

PEMANFAATAN CAMPURAN LUMPUR SIDOARJO DAN *FLY ASH* DALAM PEMBUATAN MORTAR GEOPOLIMER MUTU TINGGI

Aleksander Jodjana¹, Alvin Cahyadi Djoewardi², Antoni³, Djwantoro Hardjito⁴

ABSTRAK : Luapan lumpur Sidoarjo merupakan permasalahan lingkungan yang hingga saat ini belum dapat diatasi. Lumpur Sidoarjo yang telah diolah sebelumnya, terbukti dapat digunakan sebagai material pozzolan yang baik, yang dapat menggantikan sebagian semen, karena mengandung SiO_2 , Fe_2O_3 dan Al_2O_3 yang tinggi. Akan tetapi, penggunaan lumpur Sidoarjo sebagai bahan dasar pembuatan geopolimer belum dapat menghasilkan mortar geopolimer mutu tinggi. Di lain pihak, *fly ash* sudah terbukti dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan mortar geopolimer mutu tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan campuran lumpur Sidoarjo dan *fly ash* sebagai material mortar geopolimer yang diharapkan dapat menghasilkan mortar geopolimer mutu tinggi. Dalam penelitian ini, variabel yang ditinjau adalah variasi molaritas NaOH, perbandingan massa larutan NaOH dengan sodium silikat, perbandingan larutan dengan pasta, serta perbandingan massa lumpur Sidoarjo dengan *fly ash*. Karakteristik mortar geopolimer yang dievaluasi adalah kuat tekan, berat jenis, kecacakan dengan menggunakan metode *flow table* dan *initial setting test* dengan menggunakan penetrometer. Dari hasil dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa dengan mencampurkan *fly ash* dengan lumpur Sidoarjo sebagai material dasar geopolimer, dihasilkan mortar geopolimer mutu tinggi dengan kuat tekan 64 MPa pada umur 28 hari yang telah memenuhi syarat mortar geopolimer mutu tinggi.

KATA KUNCI : geopolimer, geopolimer mutu tinggi, lumpur Sidoarjo, *fly ash*, kuat tekan.

1. PENDAHULUAN

Bencana luapan lumpur di Sidoarjo yang terjadi sejak tanggal 29 Mei 2006 menyebabkan tergenangnya kawasan pemukiman, pertanian dan perindustrian di tiga kecamatan dan sekitarnya, serta mempengaruhi aktivitas perekonomian di Jawa Timur. Lumpur Sidoarjo yang sekarang ini semakin menumpuk perlu dimanfaatkan untuk membantu mengurangi volume lumpur yang ada. Berbagai usaha telah dilakukan untuk menghentikan luapan lumpur tersebut, tapi hingga sekarang masih belum berhasil dan hanya ditampung dengan tanggul.

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa lumpur Sidoarjo memiliki kandungan SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 masing-masing lebih kurang sebesar 53%, 18%, dan 6% (Aristianto, 2006). Dengan komposisi semacam ini, material tersebut berpotensi untuk digunakan sebagai pengganti sebagian semen, yang disyaratkan harus memiliki kandungan senyawa SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 minimum 70%. Sebelum adanya penelitian tentang lumpur Sidoarjo yang dapat digunakan sebagai material dasar geopolimer, *fly ash* sudah terlebih dahulu dikenal sebagai bahan dasar yang baik untuk pembuatan beton geopolimer.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21410076@john.petra.ac.id

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21410079@john.petra.ac.id

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

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

Fly ash dan lumpur Sidoarjo memiliki kandungan senyawa Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 yang tinggi. Akan tetapi untuk penelitian dengan menggunakan material lumpur Sidoarjo sampai saat ini masih belum memenuhi syarat beton mutu tinggi. Sedangkan dari hasil penelitian (Leoindarto & Sanjaya, 2006) yang menggunakan material *fly ash* Jawa Power Paiton sebagai bahan pembuatan beton geopolimer telah memenuhi syarat beton mutu tinggi. Oleh karena itu dengan mencampurkan *fly ash* dengan lumpur Sidoarjo diharapkan dapat menghasilkan kuat tekan geopolimer yang baik. Sehingga dapat memanfaatkan material lumpur Sidoarjo sebagai mortar geopolimer mutu tinggi.

