

# PEMANFAATAN LUMPUR SIDOARJO SECARA MAKSIMAL DENGAN CAMPURAN *FLY ASH* DALAM PEMBUATAN MORTAR GEOPOLIMER

Andi Widjaya<sup>1</sup>, Chryzilla Natallia<sup>2</sup>, Antoni<sup>3</sup>, Djwantoro Hardjito<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Penelitian terhadap pemanfaatan lumpur Sidoarjo telah banyak dilakukan sebelumnya. Salah satu cara usaha pemanfaatan yang dilakukan adalah menggunakan lumpur Sidoarjo sebagai bahan pembuatan mortar geopolimer. Pada penelitian kali ini lumpur Sidoarjo yang digunakan digiling selama 12 jam dan *fly ash* digiling selama 6 jam. Ketika kedua material ini lebih halus, maka luas permukaan partikel bertambah sehingga partikel menjadi lebih reaktif dan juga mortar akan semakin padat. Pada penelitian ini menggunakan variasi *water to binder ratio* (w/b) dari 0,25; 0,3; 0,35; 0,4. Dari hasil yang didapat, dipilih komposisi campuran dengan w/b yang memiliki kuat tekan dan kelecakan yang bagus yaitu w/b 0,3 dan 0,35. Lumpur Sidoarjo dan *fly ash* digunakan bersama-sama, dengan perbandingan massa lumpur Sidoarjo yang digunakan mulai dari 0%, 25%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan penggilingan lumpur Sidoarjo dan *fly ash*, mortar memiliki berat jenis yang lebih tinggi, tetapi penggilingan *fly ash* tidak memberikan tambahan kuat tekan pada mortar geopolimer. Perbandingan massa lumpur Sidoarjo dan *fly ash* yang menghasilkan kuat tekan paling tinggi adalah 50% : 50%. Kemudian nilai kuat tekan mortar geopolimer dengan massa lumpur Sidoarjo dari 60% hingga 90% memiliki nilai yang tidak jauh berbeda.

**KATA KUNCI:** mortar geopolimer, lumpur Sidoarjo, *fly ash*

## 1. PENDAHULUAN

Limbah luapan lumpur Sidoarjo bertambah banyak, telah memberikan banyak dampak negatif di berbagai sektor yang ada. Oleh karena itu, beberapa peneliti telah mencoba memanfaatkan limbah ini, salah satunya dengan cara menggunakan limbah lumpur Sidoarjo sebagai bahan dasar pembuatan beton geopolimer. Namun dalam penggunaannya sebagai bahan dasar beton geopolimer, lumpur Sidoarjo perlu dibakar dan digiling terlebih dahulu. Selain lumpur Sidoarjo, limbah lain yang digunakan untuk pembuatan beton geopolimer ini adalah *fly ash*. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Jodjana & Djoewardi (2014) telah dihasilkan mortar geopolimer dengan nilai kuat tekan 64 MPa dengan menggunakan lumpur Sidoarjo yang digiling selama 8 jam. Akan tetapi mortar geopolimer tersebut memiliki w/b (*water to binder ratio*) hanya 0,17 sehingga mortar geopolimer yang dihasilkan sangat kering. W/b merupakan perbandingan massa total air (air untuk melarutkan padatan NaOH dan air yang terkandung di dalam larutan sodium silikat) dengan massa pozzolan.

Beton geopolimer merupakan material yang cukup ramah lingkungan karena materialnya berasal dari bahan yang tidak terpakai. Material geopolimer pada umumnya mengandung silikon dan alumunium. Untuk melarutkan unsur-unsur silikon dan alumunium, serta untuk terjadinya proses kimiawi diperlukan larutan bersifat alkalis.

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, awi\_93@hotmail.com

<sup>2</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, chryzilla.natalia@gmail.com

<sup>3</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Krsiten Petra, antoni@petra.ac.id

<sup>4</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, djwantoro.h@petra.ac.id

Pada beton geopolimer akan terbentuk ikatan tetrahedral yang menyempurnakan reaksi polimerisasi (Davidovits, 2008). Proses *curing* dilakukan dengan cara memasukkan benda uji ke dalam oven dengan suhu dan waktu tertentu.

