



Analisis Pengujian *Sorptivity* Pada Mortar Geopolimer Abu Sawit Dengan Substitusi *Portland Composite Cement*

Harriad Akbar Syarif^{1,2*}, Antonius³, Prabowo Setiyawan³

¹Mahasiswa Program Doktor
Teknik Sipil

Universitas Islam Sultan Agung
Jl. Kaligawe Raya, KM 4,
Terboyo Kulon, Kecamatan
Genuk, Kota Semarang, Jawa
Tengah
harriadakbarsyarif@upp.ac.id

²Dosen Program Studi Teknik
Sipil

Universitas Pasir Pengaraian
Jl. Tuanku Tambusai, Rambah,
Kec. Rambah Hilir, Kabupaten
Rokan Hulu, Riau 28558
harriadakbarsyarif@upp.ac.id

³Dosen Program Doktor
Teknik Sipil

Universitas Islam Sultan Agung
Jl. Kaligawe Raya, KM 4,
Terboyo Kulon, Kecamatan
Genuk, Kota Semarang, Jawa
Tengah
antonius@unissula.ac.id
prabowo@unissula.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang mortar geopolimer dengan abu sawit sebagai bahan pengikat. Larutan alkali aktivator yang digunakan untuk proses pengaktifan unsur Silika dan Alumina yang terdiri dari larutan larutan Na_2SiO_3 2,3 Mol (Be 52) dan NaOH 14M. Perencanaan campuran mortar geopolimer abu sawit menggunakan semen (*Portland Composite Cement/PCC*) sebagai bahan substitusi 10%, 20%, 30% berat terhadap berat abu sawit yang berguna untuk mempercepat proses ikatan polimerisasi. Untuk itu dilakukan pengujian *sorptivity* pada 28 hari dengan benda uji yang digunakan berbentuk kubus 5x5x5 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan alkali dengan nilai rasio Na_2SiO_3 dan NaOH sebesar 2 dan rasio alkali aktivator dan abu sawit sebesar 1,6 menghasilkan *workability* yang baik untuk adukan mortar. Sehingga perencanaan campuran ini digunakan untuk membuat sampel mortar dengan proses perawatan menggunakan suhu ruang, Pengujian *sorptivity* mortar geopolimer abu sawit tergolong *sorptivity* baik karena $<0,2 \text{ mm/min}^{0,5}$ pada variasi semen 30% pada umur 28 hari. Hasil ini menyimpulkan bahwasanya material mortar geopolimer abu sawit memiliki kemampuan yang baik untuk menyerap dan mengalirkan air melalui pengisapan kapiler yang berhubungan dengan meningkatnya kuat tekan pada mortar.

Kata kunci: Mortar Geopolimer ; Abu Sawit ; Pengujian Sorptivity ; Alkali Aktivator ; Portland Composite Cement

ABSTRACT

This research discusses geopolimer mortar with palm ash as binder. The alkaline activator solution used for the activation process of Silica and Alumina elements consisted of 2.3 Mol Na_2SiO_3 solution (Be 52) and 14M NaOH . The mixture planning of palm ash geopolimer mortar uses cement (Portland Composite Cement/PCC) as a substitution material of 10%, 20%, 30% by weight of palm ash which is useful to accelerate the polymerization bonding process. For this purpose, sorptivity testing was conducted at 28 days with the test specimens used in the form of 5x5x5 cm cubes. The results showed that alkaline solution with Na_2SiO_3 and NaOH ratio of 2 and alkaline activator and palm ash ratio of 1.6 produced good workability for mortar. The sorptivity test of palm ash geopolimer mortar was classified as good sorptivity because it was $<0.2 \text{ mm/min}^{0.5}$ at 30% cement variation at 28 days old. These results conclude that palm ash geopolimer mortar material has a good ability to absorb and drain water through capillary suction which is related to the increased compressive strength of the mortar.

Keywords: Geopolymer Mortar; Palm Ash; Sorptivity Testing; Alkali Activator; Portland Composite Cement

1. PENDAHULUAN

Mortar geopolimer merupakan mortar yang terbentuk dari campuran berbahan dasar silika dan alumina yang diaktifkan oleh larutan alkali. Sifat-sifat

Corresponding Author:
✉ Harriad Akbar Syarif
Accepted on: 2024-06-28

mortar geopolimer dipengaruhi oleh jenis dan dosis aktivator, modulus aktivator, suhu perawatan, lama waktu perawatan, dan kadar air dalam larutan. Dosis dan modulus activator [1]. Bahan bahan yang mengandung silika dan alumina dapat digunakan sebagai pengikat untuk menghasilkan geopolimer. Berbagai alkali aktivator juga memiliki peran utama dalam memproduksi geopolimer dengan melarutkan silika dan alumina dari bahan baku dan membentuk struktur aluminosilikat [2].

