

PEMBUATAN BATAKO DENGAN MEMANFAATKAN CAMPURAN FLY ASH DAN LUMPUR SIDOARJO DENGAN KADAR YANG TINGGI

Arnold Phengkarsa¹, Hendra S. Wibawa², Djwantoro Hardjito³

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif dalam pengolahan limbah lumpur Sidoarjo dan limbah abu batu bara yang ramah lingkungan dan menambah nilai guna dari limbah lumpur Sidoarjo dan limbah batu bara. Penggunaan limbah lumpur Sidoarjo dan limbah batu bara mengurangi penggunaan semen portland yang menyebabkan *global warming* karena melepaskan gas CO₂. Kandungan yang dimiliki oleh lumpur Sidoarjo telah terbukti memiliki sifat yang sama seperti semen dan dapat menggantikan semen. Akan tetapi dalam pemanfaatan lumpur Sidoarjo membutuhkan banyak energi dalam proses pengolahannya. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan lumpur Sidoarjo dan *fly ash* sebagai material dalam pembuatan batako. Selain itu penelitian ini juga bervariasi perbandingan volume lumpur Sidoarjo dan *fly ash*, serta lama proses penggilingan lumpur Sidoarjo. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Hal ini bertujuan agar dapat mengetahui komposisi campuran mortar yang terbaik pada batako, sehingga mendapatkan mutu yang tinggi dan dapat digunakan di lapangan. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan memanfaatkan lumpur Sidoarjo dan *fly ash* sebagai material pembuatan batako berhasil mencapai kuat tekan sebesar 14 MPa yang memenuhi syarat mutu bata beton tingkat 1.

KATA KUNCI: batako, *fly ash*, lumpur Sidoarjo, kadar yang tinggi, kuat tekan

1. PENDAHULUAN

Kehadiran limbah industri seringkali menjadi masalah dalam masyarakat karena menimbulkan dampak negatif. Namun, tidak semua limbah dari hasil pabrik tidak dapat digunakan. Salah satu contohnya adalah limbah dari hasil pembakaran batu bara yang disebut *fly ash*. *Fly ash* dapat dikategorikan sebagai bahan pozzolan. *Fly ash* merupakan limbah padat hasil pembakaran batu bara yang paling banyak dihasilkan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). PLTU di Indonesia yang menggunakan bahan bakar batubara antara lain PLTU Suralaya, Jawa Barat, dan PLTU Paiton. PLTU Suralaya menghasilkan *fly ash* maupun *bottom ash* sebanyak 700.000 ton/tahun, sedangkan PLTU Paiton menghasilkan 1000.000 ton/tahun (Andoyo, 2006).

Begitu juga dengan lumpur Sidoarjo yang keluar sejak tanggal 29 Mei 2006 hingga sekarang belum menunjukkan adanya tanda-tanda akan berhenti. Menurut penelitian, semburan lumpur Sidoarjo diperkirakan masih akan berlangsung selama beberapa dekade lagi (Rudolph, et al., 2011).

Banyak upaya yang dilakukan untuk mengurangi volume lumpur Sidoarjo yang keluar, salah satunya pembuangan lumpur Sidoarjo ke laut, namun upaya ini berdampak pada pencemaran lingkungan. Oleh sebab itu diperlukan alternatif lain yang tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Upaya

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21408065@john.petra.ac.id

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21409129@john.petra.ac.id

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra djwantoro.h@petra.ac.id

tersebut antara lain dengan memanfaatkan lumpur Sidoarjo sebagai bahan pembuatan genting. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa lumpur Sidoarjo dapat digunakan sebagai bahan pengganti tanah liat (Wiryasa, et.al., 2007).