2. METODE PENELITIAN

Setelah melakukan pengambilan lumpur Sidoarjo yang masih basah, lumpur tersebut dibentuk seperti batu bata dengan ketebalan 2-3 cm yang tujuannya agar pada proses pembakaran lumpur tersebut matang secara merata. Selanjutnya lumpur Sidoarjo yang masih basah tersebut dioven dalam suhu $110^{\circ}C$ selama 24 jam. Lalu lumpur Sidoarjo yang sudah dioven dibakar pada suhu pembakaran $700^{\circ}C$ selama 6 jam, setelah itu penggilingan lumpur bakar Sidoarjo dilakukan selama 8 jam.

Awalnya, peneliti menggunakan komposisi campuran untuk pasta geopolimer. Variabel terikatnya adalah perbandingan lumpur bakar Sidoarjo dengan *fly ash* yaitu 1 : 1. Sedangkan komposisi sodium silikat, NaOH, dan molaritas NaOH merupakan variabel bebas. Komposisi perbandingan sodium silikat dan larutan NaOH adalah 1,5, 2, 2,5 dan komposisi molaritas NaOH 8M dan 10M. Peneliti melakukan pencampuran lumpur menggunakan larutan NaOH, Sodium Silikat, dan *fly ash* dengan komposisi yang sudah ditentukan. Penelitian ini menggunakan benda uji sebesar $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$, dan dioven dengan suhu 110° selama 24 jam.

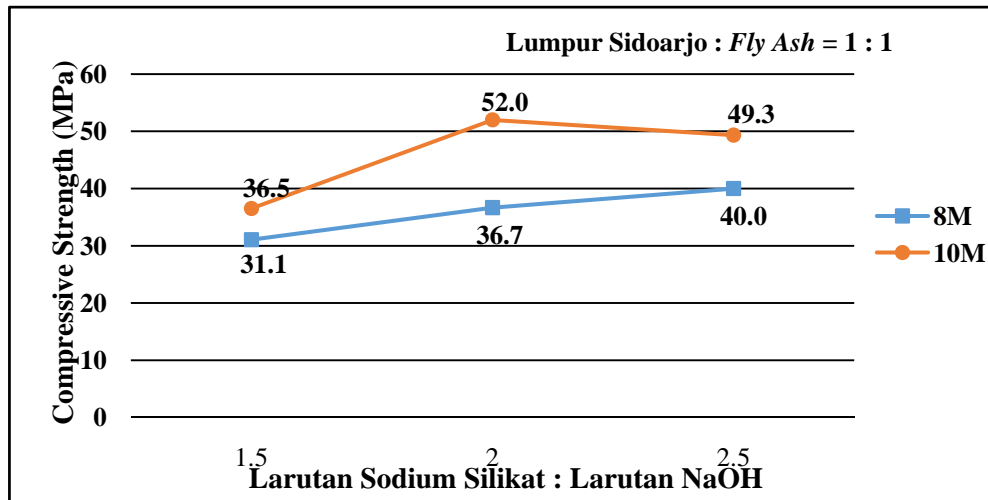
Berikutnya, peneliti memvariasikan komposisi dari perbandingan antara larutan dan pasta yaitu 0,3, 0,35 dan 0,4. Larutan yang dimaksudkan adalah campuran larutan sodium silikat dan larutan NaOH. Penelitian tahap ini menggunakan perbandingan massa pasir : pasta yaitu 2 : 1. Campuran mortar yang telah dibuat, dituang dalam cetakan benda uji sebesar $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$, dan dioven selama 24 jam pada suhu 110° . Komposisi *mix design* tahap kedua ini dengan hasil kuat tekan paling tinggi yang memvariasikan komposisi dari perbandingan antara larutan dan pasta yaitu 0,3, 0,35 dan 0,4 selanjutnya dipilih sebagai komposisi *mix design* mortar tahap berikutnya.