Bahan dasar yang digunakan pada geopolimer sangat mempengaruhi sifat geopolimer yang dihasilkan. Bahan dasar geopolimer yaitu pozzolan. Pozzolan merupakan bahan yang mengandung senyawa silikon dan aluminium yang memiliki sedikit atau tidak sama sekali sifat seperti semen, namun pada keadaan halus dan kondisi lembab, bereaksi dengan kalsium hidroksida dan membentuk suatu campuran yang memiliki sifat perekat seperti semen [3]. Persyaratan kimia *pozzolan* berdasarkan ASTM C-618 [4] dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan *Pozzolan*

No	Senyawa	kelas		
		N	F	C
	Jumlah senyawa oksida	N	F	C
1	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ minimum, %	70	70	50
2	SO ₃ maksimum, %	4	5	5
3	Kadar air maksimum, %	3	3	3
4	Hilang pijar maksimum, %	10	6	6

Sumber: ASTM C-618

2. MATERIAL DAN METODE

2.1 Material Penyusun Mortar Geopolimer

2.1.1. Abu sawit

Abu sawit merupakan abu yang dihasilkan dari pembakaran limbah padat kelapa sawit pada suhu sekitar 800-1.000°C pada pembangkit listrik tenaga uap di pabrik kelapa sawit [5]. Industri kelapa sawit menghasilkan limbah padat seperti serat, cangkang dan tandan kosong [6]. Pada penelitian ini digunakan abu sawit yang lolos saringan no. 200 yang berasal dari pabrik kelapa sawit di Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau.



Gambar 1. Abu Sawit

Tabel 2. Kandungan Abu Sawit

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	Silikon Dioksida (SiO ₃)	%	46,41	SNI 2049 2015, butiran 7,1,3,2
2	Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	%	7,47	SNI 2049 2015, butiran 7,1,3,8
3	Besi (III) Oksida (Fe ₂ O ₃)	%	1,15	SNI 2049 2015, butiran 7,1,3,4
4	Kalsium Oksida (CaO)	%	5,71	SNI 2049 2015, butiran 7,1,3,9
5	Potassium Oksida (K ₂ O)	%	2,37	SNI 2049 2015, butiran 7,1,3,13
6	Posfat Pentaoksida (P ₂ O ₂)	%	0,93	SNI 2049 2015, butiran 7,1,3,4
7	Kadar air	%	10,36	SNI 02-2804- 2005, butiran 6,4

Sumber : Badan Riset dan Standarisasi Industri Padang, Kementerian Perindustrian, 2021

2.1.2. Larutan Aktivator

Larutan aktivator yang digunakan adalah larutan alkali dari alkali larut yaitu sodium atau berbasis potassium. Larutan alkali digunakan dalam geopolimerisasi penelitian ini adalah kombinasi dari *Sodium Hydroxide* (NaOH) dengan *Sodium Silicate* (Na₂SiO₃). NaOH yang digunakan menggunakan 14M dan Na₂SiO₃ menggunakan rincian sebagai berikut :

Tabel 3. Kandungan Na₂SiO₃

Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Metode
SiO ₂	% w/w	31,75	<i>Titrimetric</i>
Na ₂ O	% w/w	14,51	<i>Titrimetric</i>
<i>Total solid</i>	% w/w	46,26	<i>Calculated</i>
<i>Mol ratio</i>	-	2,23	<i>Calculated</i>
<i>Density</i>	gr/ml	1,56	<i>Pycnometer</i>
<i>Baume (BE)</i>	<i>Degree</i>	52	<i>Hydrometer</i>

2.1.3. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,75 mm [7]. Syarat-syarat untuk agregat halus adalah sebagai berikut.

- Modulus halus butir 2,3 sampai 3,1.
- Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm atau No.200) dalam persen berat maksimum yaitu 3% untuk beton yang mengalami abrasi dan 5% untuk beton jenis lainnya.
- Kandungan arang dan lignit pada beton yang akan diekspos, maksimum 0,5%, sedangkan beton jenis lain, maksimum 1%.

