

PEMBUATAN AGREGAT RINGAN GEOPOLIMER BERBASIS LUMPUR SIDOARJO DENGAN PEMBAKARAN SEBAGAI TAHAP AKHIR

A. I. Wijaya¹, B. K. Sudiarto², D. Hardjito³, Antoni⁴

ABSTRAK : Bencana lumpur Sidoarjo ini merupakan permasalahan Bangsa Indonesia yang tidak kunjung selesai, berbagai upaya yang telah dilakukan tidak membuahkan hasil sehingga menyebabkan sampah lumpur yang tidak berguna. Makalah ini melaporkan upaya pemanfaatan terhadap sampah lumpur tersebut, sebagai agregat ringan buatan dengan proses geopolimerisasi. Hasil penelitian menunjukkan lumpur Sidoarjo mengandung bahan-bahan dasar yang dipakai dalam proses geopolimerisasi, syarat geopolimer adalah lumpur Sidoarjo harus bersifat reaktif (*amorph*) agar dapat digunakan sebagai pengikat dengan alkali kuat yaitu dengan cara dibakar dalam suhu yang tinggi. Tetapi sebelum itu lumpur dicampur dengan Alkali aktivator dan katalisator yaitu NaOH dan sodium silikat, hal ini berfungsi agar mereaksikan unsur-unsur Aluminium dan Silika yang terkandung pada lumpur. Untuk konsentrasi Molaritas larutan NaOH dan jumlah sodium silikat akan dibuat dengan beberapa variasi yang berbeda dalam sampel kubus $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ dan dalam bentuk pelet berdiameter $< 1 \text{ cm}$. Lalu setelah dibakar benda uji akan diuji berat jenis, stabilitas, ketahanan terhadap asam, dan absorpsi pada pelet, sedangkan pengujian kuat tekan dilakukan pada sampel kubus $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$. Hasil terbaik adalah dengan berat jenis $1,06 \text{ gr/cm}^3$ dan kuat tekan 6 MPa. Ketika diterapkan sebagai agregat didalam beton, kuat tekan Beton menjadi 26 dengan berat jenis 1510 kg/m^3 .

KATA KUNCI: lumpur Sidoarjo, agregat ringan geopolimer, komposisi pasta, berat jenis, kuat tekan, absorpsi.

1. PENDAHULUAN

Lumpur Sidoarjo merupakan bencana menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran Lapindo Brantas Inc. di Dusun Balongnongo Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur dan merupakan salah satu permasalahan Bangsa Indonesia yang sampai saat ini belum teratasi dengan baik. Diperkirakan semburan ini akan berlangsung selama kurang lebih 25 tahun lagi (Al Bakri, Rafiza, Hardjito, Kamarudin, & Nizar. 2012). Dikarenakan hal inilah ide pembuatan agregat ringan geopolimer berdasar lumpur Sidoarjo ini cetuskan. Diharapkan dengan penelitian ini lumpur Sidoarjo tidak hanya menjadi sampah yang tidak berguna seperti sekarang ini, melainkan dapat dipakai dan berguna dalam pembangunan negara.

Demi mendapatkan bahan bangunan yang efektif dan efisien, peneliti mengembangkan agregat ringan geopolimer. Yang dimaksud dengan agregat ringan geopolimer yaitu agregat ringan yang memakai bahan-bahan dasar yang banyak mengandung unsur silikon (Si) dan aluminium (Al) (Davidovits. 2008). Salah satu material yang mengandung silika dan alumina yang cukup besar adalah lumpur Sidoarjo.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, antoniusindraw@yahoo.co.id

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, budiks89@gmail.com

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

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

Agregat ringan adalah agregat dengan berat isi kering oven gembur maksimum 1100kg/m³ dan memiliki berat jenis kurang dari 1,8 g/cm³ (SNI 03-2461-2002). Dengan kuat tekan minimal 2 MPa dan ketika dibuat pada campuran beton ringan kuat tekan minimal 17,2 MPa (SNI 03-2461-2002). Agregat ringan buatan harus lolos dalam uji stabilitas, absorpsi tidak melebihi 20%, dan tidak larut lebih dari 12% terhadap magnesium sulfat (SNI 03-2461-2002). Dalam pembuatannya *workability* sangat berpengaruh dalam kekuatan dan pengerjaannya., sehingga perlu diperhatikan kandungan air, komposisi NaOH, dan sodium silikat yang terkandung dalam campuran.

