



# Analisis Penerapan Penggunaan *Paving Block* Geopolimer Abu Sawit Dengan Tambahan *Ordinary Portland Cement* (OPC) dan *Portland Composite Cement* (PCC) di Lahan Gambut yang Berbasis *Eco-Green*

Harriad Akbar Syarif<sup>a,\*</sup>, Danang Saputra<sup>b</sup>, Khairul Fahmi<sup>c</sup>

<sup>a,c</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pasir Pengaraian, Jl. Tuanku Tambusai, Desa Rambah Kumu, Kec. Rambah Hilir, Kab. Rokan Hulu.

<sup>b</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pasir Pengaraian, Jl. Tuanku Tambusai, Desa Rambah Kumu, Kec. Rambah Hilir, Kab. Rokan Hulu.

## INFO ARTIKEL

Tersedia Online 21 Juli 2022

## ABSTRAK

Penumpukan material Abu Sawit/*Palm Oil Fuel Ash* merupakan permasalahan di industri pabrik kelapa sawit yang akan berdampak mencemarkan kelestarian lingkungan dikarenakan abu sawit termasuk limbah. Tapi dalam dunia konstruksi, abu sawit dapat digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan raya dalam bentuk *paving block*. Penelitian ini dilakukan bertujuan menganalisis penerapan penggunaan *paving block* geopolimer abu sawit dengan variasi penambahan *Ordinary Portland Cement* (OPC) dan *Portland Composite Cement* (PCC) di lahan gambut berbasis *Eco-Green*. Penelitian diawali dengan menguji karakteristik material campuran *paving block* seperti abu sawit, semen, dan pasir. Variasi pengujian sampel terdiri dari 20%, 25%, 30% OPC dan PCC dari komposisi campuran abu sawit. Jenis pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan dan mikrostruktur FTIR dengan umur pengujian 28 hari. Dari hasil yang didapat, kuat tekan variasi OPC 25% memiliki kuat tekan tertinggi 23,82 MPa dari variasi OPC lainnya, sedangkan untuk variasi PCC 30% menghasilkan kuat tekan tertinggi 25,81 MPa dari variasi PCC lainnya. Dari sampel serpihan kuat tekan diuji mikrostruktur FTIR untuk mendapatkan ikatan kimia yang terjadi akibat penambahan variasi OPC dan PCC. Dari data hasil pengujian mikrostruktur FTIR terlihat adanya senyawa Natrium Karbonat, Kalsium Karbonat dan *Ziolite* yang merupakan reaksi geopolimer antara OPC dan PCC. Reaksi tersebut membentuk ikatan antar butiran sehingga menghasilkan pasta semen pada campuran *paving block* geopolimer abu sawit. Sedangkan ditinjau dari Konsep *Eco-Green*, *paving block* geopolimer lebih murah dibandingkan dengan *paving block* konvensional semen dan menghasilkan mutu yang sama (Mutu B).

**Kata kunci:** *Paving Block*, Geopolimer, Abu Sawit, Semen, Lahan Gambut

## CONTACT

harriadakbarsyarif@upp.ac.id<sup>a,\*</sup>  
saputradanang667@gmail.com<sup>b</sup>  
khairulfahmi@upp.ac.id<sup>c</sup>

## ABSTRACT

*The accumulation of Palm Oil Fuel Ash material is a problem in the palm oil mill industry which will have an impact on polluting environmental sustainability because palm oil fuel ash includes waste. But in the construction world, palm oil fuel ash can be used in road pavement construction in the form of paving blocks. This study was conducted to analyze the application of paving block geopolymer palm oil fuel ash with variations in the addition of Ordinary Portland Cement (OPC) and Portland Composite Cement (PCC) in Eco-Green-based peatlands. The study began by examining the characteristics of the mixed paving block materials such as palm oil fuel ash, cement, and sand. Variations in sample testing consisted of 20%, 25%, 30% OPC and PCC from the composition of the palm ash mixture. The types of tests carried out were compressive strength and FTIR microstructure with a test age of 28 days. From*

