

STUDI AWAL PENGARUH PENAMBAHAN FOAM PADA PEMBUATAN BATA BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR LUMPUR SIDOARJO

Krisno Phooanjaya¹, Djwantoro Hardjito², Antoni³

ABSTRAK : Lumpur Sidoarjo adalah material yang saat ini telah dikembangkan sebagai bahan pengganti semen. Penggunaan lumpur ini dikarenakan jumlahnya yang sangat banyak dan memiliki kandungan yang dapat menggantikan fungsi dari semen. Tetapi sebelum dipasarkan, lumpur tersebut harus diolah terlebih dahulu menjadi barang yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Salah satu produk yang sesuai adalah bata ringan geopolimer. Beton ringan geopolimer memiliki beberapa keunggulan, salah satunya adalah dapat mengurangi pelepasan CO₂ ke atmosfer karena tidak menggunakan semen dan lebih ramah lingkungan. Sebelum digunakan sebagai campuran dalam pembuatan bata beton ringan, lumpur harus dioven selama 24 jam, Setelah itu lumpur masuk ke proses pembakaran selama 7 jam dengan suhu 650 °C. Lumpur kemudian digiling selama 8 jam. Setelah siap dipakai, lumpur dicampurkan dengan pasir, NaOH, sodium silikat, dan *foam* dengan perbandingan tertentu untuk dijadikan campuran mortar dalam proses pembuatan bata beton ringan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, kuat tekan dan penyerapan air dari mortar menunjukkan bahwa densitas lebih dari 1300 kg/m³ memenuhi syarat SNI 03-0349-1989.

KATA KUNCI : lumpur Sidoarjo, NaOH, sodium silikat, geopolimer, amorf, bata beton ringan.

1. PENDAHULUAN

Lumpur yang menyembur sejak tahun 2006 merupakan bencana industri yang terjadi di negara Indonesia ini, khususnya kota Sidoarjo. Berbagai upaya dilakukan untuk dapat mengurangi lumpur, salah satunya dengan cara memanfaatkan lumpur sebagai material bangunan. Oleh karena itu pada penelitian kali ini, akan digunakan lumpur Sidoarjo sebagai bahan dasar pembuatan 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 tidak menggunakan campuran semen dalam pembuatannya sehingga dapat mengurangi pelepasan karbon dioksida (CO₂) ke atmosfer. Hal ini dapat terjadi karena setiap penggunaan sebanyak 1 ton semen Portland tidak hanya dibutuhkan energi yang besar tetapi juga menghasilkan 1 ton gas CO₂ yang dapat mencemari lingkungan (Lloyd & Rangan, 2009). Adapun penelitian yang telah dilakukan oleh Nurrudin. et.al (2010) menunjukkan hasil bahwa dengan menggunakan lumpur sidoarjo, penggunaan semen dapat dikurangi sebesar 10%.

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

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

² Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra djwantoro.h@petra.ac.id

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

Kemudian sejak terjadi semburan lumpur Sidoarjo, banyak dilakukan penelitian tentang kandungan yang dimiliki lumpur Sidoarjo. Salah satu penelitian yang dilakukan Ekaputri, (2007) menunjukkan bahwa lumpur Sidoarjo memiliki kandungan yang hampir sama dengan fly ash yaitu SiO_2 sebesar 53% dan Al_2O_3 sebesar 18%. Dengan acuan kandungan yang dimiliki lumpur Sidoarjo, lumpur Sidoarjo menunjukkan potensi sebagai alternatif bahan dasar pembuatan beton geopolimer.

Dalam Penelitian yang dilakukan oleh Antoni et al., (2012), telah dianalisa suhu optimal pembakaran lumpur Sidoarjo dengan cara membandingkan *dried mud* (lumpur yang di oven) yang dibakar pada suhu 700°C , 800°C , 900°C selama 5 jam. Berdasarkan penelitian tersebut telah diperoleh bahwa suhu optimal untuk pembakaran lumpur Sidoarjo adalah 800°C .