Berdasarkan dari data penelitian, lumpur Sidoarjo mengandung senyawa silika sebesar 56,75% dan alumina sebesar 23,31% (Hardjito dan Antoni, 2014), sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar beton geopolimer. Tetapi sebelum dapat dimanfaatkan, lumpur Sidoarjo perlu diolah dengan cara dioven untuk menghilangkan kandungan airnya lalu dibakar agar memiliki sifat reaktif. Kemudian dilakukan penggilingan agar menjadi halus. Sedangkan *fly ash* memiliki kandungan senyawa Silika dan Alumina yang cukup banyak (Jaturapitakul, Kiattikmol, & Songpiriyakij, 1999) sehingga dapat menjadi bahan dasar beton geopolimer.

## 2. METODA PENELITIAN

Penelitian diawali dengan melakukan pengetesan kepada bahan-bahan yang digunakan. Lumpur Sidoarjo yang digunakan diambil dari titik koordinat lokal 25. Di laboratorium lumpur dimasukkan ke dalam loyang dengan ketebalan  $\pm 1$  cm yang kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam. Setelah dioven, lumpur dibakar di dalam alat pembakar dengan suhu 700°C selama 6 jam. Lumpur yang telah kering ini kemudian dimasukkan ke dalam mesin giling dan digiling selama 12 jam.

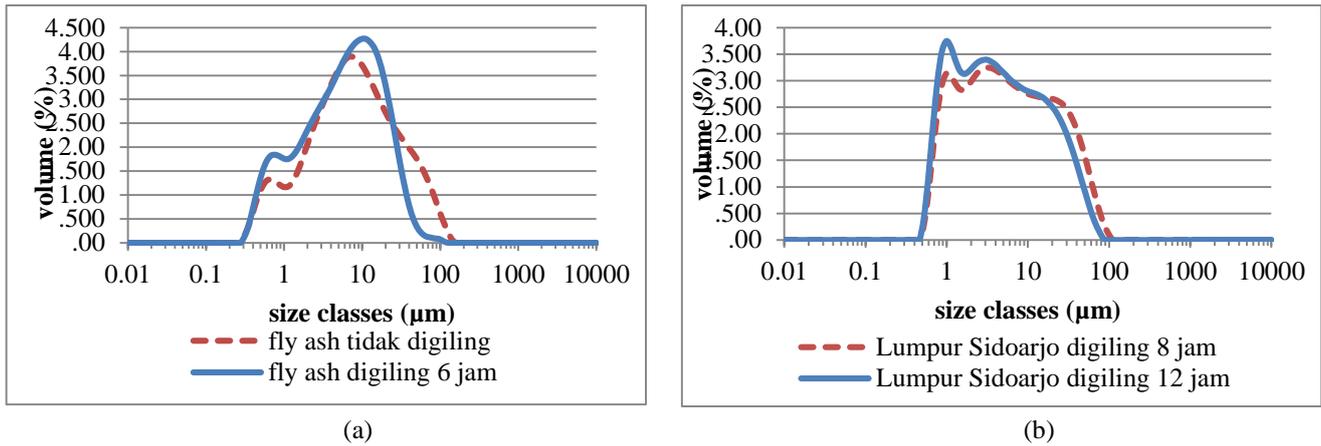
Fly Ash yang digunakan adalah tipe F Java Power Paiton dengan pH 7. Fly ash yang digunakan digiling di dalam mesin giling selama 6 jam. Tes yang dilakukan pada lumpur Sidoarjo dan *fly ash* yaitu XRF (*X-Ray Fluorescence*) dan PSA (*Particle Size Analysis*). Hasil tes dapat dilihat pada **Tabel 1** untuk tes XRF, kemudian **Tabel 2** dan **Gambar 1** untuk tes PSA. Sedangkan untuk pasir dilakukan analisa ayakan dan pada larutan sodium silikat dilakukan pengetesan kadar air yang terkandung di dalam larutan.

**Tabel 1. Hasil Tes XRF Lumpur Sidoarjo dan Fly Ash**

Kandungan	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
Lumpur Sidoarjo	2,13%	56,75%	23,31%	7,37%	1,04%	2,95%
<i>Fly Ash</i>	5,54%	51,12%	18,90%	17,71%	0,82%	3,17%
Kandungan	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Lumpur Sidoarjo	0,38%	2,70%	0,96%	0,14%	0,00%	0,00%
<i>Fly Ash</i>	0,98%	0,63%	0,47%	0,00%	0,03%	0,33%