*the results obtained, the compressive strength of the 25% OPC variation has the highest compressive strength of 23.82 MPa from other OPC variations, while the 30% PCC variation produces the highest compressive strength of 25.81 MPa from other PCC variations. From the sample of flake compressive strength tested FTIR microstructure to obtain chemical bonds that occur due to the addition of variations of OPC and PCC. From the data from the FTIR microstructure test, it can be seen that there are compounds of Sodium Carbonate, Calcium Carbonate and Ziolite which are geopolymer reactions between OPC and PCC. This reaction forms bonds between grains to produce cement paste in a mixture of paving blocks of palm oil fuel ash geopolymer. Meanwhile, in terms of the Eco-Green Concept, geopolymer paving blocks are cheaper than conventional cement paving blocks and produce the same quality (Quality B).*

**Keyword:** *Paving Block, Geopolymer, Palm Oil Fuel Ash, Cement, Peatlands*

## I. PENDAHULUAN

*Paving block* konvensional tersusun dari campuran material pasir dan semen yang mengandung *pozzolan*. Sedangkan dalam kandungan penyusun material POFA terdapat sebagian *pozzolan*, yaitu bahan halus yang mengandung silika dan alumina yang dapat bereaksi membentuk bahan perekat seperti semen [1]. POFA mengandung silika dioksida yang tinggi dan berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen. POFA tersebut dapat menjadi alternatif bahan pengganti semen (geopolimer). Proses tersebut mengaktifkan kandungan silika dan alumina menjadi bahan perekat alami yang dapat dimanfaatkan [2]. Pemanfaatan POFA yang tepat dapat mengurangi penggunaan semen dan mengurangi volume limbah sehingga sangat bermanfaat bagi kelestarian lingkungan. Pemanfaatan POFA tersebut, diterapkan dalam penggunaan *paving block* untuk perkerasan jalan.

Lingkungan di Kabupaten Rokan Hulu mayoritas terletak di lahan gambut. Gambut merupakan material organik yang terbentuk secara alami dari sisa tumbuhan yang tidak terurai secara alami [3]. Kandungan air gambut dapat mempengaruhi karakteristik konstruksi menggunakan semen. Air gambut yang terdapat di lahan gambut memiliki tingkat keasaman (pH) rendah. Kondisi ini merupakan lingkungan agresif yang memiliki efek memperlemah kekuatan konstruksi tersebut. Lingkungan agresif memiliki kandungan kimia diatas konsentrasi minimum yang dapat bereaksi dengan semen beton dan menyebabkan kerusakan [4]. Kondisi

penumpukan POFA, potensi kandungan abu sawit, dan pembuatan *paving block* geopolimer untuk konstruksi jalan dipadukan menjadi konsep *eco-green* yang secara tidak langsung berdampak positif kepada masyarakat. Peneliti berkeinginan memanfaatkan limbah POFA dengan membuat produk *paving block* yang tahan untuk penggunaan di lahan gambut. *Paving block* dibuat mengacu pada spesifikasi sifat fisik yang diisyaratkan.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Universitas Riau dan Univeritas Pasir Pengaraian. Pengujian dilakukan meliputi pengujian karakteristik material *paving block* geopolimer abu sawit serta dengan pembuatan sampel *paving block* menggunakan variasi persentase campuran jenis semen, yaitu OPC dan PCC. Sampel benda uji disimpan pada ruangan sebelum digunakan.. Pengujian akhir yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan, pengujian waktu ikat geopolimer POFA, pengujian mikrostruktur pada penggunaan dua jenis semen tersebut dan menganalisis efek *paving block* geopolimer POFA di lahan gambut. Diharapkan saat pengujian akhir teridentifikasi kuat mutu, kandungan mikrostruktur, serta analisis perhitungan biaya pembuatan *paving block* geopolimer POFA.

Penelitian *paving block* geopolimer sudah banyak dilakukan. Penelitian peneliti sebelumnya, dikembangkan standar campuran geopolimer POFA. Target dari penelitian ini adalah penerapan penggunaan *paving block* geopolimer POFA di lahan gambut pada konstruksi perkerasan jalan. Bahan-bahan tersebut dikombinasikan menjadi

satu bagian membentuk produk *paving block* berdasarkan mutu penggunaannya di dalam konstruksi perkerasan. *Paving block* geopolimer POFA diharapkan mempunyai kualitas mutu lebih baik dari pada *paving block* konvensional. Teknologi yang dikembangkan pada penelitian ini adalah penerapan penggunaan *paving block* geopolimer POFA untuk konstruksi perkerasan dengan penambahan dua jenis semen yang berada di lahan gambut. Sehingga *paving block* geopolimer POFA dapat menjadi alternatif konstruksi perkerasan yang efektif dan efisien serta berbasis *Eco-Green*.

