

## **BATAKO BERLUBANG GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR LUMPUR SIDOARJO**

Edwin Valentino<sup>1</sup>, David Christianto<sup>2</sup>, Djwantoro Hardjito<sup>3</sup>, Antoni<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Lumpur Sidoarjo merupakan material yang sedang dikembangkan sebagai pengganti semen. Alasan digunakannya lumpur Sidoarjo adalah jumlahnya yang melimpah dan telah terbukti memiliki kandungan yang dapat menggantikan fungsi semen. Oleh karena itu sebaiknya lumpur Sidoarjo dijadikan sebagai produk jadi yang berguna, untuk masyarakat secara luas. Salah satu produk yang cocok diproduksi dari lumpur Sidoarjo adalah batako geopolimer. Batako geopolimer sendiri mempunyai beberapa kelebihan daripada batako pada umumnya, antara lain dapat mengurangi pelepasan gas CO<sub>2</sub> ke atmosfer karena tidak menggunakan semen, sehingga lebih ramah terhadap lingkungan, selain itu bahan geopolimer memiliki ketahanan serangan dari luar. Untuk mengolah lumpur agar siap pakai dalam pembuatan batako, lumpur harus melewati beberapa tahapan, antara lain lumpur harus dijemur selama 24 jam, kemudian dimasukkan ke oven selama 24 jam. Setelah itu lumpur dibakar dengan suhu 650°C selama 9 jam agar sifat lumpur menjadi amorf sehingga dapat digunakan. Lumpur kemudian digiling sampai melewati ayakan nomor 200. Setelah siap dipakai, lumpur dicampurkan dengan pasir, NaOH, serta sodium silikat dengan perbandingan tertentu untuk dijadikan campuran mortar untuk pembuatan batako. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, kuat tekan dan penyerapan air dari mortar menunjukkan hasil yang baik, Sehingga produk batako geopolimer memenuhi syarat batako pada umumnya.

**KATA KUNCI :** lumpur Sidoarjo, geopolimer, NaOH, sodium silikat, amorf, batako.

### **1. PENDAHULUAN**

Lumpur Sidoarjo atau yang lebih dikenal sebagai Lumpur Lapindo merupakan lumpur panas yang menyembur keluar pada saat pengeboran di Dusun Balongnongo Desa Renokenongo Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur, sejak tanggal 29 Mei 2006. Pada awalnya volume lumpur yang keluar rata-rata mencapai  $\pm 100.000$  m<sup>3</sup>/hari. Namun akhir-akhir ini diperkirakan volume lumpur yang keluar sebesar 25.000-50.000 m<sup>3</sup>/hari menurut data BPLS (Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo) tahun 2012. Akibat dari penyemburan lumpur Sidoarjo ini adalah luas tanah  $\pm 700$  ha tergenang oleh lumpur tersebut, dimana tanah seluas  $\pm 700$  ha ini dulunya merupakan tempat hidup sebagian warga Porong. Dampak lainnya adalah akumulasi volume lumpur yang terus bertambah sehingga menyebabkan tempat penampungan atau tanggul penuh dan tidak mampu menampung lumpur yang keluar lagi. Faktanya tanggul yang digunakan untuk menampung lumpur sekarang sudah mencapai tinggi antara 11-12 meter. Hal ini menjadi pertimbangan karena semakin tinggi tanggul maka semakin beresiko untuk terjadinya kerusakan, salah satu contohnya adalah tanggul jebol. Hal ini sangat dihindarkan karena letak tanggul persis di sebelah jalan raya yang biasa digunakan untuk menghubungkan kota Surabaya-Malang, sehingga dapat membahayakan pengguna jalan raya. Oleh karena itu pihak BPLS membuang sebagian lumpur ke sungai Porong, namun hal ini memiliki dampak

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Universitas Kristen Petra, edwinvalen2509@gmail.com

<sup>2</sup> Mahasiswa Universitas Kristen Petra, g.five\_1291@yahoo.co.id

<sup>3</sup> Dosen Universitas Kristen Petra djwantoro.h@petra.ac.id

<sup>4</sup> Dosen Universitas Krsiten Petra, antoni@petra.ac.id

lingkungan yang negatif. Upaya lain yang dilakukan adalah menggunakan lumpur Sidoarjo sebagai padatan untuk material bangunan, salah satunya adalah dengan mengolah lumpur Sidoarjo menjadi bahan dasar beton geopolimer.