Penelitian yang sudah dilakukan oleh Hardjito et al., (2012) mengindikasikan bahwa pengaruh kuat tekan mortar tidak lepas dari ukuran butiran penyusunnya. Dari pengujian yang dilakukan didapati bahwa ukuran butiran $<63\mu\text{m}$ lebih besar kuat tekannya dibanding dengan yang lainnya. Pengujian dilakukan pada 28 hari dengan besar kuat tekan masing-masing $<63\mu\text{m}$ sebesar 42,13 MPa, untuk butiran $150-63\mu\text{m}$ sebesar 39,47 MPa, dan untuk butiran sebesar $300-150\mu\text{m}$ sebesar 38,27 MPa.

Suhu curing berpengaruh dalam peningkatan kekuatan. Pada penelitian beton geopolimer berbahan dasar *fly-ash* dengan diberikan suhu *curing* $30^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C}$, kuat tekan beton mengalami peningkatan hingga mencapai 67,6 MPa (Hardjito, et al., 2004).

Melihat kandungan yang dimiliki lumpur Sidoarjo, lumpur Sidoarjo menunjukkan potensi sebagai alternatif bahan dasar pembuatan beton geopolimer. Selain itu karena jumlah lumpur yang melimpah dan belum dimanfaatkan, maka dengan upaya melakukan penelitian tentang pembuatan produk apa saja diharapkan dapat mengurangi lumpur yang dianggap sebagai bencana. Salah satu produk yang penulis harapkan adalah pembuatan bata ringan geopolimer dari bahan dasar lumpur Sidoarjo. Oleh karena itu akan dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mewujudkan bata ringan geopolimer berbahan dasar lumpur Sidoarjo.

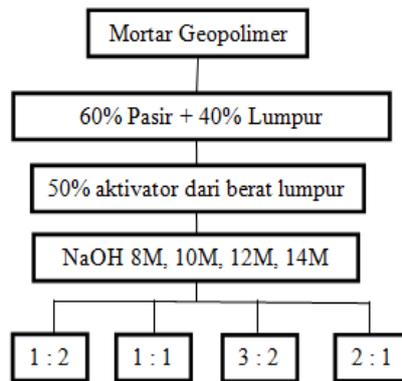
2. RANCANGAN PENELITIAN

Umum

Bab ini menjelaskan cara, bahan dan alat yang dipakai dalam pembuatan bata ringan geopolimer dengan bahan dasar lumpur Sidoarjo. Penelitian ini pertama-tama dimulai dengan pengelolaan lumpur Sidoarjo yang telah dikeringkan kadar airnya dengan dioven selama 24 jam. Kemudian dilakukan pembakaran selama 7 jam dengan suhu 650°C untuk menjadikan lumpur Sidoarjo dapat bersifat amorf. Setelah itu lumpur dilakukan proses penggilingan selama 8 jam hingga lumpur memiliki ukuran butiran $<63\mu\text{m}$. Setelah semua selesai dilakukan, penelitian dilanjutkan dengan pembuatan mortar geopolimer dengan cetakan berukuran $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ dan dipilih hasil kuat tekan tertinggi dari perbandingan yang ada, sebagai acuan pembuatan sampel bata ringan. Mortar ringan dicetak dengan cetakan berukuran $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 10\text{cm}$ dan dianalisis kuat tekan serta penyerapan air berdasarkan SNI 03-0349-1989. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan bata beton ringan geopolimer berukuran $60\text{cm} \times 20\text{cm} \times 10\text{cm}$ sesuai komposisi mortar ringan tersebut.

Metode Penelitian

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah mortar beton geopolimer dan mortar ringan geopolimer. Mortar menggunakan ukuran $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ sedangkan mortar ringan berukuran $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 10\text{cm}$. Dalam penelitian kali ini lumpur yang sudah diolah sehingga siap digunakan, dicampurkan dengan pasir Lumajang dengan berbagai perbandingan pasir : lumpur, 60% pasir : 40% lumpur, 70% pasir : 30% lumpur, 80% pasir : 20% lumpur. Kemudian NaOH dilarutkan ke dalam air dengan beberapa variasi molaritas 8M, 10M, 12M, dan 14M. Setelah itu barulah larutan Na_2SiO_3 dicampurkan dengan larutan NaOH yang telah disiapkan. Campuran antara Na_2SiO_3 dan NaOH memiliki perbandingan berat yang bervariasi antara 1:2, 1:1, 3:2, 2:1. Dapat dilihat pada **Gambar 1**.