Pada tahap ketiga penelitian ini, peneliti memvariasikan komposisi dari perbandingan antara Lumpur Sidoarjo dan *Fly ash* yaitu 100% : 0%, 60% : 40%, 50% : 50%, 40% : 60% dan 0% : 100%. Penelitian tahap ini juga menggunakan perbandingan massa pasir : pasta yaitu 2 : 1. Campuran mortar yang telah dibuat, lalu dituang dalam cetakan benda uji sebesar $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$, dan dioven selama 24 jam pada suhu 90° . Setelah dilakukan pengetesan, hasil dari kuat tekan, kelecakan dan berat jenisnya dianalisis.

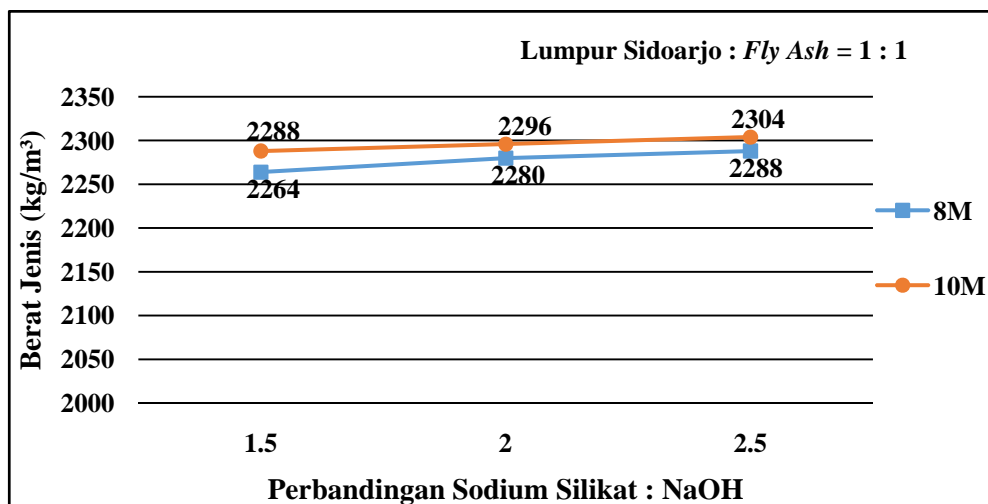
3. ANALISIS DAN HASIL

3.1. Pengaruh Molaritas NaOH dan Perbandingan Larutan NaOH dengan Larutan Sodium Silikat dalam Pembuatan Pasta Geopolimer

Pada penelitian pasta geopolimer dibuat 3 benda uji untuk tiap komposisi, dengan ukuran yang sama yaitu $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$. Variabel bebas pada tahap ini adalah Molaritas NaOH yaitu 8M dan 10M, juga perbandingan larutan Sodium Silikat : larutan NaOH yaitu 1,5, 2, dan 2,5. Sedangkan variabel terikatnya ialah perbandingan massa lumpur Sidoarjo dengan *fly ash* yaitu 1 : 1. Massa air pada komposisi campuran ini digunakan untuk melarutkan padatan NaOH. W/b yang dimaksud adalah perbandingan massa air dengan massa total campuran pasta geopolimer.



Gambar 1. Hasil Tes Kuat Tekan Pasta Geopolimer Umur 7 Hari.