Beton geopolimer pada masa sekarang ini sedang marak-maraknya dikembangkan oleh para ahli. Hal ini terjadi karena beton geopolimer dimungkinkan untuk dibuat dengan bahan-bahan sisa yang tidak terpakai lagi. Selain itu bahan-bahan sisa tersebut dapat digunakan untuk menghemat atau menggantikan fungsi semen.

Beton geopolimer yang tidak menggunakan campuran semen sedikitpun, dapat mengurangi pelepasan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) ke atmosfer. Hal ini bisa terjadi karena setiap penggunaan semen sebanyak satu ton dapat melepaskan kurang lebih 1 ton  $\text{CO}_2$  (Lloyd & Rangan, 2009).

Beton geopolimer juga memiliki ketahanan api yang baik, ketika sebuah panel dengan tebal 10 mm dibakar dengan suhu  $1100^\circ\text{C}$ , suhu dari sisi sebaliknya panel tersebut setelah 35 menit hanya mencapai  $240\text{-}283^\circ\text{C}$  (Cheng & Chiu, 2003).

Beton geopolimer mampu menahan korosi yang terjadi pada baja tulangan lebih baik dari pada beton konvensional biasa. Hal ini meningkat bersamaan dengan kuat tekan beton geopolimer (Yodmune & Yodsudjai, 2006).

Beton geopolimer sangat memerlukan bahan dasar yang mengandung banyak unsur silikon (Si) dan aluminium (Al). Itulah hal yang diungkapkan oleh (Hardjito dkk, 2005). Pada awalnya bahan yang paling sering digunakan untuk beton geopolimer yaitu abu terbang (*fly ash*). *Fly ash* memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  sebesar 47% dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 18% (Yodmune & Yodsudjai, 2006).

Kemudian sejak terjadinya semburan lumpur Sidoarjo, banyak dilakukan penelitian tentang kandungan yang terdapat didalam lumpur Sidoarjo. Salah satunya, pada tahun 2007 hasil penelitian (Ekaputri, n.d.) menunjukkan bahwa lumpur Sidoarjo memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  sebesar 53% dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 18%. Dari hasil ini didapatkan bahwa kandungan lumpur Sidoarjo memiliki kandungan yang hampir sama dengan *fly ash*.

Pembakaran lumpur yang paling optimal yaitu dengan menggunakan suhu  $600^\circ\text{C}$  dan  $800^\circ\text{C}$  hal ini didapat dari nilai kuat tekan dan SAI yang terbesar (D Hardjito, Wibowo, & Chandra, n.d.)

Pada penelitian beton geopolimer dengan bahan dasar fly ash didapatkan hasil bahwa dengan suhu curing  $300^\circ\text{C}$  hingga  $900^\circ\text{C}$  kuat tekan beton mengalami peningkatan hingga 67,6 MPa (Djwantoro Hardjito et al., 2005)

Ukuran butiran dari lumpur Sidoarjo mempengaruhi kuat tekan dari mortar geopolimer, pada penelitian yang dilakukan (D Hardjito, Chandra, & Widodo, n.d.) didapatkan hasil bahwa ukuran butiran  $<63\ \mu\text{m}$  dan lama penggilingan 8 jam memiliki kuat tekan yang paling baik, yaitu sebesar 50.80 MPa.

Melihat kandungan yang dimiliki lumpur Sidoarjo, ini menunjukkan bahwa lumpur Sidoarjo berpotensi sebagai alternatif bahan dasar pembuatan beton geopolimer. Selain itu karena jumlah lumpur Sidoarjo yang melimpah dan belum termanfaatkan dengan baik, maka dengan melakukan penelitian ini, penulis berharap dapat menjadikan lumpur Sidoarjo menjadi sesuatu yang bermanfaat. Batako adalah salah satu produk yang dapat dihasilkan dengan menggunakan bahan beton geopolimer. Oleh karena itu akan dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mewujudkan batako geopolimer berbahan dasar lumpur Sidoarjo.

## 2. RANCANGAN PENELITIAN

### Umum

Bab ini akan menjelaskan tentang cara, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian pembuatan batako dengan bahan dasar lumpur Sidoarjo. Penelitian ini pertama-tama akan dimulai dengan dengan pengelolaan lumpur Sidoarjo mentah yang setelah dikurangi kadar airnya dengan menggunakan oven bersuhu 110°C selama 24 jam. Kemudian dibakar dengan suhu 650°C selama 9 jam untuk menjadikan lumpur Sidoarjo yang sebelumnya masih berbentuk kristal dapat bersifat amorf. Setelah itu lumpur digiling selama 8 jam sampai melewati ayakan nomor 200. Ketika semua sudah selesai dilakukan, penelitian dilanjutkan dengan pembuatan mortar geopolimer berukuran 5cmx5cmx5cm dan dipilih hasil yang paling mendekati syarat kuat tekan vertikal batako yang tertera di dalam SK-SNI S-04-1989-F. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan batako geopolimer berukuran 10cmx20cmx40cm sesuai komposisi mortar tersebut.