Neville (1998) menyatakan bahwa sifat pozzolan dapat dimiliki oleh bahan-bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina. Bahan tersebut tidak memiliki sifat seperti semen akan tetapi bila bahan tersebut digiling dengan halus kemudian bereaksi dengan air akan membentuk senyawa CSH dan CAH sehingga mempunyai sifat seperti semen. Oleh karena itu dengan mencampurkan *fly ash* dengan lumpur Sidoarjo diharapkan dapat menghasilkan kuat tekan mortar yang baik. Sehingga dapat memanfaatkan material lumpur Sidoarjo sebagai mortar dengan mutu tinggi untuk pembuatan batako. Styrofoam adalah suatu bahan yang terbuat dari polistirin yang dikembangkan yang mempunyai berat satuan sangat ringan yaitu 13 kg/m^3 sampai 16 kg/m^3 . Karena ringannya bahan styrofoam ini, maka batako yang dihasilkan juga akan sangat ringan bila dibandingkan dengan batako pada umumnya yang menggunakan pasir. Selain bahannya yang ringan, batako dengan menggunakan styrofoam sebagai bahan pengganti pasir ini mempunyai keuntungan lain yaitu biaya pembuatan yang lebih murah dan mempunyai berat yang ringan. Karena styrofoam memiliki berat satuan yang ringan serta memerlukan biaya pembuatan yang lebih murah dibandingkan dengan batako pada umumnya, maka dilakukan penelitian dengan mengganti pasir dengan menggunakan styrofoam.

2. METODE PENELITIAN

Setelah melakukan pengambilan lumpur Sidoarjo dalam kondisi basah, lumpur Sidoarjo dibentuk dalam ukuran $20 \times 20 \text{ cm}^2$, dengan ketebalan $\pm 2 \text{ cm}$ kemudian dibagi menjadi 4 bagian menyerupai batu bata dengan tujuan agar pada proses pembakaran lumpur Sidoarjo matang secara merata. Proses dilanjutkan dengan memasukkan sampel lumpur ke dalam oven pada suhu 110°C selama 1 hari untuk pengeringan sampel. Lumpur yang telah kering dimasukkan ke dalam mesin *furnace* selama 6 jam dengan suhu antara $\pm 700^\circ \text{C}$ untuk proses pembakaran, kemudian dilakukan penggilingan dengan menggunakan *bar mill* selama 2 jam, 4 jam dan 8 jam.

Pada tahap pertama dalam penelitian ini, penelitian dimulai dengan pembuatan sampel mortar batako dengan bentuk kubus berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$. Pembuatan sampel ini menggunakan komposisi perbandingan volume *fly ash* dan lumpur Sidoarjo 70%:30% dan perbandingan material pengikat dengan pasir 1:7, 1:8, dan 1:9. Komposisi *pozzolan* itu sendiri digunakan dengan kadar 40%, 50% dan 60%. Massa air yang digunakan adalah 10% dari berat total satu sample (300 gr).

Pada tahap kedua dalam penelitian ini, peneliti memvariasikan komposisi perbandingan volume lumpur Sidoarjo dan *fly ash* 40%:60%, 50%:50%, 60%:40% dengan perbandingan volume material pengikat dan pasir 1 : 9 . Massa air yang digunakan adalah 10% dari berat total satu sample (300 gr). Campuran mortar yang telah dibuat ini kemudian dituangkan ke dalam bekisting yang berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$ dan langsung dilepas dari bekisting.

Pada tahap ketiga dalam penelitian ini, peneliti memvariasikan pada lama proses penggilingan untuk 2 jam, 4 jam dan 8 jam. . Komposisi campuran mortar yang digunakan adalah perbandingan volume material pengikat : pasir 1 : 9. Massa air untuk komposisi campuran mortar adalah 10% dari massa total campuran mortar.

Pada tahap keempat dalam penelitian ini, peneliti mengganti material pasir dengan styrofoam guna mendapatkan batako yang ringan. Tujuan pada tahap ini untuk mencari komposisi terbaik dalam campuran mortar dengan memperhatikan syarat berat jenis beton ringan antara $600 - 800 \text{ kg/m}^3$.