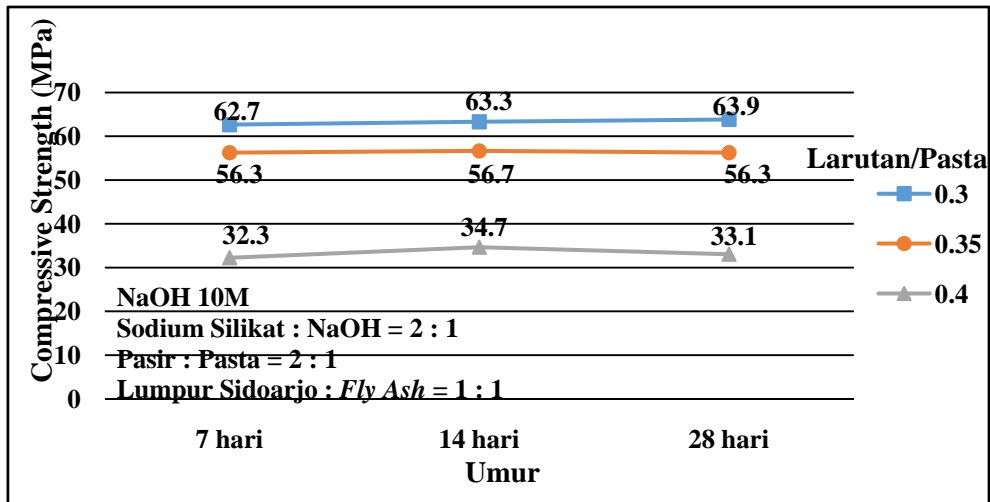


Gambar 2. Berat Jenis Pasta Geopolimer.

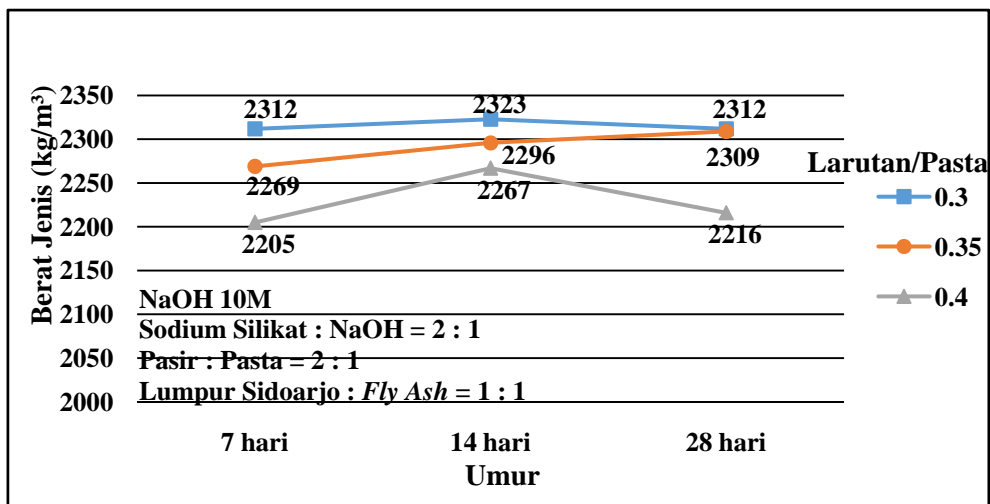
Hasil dari tes kuat tekan pasta geopolimer umur 7 hari pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** memperlihatkan bahwa penggunaan larutan NaOH 10M menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dibandingkan larutan NaOH 8M. Dan penggunaan larutan NaOH 10M dengan perbandingan antara larutan sodium silikat dan larutan NaOH sebesar 2 menghasilkan kuat tekan yang paling optimal. Dari hasil penelitian pada tahap ini, komposisi dengan hasil kuat tekan yang paling tinggi digunakan untuk komposisi campuran mortar geopolimer yang menggunakan variasi perbandingan larutan dan pasta.

3.2. Pengaruh Perbandingan Larutan dengan Pasta dalam Pembuatan Mortar Geopolimer

Pada penelitian berikut ini dibuat 3 benda uji untuk tiap komposisi, dengan volume yang sama yaitu $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$. Variabel bebasnya adalah perbandingan larutan (larutan sodium silikat dan larutan NaOH) dengan pasta yaitu 0,3, 0,35, dan 0,4 dijadikan sebagai komposisi campuran dengan komposisi perbandingan massa lumpur Sidoarjo dan *fly ash* 1 : 1, *alkaline activator* yang digunakan berupa larutan NaOH 10 M dan larutan sodium silikat. Perbandingan larutan NaOH dan larutan sodium silikat sebesar 1:2. Dan perbandingan massa pasta : massa pasir Lumajang yaitu 1 : 2. Massa air pada komposisi campuran ini digunakan untuk melarutkan padatan NaOH. W/b yang dimaksud adalah perbandingan massa air dengan massa total campuran pasta geopolimer.

