

STUDI AWAL PEMBUATAN *HIGH-VOLUME* SIDOARJO *MUD CONCRETE BRICK*

A. Stefianus¹, D. Setiawan², Antoni³, D. Hardjito⁴

ABSTRAK : Telah banyak dilakukan penelitian tentang pemanfaatan material lumpur Sidoarjo sebagai material *pozzolan*. Penelitian ini menggunakan lumpur Sidoarjo dengan kadar yang tinggi, yaitu >50%, dan bertujuan untuk menganalisa perbandingan dari penggunaan pasir dan semen dalam pembuatan batako. Untuk mengetahui karakteristik dari material lumpur dalam penelitian ini digunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*). Lumpur yang akan digunakan diolah dengan pengeringan dengan oven selama 24 jam, pembakaran dengan suhu $\pm 650^{\circ}\text{C}$ hingga penggilingan dengan menggunakan bar-mill dengan lama penggilingan 8 jam agar didapat ukuran butiran $< 63\mu\text{m}$. Pada penelitian ini menggunakan presentase lumpur Sidoarjo kadar 50%, 55% dan 60% dari total material pengikat dan menggunakan perbandingan material pengikat : pasir sebesar 1:7, 1:8 dan 1:9. Pembuatan sampel batako menggunakan ukuran kubus $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ lalu dilakukan pengujian berupa kuat tekan. Hasil menunjukkan semakin kecil perbandingan material pengikat : pasir maka semakin tinggi kuat tekannya. Kadar 50% dengan perbandingan material pengikat dan pasir 1:7 merupakan yang paling efektif dibandingkan dengan kadar 55% dan 60% penggantian semen dengan lumpur Sidoarjo dengan kuat tekan 7.87 MPa pada umur 28 hari.

KATA KUNCI : lumpur Sidoarjo, kadar penggantian, *treatment*, *high-volume*, *hollow brick*

1. PENDAHULUAN

Semburan lumpur Sidoarjo merupakan bencana yang dirasakan oleh masyarakat Indonesia, terutama masyarakat Porong, Sidoarjo, sejak 29 Mei 2006. Berdasarkan data BPLS (Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo), jumlah intensitas pada tahun 2012 memang sudah berkurang drastis yaitu 25.000 m^3/hari dari yang awalnya mencapai 100.000 m^3/hari . Menurut penelitian, luapan ini diperkirakan akan berlangsung beberapa dekade mendatang (Rudolph, et.al. , 2011).

Antoni, et al. (2012) menyimpulkan bahwa penggunaan lumpur Sidoarjo sebagai bahan *pozzolan* dapat digunakan hanya jika lumpur sudah diolah melalui proses pembakaran antara suhu $500-800^{\circ}\text{C}$ selama 2 jam. Kadar lumpur Sidoarjo yang digunakan sebagai pengganti semen adalah 10%, 20% dan 30%, dengan ukuran butiran $< 75 \mu\text{m}$, $75-150\mu\text{m}$, dan $150-600\mu\text{m}$. Disimpulkan bahwa semakin besar penggantian lumpur Sidoarjo, maka kuat tekan mortar semakin rendah. Kadar lumpur 10% adalah yang menghasilkan kuat tekan maksimum.

Selanjutnya Hardjito, et al. (2012) juga menyatakan bahwa lumpur Sidoarjo dapat digunakan sebagai material *pozzolan*. Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar lumpur Sidoarjo sebagai pengganti semen dapat dilakukan hingga 40%, dengan hasil peningkatan terhadap kekuatan mortar. Semakin halus ukuran butiran lumpur Sidoarjo, semakin tinggi nilai kuat tekan mortar yang. Ukuran yang digunakan adalah $< 63\mu\text{m}$, $63-150\mu\text{m}$ dan $150-300\mu\text{m}$.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, dnyzbanget@yahoo.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, albertstefianus@Hotmail.com