**Tabel 2. Hasil Tes PSA Lumpur Sidoarjo dan Fly Ash**

	Lama Penggilingan (jam)	d(10) (µm)	d(50) (µm)	d(90) (µm)	SSA (m <sup>2</sup> /kg)
<i>Fly Ash</i>	0	1,163	7,953	45,481	1838
	6	0,917	6,544	23,792	2210
Lumpur Sidoarjo	8	1,069	5,611	36,687	2018
	12	0,982	4,484	27,865	2308



Gambar 1. Grafik Tes PSA Lumpur Sidoarjo (a) dan Fly Ash (b)

Alkali aktivator yang digunakan dalam penelitian ini adalah NaOH *flake* yang memiliki kemurnian padatan 99% dan larutan sodium silikat dengan kadar air sebesar 22%. Agregat halus yang digunakan dalam pembuatan mortar adalah pasir Lumajang dengan nilai modulus kehalusan sebesar 2,35.

Penelitian ini menggunakan variabel terikat yaitu perbandingan lumpur Sidoarjo dan *fly ash* yang digunakan adalah 1 : 1, perbandingan massa larutan sodium silikat dengan massa larutan NaOH adalah 2 : 1 dan perbandingan massa antara pozzolan dan pasir adalah 1 : 2,8. Sedangkan variabel bebasnya adalah w/b. W/b yang diteliti adalah 0,25 , 0,3 , 0,35 dan 0,4. W/b yang dimaksud adalah perbandingan kadar air massa total air (air untuk melarutkan padatan NaOH dan air yang terkandung di dalam larutan sodium silikat). Dari hasil yang didapatkan, dipilih komposisi w/b yang memiliki nilai kelecakan dan nilai kuat tekan yang baik.

Variabel terikat yang dipilih adalah w/b yang menghasilkan nilai kelecakan dan nilai kuat tekan yang baik. Perbandingan massa larutan sodium silikat dengan massa larutan NaOH adalah 2 : 1 dan perbandingan massa antara pozzolan dan pasir adalah 1 : 2,8. Sedangkan variabel bebas yang digunakan adalah perbandingan lumpur Sidoarjo dan *fly ash*. Perbandingan massa lumpur Sidoarjo dan *fly ash* yang dibuat mulai dari 0% : 100%, 25% : 75%, 50% : 50%, 60% : 40%, 70% : 30%, 80% : 20%, 90% : 10%, dan 100% : 0%.

### 3. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisa Variasi w/b terhadap Kuat Tekan dan Kelecakan Mortar Geopolimer

Pada ini menggunakan komposisi campuran mortar geopolimer yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Campuran Mortar Geopolimer

w/b	Pasir	Lumpur Sidoarjo	Fly Ash	Padatan NaOH	Larutan sodium silikat	Air
		50%	50%			
Kg/m <sup>3</sup>						
0,25	1540,8	268,80	268,80	33,36	233,76	83,28
0,30	1540,8	268,80	268,80	40,08	280,32	100,08
0,35	1540,8	268,80	268,80	46,80	327,12	116,88
0,40	1540,8	268,80	268,80	52,08	369,36	131,76

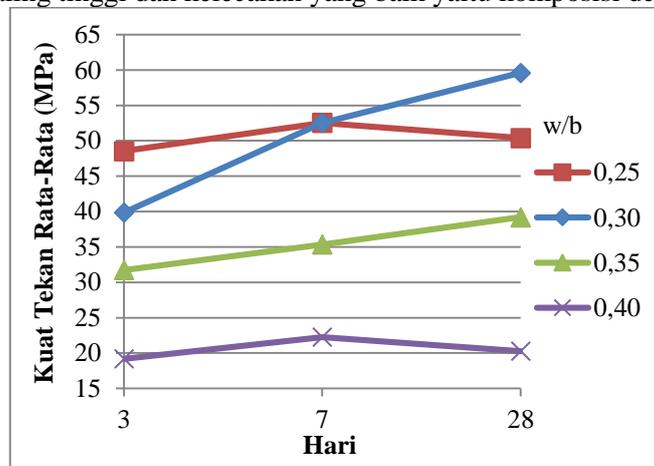
Mortar geopolimer ini dibuat dalam bekisting berukuran 5 x 5 x 5 cm<sup>3</sup> sebanyak 9 buah benda uji. Proses curing dilakukan selama 24 jam di dalam oven dengan suhu 60°C. Proses uji kuat tekan dilakukan pada 3, 7 dan 28 hari dengan masing-masing pengujian menggunakan 3 buah benda uji. Sebelum dilakukan

uji kuat tekan, mortar geopolimer ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat jenisnya (Tabel 5). Hasil uji kuat tekan dan berat jenis merupakan rata-rata dari 3 buah benda uji.