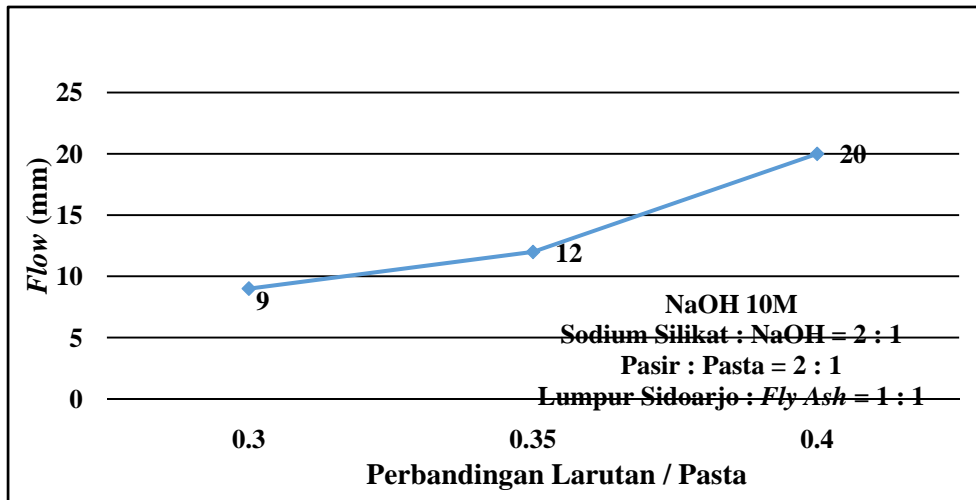


Gambar 3. Hasil Tes Kuat Tekan Mortar Geopolimer dengan Variasi Perbandingan Larutan dan Pasta



Gambar 4. Berat Jenis Mortar Geopolimer dengan Variasi Perbandingan Larutan dan Pasta

Dari **Gambar 3** dapat dilihat bahwa semakin kecil perbandingan antara massa larutan dan pasta maka semakin besar kuat tekan pada mortar geopolimer dengan variasi perbandingan larutan dan pasta tersebut. Hal ini disebabkan semakin sedikitnya kandungan air di dalam *mix design* mortar geopolimer yang menggunakan perbandingan larutan : pasta 0,3 dibandingkan dengan lainnya. Dan dari **Gambar 4** penggunaan komposisi dengan perbandingan larutan : pasta yang semakin kecil nilainya menghasilkan sampel yang lebih padat. Hal ini disebabkan karena semakin kecil perbandingan larutan : pasta maka semakin besar berat jenis mortar tersebut.



Gambar 5. Flow Mortar Geopolimer dengan Variasi Perbandingan Larutan dan Pasta.

Dari hasil uji *flow table* pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa kelecakan mortar geopolimer kurang baik apabila diaplikasikan untuk pengerjaan yang membutuhkan nilai slump yang tinggi seperti pengecoran balok. Akan tetapi untuk pengerjaan yang membutuhkan nilai slump yang rendah seperti pengecoran bendungan, maka kelecakan mortar geopolimer ini dapat digunakan. Variasi perbandingan larutan dengan pasta tidak seberapa berpengaruh terhadap kelecakan mortar geopolimer tersebut.

