

PEMBUATAN AGREGAT RINGAN GEOPOLIMER BERBASIS LUMPUR SIDOARJO DAN *FLY ASH* DENGAN MENGGUNAKAN *FOAM AGENT*

Raven Andrean Subroto¹, Diar Januar Utomo², Antoni³, Djwantoro Hardjito⁴

ABSTRAK : Penelitian ini membahas upaya pemanfaatan lumpur Sidoarjo untuk dapat dijadikan sebagai agregat ringan buatan melalui proses geopolimerisasi. Penelitian ini menggunakan bahan dasar lumpur Sidoarjo, *fly ash*, NaOH, sodium silikat, dan *foam agent*. Kadar sodium silikat yang digunakan sebesar 30%, 40%, 50% dan 60% dari massa *pozzolan* (lumpur dan *fly ash*) dan memperhatikan perbandingan massa larutan sodium silikat dengan larutan NaOH. Setelah itu, penelitian ini menggunakan variasi Molaritas NaOH sebesar 5M, 6M, 7M dan 8M. Untuk menghasilkan berat jenis yang lebih kecil maka ditambahkan *foam agent*. Perbandingan volume *foam agent* dengan air yang digunakan adalah 1:20 dan 1:50. Pada masing-masing penelitian tersebut diberikan variasi pemberian *foam* sebesar 2 liter, 3 liter, 4 liter dan 5 liter yang dikonversi menjadi perbandingan massa *foam* : massa *binder* (campuran lumpur Sidoarjo, *fly ash*, NaOH padat, sodium silikat dan air). Pengujian kuat tekan dilakukan pada sampel berukuran 5×5×5 cm³, sedangkan uji berat jenis, stabilitas serta absorpsi pada pelet berdiameter ± 1,5 cm. Hasil terbaik dari penelitian ini, yaitu agregat ringan geopolimer dengan berat jenis 0.82 g/cm³ dan kuat tekan sebesar 2.31 MPa pada umur 7 hari.

KATA KUNCI : agregat ringan buatan, geopolimer, lumpur Sidoarjo, *fly ash*, *foam agent*

1. PENDAHULUAN

Bencana luapan lumpur Sidoarjo mengundang banyak peneliti berusaha mencari solusi agar lumpur ini dapat segera dimanfaatkan. Lumpur Sidoarjo dapat diolah menjadi bata, *paving block* dan genteng karena terdapat kandungan silika dan alumina di dalamnya (Setyowati, 2009). Nuruddin et al., (2010) mengatakan bahwa lumpur dapat dijadikan sebagai material pengganti semen apabila lumpur tersebut dibakar pada suhu yang tinggi sehingga lumpur menjadi reaktif.

Lumpur Sidoarjo ternyata juga dapat digunakan sebagai material geopolimer karena pada hasil penelitian yang ada dibuktikan memiliki kandungan silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) yang lebih tinggi dibandingkan dengan *fly ash*. (Al Bakri et al., 2012). Salah satu produk geopolimer dari lumpur Sidoarjo ini adalah material agregat ringan buatan sebagai bahan dasar pembuatan beton ringan.

Dalam penelitian ini material agregat ringan dibuat dengan campuran lumpur Sidoarjo dan *fly ash*. Penggunaan *fly ash* bertujuan untuk meningkatkan *workability* pasta geopolimer dan kuat tekan karena *fly ash* memiliki bentuk partikel yang sangat kecil dan bulat (Ardiansyah, 2007). Komposisi campuran yang diteliti adalah variasi sodium silikat, molaritas NaOH serta penambahan *foam agent*. Penambahan larutan *foam agent* digunakan untuk membantu proses pengembangan adonan bahan pasta sehingga dapat dihasilkan berat yang lebih ringan (Manfaluty et al., 2012).