## II. MATERIAL DAN METODE

### 2.1 Proses Awal

Pengujian diawali dengan melakukan uji karakteristik material campuran *paving block* agar didapat data yang akan digunakan dalam pencampuran benda uji. Selanjutnya dilakukan pembuatan *paving block* sesuai jumlah yang dibutuhkan. Selanjutnya *paving block* disimpan pada ruangan dan di lingkungan gambut selama 28 hari [5]. Adapun pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian kuat tekan, waktu ikat, mikrostruktur *paving block* geopolimer dan pengujian kualitas air gambut.

### 2.2 Proses Pencampuran Benda Uji

Proses pencampuran dilakukan dengan mesin pengaduk. Abu sawit, pasir dan semen diaduk hingga tercampur rata. Larutan alkali dituangkan kedalam campuran abu sawit, agregat halus dan semen kemudian diaduk hingga seluruh bahan tercampur rata dan dalam kondisi lembab. Campuran *paving block* kemudian dimasukkan ke dalam cetakan *pressing* hingga penuh. Kemudian alat *pressing* menggetarkan campuran dan menekan agar campuran tersebut padat dan akhirnya terbentuklah *paving block*.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian material yang digunakan untuk pembuatan *paving block* adalah karakteristik material agregat halus, pengujian pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan

Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian. Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat halus yang berasal dari Quarry Kecamatan Ujung Batu, Kabupaten Rokan Hulu.

**Tabel 1.** Karakteristik Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1.	Kadar lumpur (%)	< 5%	4,8	Memenuhi
2.	Berat jenis ( $\text{gr/cm}^3$ )			
	a. <i>Apperent Specific Gravity</i>	2,58 - 2,84	2,64	Memenuhi
	b. <i>Bulk Specific Gravity on dry</i>	2,58 - 2,85	2,78	Memenuhi
	c. <i>Bulk Specific Gravity on SSD</i>	2,58 - 2,86	2,65	Memenuhi
	d. <i>Absorption (%)</i>	2 - 7	4,8	Memenuhi
3.	Kadar air (%)	3 - 5	3,7	Memenuhi
4.	Modulus kehalusan	1,5 - 3,8	2,45	Memenuhi

### 3.2 Hasil Air gambut

Air gambut diambil dari Kecamatan Tambusai, Kabupaten Rokan Hulu. Sampel air gambut tersebut dibawa dan diuji pada Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup, Kabupaten Rokan Hulu dengan menghasilkan parameter yang sesuai dengan Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Parameter Pengujian Air Gambut

No	Parameter	Unit	Hasil
1.	pH	-	5,8
2.	Zn	(mg/l)	1,38
3.	Fe	(mg/l)	0,49
4.	Mn	(mg/l)	<0,0034
5.	BOD	(mg/l)	6,7
6.	COD	(mg/l)	17
7.	Kekeruhan	NTU	3,2

### 3.3 Hasil Pengujian Abu Sawit

Abu sawit di dapat dari PT. Era Sawita Rokan Hulu. Abu sawit di ayak dengan saringan lolos #100 (0,150 mm) agar mendapatkan ukuran butiran yang lebih halus guna mempercepat reaksi

geopolimer yang terjadi [6]. Kandungan senyawa abu sawit ini diuji di Laboratorium Balai Riset Industri Padang, Sumatra Barat.