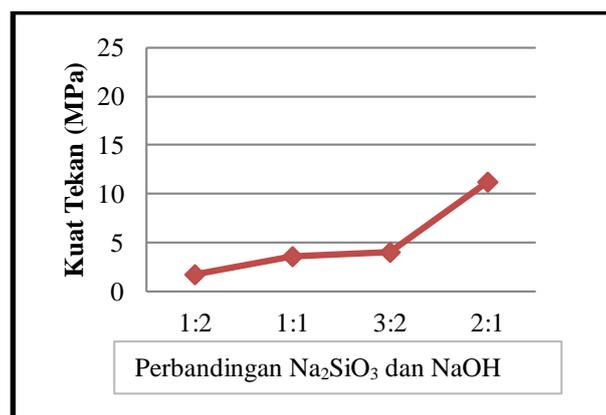


Gambar 1. Komposisi Campuran Bata Beton Geopolimer dalam Perbandingan Berat.

Contohnya untuk membuat satu benda uji mortar dengan perbandingan pasir dan lumpur sebesar 60%:40% dan perbandingan Na_2SiO_3 dan NaOH sebesar 1:2, dimana berat satu benda uji sebesar 300 gram, maka bahan-bahan yang harus disiapkan adalah lumpur 180 gram, pasir sebanyak 120 gram, air 30 gram, Na_2SiO_3 20 gram serta NaOH 40 gram. Pada penelitian kali ini juga ditambahkan *foam* pada sample 60%pasir : 40%lumpur. Langkah kerjanya secara singkat yaitu setelah semua bahan disiapkan, air dicampurkan dengan NaOH dan Na_2SiO_3 sampai larut, kemudian dituangkan ke dalam lumpur dan pasir yang sudah dicampur terlebih dahulu. Setelah pencampuran antara semua unsur merata, barulah dicampur dengan foam. campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang sudah disediakan lalu dimasukkan kedalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam. Sehabis itu tiap-tiap mortar dilepaskan dari cetakan dan diuji kuat tekannya ketika berumur 7 hari. Pengetesan yang digunakan untuk menguji kekuatan sampel bata ringan geopolimer yaitu dengan tes kuat tekan beton, dan tes penyerapan air sesuai dengan syarat-syarat fisis SNI 03-0349-1989 yang mengatur tentang bata beton pejal untuk pasngan dinding.

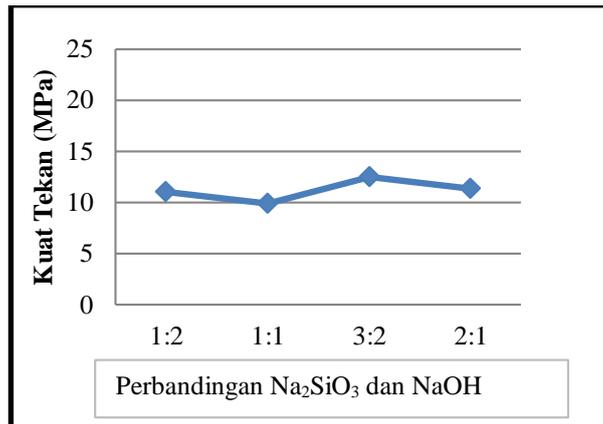
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengetesan kuat tekan umur 7 hari pada sampel mortar geopolimer berukuran $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$. Kuat tekan dari mortar geopolimer, dipengaruhi oleh perbandingan Na_2SiO_3 dan NaOH, kandungan molaritas dari NaOH serta perbandingan pasir dan lumpur yang digunakan.



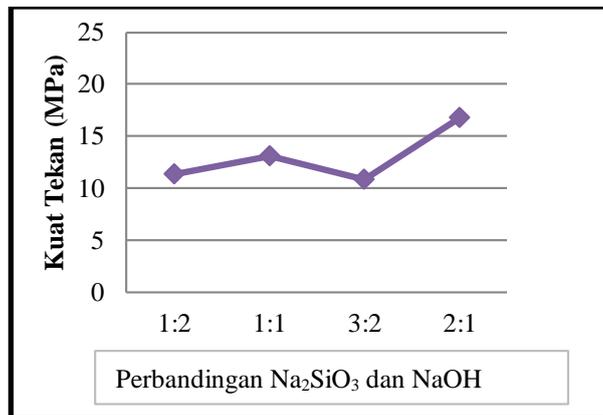
Gambar 2. Hasil Perbandingan Kuat Tekan Mortar Umur 7 Hari (NaOH 8M)

