

# Pemanfaatan *Lusi* dan *Fly Ash* Sebagai Material Buatan Berdasarkan Nilai Berat Jenis Agregat Halus dan Porositas

Toni Budi Santoso<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universitas Bojonegoro, Indonesia

## Corresponding Author:

Email: [prawoto.poni@gmail.com](mailto:prawoto.poni@gmail.com)

## Keywords:

*Lusi*, artificial materials, porosity

Received :

Revised :

Accepted :

**Abstract:** *Sidoarjo mudflow (Lusi) still occurs today, various efforts to stop and reduce the eruption have been made but have not stop able to stop the Sidoarjo mud. To help reduce the mud being ejected, it is necessary to utilize Sidoarjo mud. Researchers aim to reduce the mud caused by Sidoarjo mud by utilizing artificial materials as substitutes for natural materials. Utilization is also carried out for fly ash which is waste from the PLTU. Sidoarjo mud and fly ash are combined with an alkaline activator to form geopolymer paste and cement paste. The geopolymer paste specimen were tested for specific gravity of fine aggregate and its porosity. The result show Sidoarjo mud has a specific gravity of fine aggregate of 2.519 and fly ash of 2.525 which is greater than specific gravity of water, namely 1. The porosity of the geopolymer paste is 3% and that of cement paste is 3.8%.*

Copyright © 2023 POTENSI-UNDIP

## 1. PENDAHULUAN

Peristiwa lumpur Sidoarjo (*Lusi*) telah mengganggu masyarakat. Sejak 2006 volume lumpur diperkirakan 100.000 m<sup>3</sup>/hari pada Desember 2006 bahkan telah mencapai 180.000 m<sup>3</sup>/hari dan cenderung turun 75.000 m<sup>3</sup>/ hari. Untuk itu penelitian yang berhubungan dengan pemanfaatan *Lusi* sangatlah diperlukan (Triwulan, Ekaputri, & Megahsari, 2013). Dengan volume besar lumpur yang disemburkan, beberapa inovasi untuk memanfaatkan lumpur dari semburan terus dilakukan, diantaranya untuk bahan konstruksi. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengkarakterisasi *Lusi* dan mengevaluasi potensi untuk bahan konstruksi. Meskipun komposisi kimia menjanjikan, *Lusi* perlu dikalsinasi pada 600–8000 C terlebih dahulu diikuti dengan penggilingan untuk mengurangi partikel hingga 63µm yang mengubah lumpur menjadi reaktif (Hardjito & Antoni, 2013).

Selain pemanfaatan *Lusi*, juga memanfaatkan *fly ash* sebagai pengikat untuk material buatan berbasis pasta *geopolymer*. Karena *Lusi* dan *fly ash* mempunyai kandungan Si dan Al yang cukup tinggi sehingga cocok digunakan untuk *geopolymer* (Januarta Jaya Ekaputri, Triwulan., & Adiningtyas, 2007). *Fly ash* adalah produk sampingan dari hasil pembakaran batu bara yang terdiri dari partikel kaca berbentuk sfera yang berdiameter 1-150 µm dan lolos ayakan 45 µm (J. J. Ekaputri, Triwulan., & Amin, 2014). Pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan konstruksi tidak hanya mengurangi emisi gas rumah kaca tetapi juga mengatasi berbagai masalah lingkungan, seperti kekurangan sumber daya alam, dan penipisan energi. Sebagai bahan konstruksi, *alkali activator* berbasis *fly ash* yang teralkali memiliki berbagai karakteristik positif. Dibandingkan dengan PC, *fly ash* ini menunjukkan konduktivitas termal yang rendah dan ketahanan tinggi (Kang, Jeong, Kim, & Moon, 2019). Dalam penelitian ini terdapat 2 *trial mix design* pasta *geopolymer* dan pasta semen yaitu, *Lusi* + *fly ash* + *alkali activator*, kemudian *Lusi* + *fly ash* + semen. Dari masing masing *trial mix design* antara pengikat dan pengisi kemudian dibuat benda uji pasta *geopolymer* dan pasta semen untuk pengujian pada umur benda uji 28 hari. Pengujian agregat halus bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari material sebelum dicampurkan dengan *alkali activator* dan semen. Setelah didapat karakteristik kemudian dilakukan pengujian porositas untuk mengetahui karakteristik material buatan yang tergolong sebagai material kasar dengan dasar pengujian menggunakan SNI 1969 – 2008.

