Pengaruh Parameter Rasio *Liquid-Solid*, Suhu dan Lama Perawatan Terhadap Kuat Tekan Paving Blok Geopolimer

Thomson Simanjuntak[1)], Aman[2)], Ahmad Fadli[2)]

[1)]Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, [2)]Dosen Jurusan Teknik Kimia Teknik Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5, Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

[1)]Email :thomson.simanjuntak@gmail.com

ABSTRACT

Fly ash as a substitute for cement shows potential waste utilization. The objective of the research is to find the optimum parameter to produce geopolymer. Use of fly ash type F from Paiton Probolingo power plant, fine aggregate of sand, NaOH 14M and Na_2SiO_3 solution. The liquid activator/solid (fly ash) ratio varies 0.3; 0.5 and 0.7 and treatment temperature variations from room temperature (30), 60, 80 and 100 ^oC and curing time of 3, 7, 14 and 28 days. The modulus activator ratio of Na_2SiO_3 / NaOH is 2 and the ratio of fly ash to aggregate is 1: 3. Compressive strength obtained 314.20 kg/cm^2 at optimum ratio of liquid/solid 0.5 and curing at 80 ^oC and 28 days.

Keywords: Fly ash; Geopolymer; Paving block; Compressive Strength; Modulus.

1. Pendahuluan

Pemanasan global telah menjadi topik permasalahan utama dalam berbagai penelitian sains dan rekayasa, terutama terkait dengan emisi gas buang seperti CO_2 yang berasal dari aktivitas manusia. Sebanyak 65% dari total emisi gas rumah kaca disumbangkan oleh CO_2. Total emisi CO_2 tersebut, sekitar 6% berasal dari industri semen, yang didominasi oleh produk *Ordinary Portland Cement* (OPC) sebagai bahan konstruksi yang dikenal secara luas oleh masyarakat. Produksi tiap ton semen Portland kira-kira akan melepaskan satu ton CO_2 ke atmosfer. Mengingat fungsi OPC sebagai bahan konstruksi yang digunakan di seluruh dunia dalam kuantitas sangat besar, maka upaya pengurangan emisi CO_2 dari sektor industri ini sangat layak untuk diupayakan (Walmiki & Prambudi, 2013).

Geopolimer merupakan suatu polimer anorganik yang mulai dikembangkan pada dekade '80-an sebagai alternatif pengganti maupun pelengkap semen *portland* dalam konstruksi sipil. Alur produksi geopolimer yang tidak memerlukan pengolahan pada temperatur tinggi menyebabkan bahan ini memiliki residu karbon yang jauh lebih kecil daripada semen *Portland*. Geopolimer disintesis dari bahan-bahan yang mengandung silika dan alumina atau disebut aluminosilikat. Bahan baku aluminosilikat di Indonesia, seperti kaolin dan *fly ash* mudah didapat. Hal inilah yang menyebabkan potensi pengembangan geopolimer di Indonesia sangat besar, apalagi jika dikaitkan dengan komitmen Indonesia untuk menurunkan emisi karbon nasional sebesar 26% pada tahun 2020

menurut kerangka kerja UNFCCC (Hilman, 2010).

Bahan dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan material geopolimer ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silikon dan aluminium. Unsur-unsur ini banyak didapati, di antaranya pada material buangan hasil sampingan industri, seperti misalnya fly ash dari sisa pembakaran batu bara. Selama ini, pengolahan ataupun penanganan limbah fly ash oleh industri dipakai hanya sebagai bahan timbunan. Penimbunan yang sembarangan bahkan berpotensi mengancam kelestarian lingkungan, selain mudah beterbangan dan mengotori udara, partikel-partikel logam berat yang dikandungnya dengan mudah larut dan mencemari sumber-sumber air (Muchjidin, 2006).

Peraturan Pemerintah (PP). No. 101 Tahun 2014 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). *Fly ash* dikategorikan sebagai limbah B3 karena terdapat kandungan oksida logam berat yang akan mengalami pelindihan secara alami dan mencemari lingkungan. Penanganan yang direkomendasikan oleh peraturan pemerintah adalah solidifikasi dimana proses tersebut sifat B3 dalam *fly ash* akan menjadi stabil dan dapat dimanfaatkan sebagai produk aman bagi lingkungan. Salah satu pemanfaatan fly ash adalah sebagai bahan baku pembuatan bata beton (paving blok) dengan tidak memakai bahan semen *Portland*.

Metode solidifikasi dalam penanganan limbah *fly ash* yang telah dilakukan selama ini diantaranya digunakan sebagai campuran semen pada beton Karena mempunyai sifat *pozzolanic*, sebagai bahan pengisi (*filler*) aspal beton, pada industri bata, genteng, batako dan sebagainya.