3. ANALISA DAN HASIL

3.1 Peninjauan Komposisi Perbandingan Volume Material Pengikat dan Pasir terhadap Kuat Tekan Batako.

Pada penelitian batako dibuat 9 benda uji untuk setiap komposisi, dengan volume yang sama yaitu $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$. Komposisi campuran mortar pada penelitian ini menggunakan perbandingan volume material pengikat dan pasir 1:7, 1:8, dan 1:9. Untuk komposisi pozzolan digunakan kadar 40%, 50% dan 60% dimana pozzolan terdiri dari lumpur Sidoarjo dan *Fly ash*. Massa air yang digunakan pada

komposisi campuran mortar sebesar 10% dari massa total campuran mortar. Berikut pada **Tabel 1-3** disertakan komposisi campuran mortar.

Tabel 1. Komposisi Campuran Mortar pada Perbandingan Volume Material Pengikat dengan Pasir 1:7

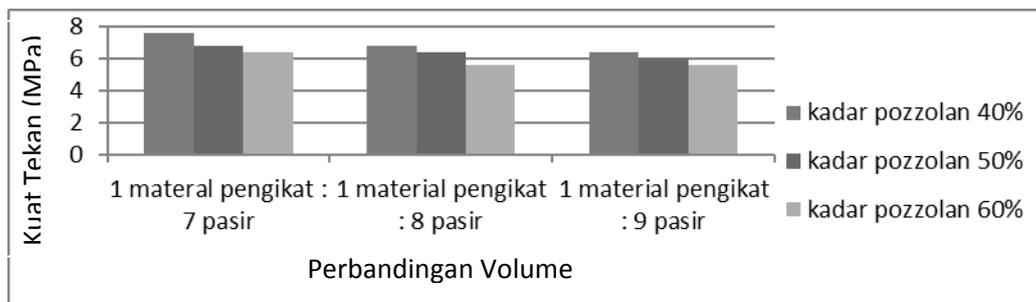
No	Kadar pozzolan (%)	Lumpur 30% (kg/m ³)	Fly ash 70% (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Air (kg/m ³)
1	40	40.80	95.28	204.24	2059.60	240
2	50	52.16	121.76	173.92	2052.16	240
3	60	63.84	148.88	141.84	2045.52	240

Tabel 2. Komposisi Campuran Mortar pada Perbandingan Volume Material Pengikat dengan Pasir 1:8 untuk per m³

No	Kadar pozzolan (%)	Lumpur 30% (kg/m ³)	Fly ash 70% (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Air (kg/m ³)
4	40	36.40	84.88	181.92	2096.80	240
5	50	46.48	108.40	154.80	2090.32	240
6	60	56.88	132.80	126.48	2083.76	240

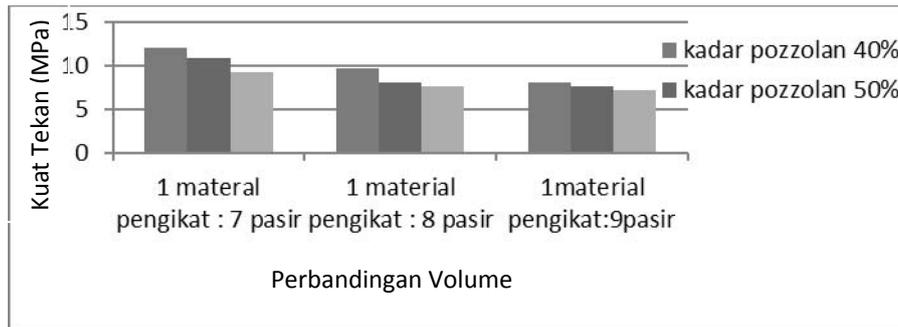
Tabel 3. Komposisi Campuran Mortar pada Perbandingan Volume Material Pengikat dengan Pasir 1:9 untuk per m³

No	Kadar pozzolan (%)	Lumpur 30% (kg/m ³)	Fly ash 70% (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Air (kg/m ³)
7	40	32.80	76.56	164	2126.64	240
8	50	41.92	97.76	139.68	2120.48	240
9	60	51.28	119.68	114	2114.96	240