### Metode Penelitian

Benda uji yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah mortar beton geopolimer dan batako geopolimer. Mortar menggunakan ukuran 5cmx5cmx5cm sedangkan batako berukuran 10cmx20cmx40cm. Dalam penelitian kali ini lumpur yang sudah diolah sehingga siap digunakan, dicampurkan dengan pasir lumajang dengan berbagai perbandingan dimulai dari 1:5,1:6,1:7, dan 1:8 serta air sebanyak 10% dari berat total tiap-tiap benda uji. Kemudian air dilarutkan dengan beberapa jenis kandungan NaOH, yaitu 7.2 gr, 9.6 gr, dan 12 gr. Setelah itu barulah campurkan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  ke dalam campuran NaOH yang telah disiapkan. Campuran antara NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  memiliki perbandingan berat 1:2. Contohnya untuk membuat satu benda uji mortar dengan perbandingan lumpur dan pasir sebesar 1:5, dimana berat satu benda uji sebesar 300 gram. Maka bahan-bahan yang harus disiapkan adalah lumpur Sebanyak 50 gram, pasir 250 gram, air 30 gram, NaOH 7,2 gram serta  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  14,4 gram. Pada pengujian kali ini juga akan ditambahkan polycarboxylate dan naphthaline sebesar 1%, 2%, dan 3% pada sample 1:8. Langkah kerjanya secara singkat yaitu setelah semua bahan disiapkan, air dicampurkan dengan NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  sampai larut. Kemudian dituangkan kedalam lumpur dan pasir yang sudah dicampur terlebih dahulu. Setelah pencampuran antara semua unsur merata, campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang sudah disediakan lalu dimasukkan kedalam oven dengan suhu 90°C selama 24 jam. Sehabis itu tiap-tiap mortar dilepaskan dari cetakan dan diuji kuat tekannya ketika berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pengetesan yang digunakan untuk menguji kekuatan beton geopolimer yaitu dengan tes kuat tekan beton sesuai SNI 03-1974-1990, sedangkan untuk menguji kelayakan dari batako yaitu dengan menggunakan peraturan yang tercantum dalam SK SNI S-04-1989-F. Setelah itu hasilnya dianalisis dan disajikan dalam **Tabel 1**.

**Tabel 1. Syarat-Syarat Fisis Bata Beton Pejal**

SYARAT FISIS	SATUAN	TINGKAT MUTU			
		I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto rata-rata, min	MPa	10	7	4	2.5
2. Kuat tekan bruto tiap benda uji, min	MPa	9	6.5	3.5	2.1
3. Penyerapan air rata-rata, maks	%	25	35	--	--