Suhu *curing* mempunyai peranan penting dalam pembuatan mortar, semakin tinggi suhu *curing* maka kekuatan pasta semakin tinggi, tetapi apabila *curing* yang dilakukan melebihi suhu 90° C dan lebih dari 5 hari kekuatan pasta akan menurun (Pimraksa, Chindaprasirt, Rungchet, Sagoe-crentsil, & Sato, 2011). Suhu pembakaran juga sangat berpengaruh dalam kekuatan dan berat jenis mortar, semakin tinggi suhu *curing* maka kekuatan pasta semakin tinggi, tetapi apabila pembakaran yang dilakukan melebihi suhu 800° C maka akan membuat mortar tersebut leleh dan kekuatannya akan menurun (Pimraksa, Chindaprasirt, Rungchet, Sagoe-crentsil, & Sato, 2011)

2. METODE PENELITIAN

Lumpur yang digunakan adalah lumpur yang langsung berasal dari lokasi semburan lumpur Sidoarjo, dengan koordinat lokal adalah titik 25. Karakteristik dari lumpur tersebut dapat dideteksi dengan XRF *test*. Untuk hasil XRF dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Analisa XRF Lumpur yang Sudah Sioven 48 jam

Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cr ₂ O ₃	LOI	K ₂ O	CaO	MgO	MnO ₂	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃	TiO ₂
23.31	56.75	0.01	1.2	1.04	2.13	2.95	0.14	2.70	7.37	0.96	0.38

Tabel 1 menunjukkan komposisi dari lumpur menggunakan XRF *test*. Dan lumpur tersebut mengandung banyak SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃, hal ini yang membuat lumpur Sidoarjo ini dapat dijadikan bahan geopolimer.

Pada penelitian kali ini dibuat suatu metode baru yaitu dengan menjadikan pembakaran sebagai tahap akhir. Ada empat tahap variasi pada penelitian ini, yang pertama yaitu dengan menjadikan kadar sodium silikat sebagai variabel bebas tanpa NaOH. Kandungan air mengikuti kelecakan yang paling optimal, *flow* berkisar antara range 11 – 12,5 cm. Apabila dirasa kandungan air terlalu banyak, maka dilakukan pengovenan terlebih dahulu. Komposisi sodium silikat dapat dilihat pada **Tabel 2**. Campuran dibuat dengan ukuran bekisting 5x5x5 cm³ dan pelet berukuran bola berdiameter <1cm. Setelah *curing* dengan suhu 90° C selama 24 jam, kemudian sampel dibakar pada suhu 660° C menggunakan *incinerator* selama 7.5 jam.

Tabel 2. Komposisi Massa Lumpur dengan Sodium Silikat Tanpa NaOH

Sample	Lumpur (gr)	Sodium Silikat (gr)	Air (gr)
SS00-1	600	90	225
SS00-2	600	120	195
SS00-3	600	180	170
SS00-4	600	240	140

Penelitian tahap kedua sama dengan penelitian tahap pertama hanya berbeda dengan menggunakan tambahan larutan NaOH 10M. Kandungan air mengikuti kelecakan yang paling optimal, dengan *flow* yang berkisar antara range 11 – 12,5 cm. Campuran dibuat dengan ukuran bekisting 5x5x5 cm³ dan pelet

berukuran bola berdiameter <1cm. *Curing* pada suhu 90° C selama 24 jam, dilanjutkan dengan pembakaran pada suhu 660° C menggunakan *incinerator* selama 7.5 jam.

Tabel 2. Komposisi Massa Lumpur dengan Sodium Silikat dan NaOH 10M

Sample	Lumpur (gr)	Sodium Silikat (gr)	NaOH flake (gr)	Air (gr)
SSSH-1	600	90	86	225
SSSH-2	600	120	76	195
SSSH-3	600	180	66	170
SSSH-4	600	240	52	140

Penelitian ketiga yaitu dengan menjadikan Molaritas larutan NaOH sebagai variabel bebas dan komposisi sodium silikat yang paling optimal pada penelitian pertama dan kedua yang diketahui sebanyak 90gr dijadikan variabel terikat. Untuk kandungan air dijadikan variabel terikat yaitu sebanyak 200ml, angka tersebut didapat dari kontrol pada penelitian pertama dan kedua. Komposisi Molaritas larutan NaOH dapat dilihat pada **Tabel 3**. Campuran dibuat dengan ukuran bekisting 5x5x5 cm³ dan pelet berukuran bola berdiameter <1cm. *Curing* dengan suhu 90° C selama 24 jam, kemudian dilanjutkan dengan pembakaran pada suhu 660° C dilakukan pada *incinerator* selama 7.5 jam.

