur 28 hari dihasilkan $2244,24 \text{ Kg/cm}^3$, dan variasi penambahan POFA 10% + 16 M aktivator curing suhu 60°C pada umur 28 hari dihasilkan $2270,03 \text{ Kg/cm}^3$.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan yang telah penulis kemukaan pada bab sebelumnya, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Karakteristik beton *geopolimers* substitusi bahan POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) 10%, bahwa semakin banyak nilai POFA dan nilai Aktivator dapat membuat nilai slump nya semakin kecil. Hal ini mencerminkan campuran beton semakin kental. Dari pengujian berat jenis beton, berat jenisnya semakin menurun dengan kenaikan jumlah pofa dan activator.
2. Dari pengujian kuat tekan beton dengan variasi Beton *geopolimers* bahan berbasis bahan POFA (*Palm Oil Fuel Ash* yang dilakukan perawatan (*curing*) variasi penambahan POFA 10% + 8M aktivator curing suhu ruang pada umur 28 hari dihasilkan 224,58 Kg/cm² (22,21 MPa) variasi penambahan POFA 10% + 8M aktivator curing suhu 60°C pada umur 28 hari dihasilkan 229,23 Kg/cm² (22,67 MPa), variasi penambahan POFA 10% + 16 M aktivator curing suhu ruang pada umur 28 hari dihasilkan 215,78 Kg/cm² (21,34 MPa) dan variasi penambahan POFA 10% + 16 M aktivator curing suhu 60°C pada umur 28 hari dihasilkan 222,20 Kg/cm² (21,98 MPa) .Selain itu, proses curing pada suhu 60°C mempercepat reaksi polimerisasi, meningkatkan kuat tekan awal, dan menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap pengaruh panas dengan suhu tidak lebih dari 60°C

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyadari sepenuhnya dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan Skripsi ini mendapat bantuan dan dukungan yang sangat besar dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih setinggi – tingginya penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Dawi dan Ibu Nurjawanis selaku orangtua saya tercinta yang telah memberikan doa, dukungan, dan nasehat berupa materi maupun moril selama ini.
2. Bapak Dr. Hardianto, S.Pd, M.pd selaku Rektor Universitas Pasir Pengaraian.
3. Bapak Dr. Purwo Subekti, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian.
4. Ibu Rismalinda, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian.
5. Bapak Bambang Edison S.Pd, M.T selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan perhatian penuh dan tidak pernah berhenti memberikan dorongan sehingga penulis skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Ibu Rismalinda, MT, selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan perhatian penuh dan tidak pernah berhenti memberikan dorongan sehingga Penulis mendapatkan energi yang lebih untuk mengerjakan skripsi ini.
7. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil.
8. Kepada seseorang yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian Skripsi ini.
9. Teman-teman yang selalu memberikan support dan dukungannya selama ini

BIBIOGRAFI

- [1] F. Hamdi *et al.*, 2021, *Teknologi Beton*, vol. 1, no. 1. 2022. [Online]. Available: http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/prejuicios_y_verdades_sobre_grasas.pdf
<https://www.colesterolfamiliar.org/formacion/guia.pdf>
<https://www.colesterolfamiliar.org/wp-content/uploads/2015/05/guia.pdf>
- [2] K. A. Ali, M. I. Ahmad, and Y. Yusup, “Issues, impacts, and mitigations of carbon dioxide emissions in the building sector,” *Sustain.*, vol. 12, no. 18, 2020, doi: 10.3390/SU12187427.
- [3] K. Internasional, B. Berbasis, B. Dan, and U. J. I. Eksperimental, “Machine Translated by Google PERBANDINGAN ANTARA BETON SEMEN PORTLAND DAN VOLUME Machine Translated by Google AJCE - Edisi Khusus,” vol. 37, pp. 127–132, 2019.
- [4] M. Bediakoa, S. K. Gawub, A. Amartey, J. S. Ankraha, and E. Atiemoa, “Machine Translated by Google Studi Kasus dalam Bahan Konstruksi Analisis tanah liat dan cangkang inti sawit yang dibakar bersama- sama sebagai bahan semen di Ghana,” vol. 5, pp. 46–52, 2016.
- [5] Kristianto, C. D. Mungok, and C. P. Handalan, “Pengaruh Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Terhadap Mutu Beton,” *J. Mhs. Tek. Sipil Univ. Tanjungpura*, vol. 3, no. 3, pp. 1–10, 2016.
- [6] K. A. Wibowo, D. Christianto, and J. Widjajakusuma, “Peningkatan Kuat Tekan Pada Beton Geopolimer Akibat Metode Perawatan Dipanaskan,” *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 7, no. 1, pp. 79–86, 2024, doi: 10.24912/jmts.v7i1.25150.
- [7] M. Lerry, E. Elhusna, and Y. Afrizal, “Perilaku kuat tekan beton dengan abu cangkang sawit sebagai pengganti sebagian semen,” *J. Inersia*, vol. 4, no. 2, p. 43, 2012, [Online]. Available: <https://ejournal.unib.ac.id/inersiajurnal/article/view/6716/3334>
- [8] F. Firdausa, R. Marpaung, S. R. Artini, A. F. Diba, V. W. Ria, and A. W. Iryani, “Analisis Pengaruh Biji Karet Terhadap Kuat Tekan Beton,” *J. Ris. Rekayasa Sipil*, vol. 4, no. 1, p. 23, 2020, doi: 10.20961/jrrs.v4i1.44634.
- [9] S. Pofa, D. A. N. Bubuk, and G. Sebagai, “KONFERENSI INTERNASIONAL : SIFAT BAHAN BETON SELF COMPACTING DENGAN MENGGUNAKAN ABU BAKAR KELAPA,” vol. 1, no. 1, 2024.
- [10] C. Yusnar, “Fresh Karakteristik Beton Pasta Geopolimer Berbasis POFA dan OPC,” vol. 6, no. 1, pp. 74–78, 2022.
- [11] N. L. Gandina and Y. D. Setiyarto, “Studi Eksperimental Beton Geopolimer Dengan Memanfaatkan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Dan Serat Mat Sebagai Aditif,” *CRANE Civ. Eng. Res. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 26–36, 2020, doi: 10.34010/crane.v1i1.4181.
- [12] R. Ridha, Syarwan, and Supardin, “Jurnal sipil sains terapan 1.,” *J. Sipil Sains*

Terap., vol. 03, no. 2, pp. 1–14, 2020.

- [13] S. Ahyuriza, “Analisis Pengaruh Variasi Konsentrasi Fly Ash Kelapa Sawit Terhadap Filtration Loss Dan Free Water Pada Semen Pemboran Kelas G,” pp. 10–48, 2019.

SNI ASTM C136-2012, Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar.

SNI 03-2834-2000, Komposisi Campuran Beton.

SNI 1969:2008, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.

SNI 1970:2008, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.

SNI 1971:2008, Metode Pengujian Kadar Air Agregat.

SNI 1972-2008, Metode Pengujian Slump Beton.

SNI 13-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.

Tjokrodinuljo, 2007. *Teknologi Beton*. Biro penerbit: Yogyakarta.