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

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, diar_utomo@hotmail.com

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

2. RANCANGAN PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lumpur Sidoarjo, *fly ash*, NaOH *flake*, larutan sodium silikat, air, dan *foam agent*. Lumpur Sidoarjo yang digunakan diambil dari titik koordinat lokal 25, kemudian dioven dengan suhu 110°C selama 1 hari, setelah itu dibakar didalam *furnace* pada suhu 700°C selama 6 jam dan digiling selama 12 jam dan diayak saMPai ukuran 63µm.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini, komposisi optimum yang digunakan antara lumpur Sidoarjo dengan *fly ash* yaitu 1 : 1 (Jodjana et al., 2014). Pada tahap pertama, perbandingan massa larutan sodium silikat dengan larutan NaOH 5M dijadikan variabel bebas. Kadar sodium silikat yang digunakan sebesar 30%, 40%, 50%, dan 60% dari massa *pozzolan* (lumpur dan *fly ash*) dan memperhatikan perbandingan massa larutan sodium silikat dengan larutan NaOH, yaitu 1.14:1, 1.74:1, 2.52:1, 3.62:1. Setelah itu, peneliti menyiapkan NaOH *flake* dilarutkan di dalam air dengan cara diaduk selama 3 menit sehingga terbentuk larutan NaOH 5M yang kemudian dicampurkan dengan sodium silikat dengan cara diaduk selama 3 menit. Setelah itu, bahan-bahan kimia tersebut dicampurkan dengan lumpur yang sudah dibakar serta digiling dan *fly ash*. Pencampuran *slurry* tersebut dilakukan dengan cara 1 menit aduk tangan dengan menggunakan sekop dan kemudian dilanjutkan dengan 1 menit aduk dengan menggunakan bor. Penelitian tahap ini dilakukan untuk mencari komposisi terbaik dari sodium silikat yang dicampur dengan lumpur Sidoarjo dan *fly ash*. Komposisi yang terbaik dilihat dari segi kuat tekan pada penelitian tahap pertama digunakan untuk penelitian tahap kedua, yaitu variasi molaritas NaOH antara 5–8 M dengan cara yang sama seperti tahap penelitian pertama. Hal ini bertujuan mendapatkan komposisi optimum dari molaritas NaOH.

Selanjutnya, penelitian dilanjutkan dengan melihat pengaruh perbedaan metode pengerjaan pada saat pencampuran *foam agent* dengan pasta geopolimer. Tujuannya yaitu untuk mencari metode pengerjaan yang paling baik sehingga dapat dipakai sebagai acuan untuk tahapan penelitian selanjutnya. Komposisi campuran pada tahap penelitian ini menggunakan komposisi optimum sodium silikat dan molaritas NaOH dari segi kuat tekan pada tahap penelitian sebelumnya dan 4 liter *foam* dengan perbandingan *foam agent* dengan air, yaitu 1 : 50. Metode kerja yang pertama adalah membandingkan pengaruh pengadukan menggunakan tangan dengan sekop dan menggunakan bor pada saat pencampuran *foam agent* dengan pasta geopolimer. Kedua, membandingkan pengaruh perbedaan waktu pencetakan benda uji pada bekisting. Ketiga, membandingkan pengaruh penggunaan *wax* dan tanpa *wax* pada bekisting.

Setelah mendapatkan metode pengerjaan yang paling baik, dilanjutkan dengan tahap penelitian terakhir, yaitu dengan penambahan *foam* sebagai pengembang pasta geopolimer, sehingga mendapatkan berat jenis yang lebih ringan. Komposisi yang dipakai, yaitu komposisi optimum dari perbandingan sodium silikat dan molaritas NaOH. Pada percobaan ini, *foam agent* yang digunakan berbanding air yaitu 1 : 20 dan 1 : 50. Variasi pemberian *foam* diberikan sebesar 2 liter, 3 liter, 4 liter dan 5 liter dengan memperhatikan perbandingan massa *foam* : massa *binder*. Kriteria *foam* ideal, yaitu massa dari 1 liter *foam* adalah 80-90 gram. Proses pembuatan *foam* dilakukan dengan alat *foam generator* dengan bahan dasar *foam agent* dan air. Proses pencampuran *foam* pada tahap ini dilakukan setelah lumpur, *fly ash*, sodium silikat, NaOH dan air sudah tercampur menjadi satu. Pencampuran *foam* terhadap *binder* dilakukan dengan cara melakukan pengadukan selama 2 menit.