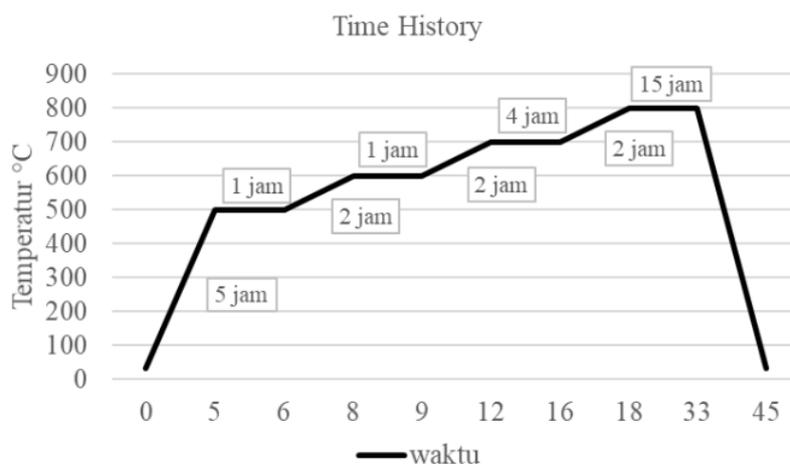
Penelitian penting untuk dilakukan karena sampai saat ini masih belum banyak pemanfaatan *Lusi*. Selain itu, sampai sekarang semburan *Lusi* masih terus terjadi dan belum bisa dihentikan. Berbagai inovasi perlu dilakukan untuk membantu mengurangi volume semburan *Lusi*, untuk itu penelitian ini

perlu dilakukan. Penelitian ini mengambil referensi dari penelitian terdahulu dalam memanfaatkan Lusi, namun untuk dimanfaatkan sebagai material buatan dengan ditinjau dari nilai porositas dan berat jenis belum dilakukan maka perlu dilakukan dengan *trial mix design* dan menguji kandungan kimia dalam Lusi sebagai perhitungan awal dalam penentuan *trial mix design*. Diharapkan dari hasil pengujian berat jenis agregat halus dan porositas LUSI dan *fly ash*, dapat dijadikan material buatan berbasis pasta *geopolymer* dan pasta semen. Selain itu mengurangi lumpur yang disemburkan dari lumpur Sidoarjo dan mengurangi limbah dari pembakaran batu bara, penelitian ini juga bertujuan untuk menjaga keseimbangan alam dengan mengurangi penggunaan material dari alam.

## 2. DATA DAN METODE

### Persiapan Material

Persiapan material yang dilakukan pertama adalah menyiapkan Lusi. Dalam pemanfaatannya Lusi perlu dikalsinasi dan penggilingan terlebih dahulu untuk mengubah Lusi menjadi reaktif (Santoso, Prastyanto, & Ekaputri, 2021). Suhu yang dipakai untuk mengkalsinasikan lumpur 800°C selama 15 jam dengan alat furnace.



Gambar 1. Time history kalsinasi Lusi

Untuk penggilingan lumpur menggunakan *ball mill* sampai distribusi partikel berukuran 200  $\mu\text{m}$  dengan analisa saringan 200. Dalam kandungan Lusi dengan uji XRF terdapat silica (Si) dan aluminium (Al) yang bisa dijadikan pasta *geopolymer*.