- d. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah dirapikan maksimum 3%.
- e. Kadar zat organik yang ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan natrium hidroksida (NaOH) 3% tidak menghasilkan warna yang lebih tua dari warna standar. Jika warnanya lebih tua maka ditolak kecuali:
 1. Warna lebih tua timbul karena sedikit adanya arang lignit atau yang sejenisnya.
 2. Ketika diuji dengan uji perbandingan kuat tekan beton yang dibuat dengan pasir standar silika hasilnya menunjukkan nilai lebih besar dari 95%.
- f. Tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali jika dipakai untuk beton yang berhubungan dengan basah dan lembab atau yang berhubungan dengan bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali semen, dimana penggunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih 0,6%.
- g. Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%, dan jika dipakai magnesium sulfat, maksimum 15%.

2.1.4. Penambahan Semen (*Portland Composite Cement/PCC*)

Penambahan semen pada campuran mortar geopolimer sebesar 30% dari berat abu sawit. Penambahan semen ini juga berpengaruh pada bahan dasar geopolimer yang digunakan, seperti bahan dasar *fly ash* yang memiliki kualitas lebih baik dari abu sawit membutuhkan penambahan semen yang sedikit [8]. Dengan adanya semen dapat membantu dan mempercepat proses curing geopolimer pada suhu ruang [9].

Tabel 4. Kandungan Umum PCC

Unsur Senyawa	Nama Umum	Berat (%)
CaO	Kapur	63
SiO ₂	Silika	22
Al ₂ O ₃	Alimina	6
Fe ₂ O ₃	Ferit Oksida	2,5
MgO	Magnesia	12,6
K ₂ O	Alkalis	0,6
Na ₂ O	Disodium Oksida	0,3
SO ₂	Sulfur Oksida	2

2.2 Metode Pengujian *Sorptivity*

Sorptivity merupakan kemampuan air untuk bergerak melalui rongga-rongga kapiler dari permukaan hingga lapisan dalam pada beton ketika benda tersebut bersentuhan dengan air. Rongga-rongga udara yang terdapat 20 dalam massa beton sangat mempengaruhi kekuatan beton [10]. Adanya rongga dalam beton akan mengurangi kepadatannya dan menurunkan kekuatannya. Pengujian *sorptivity* dilakukan berdasarkan metode GHD (*Determined of Sorptivity*) untuk menentukan kecepatan penyerapan air oleh mortar dengan mengukur peningkatan berat dalam benda uji yang dihasilkan dari penyerapan air sebagai fungsi waktu ketika hanya satu permukaan yang terpapar air [11]. Nilai *sorptivity* dapat ditentukan berdasarkan garis regresi linier dari grafik hubungan antara jumlah air yang diserap persatuan luas permukaan (I) dengan akar dari waktu hisap (t).

$$I = C + St^{0,5} \quad (1)$$

Dimana:

C	= Konstanta
I	= Jumlah air persatuan luas (gr/mm)
S	= <i>Sorptivity</i> (mm/min ^{0,5})
$t^{0,5}$	= Akar waktu hisap (menit).

Berdasarkan persamaan garis regresi, nilai *sorptivity* yang baik memiliki angka koefisien kolerasi (R_2) lebih besar dari 0,98. Berikut ini merupakan kriteria *sorptivity* :

Rendah :	> 0,2 mm/min ^{0,5}
Diterima :	0,1 – 0,2 mm/min ^{0,5}
Sangat baik :	< 0,2 mm/min ^{0,5}

Prosedur pengujian untuk mengetahui *sorptivity* mortar adalah sebagai berikut :

- 1) Mengeringkan benda uji dengan oven pada suhu 50°C selama 1 jam.
- 2) Menyusun alat pengujian yang terdiri dari wadah dan penyangga untuk menyangga mortar.
- 3) Meletakkan benda uji di atas besi kanal tersebut, kemudian wadah diisi air hingga ketinggian 1-2 mm dari bawah permukaan mortar.
- 4) Waktu mulai dihitung, mencatat berat benda uji pada interval 0, 1, 5, 10, 20,30, 60, 120, 180, dan 240 menit dari awal pengujian.
- 5) Menghitung nilai *sorptivity* dengan berdasarkan persamaan 1.