Pada setiap tahap penelitian, campuran dicetak dalam 3 sampel kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm³ dan pelet dengan diameter ± 1.5 cm. Benda uji tersebut kemudian dilakukan proses curing pada suhu 60°C selama 1 hari dalam oven. Benda uji hasil sampel kubus digunakan untuk pengujian kuat tekan dan berat jenis. Sedangkan benda uji hasil pelet digunakan untuk tes stabilitas dan absorpsi, dilakukan pada umur 7 hari. Tes berat jenis menggunakan hukum Archimedes. Tes

stabilitas dan absorpsi pelet dilakukan dengan merendam pelet dalam air selama 24 jam. Syarat absorpsi agregat ringan yaitu kurang dari 20% (SNI 03-2461-2002).

3. HASIL DAN ANALISA

Peninjauan Perbandingan Massa Sodium Silikat Berbanding Larutan NaOH 5M terhadap Kuat Tekan, Berat Jenis, Absorpsi dan Stabilitas Pasta Geopolimer

Pada penelitian tahap 1. untuk setiap variabel dibuat tiga benda uji dengan ukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ dan pelet diameter $\pm 1.5 \text{ cm}$. Variasi pemakaian kadar sodium silikat diambil berdasarkan persentasenya terhadap massa *pozzolan* (lumpur Sidoarjo dan *fly ash*). Pada percobaan ini, variabel bebasnya yaitu kadar sodium silikat, dengan memperhatikan perbandingan massa larutan sodium silikat : larutan NaOH 5M yaitu, 1.14 : 1, 1.74 : 1, 2.52 : 1 dan 3.62 : 1. Kadar air yang terdapat pada sodium silikat yang dipakai pada seluruh percobaan sebesar 27%. Dalam penelitian ini, air yang terdapat pada sodium silikat diperhitungkan untuk mendapatkan *water binder* (w/b) sebesar 0.3. Komposisi dan hasil dari uji penelitian tahap 1 ini dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Komposisi Percobaan Tahap 1

Larutan S.Silikat: Larutan NaOH 5M	Lumpur (gr)	<i>Fly ash</i> (gr)	Larutan Sodium Silikat (gr)	NaOH Padat (gr)	Air (gr)	Molaritas NaOH	w/b
1.14 : 1	400	400	240	35.04	175.2	5	0.3
1.74 : 1	400	400	320	30.72	153.6	5	0.3
2.52 : 1	400	400	400	26.40	132.0	5	0.3
3.62 : 1	400	400	480	22.08	110.4	5	0.3

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Umur 7 Hari, Berat Jenis, Absorpsi dan Stabilitas

Larutan S. Silikat : Larutan NaOH 5M	Kuat Tekan (MPa)	Berat Jenis (g/cm^3)	Absorpsi (%)	Stabilitas
1.14 : 1	27.73	1.88	4.55	Ya
1.74 : 1	29.33	1.85	4.00	Ya
2.52 : 1	32.33	1.80	4.35	Ya
3.62 : 1	34.00	1.85	4.17	Ya

Hasil dari penelitian tahap 1 menunjukkan bahwa campuran pasta geopolimer dengan menggunakan kadar sodium silikat yang semakin besar yaitu dengan perbandingan massa larutan sodium silikat : larutan NaOH 5M yang semakin besar, menghasilkan kuat tekan yang semakin meningkat. Dari penelitian ini didapatkan kadar optimum yaitu pemakaian sodium silikat sebesar 60% dari massa *pozzolan* dengan perbandingan massa larutan sodium silikat : larutan NaOH 5M yaitu 3.62 : 1. Komposisi ini mempunyai kuat tekan 34 MPa serta lolos tes absorpsi dikarenakan tidak lebih dari 20% dan lolos tes stabilitas.