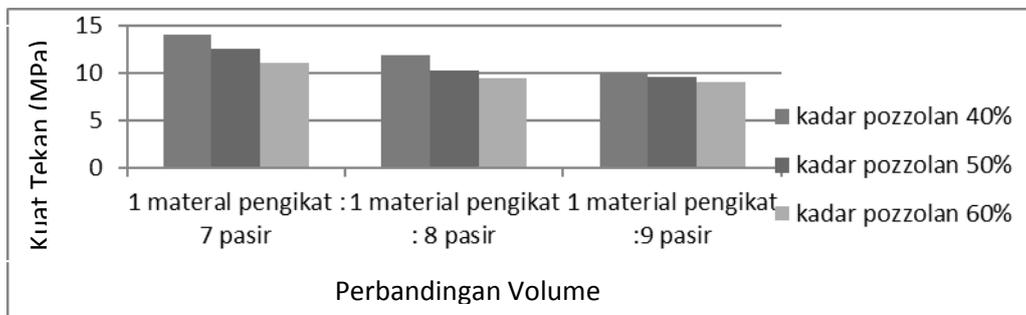
Gambar 1. Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari dengan Variabel Perbandingan Volume Material Pengikat dan Pasir

Dari **Gambar 1** didapat analisa bahwa komposisi batako yang memiliki kuat tekan terbaik yaitu dengan perbandingan volume 1 material pengikat : 7 pasir dengan kadar pozzolan 40%. Kuat tekan terbaik yang dicapai yaitu 7,6 MPa. Hasil yang didapat terjadi karena volume material pengikat terutama semen yang semakin banyak sedangkan volume pasir yang semakin sedikit mengakibatkan rekatan antar agregat akan semakin meningkat. Hasil ini sama dengan yang didapat oleh Antoni, et al. (2012) yaitu semakin banyak penggunaan pasir maka kuat tekannya semakin menurun.



Gambar 2. Hasil Kuat Tekan Umur 14 Hari dengan Variabel Perbandingan Volume Material Pengikat dan Pasir

Dari **Gambar 2.** didapat analisa bahwa hasil kuat tekan tertinggi tetap dimiliki oleh batako dengan komposisi perbandingan volume 1 material pengikat : 7 pasir dengan kadar pozzolan 40%. Kuat tekan terbaik yang dicapai adalah 12 MPa dan menunjukkan hasil yang cukup mencolok dibandingkan dengan komposisi perbandingan volume 1 : 8 dan 1:9. Peningkatan kekuatan dari umur 7 hari menuju 14 hari menunjukkan hasil yang cukup tinggi. Peningkatan yang terjadi sebesar 4,4 MPa.



Gambar 3. Hasil Kuat Tekan Umur 28 Hari dengan Variabel Perbandingan Volume Material Pengikat dan Pasir

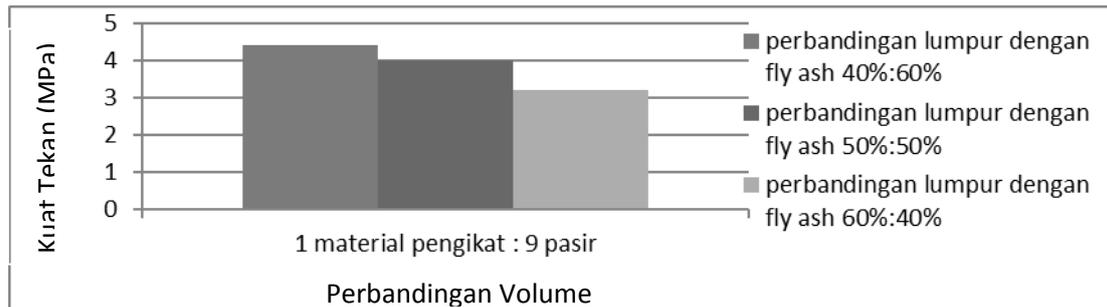
Pada **Gambar 3.** dapat dilihat bahwa hasil kuat tekan batako yang terbaik tetap dimiliki oleh batako dengan perbandingan volume 1 material pengikat : 7 pasir dengan kadar pozzolan 40%. Kuat tekan terbaik yang dicapai adalah 14 MPa. Peningkatan kekuatan tekan batako pada umur 14 hari menuju 28 hari tidak menunjukkan hasil yang cukup tinggi. Peningkatan yang terjadi sebesar 2 MPa.