Dari **Gambar 2** dapat dianalisa, bahwa mortar dengan molaritas yang sama (NaOH 8M) memiliki kuat tekan yang berbeda dipengaruhi perbandingan berat Na_2SiO_3 dan NaOH. Semakin berat Na_2SiO_3 terhadap NaOH menghasilkan kuat tekan yang besar, hal ini belum diketahui penyebabnya, tetapi berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan oleh Valentino & Christianto (2013) mendapati bahwa semakin berat campuran NaOH yang ditambahkan berpengaruh pada kuat tekan pada mortar.



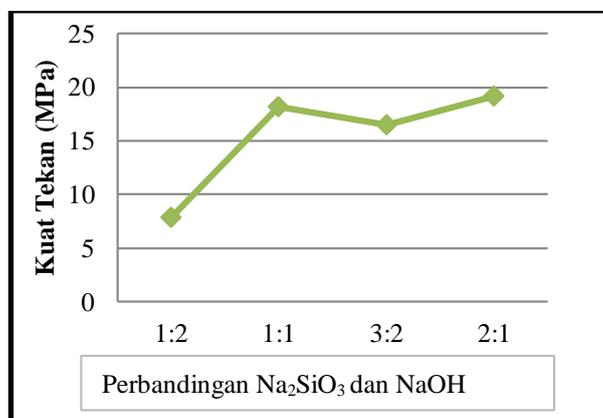
Gambar 3. Hasil Perbandingan Kuat Tekan Mortar Umur 7 Hari (NaOH 10M)

Pada **Gambar 3** yaitu penelitian 10M didapati bahwa kuat tekan untuk perbandingan 1:2 sampai 2:1 tidak mengalami adanya perbedaan yang signifikan dibanding dengan 8 Molar ditinjau berdasarkan kuat tekan yang ditampilkan pada **Gambar 3** besar kemungkinan adanya kesalahan dalam pencampuran atau mungkin adanya faktor-faktor lain yang menyebabkan hal ini dapat terjadi.



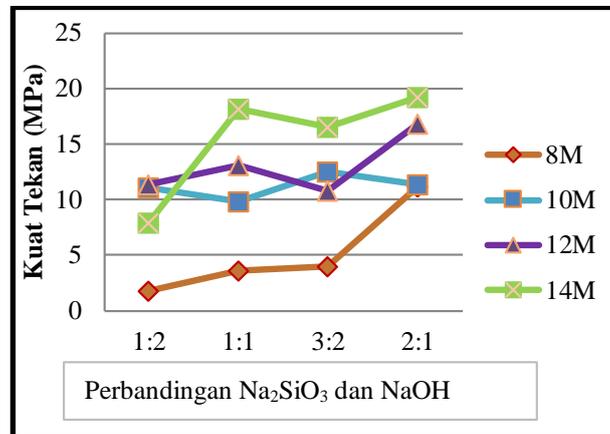
Gambar 4. Hasil Perbandingan Kuat Tekan Mortar Umur 7 hari (NaOH 12M)

Dapat dilihat pada **Gambar 4** yaitu penelitian NaOH 12 molar menunjukkan grafik yang hampir sama seperti grafik pada 8 molar, yaitu bahwa diperbandingan 2:1 adalah perbandingan dengan nilai kuat tekannya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan perbandingan yang lain. hal ini belum diketahui pastinya, tetapi berdasarkan hasil penelitian didapati perbandingan Na_2SiO_3 dan NaOH turut memberikan pengaruh kuat tekan.