Pengaruh Penambahan Molaritas NaOH pada Pasta Geopolimer terhadap Kuat Tekan, Berat Jenis, Absorpsi, dan Stabilitas

Pada penelitian tahap 2, dilakukan percobaan dengan variasi perbedaan Molaritas larutan NaOH yaitu sebesar 5M, 6M, 7M dan 8M sebagai variabel bebas. Penggunaan kadar sodium silikat diambil dari hasil yang optimum dari penelitian tahap 1 yaitu dengan menggunakan sodium silikat sebesar 60% dari massa *pozzolan*. *Water binder* yang digunakan pada percobaan ini sama seperti penelitian sebelumnya yaitu 0.3. Komposisi dan hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3. Komposisi Percobaan Tahap 2

Larutan S.Silikat: Larutan NaOH 5M	Lumpur (gr)	<i>Fly ash</i> (gr)	Larutan Sodium Silikat (gr)	NaOH Padat (gr)	Air (gr)	Molaritas NaOH	w/b
1.14 : 1	400	400	480	22.08	110.4	5	0.3
1.74 : 1	400	400	480	26.50	110.4	6	0.3
2.52 : 1	400	400	480	30.91	110.4	7	0.3
3.62 : 1	400	400	480	35.33	110.4	8	0.3

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan Umur 7 Hari, Berat Jenis, Absorpsi dan Stabilitas

Larutan S. Silikat : Larutan NaOH 5M	Kuat Tekan (MPa)	Berat Jenis (g/cm ³)	Absorpsi (%)	Stabilitas
1.14 : 1	34.00	1.85	4.55	Ya
1.74 : 1	32.67	1.89	4.76	Ya
2.52 : 1	36.67	1.90	3.45	Ya
3.62 : 1	37.73	1.91	5.26	Ya

Hasil dari penelitian tahap 2 menunjukkan bahwa kandungan molaritas 8M mempunyai kuat tekan yang paling tinggi yaitu 37.33 MPa. Pengaruh penambahan molaritas NaOH menunjukkan bahwa penggunaan molaritas yang semakin tinggi menghasilkan kuat tekan yang semakin tinggi. Berat Jenis yang dihasilkan menunjukkan bahwa semakin tinggi molaritas menghasilkan berat jenis yang semakin berat. Dapat pula dicermati bahwa dengan semakin tinggi berat jenis maka kuat tekan juga akan semakin tinggi. Pada tahap penelitian ini, seluruh benda uji lolos tes absorpsi dan stabilitas.

Pengaruh Metode Pengerjaan pada Saat Pencampuran *Foam Agent*

Komposisi campuran pada tahap penelitian ini menggunakan komposisi optimum sodium silikat dan molaritas NaOH dari tahap penelitian sebelumnya dan 4 liter *foam* dengan perbandingan *foam agent* dengan air, yaitu 1 : 50. Metode kerja yang pertama adalah membandingkan pengaruh pengadukan menggunakan tangan dengan sekop dan menggunakan bor pada saat pencampuran *foam agent*. Kedua, membandingkan pengaruh perbedaan waktu pencetakan benda uji pada bekisting. Ketiga, membandingkan pengaruh penggunaan *wax* dan tanpa *wax* pada bekisting. Dari setiap tahap penelitian ini, disimpulkan metode kerja yang paling baik untuk dapat dijadikan acuan untuk tahapan penelitian selanjutnya.

Hasil terbaik dari penelitian metode kerja pertama, yaitu menggunakan bor pada saat pencampuran *foam agent*. Proses pengadukan dengan menggunakan tangan dengan sekop menghasilkan benda uji yang memiliki rongga-rongga udara yang besar dan tidak beraturan. Hal ini dikarenakan proses pengadukan yang masih belum rata pada campuran tersebut. Proses pengadukan dengan menggunakan bor mendapatkan hasil yang lebih baik. Rongga-rongga udara yang dihasilkan kecil-kecil dan beraturan.