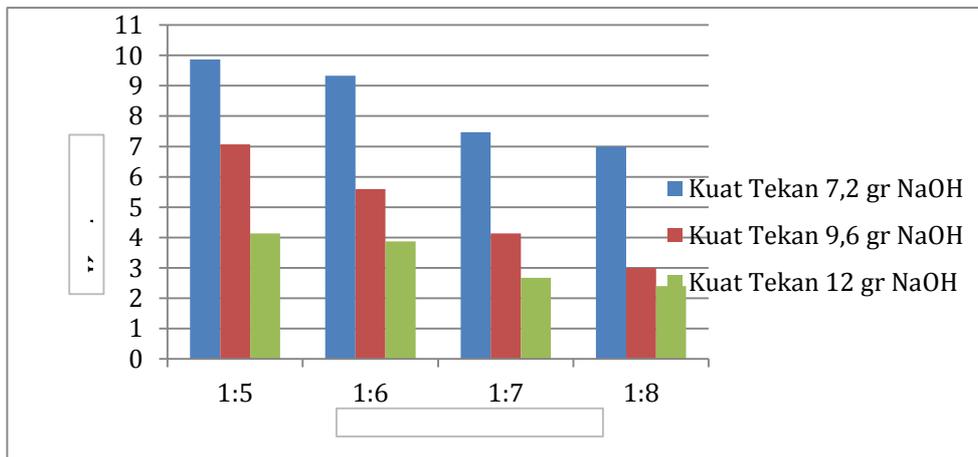
Sumber: SK SNI S – 04 –1989 –F

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

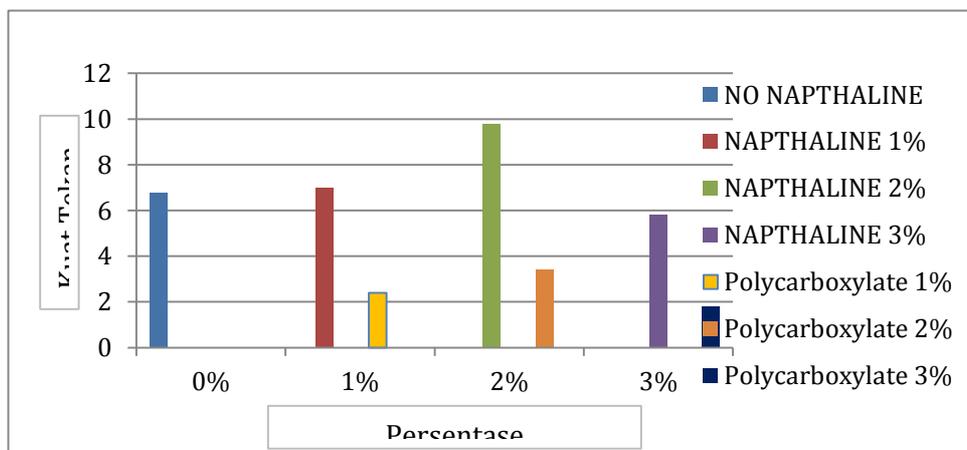
Dari hasil pengujian kuat tekan umur 14 hari pada mortar beton geopolimer berukuran 5cmx5cmx5cm. Dapat dilihat pada **Gambar 1** bahwa hasil kuat tekan dari mortar geopolimer, semua sample mortar dengan kandungan 7,2 gr NaOH serta mortar dengan perbandingan 1 lumpur : 5 pasir dengan kandungan 9,6 gr NaOH jika dibandingkan dengan SK SNI S – 04 –1989 –F, layak untuk masuk dalam syarat batako kelas 2.

Sedangkan untuk semua sisanya kecuali mortar dengan perbandingan 1 lumpur : 8 pasir dengan kandungan 12 gr NaOH, memenuhi syarat batako kelas 3. Untuk mortar dengan perbandingan 1 lumpur : 8 pasir dengan kandungan 12 gr NaOH hanya memenuhi syarat dari batako kelas 4.

Jika dianalisa lebih dalam dilihat dari **Gambar 1** dapat dilihat bahwa kuat tekan mortar dengan kandungan 7,2 gr NaOH lebih tinggi dari pada mortar dengan kandungan 9,6 gr dan 12 gr NaOH. Hal ini bisa terjadi karena workability dari campuran mortar dengan kandungan NaOH yang semakin tinggi pula akan semakin berkurang. Dengan kandungan NaOH yang tinggi maka air yang digunakan sebagai pencampur campuran mortar menjadi lebih kental sehingga pada saat pencetakan juga akan semakin sulit. Untuk hasil dari kuat tekan dapat dilihat pada **Tabel 2**.



**Gambar 1. Hasil kuat tekan benda uji 6 Mol berumur 14 hari**



**Gambar 2. Hasil kuat tekan mortar dengan superplaztisiser umur 7 hari**

**Tabel 2. Hasil Kuat Tekan Umur 14 Hari**

NaOH (gr)	Jenis Sample	Nama Sample	Berat Jenis (gr/cm3)	Rata-rata (Mpa)		
7,2	1:5	A4	2.21	9.87		
	1:5	A5	2.30			
	1:5	A6	2.26			
	7,2	1:6	B4	2.19	9.33	
		1:6	B5	2.27		
		1:6	B6	2.13		
	7,2	1:7	C4	2.19	7.47	
		1:7	C5	2.16		
		1:7	C6	2.26		
		7,2	1:8	D4	2.16	7.00
			1:8	D5	2.13	
			1:8	D6	2.12	
9,6	1:5	E4	2.28	7.07		
	1:5	E5	2.22			
	1:5	E6	2.28			
	9,6	1:6	F4	2.21	5.60	
		1:6	F5	2.25		
		1:6	F6	2.29		
	9,6	1:7	G4	2.36	4.13	
		1:7	G5	2.29		
		1:7	G6	2.26		
		9,6	1:8	H4	2.21	3.00
			1:8	H5	2.11	
			1:8	H6	2.21	
12	1:5	I4	2.28	4.13		
	1:5	I5	2.35			
	1:5	I6	2.36			
	12	1:6	J4	2.27	3.87	
		1:6	J5	2.29		
		1:6	J6	2.37		
	12	1:7	K4	2.26	2.67	
		1:7	K5	2.27		
		1:7	K6	2.33		
	12	1:8	L4	2.12	2.40	
		1:8	L5	2.25		
		1:8	L6	2.28		