Adapun metode solidifikasi dalam penelitian ini adalah dengan proses geopolimer yang bersih dan ramah lingkungan. Geopolimer dihasilkan melalui reaksi padatan aluminosilikat yang terdapat dalam material *fly ash* dengan aktivator basa kuat menghasilkan binder/perekat seperti semen.

Faktor yang mempengaruhi sifat-sifat beton/paving blok geopolimer, yaitu kelas *fly ash*, konsentrasi alkali, modulus aktivator, suhu perawatan dan lama waktu perawatan, hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa masing-masing faktor tersebut dalam jumlah yang tepat menjadi parameter untuk menghasilkan beton/paving blok geopolimer dengan kuat tekan tinggi (Yahya, 2015).

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan baku

Bahan baku penelitian meliputi *fly ash*, Natrium Hidroksida (NaOH), Natrium Silikat (Na_2SiO_3), pasir sebagai agregat halus dan air.

2.2 Peralatan yang digunakan

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan, gelas ukur, sekop, wadah, mesin pencetak paving blok dan *oven*.

2.3 Prosedur Penelitian

Pembuatan paving blok geopolimer dimulai dari pengumpulan bahan-bahan dan alat. Dari variabel yang telah ditentukan,

semua bahan ditimbang sebelum membuat pasta geopolimer. Alkali aktivator dibuat dari pencampuran *waterglass* dan larutan alkali, dimana reaksi yang terjadi adalah eksoterm dan dilakukan pendinginan suhu ambient. Kemudian dilakukan pencampuran pasir agregat dan *fly ash* lalu diaduk dengan sekop hingga merata sebelum penambahan larutan alkali aktivator. Setelah itu dilakukan pengadukan pasir agregat, *fly ash* dan larutan alkali aktivator serta *plasticizer* sekitar 3 - 5 menit atau hingga merata. Untuk menghilangkan gelembung karena pengadukan, pasta geopolimer didiamkan sekitar 2 menit sebelum dicetak di mesin cetak paving blok.

Setelah sampel paving blok geopolimer dicetak, dilakukan *rest period* (*pre-curing*) pada lingkungan ambien selama 24 jam terhitung sejak sampel dicetak. Perawatan (*curing*) pada suhu yang telah ditetapkan sesuai variabel, dilakukan selama 24 jam terhitung sejak sampel paving blok geopolimer dimasukkan ke dalam oven yang sudah stabil suhunya.

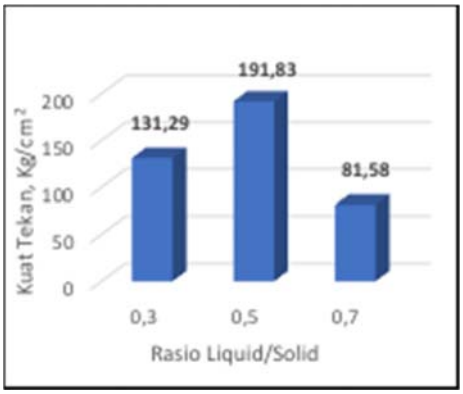
2.4 Analisa Hasil

Data analisa diperoleh dari uji kuat tekan dan absorpsi. Uji XRD dan SEM untuk mengetahui hubungan kuat tekan terhadap kristalinitas mineral yang terbentuk.

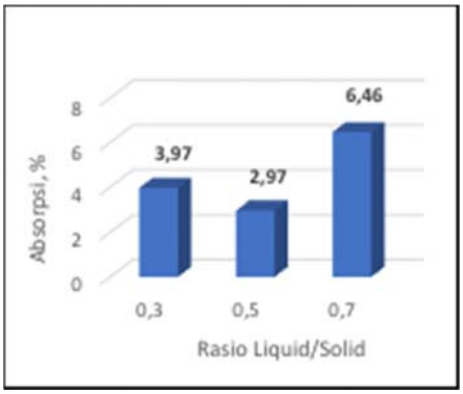
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Parameter Rasio *Liquid-Solid*

Pada gambar 1 dan 2 menunjukkan pengaruh rasio L/S terhadap kuat tekan yang meningkat dari rasio 0,3 sampai 0,5 disebabkan *workability* campuran meningkat, dengan meningkatnya rasio *liquid-solid* sampai rasio optimum 0,5.