3.2 Peninjauan Pengaruh Kuat Tekan Batako dengan Menggunakan Variabel Perbandingan Berat Lumpur dengan *Fly Ash*

Pada penelitian ini dibuat 9 sampel untuk setiap komposisi dengan volume yang sama yaitu 5x5x5 cm³. Variabel yang digunakan pada tahap ini adalah perbandingan volume lumpur Sidoarjo dengan *fly ash* yaitu 40% : 60%, 50% :50%, 60% : 40%. Massa air untuk komposisi campuran mortar adalah 10% dari massa total campuran mortar. Berikut pada **Tabel 4.** disertakan komposisi campuran mortar.

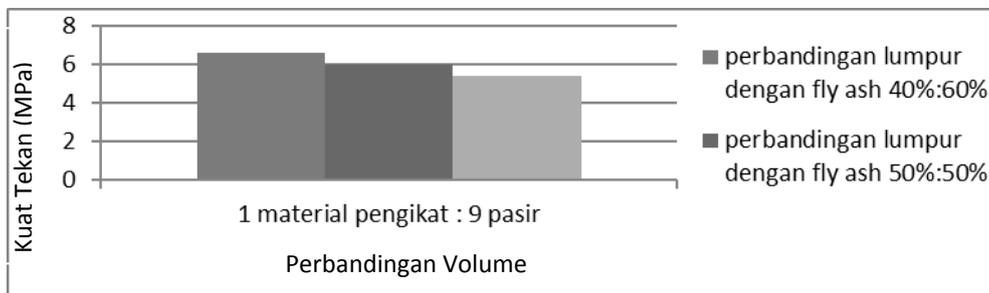
Tabel 4. Komposisi Campuran Mortar pada Perbandingan Berat Material Pengikat dengan Pasir 1:9 dengan Variabel Perbandingan Lumpur Sidoarjo dengan *Fly Ash* 40%:60%, 50%:50%, 60%:40%

No	Kadar pozzolan (%)	Lumpur (kg/m ³)	<i>Fly ash</i> (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Air (kg/m ³)
10	60	66.32	99.44	110.48	2123.68	240
11	60	64.08	96.16	106.88	2132.8	240
12	60	93.04	62	103.36	2141.52	240



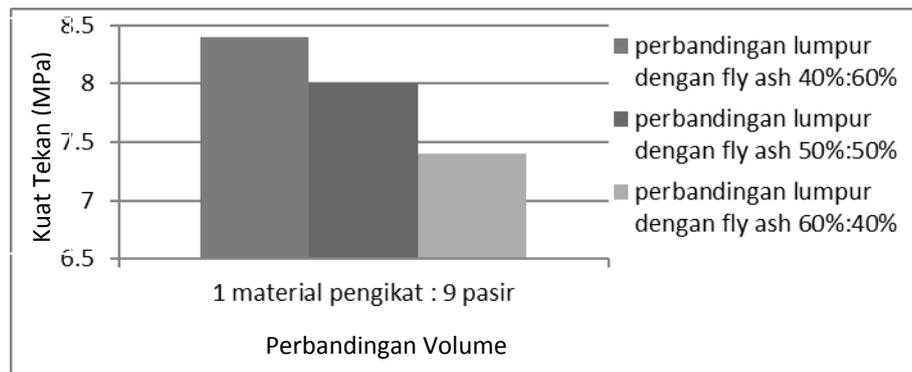
Gambar 4 Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari dengan Variabel Perbandingan Berat Lumpur dan Fly Ash

Dari Gambar 4. dapat dianalisa bahwa mortar berumur 7 hari dengan komposisi perbandingan volume lumpur dengan fly ash 40%:60% memiliki kuat tekan yang terbaik yaitu 4,4 MPa dan menunjukkan hasil yang tidak terlalu mencolok dengan komposisi perbandingan volume lumpur Sidoarjo dengan fly ash 50% : 50%. Peningkatan kekuatan tekan batako pada umur 7 hari mengalami hasil yang cukup tinggi.