Gambar 1. Abu Sawit

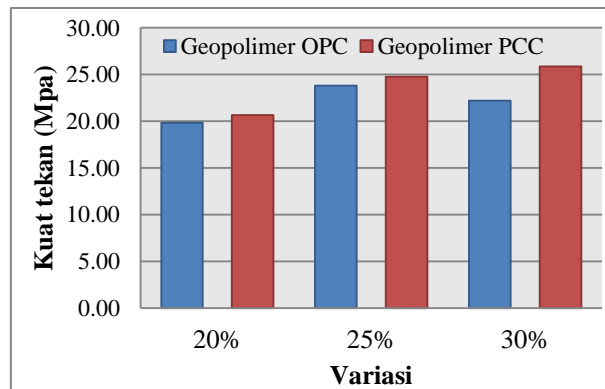
Tabel 3. Parameter Kandungan Abu Sawit

No	Parameter	Hasil Analisis (%)
1	SiO <sub>2</sub>	54,6
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,6
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,97
4	CaO	7,58
5	K <sub>2</sub> O	5,12
6	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5,86
7	Kadar air	1,78

### 3.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan *paving block* terdiri dari 30 benda uji yang dibuat berdasarkan komposisi *mix design*. Benda uji kuat tekan *paving block* berbentuk limas segienam dengan panjang setiap sisi 10 cm dan tebal 6 cm. Pemilihan ukuran dimensi ini berdasarkan bentuk *paving block* yang banyak diproduksi oleh pembuat usaha *paving block* dengan pengujian benda uji *paving block* dilakukan pada umur 28 hari.

Hasil kuat tekan *paving block* geopolimer OPC untuk 3 variasi campuran yaitu 20%, 25%, dan 30%. Sedangkan untuk Hasil kuat tekan *paving block* geopolimer PCC untuk 3 variasi campuran yaitu 20%, 25%, dan 30%. Hasil pengujian kuat tekan dengan 3 variasi untuk OPC dan PCC dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Perbedaan hasil ini disebabkan dalam jumlah kandungan semen yang bereaksi, semakin banyak semen maka ikatan antar butiran akan semakin kuat untuk variasi penambahan PCC 30% yang mencapai 25,81 MPa. Tetapi berbeda untuk hasil variasi tambahan OPC. Pada penambahan OPC 30% mengalami penurunan menjadi 22,27 MPa. Penambahan OPC maksimum pada OPC 25% dengan hasil 23,82 MPa. Hasil ini berpengaruh pada batas penambahan kandungan OPC dalam reaksi geopolimer terhadap air gambut yang digunakan [7]. Kandungan semen yang dipakai sangat tergantung pada jumlah air/ FAS (Faktor Air semen) yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung [8]. Kadungan senyawa Fe, Mn, dan Zn pada air gambut akan memutus ikatan geopolimer yang terjadi. Disatu sisi, kandungan OPC dan PCC yang terkandung akan membantu proses ikatan dan panas hidrasi yang terbentuk pada campuran *paving block* geopolimer itu sendiri.



Gambar 3. Sampel Paving Block

### 3.5 Hasil Pengujian Mikrostruktur FTIR

Hasil pengujian FTIR merupakan gambar spektrum inframerah yang dihasilkan dari benda uji *paving block* berasal dari serpihan hasil

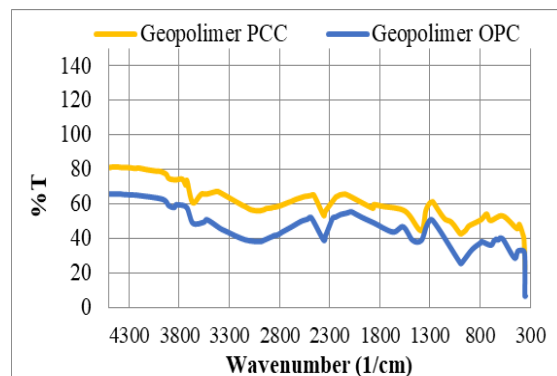
pengujian kuat tekan umur 28 hari. Variasi yang diuji yaitu *paving block* geopolimer dengan tambahan OPC dan *paving block* geopolimer dengan tambahan PCC Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis gugus fungsi/iakatan senyawa yang terdapat di dalam komposisi setiap variasi campuran.

Dari gambar tersebut terlihat gelombang yang dihasilkan ke 2 variasi hampir menyerupai satu sama lain, perbedaan intensitas gelombang terdapat pada kisaran *wavenumbers* ( $\text{cm}^{-1}$ ) ~1550 *paving block* variasi geopolimer PCC terjadi intensitas gelombang yang begitu kuat dan mulai melemah pada variasi geopolimer OPC. Nilai *band* tersebut masuk dalam rentang *Wavenumbers* 1660-1400  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan getaran peregangan dari (O-C-O), dimana nilai tersebut adalah bentuk senyawa Natrium Karbonat yang bereaksi antara unsur Na yang terkandung dalam larutan alkali (NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dengan  $\text{CO}_2$ . Unsur Na yang berlebih bereaksi dengan karbon dioksida tersebut membentuk kristal natrium karbonat yang dapat membuat struktur tidak stabil [9].