Tabel 3. Komposisi Molaritas Larutan NaOH dengan Sodium Silikat 90gr

Sample	Lumpur (gr)	Sodium Silikat (gr)	NaOH flake (gr)	Air (gr)
SSMS-1	600	90	72 (10 M)	200
SSMS-2	600	90	58 (8 M)	200
SSMS-3	600	90	43 (6 M)	200
SSMS-4	600	90	32 (4 M)	200
SSMS-5	600	90	16 (2 M)	200

Penelitian keempat merupakan penelitian akhir yang bertujuan melihat apakah ada perubahan ketika dilakukan penggilingan terlebih dahulu. Pertama-tama lumpur di oven selama 48 jam kemudian dilakukan penggilingan selama 8 jam hingga lolos ayakan 63µm, lalu di campur dengan larutan NaOH dan sodium silikat dengan komposisi yang sama seperti penelitian ketiga. Hasil dari setiap variasi penelitian dapat dilihat pada bagian hasil penelitian.

3. HASIL PENELITIAN

Agregat Ringan dengan Sodium Silikat tanpa NaOH

Tabel 4 menunjukkan hasil analisa agregat ringan buatan berbasis lumpur Sidoarjo. Agregat ringan buatan ini dibuat dengan 4 komposisi sodium silikat yang berbeda dan lolos pada tiap uji stabilitas, absorpsi dan ketahanan terhadap asam sesuai syarat (SNI 03-2461-2002). Berat jenis dari agregat ringan buatan ini berkisar antara 1,05 – 1,53 gr/cm³ dan sudah memenuhi syarat (SNI 03-2461-2002).

Tabel 4. Agregat Ringan dengan Sodium Silikat tanpa NaOH

Sample	Berat Jenis (g/cm ³)	Stabilitas	Absorpsi	Kelarutan Terhadap Asam (%)	Kuat Tekan (MPa)
SS00-1	1,05	OK	8,7	1,8	1,8
SS00-2	1,22	OK	7,5	1,9	2,9
SS00-3	1,38	OK	6,1	1,6	4,6
SS00-4	1,53	OK	3,9	1,7	5,5

Semakin bertambahnya sodium silikat semakin bertambah pula berat jenis dan kuat tekannya, hal ini dikarenakan sodium silikat mengisi rongga-rongga antar partikel lumpur (Fansuri, Prasetyoko, Zhang,

& Zhang, 2012). Pada kasus sampel SS00-1 kuat tekan tidak memenuhi syarat SNI yaitu minimum 2 MPa (SNI 03-2461-2002). Hal ini membuktikan sodium silikat yang dipakai terlalu sedikit sehingga tidak bisa memenuhi rongga antar partikel dengan optimal (Fansuri, Prasetyoko, Zhang, & Zhang, 2012).

Agregat Ringan dengan Sodium Silikat Menggunakan NaOH 10M

Tabel 5 menunjukkan hasil analisa dari agregat ringan buatan berbasis lumpur Sidoarjo. Agregat ringan buatan ini dibuat dengan komposisi sodium silikat pada penelitian pertama ditambah dengan larutan NaOH 10M. Benda uji pelet lolos pada uji stabilitas, absorpsi dan ketahanan terhadap asam sesuai syarat (SNI 03-2461-2002). Berat jenis dari agregat ringan buatan ini berkisar antara 1,19 – 1,6 gr/cm³ dan sudah memenuhi syarat (SNI 03-2461-2002)

Tabel 5. Agregat Ringan dengan Sodium Silikat dan NaOH 10 M

Sample	Berat Jenis (g/cm ³)	Stabilitas	Absorpsi	Kelarutan Terhadap Asam	Kuat Tekan (MPa)
SSSH-1	1,19	OK	8,3	1,7	4,6
SSSH-2	1,27	OK	7,1	1,6	5,7
SSSH-3	1,41	OK	5,4	1,5	6,8
SSSH-4	1,6	OK	3,3	1,5	8,2

Tabel 4 dan **Tabel 5** menunjukkan bahwa NaOH menyebabkan peningkatan dari segi kekuatan dan berat jenis. Hal ini dikarenakan reaksi alkali aktivator yang bereaksi dengan Aluminium dan Silika, sehingga menghasilkan ikatan polimer yang mengikat kuat partikel-partikel lumpur tersebut (Pimraksa, Chindaprasirt, Rungchert, Sagoe-crentsil, & Sato, 2011)