Gambar 5. Hasil Kuat Tekan Umur 14 Hari dengan Variabel Perbandingan Lumpur dan Fly Ash

Dari Gambar 5. dapat dianalisa bahwa mortar berumur 14 hari dengan komposisi perbandingan lumpur dengan fly ash 40%:60% masih memiliki kuat tekan yang terbaik yaitu 6,6 MPa.



Gambar 6. Hasil Kuat Tekan Umur 28 Hari dengan Variabel Perbandingan Lumpur dan Fly Ash

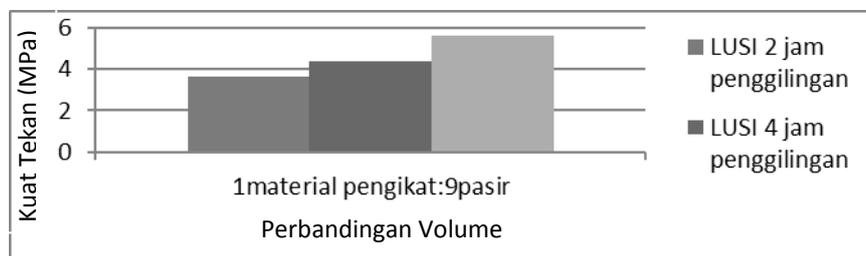
Dari Gambar 6. menunjukkan bahwa komposisi campuran mortar dengan perbandingan lumpur Sidoarjo dan fly ash 40% : 60% memiliki hasil kuat tekan terbaik yaitu 8,4 MPa dibandingkan dengan komposisi campuran mortar dengan perbandingan lumpur Sidoarjo dan fly ash 50% : 50% dan 40% : 60%. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa komposisi fly ash dalam campuran mortar memiliki pengaruh yang besar terhadap kuat tekan batako. Hal ini terjadi karena fly ash memiliki ukuran butiran yang halus tanpa melalui proses penggilingan yaitu lolos ayakan NO. 325 (45 mili mikron) 5-27%, dengan specific gravity antara 2,15-2,8 (ACI Committee 226). Penggunaan fly ash pada campuran mortar batako juga mengurangi kebutuhan energi karena memiliki ukuran butiran yang sangat halus tanpa melalui proses penggilingan.

3.3 Peninjauan Pengaruh Kuat Tekan Batako dengan Menggunakan Variabel Lama Penggilingan Lumpur Sidoarjo

Pada penelitian ini dibuat 9 sampel untuk setiap komposisi dengan volume yang sama yaitu $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$. Variabel yang digunakan pada tahap ini adalah lama proses penggilingan lumpur Sidoarjo yaitu 2 jam, 4 jam dan 8 jam. Komposisi campuran mortar yang digunakan adalah perbandingan volume material pengikat : pasir 1:9. Massa air untuk komposisi campuran mortar adalah 10% dari massa total campuran mortar. Berikut pada **Tabel 5**. disertakan komposisi campuran mortar.