Karakteristik dari spektrum ini juga mengindikasikan adanya alkohol (OH) dengan memperhatikan adanya serapan yang melebar pada wavenumber 3500 – 3300  $\text{cm}^{-1}$ . Dengan adanya karakteristik tersebut dalam setiap variasi membuktikan, senyawa tersebut mengandung –OH yang berasal dari larutan alkali yang akan bereaksi dengan Si dan Al *band* yang tajam pada 3500 – 3300  $\text{cm}^{-1}$  terkait dengan peregangan getaran OH dari reaksi hidrasi semen  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Reaksi hidrasi ini yang akan menghasilkan panas sehingga mempercepat reaksi geopolimer yang terjadi [10].

Intensitas nilai *band* 2340  $\text{cm}^{-1}$  pada setiap variasi mulai mengalami peningkatan secara berangsur-angsur. Nilai pada *band* tersebut (~2300  $\text{cm}^{-1}$ ) merupakan gugus fungsi  $\text{C}\equiv\text{N}$ . intensitas ~2100~2300  $\text{cm}^{-1}$  akan meningkat secara bertahap apabila rasio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  semakin besar, dan struktur tersebut lebih dikenal dengan nama struktur *zeolite*. Struktur *zeolite* tersebut sangat mengganggu karena menimbulkan proses kondensasi polimer yang mengandung banyak silika dan *zeolite* yang dapat menyebabkan

penurunan kuat tekan pada mortar geopolimer [11]. Dari Gambar ikatan pada *band* tersebut menguat dari variasi PCC tetapi pada variasi OPC menurun. Ini membuktikan terjadi penurunan ikatan pada variasi penambahan OPC.



**Gambar 4.** Hasil Pengujian Mikrostruktur FTIR

### 3.6 Konsep *Eco-Green* pada *Paving Block* Geopolimer

Pembuatan *paving block* secara umum menggunakan campuran pasir dan semen. Dengan ditemukannya abu sawit yang mengandung sifat *pozzolan* yang sama seperti semen, maka digunakan abu sawit sebagai bahan dasar pengganti semen.

Penggunaan abu sawit sebagai bahan pengganti semen pada campuran *paving block* ini memerlukan bahan kimia yaitu larutan aktivator yang dapat mengaktifkan kandungan pada abu sawit tersebut. Dengan demikian *paving block* dapat dibuat dari semen dan abu sawit dengan harapan *paving block* semen mempunyai kekuatan dan ketahanan yang sama dengan *paving block* abu sawit. Tetapi dari segi pelaksanaan dan biaya, *paving block* ini mempunyai perbedaan.

Harga dari material bervariasi suatu lokasi geografis satu ke geografis yang lain. Biaya produksi juga tergantung kepada kualitas produk *paving block* yang dihasilkan. Analisis ini berdasarkan konsep *Eco-Green* dengan memanfaatkan bahan limbah yang merusak lingkungan diolah menjadi bahan yang bernilai ekonomis [12].

**Tabel 4.** Harga Bahan

No.	Bahan	Satuan	Harga Satuan
1.	Abu Sawit	Kg	Rp500,00
2.	Pasir	Kg	Rp160,00

3.	NaOH	Kg	Rp3.000,00
4.	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Kg	Rp.5.000,00
5.	Superplasticizer NN	Kg	Rp1.000,00
6.	Air	Kg	-
7.	Semen	Kg	Rp1.400,00

Analisis Perhitungan ini berdasarkan harga 1 buah *paving block* dengan komposisi yang telah ada. Bahan-bahan seperti abu sawit, pasir, NaOH, semen yang digunakan berasal dari Kabupaten Rokan Hulu dan Sodium Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dipesan dari Solo. Berikut adalah analisis harga bahan pembuatan 1 buah *paving block*.