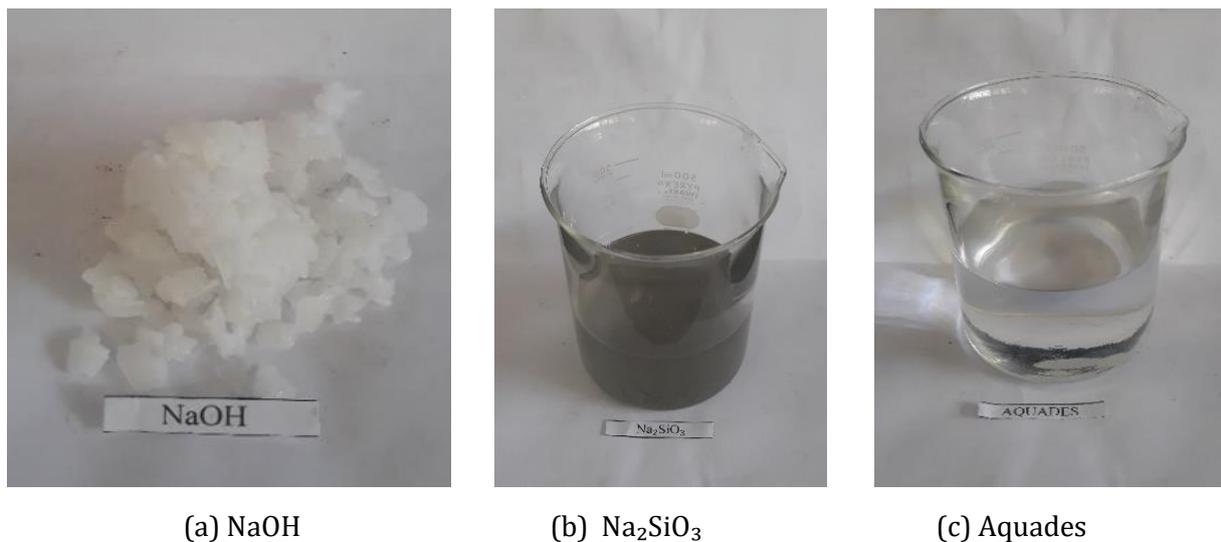
Gambar 2. Material Lusi

Persiapan material yang kedua adalah menyiapkan *fly ash* yang diambil dari PT. Petrokimia Gresik yang tergolong *fly ash* kelas F. *Fly ash* digunakan sebagai pengikat, karena sifatnya seperti semen dengan penambahan senyawa Natrium Hidroksida (NaOH) dalam suhu kamar (Purnama & Ekaputri, 2020).



Gambar 3. Material fly ash

Semen pada penelitian ini digunakan sebagai pembanding dengan *alkali activator* dengan menggunakan semen Portland. Natrium Hidroksida dicampur dengan natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dengan perbandingan 1 : 2 untuk membuat *alkali activator*. Dalam penelitian ini digunakan molaritas 12 M dengan pelarut aquades menjadi NaOH dengan molaritas 12 M. Natrium silikat digunakan sebagai campuran dalam *alkali activator*. Setelah NaOH dilarutkan dengan aquades menjadi molaritas 12 M, kemudian dicampur dengan Natrium Silikat dengan perbandingan 1 : 2. Air suling yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades yang berfungsi sebagai pelarut NaOH dalam pembuatan NaOH 12 M. Untuk mencapai 12 molar menggunakan aquades 1 liter dengan dicampurkan NaOH flake sebanyak 480 gram (Razak et al., 2015).



(a) NaOH

(b)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$

(c) Aquades

Gambar 4. Penyusun *alkali activator*

### Pengujian Agregat Halus

Pengujian material ini dimaksudkan untuk mengetahui material sudah memenuhi persyaratan *geopolymer*. Pengujian berat jenis agregat halus menggunakan acuan SNI 1969 – 2008 dilakukan untuk mengetahui karakteristik LUSI yang nantinya dicampur dengan *alkali activator* dan semen.

Berat jenis curah ( bulk *specific gravity*)

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{B_k}{B_j - B_a}$$

Berat jenis keirng permukaan jenuh (*saturated surface dry*)

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{B_j}{B_j - B_a}$$

Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{B_k - B_a}$$

Penyerapan

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

Keterangan:

B<sub>k</sub> = Berat jenis kering oven (gram)

B<sub>j</sub> = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

B<sub>a</sub> = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram)

### Pembuatan Material Buatan

Pembuatan material terdiri dari material berbasis pasta *geopolymer* dan pasta semen. *Trial mix design* pasta *geopolymer* dengan mencampurkan Lusi + *fly ash* + *alkali activator* dengan molaritas 12 M, kemudian untuk pasta semen mencampurkan Lusi + *fly ash* + semen dengan *water to binder* rencana 0,27%. Setelah pembuatan material buatan dilakukan perawatan benda uji dengan system *curing*. *Curing* dilakukan pada benda uji pasta selama umur 28 hari. Benda uji dibungkus dengan kain basah (*moist curing*). *System moist curing* adalah sistem perawatan benda uji yang paling tepat untuk material berjenis pasta. *Crusher* dilakukan setelah pasta *geopolymer* dan pasta semen umur 28 hari. Hal tersebut dilakukan karena dalam pembuatan benda uji masih dalam bentuk bongkahan besar atau masih tercetak dalam wadah besar.