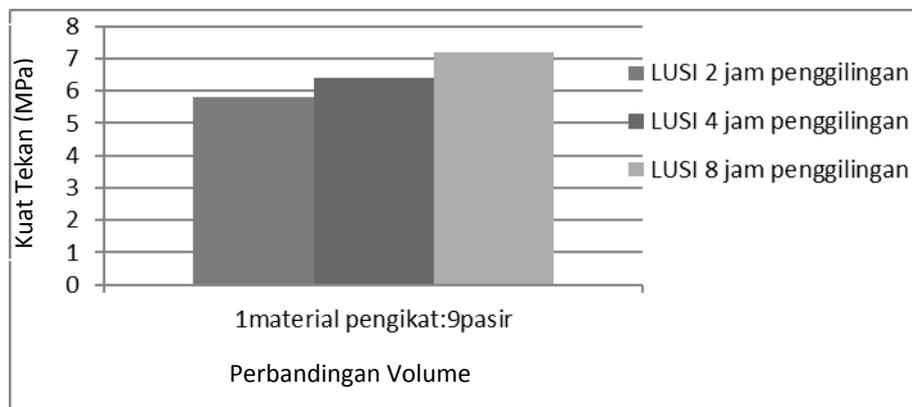
Tabel 5. Komposisi Campuran Mortar pada Perbandingan Material Pengikat dengan Pasir 1:9 dengan Perbedaan Penggilingan Lumpur Sidoarjo 2 jam, 4 jam, dan 8 jam.

Kode	Kadar pozzolan (%)	Lumpur (kg/m^3)	Fly ash (kg/m^3)	Semen (kg/m^3)	Pasir (kg/m^3)	Air (kg/m^3)
A-C	60	51.28	119.68	114	2114.96	240



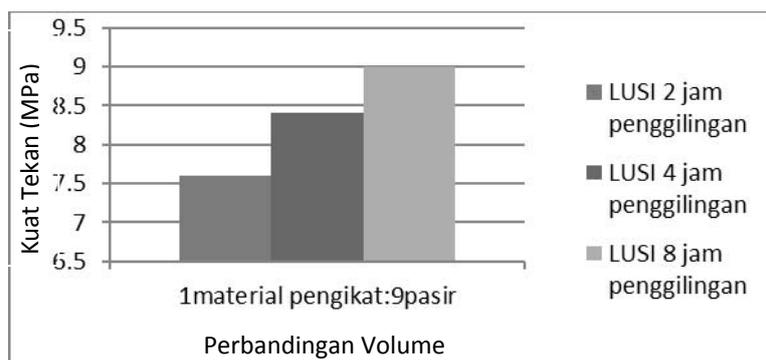
Gambar 7. Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari dengan Variabel Lama Penggilingan LUSI

Dari **Gambar 7**. menunjukkan bahwa komposisi campuran mortar dengan lama penggilingan lumpur Sidoarjo 8 jam memiliki hasil kuat tekan terbaik yaitu 5,6 MPa dibandingkan dengan komposisi campuran mortar dengan lama penggilingan lumpur Sidoarjo 2 jam dan 4 jam.



Gambar 8. Hasil Kuat Tekan Umur 14 Hari dengan Variabel Lama Penggilingan LUSI

Dari **Gambar 8**. menunjukkan bahwa komposisi campuran mortar dengan lama penggilingan lumpur Sidoarjo 8 jam memiliki hasil kuat tekan terbaik yaitu 8,4 MPa dibandingkan dengan komposisi campuran mortar dengan lama penggilingan lumpur Sidoarjo 2 jam dan 4 jam.



Gambar 9. Hasil Kuat Tekan Umur 28 Hari dengan Variabel Lama Penggilingan LUSI

Dari **Gambar 9.** menunjukkan komposisi campuran mortar dengan lama penggilingan lumpur Sidoarjo 8 jam memiliki hasil kuat tekan terbaik sebesar 9 MPa dibandingkan dengan komposisi campuran mortar dengan lama penggilingan lumpur Sidoarjo 2 jam dan 4 jam. Dari penelitian dengan menggunakan variabel lama penggilingan lumpur Sidoarjo 2 jam, 4 jam dan 8 jam menunjukkan bahwa lama penggilingan lumpur Sidoarjo sangat berpengaruh pada kuat tekan mortar yang dihasilkan.