Hasil terbaik dari penelitian metode kerja kedua, yaitu mencetak langsung *slurry* ke bekisting tanpa ada tenggang waktu. Massa benda uji dengan metode pencetakan ke bekisting yang langsung saat *slurry* sudah jadi lebih ringan daripada menunggu selama 5 menit kemudian dicetak pada bekisting. Hal ini dikarenakan *slurry* yang menunggu selama 5 menit mempunyai kepadatan yang lebih besar dan rongga-rongga udaranya mulai hilang.

Hasil terbaik dari penelitian metode kerja ketiga, yaitu menggunakan *wax* pada bekisting. Dengan menggunakan *wax* akan menghasilkan benda uji yang tidak lengket pada bekisting sehingga bentuk benda uji menjadi kubus beraturan.

Pengaruh Penambahan *Foam* pada Pasta Geopolimer terhadap Kuat Tekan, Berat Jenis, Absorpsi dan Stabilitas

Penelitian tahap ini menggunakan dua variasi perbandingan volume antara *foam agent* dan air, yaitu 1:20 dan 1:50. Massa *foam* dari perbandingan 1:20 yaitu ± 65 gram tiap 1 liter sedangkan massa *foam* dari perbandingan 1:50 yaitu ± 85 gram tiap 1 liter. Dari setiap macam variasi tersebut dibagi lagi menjadi 4 percobaan dengan mencampurkan 2 liter, 3 liter, 4 liter dan 5 liter *foam* dalam campuran pasta geopolimer. Perbandingan *foam agent* : air = 1 : 20 didapatkan perbandingan massa *foam* : massa *binder*, yaitu 0.09 : 1, 0.14 : 1, 0.19 : 1, dan 0.23 : 1. Sedangkan pada perbandingan *foam agent* : air = 1 : 50 didapatkan perbandingan massa *foam* : massa *binder*, yaitu 0.12 : 1, 0.18 : 1, 0.24 : 1 dan 0.30 : 1. Penelitian ini menggunakan komposisi sodium silikat dan molaritas NaOH yang diambil dari penelitian optimum. Komposisi dari percobaan ini dapat dilihat pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

Tabel 5. Komposisi Campuran Perbandingan *Foam Agent* : Air = 1 : 20

<i>Foam</i> : <i>Binder</i>	Lumpur (gr)	<i>Fly Ash</i> (gr)	Larutan Sodium Silikat (gr)	NaOH Padat (gr)	Air (gr)	Molaritas NaOH	w/b
0.09 : 1	400	400	480	35.33	110	8	0.3
0.14 : 1	400	400	480	35.33	110	8	0.3
0.19 : 1	400	400	480	35.33	110	8	0.3
0.23 : 1	400	400	480	35.33	110	8	0.3

Tabel 6. Komposisi Campuran Perbandingan *Foam Agent* : Air = 1 : 50

<i>Foam</i> : <i>Binder</i>	Lumpur (gr)	<i>Fly Ash</i> (gr)	Larutan Sodium Silikat (gr)	NaOH Padat (gr)	Air (gr)	Molaritas NaOH	w/b
0.12 : 1	400	400	480	35.33	110	8	0.3
0.18 : 1	400	400	480	35.33	110	8	0.3
0.24 : 1	400	400	480	35.33	110	8	0.3
0.30 : 1	400	400	480	35.33	110	8	0.3

Pada perbandingan *foam agent* : air = 1 : 20 didapatkan sampel dengan perbandingan massa *foam* : massa *binder* = 0.09 : 1, 0.14 : 1 dan 0.19 : 1 mengalami retak pada hari ke 3 setelah pembuatan benda uji. Sedangkan, perbandingan massa *foam* : massa *binder* = 0.23 : 1 tidak retak hingga hari ke 7. Pada perbandingan *foam agent* : air = 1 : 50 hasil sampel benda uji dengan perbandingan *foam* : massa *binder* = 0.12 : 1 dan 0.18 : 1 mengalami retak pada hari 5 setelah pembuatan benda uji tetapi perbandingan massa *foam* : massa *binder* = 0.24 : 1 dan 0.30 : 1 tidak retak hingga hari ke 7. Contoh Benda uji yang retak dapat dilihat pada **Gambar 1**. Hasil dari pengujian kuat tekan, berat jenis, absorpsi dan stabilitas dapat dilihat pada **Tabel 7** dan **Tabel 8**.