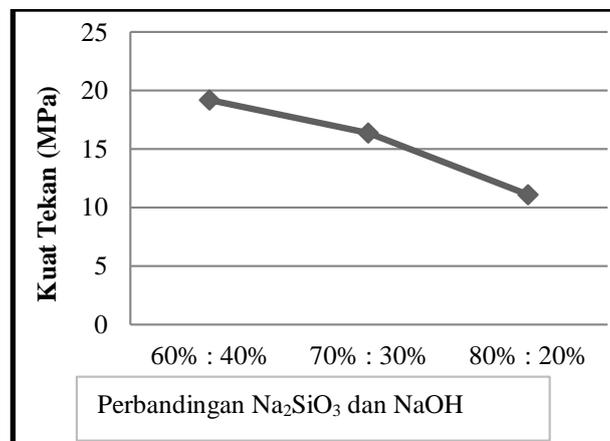
Gambar 5. Hasil Perbandingan Kuat Tekan Mortar Umur 7 hari (NaOH 14M)

Gambar 5 penelitian NaOH 14M didapati bahwa kuat tekan untuk perbandingan 1:1 sampai 2:1 tidak mengalami adanya perbedaan yang signifikan dibanding dengan gambar yang lainnya. Hal ini sama seperti dengan perbandingan 10 molar dimana hasil kuat tekan antara 1:1 sampai 2:1 tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Perlu adanya penelitian tambahan akan hal ini, mungkin adanya kesalahan dalam proses pembuatan.



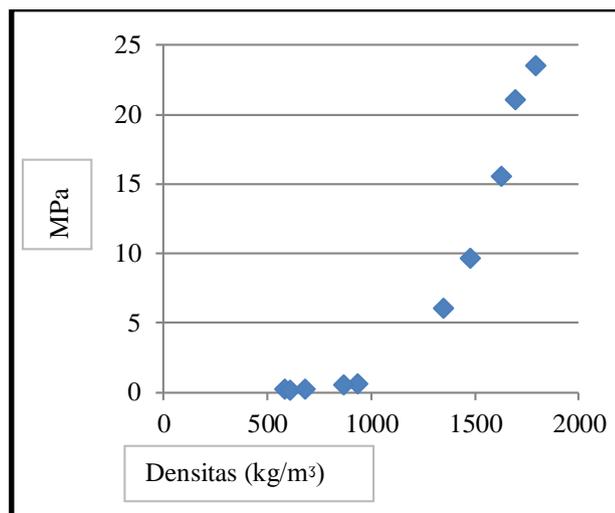
Gambar 6. Hasil Perbandingan Kuat Tekan Mortar Umur 7 hari

Pada **Gambar 6** menunjukkan hasil keempat perbandingan molaritas dan perbandingan Na₂SiO₃. Terlihat jelas bahwa perbandingan NaOH 14 molar memiliki kuat tekan yang tinggi serta pengaruh Na₂SiO₃ dan NaOH turut berpengaruh terhadap kuat tekan. Maka dalam penelitian ini diambil sampel dengan komposisi 14 molar NaOH dengan perbandingan 2:1.



Gambar 7. Hasil Perbandingan Kuat Tekan Campuran Terbaik Terhadap Perbandingan Campuran Lumpur Sidoarjo Umur 7 Hari

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin sedikit lumpur maka kuat tekan berkurang. Ini disebabkan karena campuran pasir yang semakin banyak dan semakin sedikitnya lumpur mengakibatkan larutan aktivator yang direncanakan 50% dari berat lumpur semakin sedikit juga yang mengakibatkan rekatan antar agregat akan semakin menurun. Hasil ini sama dengan yang didapatkan Antoni, et al, (2012) yaitu semakin banyak penggunaan pasir maka kuat tekannya semakin menurun. Maka kuat tekan dengan kandungan lumpur 40% dan perbandingan campuran aktivator 2:1 akan dipakai sebagai komposisi dalam campuran pembuatan bata ringan geopolimer dengan campuran *foam*.



Gambar 8 Hasil Perbandingan Kuat Tekan Umur 7 Hari

Dari **Gambar 8** dapat dianalisis bahwa bata ringan dengan densitas lebih 1300 kg/m³ memiliki kuat tekan lebih dari 6 MPa adalah bata beton ringan CLC geopolimer berbahan lumpur lapindo yang memenuhi persyaratan bata ringan karna memiliki kuat tekan lebih besar dari 2.53MPa yaitu 6 MPa (Berdasarkan Persyaratan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton). Untuk kuat tekan lebih jelasnya akan besar kuat tekan dari masing-masin benda uji, dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Kuat Tekan Bata Ringan Umur 7 Hari

Berat Jenis Rata-Rata (kg/m ³)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Penyerapan air (%)
1792	23.5	3.4
1693	21.0	12.1
1626	15.5	11.7
1475	9.6	23.1
1347	6.0	24.9
932	0.6	32.1
868	0.5	41.7
681	0.2	43.9
608	0.1	44.3
582	0.2	46.4