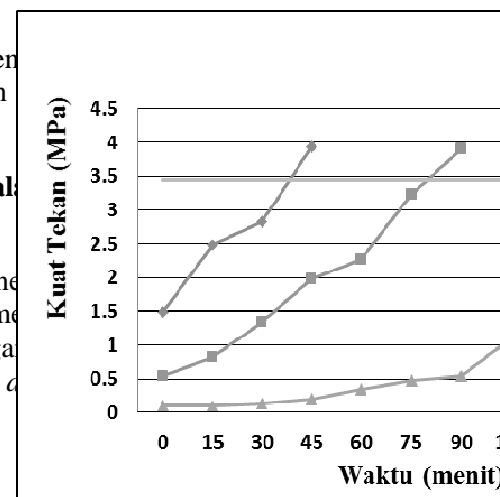
Larutan/Pasta

Gambar 6. Initial Setting Time pada Mortar Geopolimer dengan Variasi Perbandingan Larutan dan Pasta.

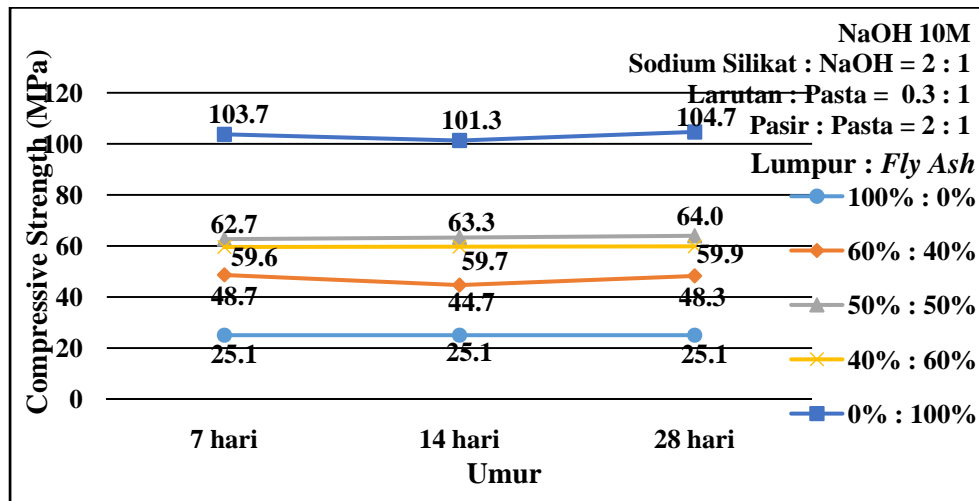
Hasil dari *initial setting time* pada Gambar 6 mortar geopolimer yang menandakan bahwa mortar geopolimer dengan variasi perbandingan larutan dan pasta menunjukkan bahwa semakin banyak larutan maka *initial setting time* yang terjadi semakin lama.

3.3. Pengaruh Perbandingan Massa Lumpur Sidoarjo dan Fly Ash dalam Mortar Geopolimer

Ada beberapa perbedaan perlakuan dalam penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya. Untuk penelitian berikut ini dibuat 3 benda uji untuk tiap komposisi, dengan volume beton 1000 cm³. Variabel bebasnya adalah perbandingan massa lumpur Sidoarjo dengan Fly Ash yaitu 60% : 40%, 50% : 50%, 40% : 60%, dan 0% : 100%. Kemudian *alkaline* dan



berupa larutan NaOH 10 M dan larutan sodium silikat. Perbandingan larutan NaOH dan larutan sodium silikat sebesar 1:2. Sedangkan untuk perbandingan larutan : pasta sebesar 0,3. Dan perbandingan massa pasta : massa pasir Lumajang yaitu 1 : 2. Massa air pada komposisi campuran ini digunakan untuk melarutkan padatan NaOH. W/b yang dimaksud adalah perbandingan massa air dengan massa total campuran mortar geopolimer.