2.3 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang di gunakan dalam pembuatan benda uji mortar geopolimer dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Peralatan yang digunakan

No	Alat	Fungsi
1	Mould 5x5x5cm	Mencetak mortar
2	Sendok semen	Mengaduk campuran larutan alkali aktivator
3	Gelas plastik	Mencampur larutan alkali aktivator
4	Sendok plastik	Mengaduk campuran larutan alkali aktivator
5	Talam	Tempat mencampur material
6	Kayu pematat	Memadatkan campuran mortar
7	Besi siku	Dudukan mortar 5x5x5 cm saat pengujian <i>sorptivity</i>
8	Timbangan	Menimbang mortar
9	<i>Stopwatch</i>	Menghitung waktu proses <i>sorptivity</i>

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

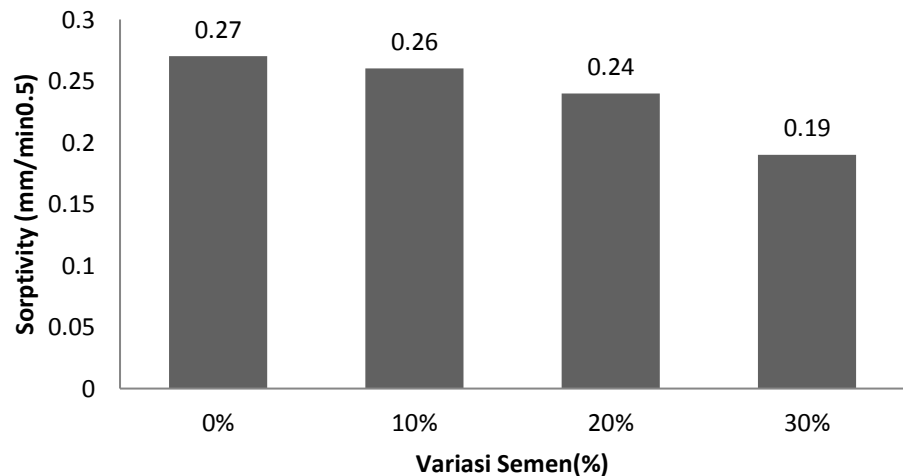
Tabel 6. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis pengujian	Hasil pemeriksaan	Standar spesifikasi	Keterangan
1	Kadar Lumpur (%)	1,8%	< 5%	Memenuhi

2	Berat Jenis (gr/cm^3)			
	<i>a. Apparent specific gravity</i>	2,77	2,58 - 2,84	Memenuhi
	<i>b. Bulk specific gravity on dry</i>	2,57	2,58 - 2,85	Memenuhi
	<i>c. Bulk specific gravity on SSD</i>	2,58	2,58 - 2,86	Memenuhi
	<i>d. Absorption (%)</i>	4,2	2 – 7	Memenuhi
3	Kadar air (%)	4,56	3 – 5	Memenuhi
4	Berat Volume (gr/cm^3)			
	Kondisi gembur	1,71	1,4 – 1,9	Memenuhi

3.2. Hasil Pengujian *Sorptivity*

Pengujian *sorptivity* di lakukan selama 4 jam, pengujian ini di lakukan pada benda uji dengan variasi semen berbeda. Pada umumnya nilai *sorptivity* yang tinggi menunjukkan porositas tinggi [12]. Nilai *sorptivity* disarankan tidak lebih dari $0.2000 \text{ (mm}/\text{min}^{0.5})$ untuk menjaga kekendapan .



Gambar 2. Hasil Pengujian *Sorptivity* Variasi Semen

Pada hasil pengujian *sorptivity* mortar geopolimer di variasi semen 30% yaitu $0,19 \text{ (mm}/\text{min}^{0.5})$ merupakan *sorptivity* yang baik karena tidak lebih dari $0,200 \text{ (mm}/\text{min}^{0.5})$, sedangkan variasi semen 0%, 10%, dan 20%, nilainya lebih dari $0,200 \text{ (mm}/\text{min}^{0.5})$. Mortar dengan variasi semen 30% memiliki *sorptivity* rendah yaitu $0,19 \text{ (mm}/\text{min}^{0.5})$ dari keterangan tersebut dapat disimpulkan bahwa mortar memiliki porositas yang rendah karena pori yang dihasilkan lebih sedikit. Ruang pori berpengaruh pada *sorptivity* akibat banyaknya pori pada mortar tersebut.