**Tabel 5. Berat Jenis Mortar Geopolimer dengan Variasi w/b**

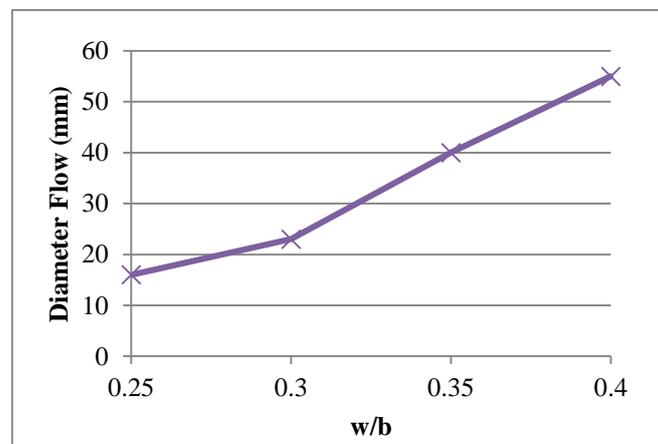
Umur	3 Hari	7 Hari	28 Hari
w/b	kg/m <sup>3</sup>		
0,25	2324,30	2233,98	2256,24
0,30	2293,75	2256,95	2233,22
0,35	2384,64	2309,10	2198,93
0,40	2258,22	2145,10	2221,63

Pada **Gambar 2** dapat dilihat bahwa semakin kecil nilai w/b yang digunakan untuk pembuatan mortar, maka nilai kuat tekan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Namun pada grafik uji kuat tekan didapati nilai kuat tekan w/b = 0,25 pada 28 hari lebih rendah daripada hasil uji kuat tekan w/b = 0,3 pada 28 hari. Hal ini terjadi karena mortar dengan w/b = 0,25 memiliki nilai kelecakan yang rendah sehingga pemadatan tidak dapat dilakukan dengan baik. Dari hasil penelitian ini diambil dua komposisi w/b yang memiliki nilai tekan paling tinggi dan kelecakan yang baik yaitu komposisi dengan w/b = 0,3 dan 0,35.



**Gambar 2. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Mortar Geopolimer dengan Variasi w/b**

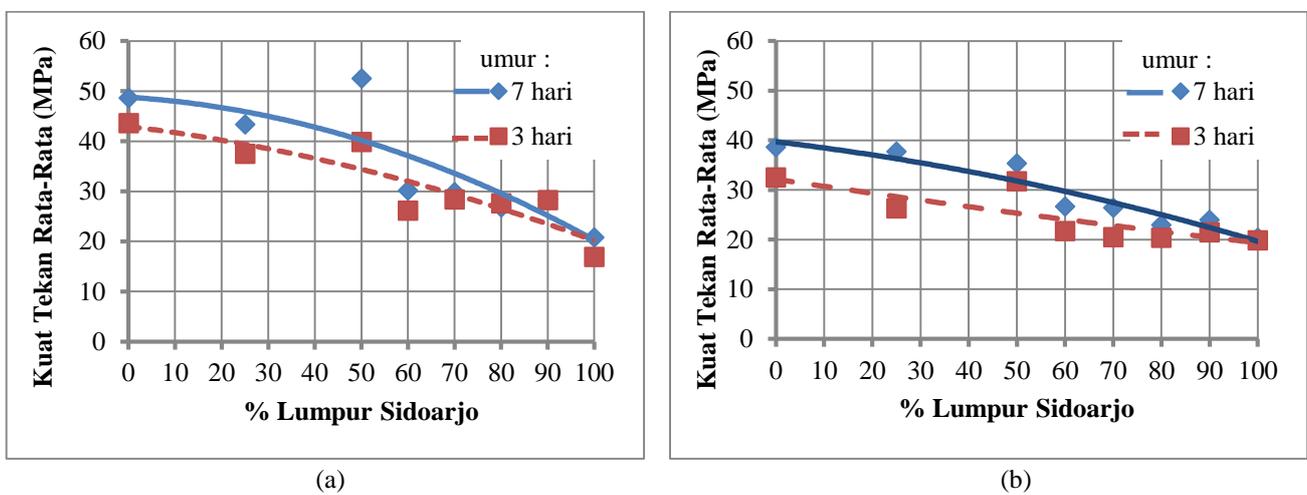
**Gambar 3** menunjukkan hasil pengujian kelecakan mortar, dapat dilihat bahwa semakin besar nilai perbandingan w/b yang digunakan untuk membuat mortar maka nilai diameter *flow* mortar yang dihasilkan semakin besar pula. Akan tetapi seiring naiknya nilai diameter *flow* pada mortar maka nilai kuat tekan mortarpun semakin kecil.