### Pengujian Agregat Kasar

Material buatan yang termasuk agregat kasar untuk mendukung penuh fungsinya perlu dilakukan penyelidikan mengenai berat jenis dan penyerapan airnya. Adapun angka penyerapan digunakan untuk menghitung perubahan berat dari agregat akibat air yang menyerap ke dalam pori diantara partikel utama dibandingkan dengan kondisi kering, ketika agregat tersebut dianggap telah cukup lama kontak dengan air sehingga air telah menyerap penuh.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Agregat Halus

Material halus Lusi dan *fly ash* adalah material yang dianalisa berat jenis pada penelitian ini. Analisa berat jenis bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing material penyusun yang digunakan sebagai material halus penyusun material buatan. Analisa berat jenis Lusi diperlukan untuk perencanaan *mix design* dalam pembuatan material buatan. Berdasarkan ASTM C 188-95 hasil analisa berat jenis Lusi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji berat jenis Lusi

No.	Berat jenis Lusi		Satuan
1	Berat Lusi (W1)	250	gram
2	Berat Lusi + minyak + labu takar (W2)	718.1	gram
3	Berat labu takar + minyak (W3)	547.5	gram

4	Berat jenis $(0.8 \times W1) / (W1 + W2 + W3)$	2.519	gr/cm <sup>3</sup>
---	--	-------	--------------------

Hasil analisa berat jenis Lusi adalah 2.519 yang berarti material tersebut dapat digunakan dalam pembuatan *mix design* karena berat jenis Lusi lebih dari berat jenis air sebesar 1. Kemudian untuk analisa berat jenis *fly ash* diperlukan karena *fly ash* termasuk dalam binder penyusun *mix design* untuk pasta *geopolymer* dan pasta semen. Hasil analisa berat jenis *fly ash* ditunjukkan pada Tabel 2 (ASTM C188-95).

Tabel 2. Hasil uji berat jenis *fly ash*

No.	Berat jenis <i>fly ash</i>		Satuan
1	Berat <i>fly ash</i> (W1)	250	gram
2	Berat <i>fly ash</i> + minyak + labu takar (W2)	718.1	gram
3	Berat labu takar + minyak (W3)	547.3	gram
4	Berat jenis $(0.8 \times W1) / (W1 + W2 + W3)$	2.525	gr/cm <sup>3</sup>

Material *fly ash* dapat digunakan untuk penyusun *mix design* karena memiliki berat jenis 2.525 lebih besar dari berat jenis air 1.

### Pengujian Agregat Kasar dan Porositas

Semua agregat memiliki pori dan porositas yang berbeda tergantung material penyusun agregat tersebut. Semakin kecil (kurang dari sama dengan 3%) nilai porositasnya maka semakin baik kualitas agregat tersebut. Penelitian ini menggunakan molaritas 12 M dengan pasta *geopolymer* Lusi 20% : *fly ash* 80%. Untuk pasta semen menggunakan semen 60% : Lusi 10% : *fly ash* 30%. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar ditunjukkan pada Tabel 3 dan hasil pengujian porositas ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil uji berat jenis pasta *geopolymer* dan pasta semen

No.	Berat jenis agregat kasar	Pasta <i>geopolymer</i> Lusi 20% : <i>fly ash</i> 80%	Pasta semen 60% : Lusi 10% : <i>fly ash</i> 30%	Satuan
1	Berat benda uji kering oven (Bk)	2464.50	2629.00	gr
2	Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	3075.00	3287.30	gr
3	Berat benda uji dalam air (Ba)	1894.00	1784.00	gr
4	Berat jenis ( <i>bulk</i> )	2.087	1.873	
5	Berat benda uji permukaan jenuh	2.604	2.271	
6	Berat jenis semu ( <i>apparent</i> )	4.320	3.111	
7	Penyerapan	4.320	3.111	%

Tabel 4. Hasil uji porositas pasta *geopolymer* dan pasta semen

No.	Variasi	Pasta <i>geopolymer</i> Lusi 20% : <i>fly ash</i> 80%	Pasta semen 60% : Lusi 10% : <i>fly ash</i> 30%	Satuan
1	Berat awal	200.00	200.00	gr
2	Berat dalam air	103.00	102.00	gr
3	Berat kering permukaan jenuh	198.50	207.00	gr
4	Berat kering oven	176.30	169.00	gr
5	Kondisi halus	160.50	160.50	gr
6	Volume	64.10	60.40	gr
7	r	2.50	2.70	
8	$\alpha$	1.80	1.60	