Gambar 3. Sampel Pengujian *Sorptivity* Variasi Semen

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan terhadap pengujian *sorptivity* pada mortar geopolimer abu sawit dengan substitusi *portland composite cement*, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Hasil Pengujian *sorptivity* mortar geopolimer di variasi semen 30% yaitu 0,19 ($\text{mm}/\text{min}^{0.5}$) merupakan *sorptivity* yang baik karna tidak lebih dari 0,200 ($\text{mm}/\text{min}^{0.5}$), sedangkan variasi semen 0%, 10%, dan 20%, nilainya melebihi dari 0,200 ($\text{mm}/\text{min}^{0.5}$)
2. Substitusi PCC pada campuran geopolimer abu sawit akan mempercepat waktu pengerasan dan mengurangi ruang pori pada mortar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu, yaitu :

- 1) Tim Laboratorium Teknologi Bahan, Fakultas Teknik Univesitas Pasir Pengaraian.
- 2) Tim Laboratorium, Fakultas Teknik Univesitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- 3) PT. Ara Abadi, Tambusai Utara, Kabupaten Rokan Hulu.
- 4) Dinas Lingkungan Hidup, Kabupaten Rokan Hulu.
- 5) Balai Riset Industri Padang, Sumatra Barat.
- 6) Laboratorium Material, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA Universitas Riau.
- 7) Civitas Akademika Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian.
- 8) Civitas Akademika Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- 9) Civitas Akademika Fakultas Teknik Universitas Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Olivia, G. Wibisono, and E. Saputra, "Early strength of various fly ash based concrete in peat environment," *MATEC Web Conf.*, vol. 276, p. 01022, 2019, doi: 10.1051/mateconf/201927601022.
- [2] N. Rizaldi, H. Abdurrahman, M. F. Wijaya, G. Wibisono, and M. Olivia, "Durability of fly ash geopolimer hybrid concrete in seawater, sulfuric acid, and fire resistant - A review," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2049, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2049/1/012088.
- [3] R. Yanuari, D. Septari, J. A. Rindy, and M. Olivia, "Geopolymer hybrid fly ash concrete for construction and conservation in peat environment: A review," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 847, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/847/1/012031.
- [4] P. Suraneni, L. Burris, C. R. Shearer, and R. D. Hooton, "ASTM C618 fly

- ash specification: Comparison with other specifications, shortcomings, and solutions,” *ACI Mater. J.*, vol. 118, no. 1, pp. 157–167, 2021, doi: 10.14359/51725994.
- [5] M. Olivia, C. Wulandari, I. R. Sitompul, L. Darmayanti, and Z. Djauhari, “Study of fly ash (FA) and palm oil fuel ash (POFA) geopolymer mortar resistance in acidic peat environment,” *Mater. Sci. Forum*, vol. 841, pp. 126–132, 2016, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.841.126.
- [6] Y. S. D. Satya, E. Saputra, and M. Olivia, “Performance of blended fly ash (FA) and palm oil fuel ash (POFA) geopolymer mortar in acidic peat environment,” *Mater. Sci. Forum*, vol. 841, pp. 83–89, 2016, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.841.83.
- [7] ASTM C33- 03, “ASTM C33- 03 : Standard Specification for Concrete Aggregate,” *ASTM Stand. B.*, vol. 04, pp. 1–11, 2001.
- [8] A. A. Adam and Horiyanto, “The effect of temperature and duration of curing on the strength of fly ash based geopolymer mortar,” *Procedia Eng.*, vol. 95, no. Scescm, pp. 410–414, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.199.
- [9] O. A. Abdulkareem, A. M. Mustafa Al Bakri, H. Kamarudin, I. Khairul Nizar, and A. A. Saif, “Effects of elevated temperatures on the thermal behavior and mechanical performance of fly ash geopolymer paste, mortar and lightweight concrete,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 50, pp. 377–387, 2014, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.09.047.
- [10] H. A. Syarif, A. Rahmi, and A. Ariyanto, “Kuat Tekan dan Absorpsi Mortar Geopolimer Abu Sawit Portland Composite Cement dengan Variasi Suhu Tinggi,” *Aptek*, vol. 15, no. 1, pp. 34–41, 2022.
- [11] O. A. Mohamed, O. Najm, and E. Ahmed, “Alkali-activated slag & fly ash as sustainable alternatives to OPC: Sorptivity and strength development characteristics of mortar,” *Clean. Mater.*, vol. 8, no. February, p. 100188, 2023, doi: 10.1016/j.clema.2023.100188.
- [12] R. Maddalena, H. Taha, and D. Gardner, “Self-healing potential of supplementary cementitious materials in cement mortars: Sorptivity and pore structure,” *Dev. Built Environ.*, vol. 6, no. February, p. 100044, 2021, doi: 10.1016/j.dibe.2021.100044.