3.4 Peninjauan Komposisi Perbandingan Volume Material Pengikat dengan Styrofoam yang Terbaik

Dari penelitian yang dilakukan didapat komposisi terbaik untuk batako ringan dengan perbandingan volume material pengikat : pasir adalah 1 : 3 dimana material pasir digantikan dengan material styrofoam. Berat jenis yang didapat untuk komposisi campuran mortar ini adalah 650 kg/m^3 . Kuat tekan mortar yang dihasilkan pada umur 7 hari adalah 2 Mpa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan penelitian dapat ditarik kesimpulan mengenai mortar batako, sebagai berikut:

1. Pada penelitian diperoleh hasil kuat tekan terbaik pada komposisi perbandingan volume material pengikat : pasir 1 : 7 dibandingkan dengan komposisi pada perbandingan volume material pengikat : pasir 1 : 8 dan 1 : 9.
2. Pada penelitian didapatkan hasil terbaik pada intensitas lama penggilingan lumpur Sidoarjo 8 jam dengan *specific surface area* sebesar $2018 \text{ m}^2/\text{kg}$ dibandingkan dengan lama penggilingan lumpur Sidoarjo 4 jam dengan *specific surface area* sebesar $1766 \text{ m}^2/\text{kg}$.
3. Pada penelitian kuat tekan mortar dengan variabel perbandingan berat lumpur Sidoarjo dan *fly ash* dapat disimpulkan bahwa *fly ash* sangat berpengaruh terhadap kuat tekan mortar yang didapat.
4. Semakin banyak komposisi *fly ash* pada campuran maka diperoleh hasil kuat tekan yang semakin baik. Komposisi terbaik pada penelitian yang didapat adalah perbandingan volume material pengikat dengan pasir 1 : 9 dengan variabel perbandingan berat lumpur Sidoarjo dengan *fly ash* 40% : 60.
5. Pada penelitian tentang pengaruh lama proses penggilingan lumpur Sidoarjo, didapatkan hasil kuat tekan terbaik yaitu 9 MPa pada umur 28 hari dengan lama proses penggilingan lumpur Sidoarjo 8 jam dengan *specific surface area* sebesar $2018 \text{ m}^2/\text{kg}$. Semakin halus butiran lumpur Sidoarjo maka kelecakan pada mortar juga semakin baik yang berpengaruh pada kuat tekan mortar yang diperoleh.

5. SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, beberapa saran diberikan untuk penelitian selanjutnya. Saran diberikan sebagai berikut:

1. Pada peneliti selanjutnya, sebaiknya perlu mengadakan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variasi perbandingan volume material dan pasir untuk mendapatkan komposisi campuran mortar yang terbaik.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan membuat batako geopolimer berbahan dasar lumpur Sidoarjo dan *fly ash*.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk lama proses penggilingan lumpur Sidoarjo lebih dari 8 jam, ditujukan agar dapat memperoleh butiran lumpur Sidoarjo yang lebih halus sehingga meningkatkan kelecakan dan kekuatan tekan batako.

6. DAFTAR REFERENSI

- Andoyo (2006). *Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (fly ash) terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air pada Mortar*. Unpublished Undergraduate Thesis. Universitas Negeri Semarang.
- Antoni, Hardjito, D., Wibowo, F., & Chandra, N. W. (2012). Influence of Heat Treatment Temperature, Particle Fineness and Replacement Ratio of Sidoarjo Mud as Pozzolanic Material. *The 5th International Conference of Asian Concrete Federation*. Pattaya, Thailand.
- Neville, A.M. 1998. *Properties of Concrete*. Fourth Edition. Longman Group Limited. England.
- Rudolph, M. L., Karlstrom, L. & Manga, M. (2011). A Prediction of the longevity of the Lusi Mud Eruption, Indonesia. *Earth and Planetary Science Letters*, 308, 124-130.
- Wiryasa, Sudarsana & Kusuma. (2007). Pemanfaatan Lumpur Lapindo sebagai Bahan Pengganti Tanah Liat pada Produksi Genteng Keramik. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol. 11, Juli, No. 2.