9	Total porosity (Pt)	26.30	39.10	%
10	Open porosity (P0)	23.20	35.30	%
11	Close porosity (Pf)	3.00	3.80	%
12	Massa pikno + air	646.9	563.80	gr
13	Massa sample halus	160.5	157.40	gr
14	Massa pikno + sample + air	743.3	660.880	gr

Hasil pengujian berat jenis pasta *geopolymer* dengan *mix design* Lusi 20% : *fly ash* 80% sebesar 2.6 dan hasil pengujian berat jenis pasta semen dengan *mix design* semen 60% : Lusi 10% : *fly ash* 30% sebesar 2.2. Pengujian porositas menunjukkan bahwa pasta geopolimer dengan *mix design* Lusi 20% : *fly ash* 80% untuk molaritas 12 M memenuhi persyaratan porositas maksimum 3%. Sedangkan untuk pasta semen dengan *mix design* Lusi 10% : *fly ash* 30% : semen 60% belum memenuhi persyaratan untuk dijadikan material buatan karena nilai porositas mencapai 3.8%.

#### 4. KESIMPULAN

Pemanfaatan Lusi dan *fly ash* sebagai material buatan dengan pengujian berskala laboratorium untuk dimanfaatkan sebagai material buatan berdasarkan nilai berat jenis agregat halus dan porositas dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Lusi sebagai material halus dalam penelitian ini mempunyai berat jenis 2.519 dan *fly ash* mempunyai berat jenis 2.525. Berat jenis Lusi dan *fly ash* lebih besar dari berat jenis air yaitu 1, hal tersebut yang mendasari bahwa Lusi dan *fly ash* dapat dibuat sebagai benda uji untuk kemudian diuji. Pasta *geopolymer* Lusi 20% : *fly ash* 80% dengan molaritas 12 M memiliki porositas 2.6% dan dapat dijadikan sebagai material buatan. Pasta semen 60% : Lusi 10% : *fly ash* 30% dengan *water to binder* 27% memiliki porositas 3.8% tidak dapat dijadikan material buatan karena nilai porositasnya yang lebih dari 3%

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa terimakasih ditujukan kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan hasil penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca untuk menambah wawasan dan pengetahuan.

#### REFERENSI

- Ekaputri, J. J., Triwulan., & Amin, S. (2014). PEMBUATAN MORTAR RINGAN GEOPOLIMER Potential Sidoarjo Mud And Fly Ash On Geopolymer Lightweight Mortar. *LOGIC*, 14(1), 54–59.
- Ekaputri, Januarti Jaya, Triwulan., & Adiningtyas, T. (2007). Analisa Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dan Lumpur Porong Kering sebagai Pengisi. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sipil*, 33(3), 33–45.
- Hardjito, D., & Antoni. (2013). Potentials of LUSI Volcanic Mud as Construction Materials. *Asian Bulletin of Engineering Science and Technology (ABEST)*, 1(1), 1–6.
- Kang, S. H., Jeong, Y., Kim, M. O., & Moon, J. (2019). Pozzolanic reaction on alkali-activated Class F fly ash for ambient condition curable structural materials. *Construction and Building Materials*, 218, 235–244.
- Purnama, A. C., & Ekaputri, J. J. (2020). *Penggunaan Fly Ash sebagai Agregat Buatan Pengganti Agregat Alami pada Campuran Beton Fly Ash Utilization as the Artificial Aggregates in Concrete Mixture*. 0(March).
- Razak, R. A., Abdullah, M. M. A. B., Hussin, K., Ismail, K. N., Hardjito, D., & Yahya, Z. (2015). Optimization of NaOH molarity, LUSI mud/alkaline activator, and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>/NaOH ratio to produce lightweight aggregate-based geopolymer. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(5), 11629–11647.
- Santoso, T. B., Prastyanto, C. A., & Ekaputri, J. J. (2021). Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo dan Fly Ash Sebagai Material Buatan Berbasis Pasta Berdasarkan Nilai Kuat Tekan dan Keausan. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(1), 39.
- Triwulan, Ekaputri, J. J., & Megahsari, P. (2013). Fiber reinforced lightweight binder with calcined-Sidoarjo mud. *Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM13)*, 3090–3102.