**Tabel 5.** Analisis Harga *Paving Block Geopolimer*

No.	Bahan penyusun	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	Abu sawit	0,35	175
2	Pasir	1,4	224
3	NaOH (Larutan 20M)	0,11	330
4	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (2,3 mol)	0,18	900
5	Sikament NN	0,001	1
6	Air Penambahan	0,06	-
7	%semen	0,1054	147,56
Harga 1 buah <i>paving block</i> geopolimer			1777,56

**Tabel 6.** Analisis Harga *Paving Block Semen Tipe 1 (1 semen : 4 pasir)*

No	Bahan Penyusun	Berat (kg)	Harga(Rp)
1	Pasir	3,62	Rp579,2
2	Semen	0,905	Rp1.267
Harga 1 buah <i>paving block</i> 1 : 4			Rp1.846,2

Berdasarkan tabel diatas, harga yang digunakan untuk pembuatan *paving block* geopolimer abu sawit adalah sebesar Rp. 1.777,56 per buah. *Paving block* geopolimer abu sawit ini memiliki mutu B berdasarkan SNI *paving block*. Menurut SNI 03-0691 1996, *paving block* mutu B digunakan sebagai peralatan parkir yang mempunyai kuat tekan rata-rata adalah 20 MPa. Dengan analisis biaya tersebut untuk 1 buah *paving block* segi enam menggunakan abu sawit

lebih murah dibandingkan dengan *paving block* semen 1 : 4 yang harganya Rp. 1846,2 per buah. Semakin banyak semen, kekuatan *paving block* akan bertambah sehingga harga *paving block* tersebut akan naik. Mutu *paving block* semen 1 : 4 dengan *paving block* geopolimer abu sawit memiliki mutu yang sama yaitu mutu B.

Kekuatan dan ketahanan *paving block* geopolimer sama unggul dari *paving block* konvensional semen, tetapi dengan dari segi harga, *paving block* geopolimer lebih murah dibandingkan *paving block* konvensional semen. Adanya *paving block* geopolimer abu sawit akan mengurangi penggunaan dan produksi semen yang lambat laun akan merusak kondisi lingkungan sekitar.

**Tabel 7.** Rekap Hasil Mutu VS Harga *Paving Block*

No	Variasi	Perbandingan	
		Mutu	Harga (Rp / buah)
1	Geopolimer	B	1.777,56
2	Konvensional	B	1.846,2

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai analisis penerapan penggunaan *paving block* geopolimer abu sawit dengan variasi penambahan *Ordinary Portland Cement* (OPC) dan *Portland Composite Cement* (PCC) di lahan gambut berbasis *Eco-Green*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Campuran dari *paving block* geopolimer diuji berdasarkan standar pengujian dari masing-masing lokasi sampel yang digunakan.
2. Penambahan PCC 30% akan menghasilkan kuat tekan mencapai 25,81 MPa. Tetapi berbeda untuk hasil variasi tambahan OPC. Pada penambahan OPC 30% mengalami penurunan menjadi 22,27 MPa. Penambahan OPC maksimum pada OPC 25% dengan hasil 23,82 MPa. Hasil ini berpengaruh pada batas penambahan kandungan OPC dalam reaksi geopolimer terhadap air gambut yang digunakan.
3. Pada nilai *band* 1550 cm<sup>-1</sup> *paving block* variasi geopolimer PCC terjadi intensitas

gelombang yang begitu kuat dan mulai melemah pada variasi geopolimer OPC. Nilai *band* tersebut masuk dalam rentang *Wavenumbers* 1660-1400  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan getaran peregangan dari (O-C-O), dimana nilai tersebut adalah bentuk senyawa Natrium Karbonat yang bereaksi antara unsur Na yang terkandung dalam larutan alkali (NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dengan  $\text{CO}_2$