Gambar 1. Contoh Benda Uji Retak dengan Penggunaan 4 Liter *Foam* pada Perbandingan *Foam Agent* : Air = 1 : 20

Tabel 7. Hasil Uji Kuat Tekan Umur 7 Hari, Berat Jenis, Absorpsi dan Stabilitas pada Perbandingan *Foam Agent* : Air = 1 : 20

<i>Foam</i> (liter)	<i>Foam : Binder</i>	Kuat Tekan (MPa)	Berat Jenis (g/cm ³)	Absorpsi (%)	Stabilitas	Keterangan
2	0.09 : 1	*	1.54	8.33	Ya	Retak
3	0.14 : 1	*	1.25	10.10	Ya	Retak
4	0.19 : 1	*	0.98	12.50	Ya	Retak
5	0.23 : 1	1.75	0.80	16.67	Ya	Tidak Retak

*) Benda uji tidak dapat di tes kuat tekan karena retak

Tabel 8. Hasil Uji Kuat Tekan Umur 7 Hari, Berat Jenis, Absorpsi dan Stabilitas pada Perbandingan *Foam Agent* : Air = 1 : 50

<i>Foam</i> (liter)	<i>Foam : Binder</i>	Kuat Tekan (MPa)	Berat Jenis (g/cm ³)	Absorpsi (%)	Stabilitas	Keterangan
2	0.12 : 1	*	1.25	9.09	Ya	Retak
3	0.18 : 1	*	1.04	11.11	Ya	Retak
4	0.24 : 1	1.82	0.84	14.29	Ya	Tidak Retak
5	0.30 : 1	1.58	0.75	18.00	Ya	Tidak Retak

*) Benda uji tidak dapat di tes kuat tekan karena retak

Dari hasil penelitian pada tahap ini didapatkan banyak benda uji yang retak sehingga tidak bisa dilakukan tes kuat tekan. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena adanya campuran yang tidak sesuai ketika campuran tersebut diberi tambahan *foam*. Dari data penelitian ini juga diketahui dengan penambahan *foam* maka menyebabkan turunnya kuat tekan dari benda uji. Semua benda uji tidak mampu memenuhi syarat SNI yaitu minimum 2 MPa (SNI 03-2461-2002). Berat jenis dari benda uji yang paling ringan dari percobaan tersebut didapatkan dari perbandingan *foam agent* : air = 1 : 50 yaitu sebesar 0,75 g/cm³. Dari keseluruhan benda uji lolos tes absorpsi dan stabilitas.

Pengaruh Penambahan *Foam* pada Pasta Geopolimer dengan Larutan NaOH 5M terhadap Kuat Tekan, Berat Jenis, Absorpsi dan Stabilitas

Pada tahap-tahap sebelumnya, belum didapatkan hasil yang memuaskan apabila dilihat terhadap kuat tekan, berat jenis benda uji yang dihasilkan dan banyaknya benda uji yang retak. Oleh karena itu, pada tahap ini mencoba untuk mengurangi kadar molaritas yang digunakan yaitu dari penggunaan 8 Molaritas NaOH menjadi 5 Molaritas NaOH. Dengan adanya penurunan molaritas NaOH diharapkan hasil dari benda uji tidak terdapat retak. Ada dua jenis variasi perbandingan volume *foam agent* : air yang digunakan yaitu 1 : 20 dan 1 : 50. Perbandingan campuran *foam agent* : air = 1 : 20 dibatasi memiliki massa ± 65 gram tiap 1 liter. Sedangkan untuk perbandingan campuran *foam agent* : air = 1 : 50 dibatasi memiliki massa ± 85 gram tiap 1 liter. Komposisi pada percobaan ini dapat dilihat pada **Tabel 9** dan **Tabel 10**.