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

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

Dilanjutkan penelitian oleh Antoni, et al. (2013) menggunakan Lumpur Sidoarjo sebagai bahan ganti semen dengan kadar 50%-60%. Dalam penelitian tersebut lumpur dikeringkan dengan oven selama 24jam dengan suhu 110°C, lalu dibakar selama ±36 jam dengan suhu 945°C dan pendinginan selama ±12 jam. Dalam penelitian tersebut sample mortar dan beton berukuran 5x5x5 cm³ dan 15x15x15 cm³, dengan perbandingan faktor air semen 0,3 dan perbandingan massa semen dan pasir 1:2,5. Lumpur Sidoarjo yang yang digunakan berukuran butiran lebih kecil dari 63 µm. Dari penelitian hasil yang paling efektif adalah penggunaan lumpur Sidoarjo pada kadar 50%, menghasilkan *slump test* 8,5 cm dengan kuat lentur beton 34 MPa pada umur 37 hari. Penelitian ini membuktikan bahwa *pozzolan* lumpur Sidoarjo dapat digunakan hingga kadar 60%.

2. METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian ini diawali dengan mempersiapkan material lumpur Sidoarjo. Proses *treatment* awal adalah dengan membentuk lumpur dalam ukuran 20 x10 cm², dengan ketebalan ±3 cm. Proses dilanjutkan dengan pengeringan lumpur di luar ruangan selama 1 hari untuk kemudian dilanjutkan dengan pengeringan di dalam oven pada suhu 110°C selama 1 hari. Pengeringan bertujuan untuk mengurangi asap yang timbul saat pembakaran dan mencegah terjadinya susut yang berlebihan. Kemudian lumpur yang telah kering dibakar di dalam mesin *incinerator* selama 9 jam dengan suhu antara ±650°C, untuk kemudian dilakukan penggilingan dengan *bar mill* selama 8 jam. Proses penggilingan ini didasarkan pada penelitian Antoni, et al. (2013) yang menyatakan bahwa semakin kecil kehalusan dari butiran lumpur maka akan didapat hasil paling optimum.

Pengujian material dilakukan terhadap lumpur Sidoarjo berupa *particle size analysis* (PSA), dan analisa *X-Ray Flourescence* (XRF). Terhadap pasir dilakukan pengujian analisa saringan dan *spesific gravity*. Setelah pengujian material dilakukan, maka dilanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu pembuatan sampel.

Tahap kedua adalah pembuatan sampel mortar batako dengan bentuk kubus berukuran 5x5x5 cm³. Batako dibuat dengan variasi perbandingan material pengikat dan pasir 1:7, 1:8 dan 1:9. Kemudian ditambahkan variasi kadar penggantian sebagian semen dengan lumpur Sidoarjo sebagai berikut 50%, 55% dan 60% dari berat total material pengikat. Kombinasi dari semen dan Lumpur Sidoarjo ini untuk selanjutnya disebut sebagai material pengikat. Untuk komposisi lengkap material yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi Sampel Batako

Komposisi Material Pengikat:Pasir	Kadar Lumpur Sidoarjo (%)	Semen (kg/m ³)	Lumpur Sidoarjo (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Water (kg)
1:7	-	270	0	1890	216
	50	135	135	1890	216
	55	122	149	1890	216
	60	108	162	1890	216
1:8	-	240	0	1920	216
	50	120	120	1920	216
	55	108	132	1920	216
	60	96	144	1920	216
1:9	-	216	0	1944	216
	50	108	108	1944	216
	55	97	119	1944	216
	60	86	130	1944	216

Kadar air yang digunakan 10% dari berat total sampel, ini didasarkan pada penelitian Antoni, et al. (2011). Penggunaan *superplasticizer* pada sampel 1:7-60% digunakan untuk mengetahui peningkatan kekuatan yang akan terjadi. Pada sampel 1:7-60% dengan *superplasticizer*, air yang digunakan hanya 7% dari berat total sampel. *Superplasticizer* yang digunakan adalah *viscocrete-10* yang berfungsi mengurangi penggunaan air.