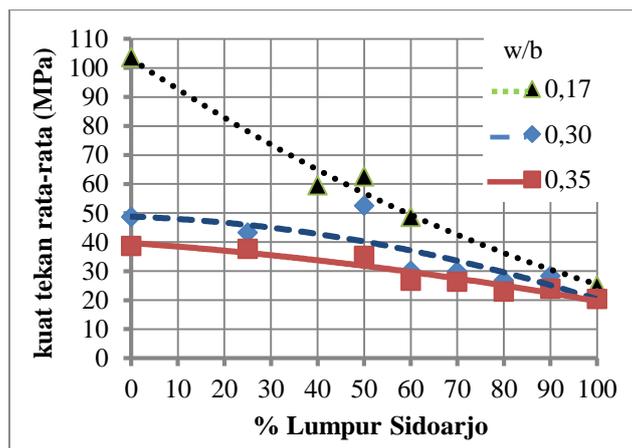
**Gambar 3. Hasil Flow Mortar Geopolimer dengan Variasi w/b**

### 3.2 Analisa Variasi Perbandingan Massa Lumpur Sidoarjo dan *Fly Ash* terhadap Kuat Tekan dan Keleccakan Mortar Geopolimer

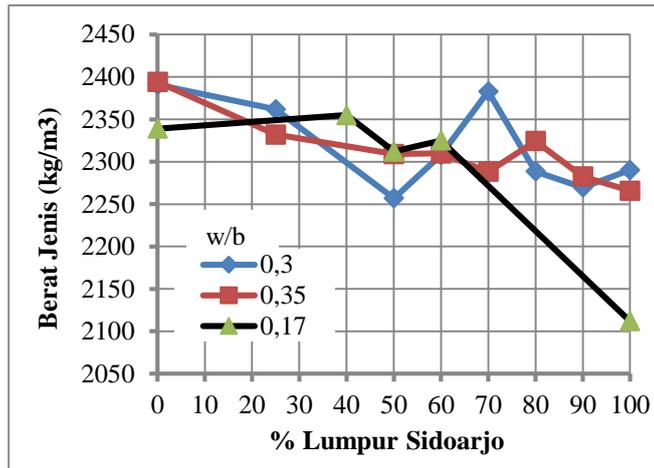
Dari **Gambar 4** dapat dilihat bahwa lumpur Sidoarjo : *fly ash* = 50% : 50% memiliki nilai kuat tekan yang tinggi. Nilai kuat tekan kadar lumpur Sidoarjo 50% paling tinggi didapati di komposisi w/b 0,35. Pada komposisi w/b 0,35, mortar dengan kadar lumpur Sidoarjo 25% memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dari mortar dengan kadar lumpur Sidoarjo 50%. Sedangkan perbandingan dengan kadar lumpur Sidoarjo 60%, 70%, 80% dan 90% didapati tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu signifikan. Mortar dengan kadar lumpur Sidoarjo 100% adalah mortar dengan nilai kuat tekan yang paling rendah. Hal ini disebabkan karena sifat lumpur Sidoarjo sendiri lebih kering dibandingkan dengan *fly ash*. Terbukti pada saat komposisi lumpur Sidoarjo ditambah maka mortar yang dihasilkan akan memiliki keleccakan yang semakin rendah dan sulit untuk dipadatkan.