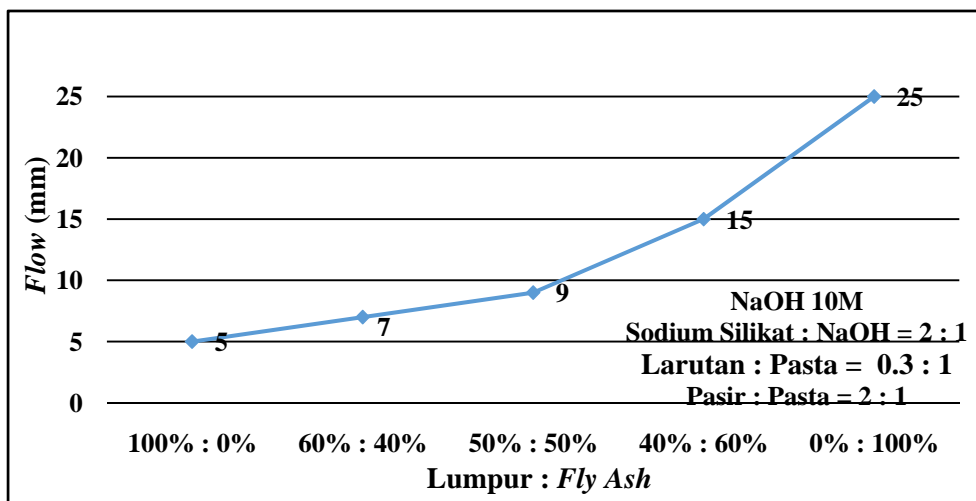


Gambar 7. Hasil Tes Kuat Tekan Mortar Geopolimer dengan Variasi Perbandingan Massa Lumpur Sidoarjo dan *Fly Ash*.

Tabel 1. Berat Jenis Mortar Geopolimer dengan Variasi Perbandingan Massa Lumpur Sidoarjo dan *Fly Ash*.

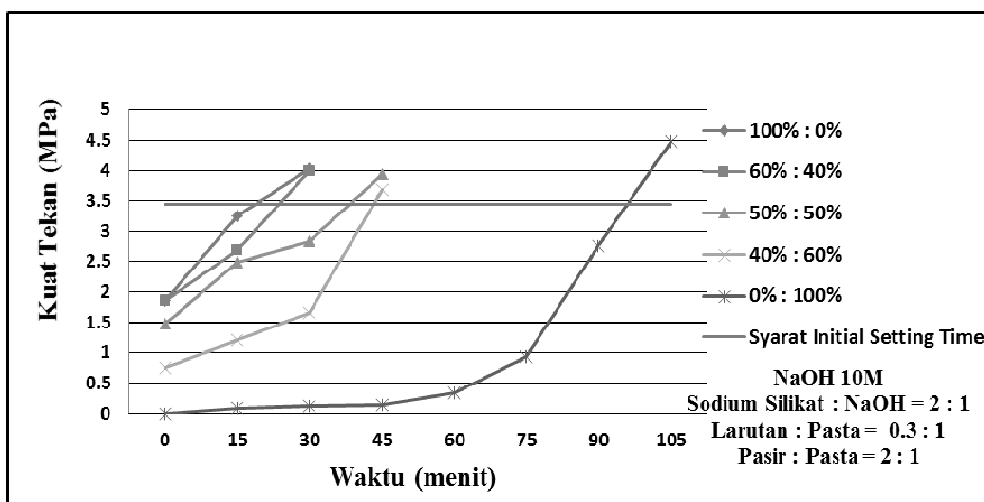
Perbandingan Massa Lumpur Sidoarjo : <i>Fly Ash</i>	Berat Jenis (kg/m^3)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
100% : 0%	2112	2112	2112
60% : 40%	2325	2331	2339
50% : 50%	2312	2323	2328
40% : 60%	2355	2347	2349
0% : 100%	2339	2341	2355

Dari hasil penelitian ini, pada **Gambar 7** dan **Tabel 1** dapat disimpulkan bahwa pemadatan benda uji sangat mempengaruhi berat jenis dan hasil kuat tekan mortar geopolimer. Dengan menggunakan komposisi campuran 100% lumpur Sidoarjo didapatkan hasil kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan komposisi benda uji lainnya. Hal ini disebabkan karena permukaan butiran dari lumpur Sidoarjo yang tidak beraturan sehingga menyebabkan pemadatan menjadi lebih susah dibandingkan dengan komposisi lainnya.