3. HASIL DAN ANALISA

3.1 Analisa XRF

Analisa material lumpur Sidoarjo menggunakan metode XRF untuk mengetahui kandungan dari lumpur Sidoarjo. Berdasarkan analisa XRF kandungan yang dilakukan didapat hasil yang tidak jauh berbeda dengan sampel pada penelitian Antoni, et al. (2013) seperti dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Analisa dilakukan di laboratorium Sucofindo, Surabaya. Analisa XRF dilakukan setelah lumpur melalui serangkaian hasil *treatment* (pengeringan, pembakaran, dan penggilingan).

Tabel 2. Kandungan Senyawa Pozzolan Lumpur Sidoarjo

Oksida	Sampel 1	Sampel 2	Oksida	Sampel 1	Sampel 2
CaO	2.13	2.86	MnO ₂	0.14	0.14
SiO ₂	56.75	53.41	Cl	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	23.31	20.46	P ₂ O ₅	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	7.37	8.74	Br	0.00	0.00
K ₂ O	1.04	1.52	TiO ₂	0.38	0.67
MgO	2.95	2.74	SrO	0.00	0.00
SO ₃	0.96	0.00	Na ₂ O	2.70	2.91

Sumber: 1. Sampel Lumpur Sidoarjo Antoni, et al. (2013)
2. Sampel Lumpur Sidoarjo yang diuji.

3.2 Hubungan Perbandingan Semen dan Pasir dengan Kuat Tekan

Kuat tekan mortar dipengaruhi oleh perbandingan semen dan pasir. Dengan variasi perbandingan semen dan pasir 1:7, 1:8 dan 1:9, didapati bahwa semakin tinggi rasio semen : pasir, semakin tinggi pula kuat tekannya. **Tabel 3** menunjukkan bahwa kekuatan yang paling baik didapat ketika perbandingan pasir dan semen pada 1:7.

Tabel 3. Hubungan Kuat Tekan dengan Perbandingan Semen dan Pasir

Umur	Kuat Tekan (MPa)		
	7hari	14hari	28hari
Perbandingan pasir			
1:7	8.27	8.8	9.07
1:8	3.87	4.27	7.33
1:9	3.47	4	6

Pada umur awal rencana hingga umur 14 hari, peningkatan kekuatan pada sampel 1:8 dan 1:9 sangat lambat. Sedangkan pada sampel 1:7 dari awal umur rencana, kekuatan sudah terlihat sangat mencolok jika dibandingkan dengan sampel lain. Sampel 1:7 memiliki laju perkembangan kuat tekan yang paling stabil jika dibandingkan dengan sampel yang lain.

Pada akhir umur rencana, yaitu 28 hari, terjadi peningkatan kuat tekan yang sangat signifikan pada sampel dengan perbandingan semen pasir 1:8 dan 1:9. Sampel 1:8 dapat mencapai mutu batako kelas I (7 MPa), syarat rata-rata untuk tiap sampel (6,5 MPa) juga sudah terpenuhi. Sampel 1:9 dapat mencapai mutu batako kelas II (5 MPa), dengan memenuhi setiap syarat kuat tekan individual.

3.3 Hubungan Pengaruh Kuat Tekan Sampel Batako dengan Variasi Pozzolan lumpur Sidoarjo (Material Pengikat - Pasir 1:7)

Untuk penggunaan optimum variasi lumpur pada perbandingan material pengikat dan pasir 1:7 adalah pada penggunaan lumpur Sidoarjo 50%. Selain kekuatannya memenuhi mutu batako kelas I, nilai SAI kadar 50% juga sudah memenuhi ketentuan ASTM, seperti terlihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Kuat Tekan dan Strength Activity Index (SAI) Batako dengan Lumpur Sidoarjo

Umur	7 hari		14 hari		28 hari	
Kadar (%)	Kuat tekan (MPa)	SAI (%)	Kuat Tekan (MPa)	SAI (%)	Kuat Tekan (MPa)	SAI (%)
No mud	8.27	100.00	8.80	100.00	9.07	100.00
50	6.00	72.60	7.20	81.81	7.87	86.77
55	5.47	66.10	5.73	65.11	6.13	67.59
60	3.60	43.50	4.53	51.48	4.67	51.49