4. Intensitas nilai *band* 2340  $\text{cm}^{-1}$  pada setiap variasi mulai mengalami peningkatan secara berangsur-angsur. Nilai pada *band* tersebut ( $\sim 2300 \text{ cm}^{-1}$ ) merupakan gugus fungsi  $\text{C}\equiv\text{N}$ . intensitas  $\sim 2100\sim 2300 \text{ cm}^{-1}$  akan meningkat secara bertahap apabila rasio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  semakin besar, dan struktur tersebut lebih dikenal dengan nama struktur *zeolite*. Hal tersebut menguat dari variasi PCC tetapi pada variasi OPC menurun. Ini membuktikan terjadi penurunan ikatan pada variasi penambahan OPC
5. Kekuatan dan ketahanan *paving block* geopolimer sama unggul (Mutu B) dari *paving block* konvensional semen, tetapi dengan dari segi harga, *paving block* geopolimer lebih murah dibandingkan *paving block* konvensional semen. pembuatan *paving block* geopolimer abu sawit adalah sebesar Rp. 1.777,56 per buah sedangkan *paving block* semen 1 : 4 yang harganya Rp. 1846,2 per buah

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

1. Tim Laboratorium Teknologi Bahan, Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian
2. Tim Laboratorium Teknologi Bahan, Fakultas Teknik Universitas Riau.
3. PT. Era Sawita, Tambusai Utara, Kabupaten Rokan Hulu

4. Dinas Lingkungan Hidup, Kabupaten Rokan Hulu
5. Balai Riset Industri Padang, Sumatra Barat.
6. Civitas Akademika Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian dan Universitas Riau.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Olivia, M. (2015). Geopolimer Sebagai Material Infrastruktur Berkelanjutan di Lingkungan Gambut. *Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau*, 978–979.
- [2] Nurzal, dan Joni. M. (2013). Pengaruh komposisi fly ash terhadap daya serap air pada pembuatan *paving block*. *Jurnal Teknik Mesin*. 3:41-48.
- [3] Syarif, Harriad, Akbar & Saputra, Danang. (2022). Kuat Tekan dan Absorpsi *Paving Block* Geopolimer Abu Sawit (*Palm Oil Fuel Ash*) Menggunakan Tambahan Semen Tipe 1 (*Ordinary Portland Cement*) dengan Air Gambut. *Jurnal APTEK Universitas Pasir Pengaraian*, 14 (1), 33-28. DOI :<https://doi.org/10.30606/aptek.v14i1.1094>
- [4] Bhakti, H., Olivia, M., & Kamaldi, A. (2015). Agregat Buatan Geopolimer dengan Bahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash) dan Abu Sawit (Palm Oil Fuel Ash). *Teknik Sipil, Universitas Riau*, 1–5.
- [5] ASTM C 618-12. (2012). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. United States : ASTM
- [6] Adam, A. A. (2014). The Effect of Temperature and Duration of Curing on The Strength of Fly Ash Based Geopolymer Mortar. *Procedia Engineering*, 95(Scscm), 410–414.
- [7] Nath, P., & Sarker, P. K. (2014). Cement & Concrete Composites Use of OPC to Improve Setting and Early Strength Properties of Low Calcium Fly Ash Geopolymer Concrete Cured at Room Temperature. *Cement and Concrete Composite*, 55, 205–214.
- [8] Dung, N. T., Chang, T., & Chen, C. (2014). Hydration Process and Compressive Strength of Slag-CFBC Fly Ash Materials

without Portland Cement. Curtin University of Technology.

- [9] Part, W. K., Ramli, M., & Cheah, C. B. (2015). An Overview on The Influence of Various Factors on The Properties of Geopolymer Concrete Derived from Industrial by-products. *Construction and Building Materials*, 77, 370–395.
- [10] Rukzon, S., & Chindapasirt, P. (2009). An Experimental Investigation of the Carbonation of Blended Portland Cement Palm Oil Fuel Ash Mortar in an Indoor Environment. *Indoor and Built Environment*, 18, 313–318.
- [11] Salih, M., Ali, A. A. A., & Farzadnia, N. (2014). Characterization of Mechanical and Microstructural Properties of Palm Oil Fuel Ash Geopolymer Cement Paste. *Construction and Building Materials*, 65, 592–603.
- [12] Chairunnisa, Nursiah. Nurwidayati, Ratni & Khatimi, Husnul (2022). Sosialisasi dan Implementasi Eco Paving Block Untuk Pemberdayaan Masyarakat Industri Kecil. *ILUNG : Jurnal Pengabdian Inovasi Lahan Basah Unggul*, Universitas Lambung Mangkurat, 1(2), 7–813.  
DOI :<https://doi.org/10.20527/ilung.v1i3>.