Tabel 9. Komposisi Campuran Perbandingan *Foam Agent* : Air = 1 : 20

<i>Foam : Binder</i>	Lumpur (gr)	<i>Fly Ash</i> (gr)	Larutan Sodium Silikat (gr)	NaOH Padat (gr)	Air (gr)	Molaritas NaOH	w/b
0.09 : 1	400	400	480	22.08	110	5	0.3
0.14 : 1	400	400	480	22.08	110	5	0.3
0.19 : 1	400	400	480	22.08	110	5	0.3
0.23 : 1	400	400	480	22.08	110	5	0.3

Tabel 10. Komposisi Campuran Perbandingan *Foam Agent* : Air = 1 : 50

<i>Foam</i> : <i>Binder</i>	Lumpur (gr)	<i>Fly Ash</i> (gr)	Larutan Sodium Silikat (gr)	NaOH Padat (gr)	Air (gr)	Molaritas NaOH	w/b
0.12 : 1	400	400	480	22.08	110	5	0.3
0.18 : 1	400	400	480	22.08	110	5	0.3
0.24 : 1	400	400	480	22.08	110	5	0.3
0.30 : 1	400	400	480	22.08	110	5	0.3

Berdasarkan pengamatan terhadap benda uji selama 7 hari, benda uji yang dihasilkan dari semua percobaan dengan perbandingan *foam agent* : air sebesar 1:20 dan 1:50 dengan menggunakan 5 Molaritas NaOH tidak mengalami retak. Hal ini berbeda dengan tahapan penelitian sebelumnya yang menggunakan 8 Molaritas NaOH menghasilkan benda uji yang retak. Kemungkinan terjadinya retak pada benda uji disebabkan oleh tingginya molaritas NaOH yang digunakan. Contoh benda uji pada percobaan ini dapat dilihat pada **Gambar 2**. Hasil dari pengujian kuat tekan, berat jenis, absorpsi dan stabilitas dapat dilihat pada **Tabel 11** dan **Tabel 12**.

**Gambar 2. Contoh Benda Uji Tidak Retak dengan Penggunaan 4 Liter *Foam* pada Perbandingan *Foam Agent* : Air = 1 : 20****Tabel 11. Hasil Uji Kuat Tekan Umur 7 Hari, Berat Jenis, Absorpsi dan Stabilitas pada Perbandingan *Foam Agent* : Air = 1 : 20**

<i>Foam</i> (liter)	<i>Foam</i> : <i>Binder</i>	Kuat Tekan (MPa)	Berat Jenis (g/cm ³)	Absorpsi (%)	Stabilitas	Keterangan
2	0.09 : 1	19.33	1.46	7.22	Ya	Tidak Retak
3	0.14 : 1	5.60	1.14	11.33	Ya	Tidak Retak
4	0.19 : 1	1.74	0.84	13.00	Ya	Tidak Retak
5	0.23 : 1	1.34	0.76	17.27	Ya	Tidak Retak

*) Benda uji tidak dapat di tes kuat tekan karena retak

Tabel 12. Hasil Uji Kuat Tekan Umur 7 Hari, Berat Jenis, Absorpsi dan Stabilitas pada Perbandingan *Foam Agent* : Air = 1 : 50

<i>Foam</i> (liter)	<i>Foam</i> : <i>Binder</i>	Kuat Tekan (MPa)	Berat Jenis (g/cm ³)	Absorpsi (%)	Stabilitas	Keterangan
2	0.12 : 1	6.27	1.18	8.86	Ya	Tidak Retak
3	0.18 : 1	2.31	0.82	14.12	Ya	Tidak Retak
4	0.24 : 1	1.31	0.69	17.78	Ya	Tidak Retak
5	0.30 : 1	0.71	0.52	*	*	Retak

*) Benda uji tidak dapat di tes absorpsi karena agregat tidak berhasil dicetak pada pelet