3.4 Hubungan Pengaruh Kuat Tekan Sampel Batako dengan Variasi Pozzolan lumpur Sidoarjo (Material Pengikat - Pasir 1:8)

Pada awal umur rencana, SAI yang didapat cukup baik. Pada akhir umur rencana penggunaan *pozzolan* tidak menyebabkan peningkatan kekuatan yang cukup baik jika dibandingkan dengan sampel kontrol yang tidak menggunakan *pozzolan* sama sekali. Pada **Tabel 5** dapat terlihat peningkatan kekuatan penggunaan *pozzolan* dengan perbandingan material pengikat dan pasir 1:8 sangat rendah jika dibandingkan dengan sampel 1:7. Peningkatan kekuatan pada perbandingan material pengikat dan pasir 1:8 menunjukkan bahwa *pozzolan* menyebabkan peningkatan kekuatan yang lebih kecil daripada penggunaan semen.

Tabel 5. Kuat Tekan dan Strength Activity Index (SAI) Batako dengan Lumpur Sidoarjo

Umur	7 hari		14 hari		28 hari	
Kadar (%)	Kuat tekan (MPa)	SAI (%)	Kuat Tekan (MPa)	SAI (%)	Kuat Tekan (MPa)	SAI (%)
No mud	3.87	100	4.27	100	7.33	100
50	3.73	96.4	4.27	100	5.07	69.17
55	3.33	86	3.73	87.35	4	54.57
60	2.67	69	2.8	65.57	3.6	49.11

3.5 Hubungan Pengaruh Kuat Tekan Sampel Batako dengan Variasi Pozzolan lumpur Sidoarjo (Material Pengikat - Pasir 1:9)

Kadar pozzolan yang paling baik adalah pada penggunaan pozzolan 50%. Pada umur 14 hari SAI yang dihasilkan sangat tinggi. Untuk peningkatan kekuatan, pozzolan kadar 60% menghasilkan peningkatan kekuatan yang cukup tinggi pada umur 14 hari.

Dari hasil yang didapat pada **Tabel 6**, variasi kadar 60% dengan perbandingan material pengikat dan pasir 1:9 terlihat lebih tinggi jika dibandingkan dengan sampel dengan pozzolan kadar yang sama pada perbandingan material pengikat dan pasir 1:8.

Tabel 6. Kuat Tekan dan *Strength Activity Index* (SAI) Batako dengan Lumpur Sidoarjo

Umur	7 hari		14 hari		28 hari	
Kadar	Kuat tekan (MPa)	SAI (%)	Kuat Tekan (MPa)	SAI (%)	Kuat Tekan (MPa)	SAI (%)
No mud	3.47	100	4	100	6	100
50	3.33	96	3.93	98.25	4.13	68.88
55	3.07	88.5	3.6	90	4	66.67
60	1.53	44.1	3.2	80	3.47	57.83

3.6 Pengaruh Kuat Tekan Sampel Batako tanpa *Superplasticizer* dan dengan *Superplasticizer* (Material Pengikat-Pasir 1:7, Pozolan 60%)

Sampel 60-sp pada awal rencana memberikan hasil yang positif. Ini terlihat dari kuat tekan yang lebih tinggi daripada sampel 60-tanpa sp. Seiring dengan peningkatan umur rencana, peningkatan kekuatan dari umur 7 hari ke 14 hari pada sampel 60-sp sangat kecil, hasil yang berbeda ditunjukkan pada sampel 60-tanpa sp. Pada akhir umur rencana nilai kuat tekan yang dihasilkan sampel 60-sp meningkat tinggi jika dibandingkan dengan sampel tanpa *superplasticizer*, seperti tercantum dalam **Tabel 7**.