Pada **Gambar 2** dapat dianalisa bahwa mortar dengan campuran polycarboxylate memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan mortar yang tidak menggunakan polycarboxylate. Hal ini terjadi karena polycarboxylate tidak bisa bereaksi jika harus digabungkan dengan NaOH. Tetapi mortar dengan campuran naphthaline memiliki hasil yang positif, dengan pencampuran naphthaline dengan jumlah yang tepat pada penelitian ini adalah 2 % maka kuat tekan dari mortar geopolimer menjadi meningkat. Jika penambahan naphthaline terlalu banyak maka hal ini akan mengakibatkan kuat tekan menjadi menurun karena sample mortar tidak bisa *setting* dengan keadaan yang tepat.

Pada **Tabel 3** dapat dianalisa bahwa, mortar geopolimer dengan perbandingan 1 lumpur : 7 pasir memiliki resapan air yang paling baik yaitu sebesar 3,47%. Hal ini dipengaruhi oleh kepadatan dari sample mortar, semakin padat sample mortar yang diuji maka penyerapan airnya juga akan semakin rendah. Dari hasil yang didapatkan maka mortar dengan kandungan 7,2 gr NaOH layak untuk dibuat sebagai batako kelas 1, karena memenuhi syarat yang diajukan pada batako kelas satu

**Tabel 3. Penyerapan Air**

NaOh (gr)	Jenis Sample	Nama Sample	Berat Sample Kering (gr)	Berat Sample Basah (gr)	Penyerapan (%)
7,2	1:5	A10	264	282	6.70%
	1:5	A11	242	261	
	1:5	A12	258	272	
	1:6	B10	288	299	3.47%
	1:6	B11	276	285	
	1:6	B12	270	279	
	1:7	C10	277	285	2.77%
	1:7	C11	275	282	
	1:7	C12	279	287	
	1:8	D10	269	278	3.43%
	1:8	D11	273	282	
	1:8	D12	274	284	

#### 4. KESIMPULAN

1. Kuat tekan batako bergantung pada seberapa banyaknya pasir yang digunakan, semakin banyak pasir maka semakin rendah kuat tekannya.
2. Penggunaan naphthaline yang paling baik untuk menambah kuat tekan batako yaitu penggunaan sebanyak 2%.
3. Kuat tekan terbesar didapat dari perbandingan 1 lumpur : 5 pasir, yaitu sebesar 9.87 MPa pada umur 14 hari dengan kandungan NaOH sebesar 7,2 gr.
4. Semakin tinggi kandungan NaOH maka kuat tekannya akan semakin berkurang juga, hal ini disebabkan oleh kelecakan yang berkurang karena semakin tinggi kandungan NaOH maka campurannya semakin kental.
5. Semakin tinggi perbandingan pasir yang digunakan maka *workability* dari campuran akan semakin baik
6. Dilihat dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka semua mortar dengan kandungan 7,2 gr NaOH memenuhi syarat batako kelas dua.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cheng, T. W., & Chiu, J. P. (2003). *Fire-Resistant Geopolymer Produced by Granulated Blast Furnace Slag*, 16, 205–210. doi:10.1016/S0892-6875(03)00008-6
- Ekaputri, J. J. (n.d.). *Study on Porong Mud-Based Geopolymer Concrete*.
- Hardjito, D, Chandra, L., & Widodo, T. H. (n.d.). *On the Development of High Volume Volcanic Mud*, V, 1–7.
- Hardjito, D, Wibowo, F., & Chandra, N. W. (n.d.). *Influence of Heat Treatment Temperature , Particle Fineness and Replacement Ratio of Sidoarjo Mud as Pozzolanic Material*, 1–4.
- Hardjito, Djwantoro, Wallah, S. E., Sumajouw, D. M. J., & Rangan, B. V. (2005). On the Development of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. *ACI Materials Journal*, 101(101), 467–
- Lloyd, N. A., & Rangan, V. B. (2009). *Durability of Geopolymer Concrete Box Culverts – a Green Alternative Durability of Geopolymer Concrete Box Culverts*
- Yodmune, S., & Yodsudjai, W. (2006). *Study on Corrosion of Steel Bar in Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*, 189–194.