**Gambar 4. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Mortar Geopolimer dengan Variasi Komposisi Lumpur Sidoarjo dengan w/b = 0,3 (a) dan w/b = 0,35 (b)**

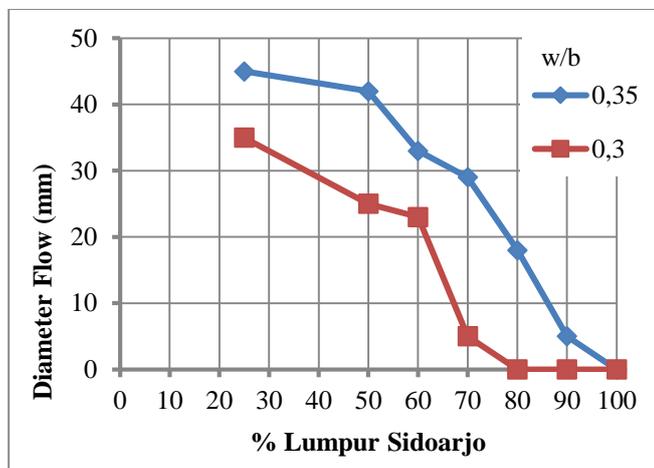


**Gambar 5. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Mortar Geopolimer dengan Variasi Komposisi Lumpur Sidoarjo Umur 7 Hari**



**Gambar 6. Grafik Perbandingan Berat Jenis Mortar Geopolimer dengan Variasi Komposisi Lumpur Sidoarjo Umur 7 Hari**

**Gambar 5** dan **Gambar 6** menunjukkan perbandingan hasil kuat tekan dan berat jenis antara hasil yang diperoleh peneliti dengan hasil dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Jodjana & Djoewardi (2014). Dari penelitian sebelumnya ( $w/b = 0,17$ ) mortar geopolimer dengan *fly ash* 100% memiliki nilai kuat tekan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan *fly ash* 50%. Sedangkan *fly ash* yang digiling 6 jam memiliki nilai kuat tekan yang tidak jauh berbeda dengan nilai kuat tekan *fly ash* 50%, walaupun mortar geopolimer dengan *fly ash* digiling 6 jam lebih padat dibandingkan dengan yang tidak digiling. Mortar dengan lumpur Sidoarjo yang digiling 12 jam memiliki kepadatan yang lebih besar dan nilai kuat tekannya juga tidak jauh berbeda bila dibandingkan dengan lumpur Sidoarjo yang digiling 8 jam.



**Gambar 7. Hasil Diameter Flow Mortar Geopolimer dengan Variasi Komposisi Lumpur Sidoarjo 7 Hari**

Berdasarkan **Gambar 7** didapati bahwa semakin banyak kadar lumpur Sidoarjo dalam mortar maka nilai kelecakan yang dihasilkan akan semakin kecil. Pada mortar dengan  $w/b = 0,3$  ketika digunakan komposisi lumpur Sidoarjo 80%, mortar yang dihasilkan diameter *flow*-nya 0. Sedangkan pada mortar dengan  $w/b = 0,3$  diameter *flow* = 0 ketika komposisi lumpur Sidoarjo = 100%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan, sebagai berikut:

1. Pada pembuatan mortar geopolimer, w/b sangat berperan untuk menentukan nilai kuat tekan dan nilai kelecakan mortar.
2. Pada penelitian dengan variasi massa lumpur Sidoarjo dan *fly ash* menggunakan w/b 0,3 dan 0,35 dapat disimpulkan bahwa kadar lumpur Sidoarjo sebanyak 60% - 90% pada campuran tidak memiliki perbedaan nilai kuat tekan yang begitu signifikan. Nilai kuat tekan mortar yang paling tinggi adalah pada kadar lumpur Sidoarjo 50% sebesar 52,53 MPa. Sedangkan dengan menggunakan kadar lumpur Sidoarjo 100% nilai kuat tekan mortar menjadi sangat rendah.
3. Penggilingan lumpur Sidoarjo lebih lama menghasilkan mortar geopolimer yang lebih padat dan kuat, berbeda dengan penggilingan *fly ash* yang tidak memberi nilai tambah pada kuat tekan.

#### 5. DAFTAR REFERENSI

- Davidovits, J. (2008). *Geopolymer Chemistry and Applications*. Saint-Quentin, France.
- Hardjito, D., & Antoni. (2014). Potentials of LUSI Volcanic Mud as Construction Materials. *Asian Bulletin of Engineering Science and Technology*, 1, 1-6.
- Jaturapitakkul, C., Kiattikmol, K., & Songpiriyakij, S. (1999). A Study of Strength Activity Index of Ground Course Fly Ash with Portland Cement. *Journal Science Asia*, 25, 223-229.
- Jodjana, A., & Djoewardi, A. C. (2014). *Pemanfaatan Campuran Lumpur Sidoarjo dan Fly Ash dalam Pembuatan Campuran Mortar Geopolimer Mutu Tinggi*. Tugas Akhir Universitas Kristen Petra.