Gambar 1. Pengaruh Rasio L/S NaOH 14 M Terhadap Kuat Tekan

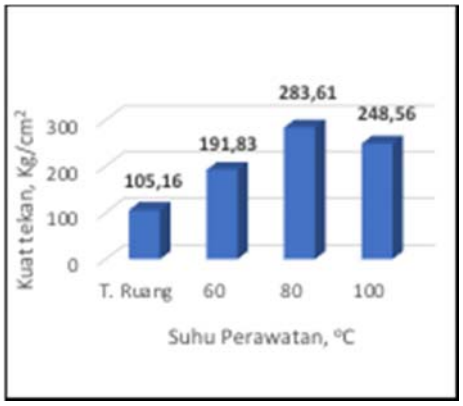


Gambar 2. Pengaruh Rasio L/S NaOH 14 M Terhadap Absorpsi

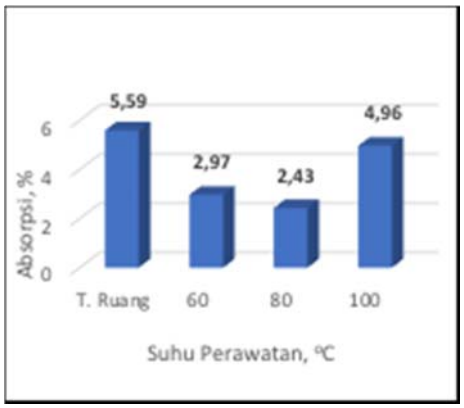
Tetapi pada rasio 0,7 kuat tekan menurun disebabkan penambahan larutan aktivator yang berlebih menghasilkan ion OH- yang akan meninggalkan system yang dapat memperlemah struktur geopolimer, selain itu kandungan liquid yang tinggi menyebabkan interaksi antar partikel *fly ash* berkurang dan jarak antar partikel bertambah besar (Yahya, 2015).

3.2 Pengaruh Parameter Suhu Perawatan

Pada gambar 3 dan 4 menunjukkan pengaruh suhu perawatan terhadap kuat tekan dan absorpsi paving blok geopolimer, terlihat dari suhu kamar sampai suhu perawatan 80 ^{o}C kuat tekan meningkat selanjutnya pada suhu perawatan 100 ^{o}C terjadi penurunan kuat tekan, hal ini sesuai dengan peneliti terdahulu bahwa kenaikan suhu perawatan berpengaruh terhadap sifat fisika paving blok geopolimer.



Gambar 3. Pengaruh Suhu Perawatan Terhadap Kuat Tekan

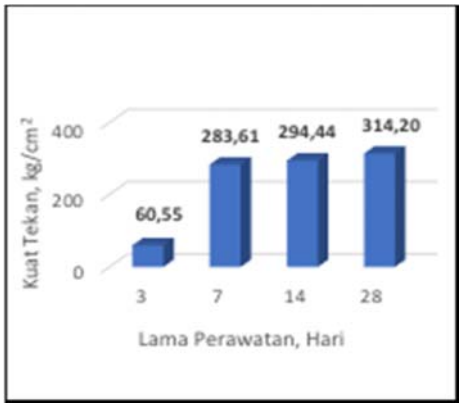


Gambar 4. Pengaruh Suhu Perawatan Terhadap Absorpsi

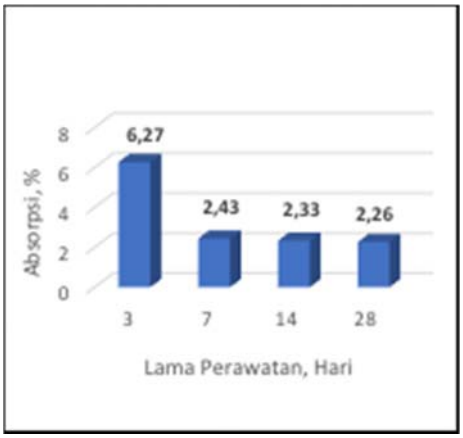
Kenaikan suhu perawatan dapat menurunkan kuat tekan karena kehilangan *moisture* (kadar air) di dalam struktur yang menyebabkan mudah terjadi keretakan dan juga terjadi penyusutan ataupun pengkerutan dari paving blok geopolimer sehingga dapat menurunkan kuat tekan (Yahya, 2015; Wang, 2003).

3.3 Pengaruh Parameter Lama Waktu Perawatan

Pada gambar 5 dan 6 menunjukkan kuat tekan dipengaruhi oleh lama perawatan.



Gambar 5. Pengaruh Suhu Perawatan Terhadap Kuat Tekan



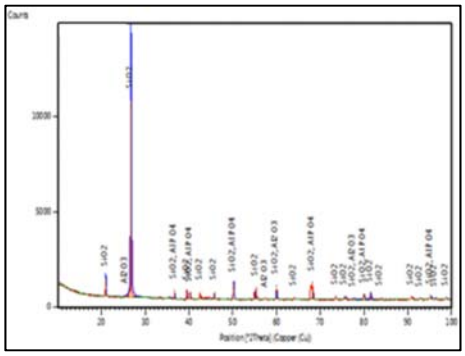
Gambar 6. Pengaruh Suhu Perawatan Terhadap Absorpsi