Dari hasil penelitian tahap ini, pada komposisi *foam agent* : air = 1 : 50, kami mendapatkan hasil yang memuaskan dengan penambahan 3 liter *foam* dengan perbandingan massa *foam* : massa *binder* = 0.18 : 1. Hasil kuat tekannya, yaitu 2.31 MPa dengan berat jenis 0.82 g/cm³. Benda uji ini sudah memenuhi syarat SNI yaitu minimum 2 MPa (SNI 03-2461-2002). Contoh agregat ringan dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Agregat Ringan dengan Penggunaan 3 Liter Foam pada Perbandingan Foam Agent : Air = 1 : 50

4. KESIMPULAN

1. Dengan bertambahnya kandungan larutan sodium silikat pada campuran pasta geopolimer, kuat tekan benda uji akan semakin meningkat. Hasil kuat tekan paling tinggi yaitu 34 MPa dengan komposisi sodium silikat sebesar 60% dari massa *pozzolan* dengan perbandingan larutan sodium silikat : larutan NaOH 5M = 3.62 : 1.
2. Variasi Molaritas NaOH mempengaruhi hasil kuat tekan dan berat jenis benda uji. Semakin tinggi penggunaan Molaritas NaOH maka kuat tekan dan berat jenis menjadi semakin tinggi. Hasil optimum dari penggunaan Molaritas NaOH yaitu sebesar 8M dengan kuat tekan 37.33 MPa dan berat jenis 1.91 g/cm³.
3. Metode pengerjaan pada saat pencampuran *foam* yang paling baik yaitu dengan menggunakan alat pengadukan mekanik ketika mengaduk, mencetak langsung *slurry* yang sudah jadi pada bekisting dan menggunakan *wax* sebagai lapisan pada bekisting.
4. Pada tahap penelitian menggunakan *foam*, penggunaan 8 molaritas NaOH mengakibatkan benda uji mengalami keretakan, sedangkan penggunaan 5 molaritas NaOH tidak mengakibatkan keretakan pada benda uji. Keretakan benda uji terjadi karena tingginya penggunaan molaritas NaOH.
5. Campuran pasta geopolimer dengan perbandingan *foam agent* : air = 1 : 20 memiliki kuat tekan dan berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran pasta geopolimer dengan perbandingan *foam agent* : air = 1 : 50.
6. Semakin banyak penggunaan foam menghasilkan kuat tekan dan berat jenis yang semakin rendah.
7. Penggunaan perbandingan *foam agent* : air = 1 : 50 dengan menggunakan 3 liter foam atau perbandingan massa *foam* : massa *binder* = 0.18 : 1 didapatkan agregat ringan geopolimer yang paling optimum yaitu memiliki kuat tekan 2.31 MPa dengan berat jenis 0.82 g/cm³. Benda uji ini sudah memenuhi syarat SNI yaitu minimum 2 MPa (SNI 03-2461-2002) dan kurang dari 1 g/cm³. Agregat ini juga lolos tes absorpsi yaitu 17.78% dan lolos tes stabilitas.

5. DAFTAR REFERENSI

- 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.
- Ardiansyah, Rony. (2007). Fly Ash Pemanfaatan dan Kegunaanya. *PT. Riau Pos Intermedia @1997-2007*, 11 Maret.
- Jodjana, A., Djoewardi, A. C., Antoni, Hardjito, D. (2014). Pemanfaatan Campuran Lumpur dan Fly Ash Dalam Pembuatan Campuran Mortar Geopolimer Mutu Tinggi. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 3.
- Manfaluty, L., Aji, P., & Sidoarjo, A. L. B. (2012). *Beton Ringan Berserat dengan Memanfaatkan Lumpur Bakar Sidoarjo dan Serat Alam*, Surabaya, Indonesia.
- Nuruddin, M. F., Bayuaji, R., Masilamani, M. B., & Biyanto, T. R. (2010). Sidoarjo Mud : A Potential Cement Replacement Material. *Civil Engineering Dimension*, 12, 18–22.
- Setyowati, E. W. (2009). Lapindo sebagai Campuran untuk Meningkatkan Kekuatan Genteng Keramik. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 3, 29–35.