Gambar 8. Flow Mortar Geopolimer dengan Variasi Perbandingan Massa Lumpur Sidoarjo dan Fly Ash.

Dari hasil penelitian ini, pada **Gambar 8** juga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan kadar fly ash pada komposisi campuran mortar geopolimer, maka akan meningkatkan kelecakan dan kuat tekan mortar geopolimer tersebut. Hal ini disebabkan karena permukaan butiran fly ash lebih halus dibandingkan dengan lumpur Sidoarjo.



Gambar 9. Initial Setting Time pada Mortar Geopolimer dengan Variasi Perbandingan Massa Lumpur Sidoarjo dan Fly Ash.

Hasil initial setting time pada **Gambar 9** menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan fly ash pada mortar geopolimer tersebut akan memperlambat initial setting time yang terjadi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan penelitian dapat ditarik kesimpulan mengenai mortar geopolimer, sebagai berikut:

1. Kualitas mortar geopolimer dipengaruhi dari kadar molaritas NaOH dan perbandingan antara NaOH dan sodium silikat. Semakin tinggi molaritas larutan NaOH akan meningkatkan kuat tekan mortar geopolimer. Hal ini dapat dilihat dari penggunaan larutan NaOH 10M pada pasta geopolimer memiliki hasil kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan larutan NaOH 8M.

2. Kualitas mortar geopolimer juga dipengaruhi oleh perbandingan massa antara larutan (larutan sodium silikat dan larutan NaOH) dengan pasta (lumpur Sidoarjo, *fly ash*, larutan sodium silikat dan larutan NaOH). Semakin sedikit kandungan larutan yang terdapat pada mortar geopolimer akan menghasilkan kuat tekan yang semakin tinggi pula. Akan tetapi dengan sedikitnya kandungan larutan pada mortar geopolimer akan mempengaruhi kelecakan sehingga lebih susah untuk dikerjakan. Hal ini dapat dilihat dari komposisi mortar geopolimer dengan perbandingan larutan dengan pasta sebesar 0,3 memiliki hasil kuat tekan yang paling tinggi yaitu 64 Mpa pada umur 28 hari dan memiliki *flow* sebesar 9 mm. Sehingga dari hasil kuat tekan tersebut dapat dikategorikan sebagai mortar geopolimer mutu tinggi.
3. Pada penelitian tentang pengaruh perbandingan massa lumpur Sidoarjo dan *fly ash*, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penggunaan *fly ash* terhadap lumpur Sidoarjo pada komposisi campuran mortar geopolimer, maka akan meningkatkan kuat tekan mortar geopolimer tersebut. Hal ini dapat dilihat dari komposisi mortar geopolimer yang menggunakan 100% *fly ash* memiliki hasil kuat tekan yang paling tinggi yaitu 104,7 MPa pada umur 28 hari. Partikel *fly ash* yang telah diamati dengan SEM memiliki permukaan butiran yang halus dan berbentuk bulat, sehingga proses pemadatan menjadi lebih baik yang dapat meningkatkan kuat tekan.
4. *Initial setting time* dipengaruhi oleh perbandingan larutan dan pasta, juga dipengaruhi oleh perbandingan lumpur Sidoarjo dan *fly ash*. Semakin banyak kandungan larutan dalam mortar geopolimer maka semakin lama pula *initial setting time* yang terjadi. Dan semakin banyak kandungan *fly ash* yang terdapat dalam mortar geopolimer maka *initial setting* yang terjadi juga semakin lama.

5. DAFTAR REFERENSI

- Aristianto. (2006). *Pemeriksaan Pendahuluan Lumpur Panas Lapindo Sidoarjo*. Balai Besar Keramik Departemen Perindustrian Bandung, Bandung.
- Leoindarto, C., Sanjaya, A., Antoni, A., & Sugiharto, H. (2006). Komposisi Alkaline Aktivato dan Fly Ash Untuk Beton Geopolimer Mutu Tinggi. *Jurnal Dimensi Teknik Sipil*, Universitas Petra Surabaya, 1–50.