Hal ini dapat dilihat pada waktu 3, 7, 14 dan 28 hari kuat tekan

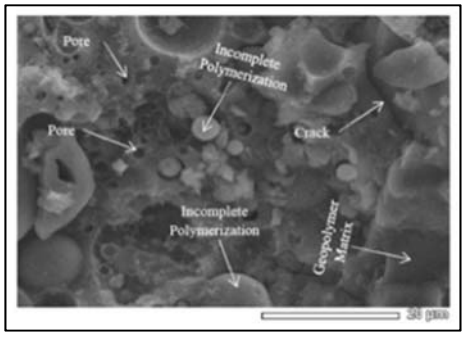
meningkat karena laju proses kimia yang terjadi memerlukan waktu terhadap sifat fisika atau kekuatan mekanik dari paving blok geopolimer dan menurut peneliti sebelumnya juga menyatakan semakin lama waktu perawatan maka kuat tekan akan meningkat.

3.4 Analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) & *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Pada gambar 7 analisa XRD dan gambar 8 SEM untuk rasio L/S 0,5 dengan kuat tekan maksimum, terlihat memiliki puncak-puncak mineral. Puncak tertinggi berada pada mineral SiO_2 (*quartz*) atau kristal dimana kritalinitas ini menunjukkan tingkat kekerasan.

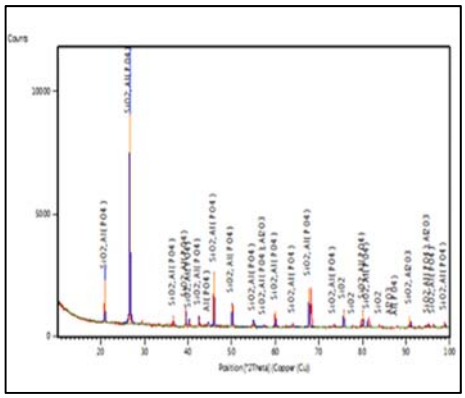


Gambar 7. Analisa XRD Paving Blok Rasio L/S 0,5 NaOH 14M



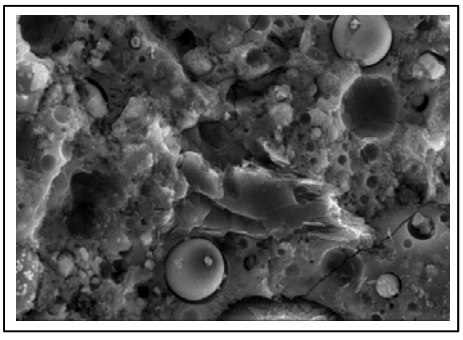
Gambar 8. Analisa SEM Paving Blok Rasio L/S 0,5 NaOH 14M

Pada gambar 9 analisa XRD untuk rasio L/S 0,7; puncak tertinggi pada mineral Aluminium (*albite*). Hal ini menunjukkan rasio L/S 0,5 lebih kuat karena ikatan Si-O-Si dibandingkan rasio 0,7 karena ikatan yang terjadi adalah Al-O-Al.



Gambar 7. Analisa XRD Paving Blok Rasio L/S 0,7 NaOH 14M

Gambar 10 pada uji SEM, menunjukkan terbentuknya matriks geopolimer dan juga masih ada *solid* yang tidak bereaksi (*incomplete*) geopolimerasi serta *crack* (retak) yang berpengaruh terhadap kuat tekan paving blok geopolimer.



Gambar 10. Analisa SEM Paving Blok Rasio L/S 0,7 NaOH 14M

4. Simpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan, dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatkan rasio larutan aktivator terhadap *solid* akan menurunkan kuat tekan, begitu juga dengan suhu perawatan, semakin tinggi suhu perawatan akan menurunkan kuat tekan sedangkan meningkatkan waktu lama perawatan akan meningkatkan kuat tekan. Paving blok geopolimer yang dihasilkan adalah dengan kuat tekan tertinggi yaitu pada 314,20 kg/cm^2 yang diperoleh pada rasio L/S 0,5 dan perawatan pada suhu 80 ^{o}C selama 28 hari.

Daftar Pustaka

Davidovits, J. 1994. Global Warming Impact on the Cement and aggregates industries, World Resources Review, 263 – 278

Davidovits, J. 1999. Proceding 2nd International Conference Geopolymer, Universite de Picarde, France.

Davidovits, J. 2008. *Geopolymer Chemistry And Application,* http://www.geopolymer.org/applications/geopolymer-cement.

Hilman, M. 2010. *Indonesia Second National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC),* Republic of Indonesia Ministry of Environment.

Muchjidin. 2006. Pengendalian Mutu dalam Industri Batubara. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101. (2014). Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Indonesia: Pemerintah Republik Indonesia

Yahya, Z., & Mustafa Al Bakri. 2015. *Effect of solid to liquid, Na_2SiO_3 to NaOH and curing temperature on Palm Oil Boiler Ash geoplymerisation system.* Materials ISSN 1996-1944.