Agregat Ringan dengan Sodium Silikat dan Variasi Molaritas Larutan NaOH

Tabel 6 menunjukkan hasil analisa dari agregat ringan buatan berbasis lumpur Sidoarjo. Agregat ringan buatan ini dibuat dengan sodium silikat paling optimal pada penelitian pertama dan kedua yaitu sebanyak 90gr dengan variasi Molaritas larutan NaOH yaitu 2M, 4M, 6M, 8M, 10M. Benda uji pelet lolos pada uji stabilitas, absorpsi dan ketahanan terhadap asam sesuai syarat (SNI 03-2461-2002). Berat jenis dari agregat ringan buatan ini berkisar antara 1,06 – 1,2 gr/cm³ dan sudah memenuhi syarat (SNI 03-2461-2002)

Tabel 6. Agregat Ringan dengan Variasi Molaritas Larutan NaOH

Sample	Berat Jenis (g/cm ³)	Stabilitas	Absorpsi	Kelarutan Terhadap Asam	Kuat Tekan (MPa)	Standard Deviasi
SSMS-1	1,2	OK	8,7	1,7	4,9	1,21
SSMS-2	1,14	OK	9,2	1,6	4,7	1,04
SSMS-3	1,08	OK	9,8	1,5	4,2	0,60
SSMS-4	1,07	OK	9,8	1,4	6,4	1,83
SSMS-5	1,06	OK	10	1,3	6	1,23

Semakin berkurangnya Molaritas larutan NaOH terhadap campuran tidak memberi perubahan yang signifikan terhadap kuat tekannya. Terjadinya kenaikan kuat tekan pada sample (SSMS-4 dan SSMS-5) bukan merupakan tolak ukur yang pasti, dikarenakan pada sample tersebut terdapat standart deviasi yang besar. Hal ini membuktikan terjadinya penyimpangan per sample yang cukup jauh.

Agregat Ringan dengan Penggilingan Lumpur

Tabel 7 menunjukkan spesifikasi agregat ringan buatan berbasis lumpur Sidoarjo. Agregat ringan buatan ini dibuat dengan komposisi yang sama seperti penelitian ketiga dengan tambahan proses penggilingan. Benda uji pelet lolos pada uji stabilitas, absorpsi dan ketahanan terhadap asam sesuai syarat (SNI 03-2461-2002). Berat jenis dari agregat ringan buatan ini berkisar antara 1,06 – 1,2 gr/cm³ dan sudah memenuhi syarat (SNI 03-2461-2002)

Tabel 7. Spesifikasi Agregat Ringan dengan Penggilingan Lumpur

Sample	Berat Jenis (g/cm ³)	Stabilitas	Absorpsi	Ketahanan Asam	Kuat Tekan (MPa)
SSMP-1	1,38	OK	3,2	3,2	6,8
SSMP-2	1,36	OK	3,5	3,1	6,4
SSMP-3	1,3	OK	3,5	3,2	6
SSMP-4	1,27	OK	3,7	3,5	6,2
SSMP-5	1,23	OK	3,5	3,7	5,8

Pada **Tabel 6** dan **Tabel 7** dapat dilihat dengan adanya penambahan proses penggilingan maka agregat ringan tersebut semakin berat dan semakin kuat. Hal ini terjadi karena benda uji semakin padat, sehingga rongga udara yang terjadi tidak banyak.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat dibuktikan bahwa lumpur Sidoarjo memungkinkan untuk dibuat agregat ringan geopolimer. Dengan metode pembakaran sebagai tahap akhir, didapat bahwa komposisi campuran Molaritas NaOH 2M dan perbandingan lumpur : sodium silikat = 1 : 0,15 adalah yang teroptimal dari segi kuat tekan dan berat jenisnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Al Bakri, a. M. M., Rafiza, a. R., Hardjito, D., Kamarudin, H., & Nizar, I. K. (2012). Characterization of LUSI Mud Volcano as Geopolymer Raw Material. *Advanced Materials Research*, 548, 82–86. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.548.82.
- Davidovits, J. (2008). *Geopolymer Chemistry and Application*. Geopolymer Institute : Saint Quentin.
- Fansuri, H., Prasetyoko, D., Zhang, Z., & Zhang, D. (2012). The Effect of Sodium Silicate and Sodium Hydroxide. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering* 7, 73-79.
- Pimraksa, K., Chindaprasirt, P., Rungchet, A., Sagoe-crentsil, K., & Sato, T. (2011). Lightweight Geopolymer Made of Highly Porous Siliceous Materials with Various. *Materials Science & Engineering A*, 528(21), 6616-6623. Elsevier B.V. doi:10.1016/j.msea.2011.04.04.
- SNI 03-2461-2002. *Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural*.