Tabel 7. Perbandingan Kuat Tekan dengan Penggunaan *Superplasticizer*

Umur	Kuat Tekan (Mpa)		
Komposisi	7 hari	14 hari	28 Hari
60- Tanpa Sp	3.6	4.53	4.67
60-Sp	3.73	3.87	5.07

3.7 Pengujian Penyerapan Air pada Sampel Batako

Pengujian dilakukan untuk setiap sampel uji kuat tekan. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari sesuai dengan syarat ketentuan di SNI. Pengujian dilakukan dengan merendam benda uji seutuhnya dalam air bersih dari Laboratorium Universitas Kristen Petra pada suhu ruangan, selama 1 hari. Benda uji kemudian ditiriskan dan diseka permukaannya untuk kemudian ditimbang dengan timbangan yang memiliki ketelitian hingga 0,5%. Setelah itu benda uji dioven pada suhu 105°C, untuk kemudian ditimbang. Hasil uji penyerapan air dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Penyerapan Air yang Terjadi untuk Setiap Sampel

Kadar	Kuat Tekan (Mpa)	Penyerapan air (%)
50-1:7	7.87	10.34
55-1:7	6.13	10.73
60-1:7	4.67	11.45
50-1:8	5.07	11.11
55-1:8	4	11.79
60-1:8	3.6	12.64
50-1:9	4.13	11.83
55-1:9	4	11.92
60-1:9	3.47	15.71
60-1:7-Sp	3.87	10.94

Nilai penyerapan air menunjukkan semakin tinggi penggunaan pasir dan kadar pozzolan yang digunakan maka hasil serap air akan semakin rendah. Selain itu, penelitian serap air ini menunjukkan tren bahwa semakin nilai kuat tekan yang dihasilkan pada akhir umur rencana, maka serap air dari sampel akan semakin tinggi.

4. KESIMPULAN

Setelah penelitian dilakukan dan data dianalisa serta dibandingkan dengan studi pustaka lainnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sampel dengan kuat tekan paling besar (1:7-50%) mempunyai nilai serap air yang paling kecil. Hal ini membuktikan kuat tekan dan penyerapan air pada penggunaan *pozzolan* Lumpur Sidoarjo berbanding terbalik, dimana semakin besar kuat tekan dari sampel, maka nilai serap airnya akan semakin rendah.
2. Sampel 1:7-50% merupakan sampel dengan nilai kuat tekan yang paling baik, sedangkan pada sampel 1:9-60% merupakan sampel dengan nilai kuat tekan paling rendah. Semakin banyak penggunaan pasir dan *pozzolan* maka rongga sampel akan semakin banyak sehingga kuat tekan akan semakin rendah
3. Kadar pozzolan yang paling optimum adalah pada kadar 50% dengan perbandingan semen dan pasir 1:7. Nilai kuat tekan dapat mencapai mutu batako kelas I sesuai dengan ketentuan SNI dan angka SAI memenuhi standar ASTM.
4. Penggunaan *superplasticizer* kurang memberikan pengaruh yang signifikan pada kuat tekan sampel batako.

5. DAFTAR REFERENSI

- Antoni, Hardjito, D., Chandra, L., & Widodo, T. H. (2013). "On the Developmet of High Volume Volcanic Mud." *Proceeding of the Thirteenth East Asia Pacific Conference on Structural Engineering and Construction*, Sapporo, Japan, September 11 – 13.
- Antoni, Hardjito, D., Manuel, E., & Sunarko, J. (2011). "The Influence of Compaction Methods on the Properties of Hollow Concrete Bricks Utilizing Fly Ash and Bottom Ash." *Proceeding of the 3rd International Conference of European Asian Civil Engineering Forum*, Yogyakarta, Indonesia, September 22 – 23.
- 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." *Proceeding of the 5th International Conference of Asian Concrete Federation*, Pattaya, Thailand, October 24 – 26.
- Hardjito, D., Antoni, Wibowo, G. M., & Christianto, D. (2012). "Pozzolanic Activity Assessment of LUSI (LUMpur SIdoarjo) Mud in Semi High Volume Pozzolanic Mortar." *Materials*. Vol 5, 1654–1660.
- Rudolph, M. L. et all (2011). "A Prediction of the Longevity of the Lusi Mud Eruption, Indonesia." *Earth and Planetary Science Letters*, 308, 124-130.