Ditinjau berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding. Pada pembuatan bata ringan dengan densitas 1626 kg/m³ dengan penyerapan air 11.7% memenuhi syarat bata ringan kelas satu, untuk densitas 1475 kg/m³ dengan penyerapan air 23.1% memenuhi syarat bata ringan kelas dua, dan untuk densitas 1347 kg/m³ dengan penyerapan air 24.9% memenuhi syarat bata ringan kelas tiga. Sedangkan densitas 932 kg/m³, 868 kg/m³, 681 kg/m³ tidak memenuhi syarat bata ringan diakibatkan kuat tekan yang kurang dari 2,53 MPa. Syarat-syarat ketentuan SNI 03-0349-1989 dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Bata Beton untuk Pasangan Dinding SNI 03-0349-1989

Syarat Fisik	Satuan	Tingkat Mutu Bata Beton Pejal			
		I	II	III	IV
Kuat Tekan Bruto Rata-rata Minimum	MPa	12.05	8.43	4.82	3.01
Kuat Tekan Bruto Masing-masing Benda Uji Minimum	MPa	10.84	7.83	4.22	2.53
Penyerapan Air Rata-rata Maksimum	%	25	35	-	-

4. KESIMPULAN

Menurut hasil analisa dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Kuat tekan terbesar diperoleh dari perbandingan 60% lumpur Sidoarjo: 40% pasir Lumajang, yaitu sebesar 19.20 MPa pada umur 7 hari dengan kandungan molaritas NaOH sebesar 14 molar.
2. Semakin tinggi perbandingan berat Na₂SiO₃ dan larutan NaOH tidak selalu menghasilkan kuat tekan yang tinggi.
3. Semakin tinggi kandungan molaritas yang digunakan, maka semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan. Sampel yang menggunakan molaritas 14M menghasilkan kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan sampel dengan molaritas yang lebih rendah.
4. Dilihat dari hasil penelitian yang telah dibandingkan maka sampel bata ringan 40% lumpur : 60% pasir dengan perbandingan Na₂SiO₃ dan NaOH adalah 2 : 1 adalah campuran yang dipakai dalam proses pembuatan bata ringan, ditinjau dari kuat tekan terbesar yang diperoleh. Pada pembuatan bata ringan dengan densitas lebih dari 1347 kg/m³ memenuhi syarat bata beton sesuai dengan SNI 03-0349-1989. Sedangkan densitas kurang dari 932 kg/m³ tidak memenuhi syarat bata beton diakibatkan kuat tekan yang kurang dari 2.53 MPa.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Antoni, A., Geman, R., Tjondro, R. T., Anggono, J., & Hardjito, D. (2012). Effects of Calcination Temperature of LUSI Mud on the Compressive Strength of Geopolymer Mortar. *Advanced Materials Research*, 626, 224–228. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.626.224
- Ekaputri, J. J., Adiningtyas, T., & Triwulan. (2007). Analisa Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dan Lumpur Porong Kering Sebagai Pengisi, *TORSI Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil*, 27(3), hal. 33–46.
- Hardjito, Djwantoro, Wibowo, G. M., & Christianto, D. (2012). Pozzolanic Activity Assessment of LUSI (LUmpur SIdoarjo) Mud in Semi High Volume Pozzolanic Mortar. *Materials*, 5(12), 1654–1660. doi:10.3390/ma5091654
- Lloyd, N. A., & Rangan, V. B. (2009). Durability of Geopolymer Concrete Box Culverts – a Green Alternative Durability of Geopolymer Concrete Box Culverts – a Green Alternative. *34th conference on OUR WORLD IN CONCRETE & STRUCTURE*. Singapore.
- Nurrudin, M. F. (2010). Sidoarjo Mud : A Potential Cement Replacement Material. *Civil Engineering Dimension*, 12(1), 18-22.
- Yodmune, S., & Yodsudjai, W. (2006). Study on Corrosion of Steel Bar in Fly Ash-Based Geopolymer Concrete, *International Conference on Pozzolan, Concrete and Geopolymer*, 189–194.
- SNI 03-0349-1989. *Standar Bata Beton untuk Pasangan Dinding*. Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.