

## Potensi Penggunaan Teknologi Geopolimer sebagai Alternatif Metode dalam Pembuatan Panel Ornamen

Amir Fauzi<sup>1,2</sup>, Fazliah<sup>1,2\*</sup>, Fajri<sup>1,2</sup>, Faisal Rizal<sup>1,2</sup>, Mulizar<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

<sup>2</sup>Geopolymer and Green Technology Research Center, PNL,  
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

\*fliah360@gmail.com

**Abstrak**— Pengembangan sumber daya manusia merupakan upaya memberikan kontribusi ekonomi dan masyarakat. Untuk itu diperlukan suatu metode untuk menciptakan ekonomi yang baik bagi masyarakat dan bersaing dalam rangka meningkatkan taraf hidup di kehidupannya. Geopolimer merupakan proses untuk menggantikan penggunaan OPC dalam industri beton. Seperti diketahui bahwa penggunaan OPC pada industri beton menyebabkan terjadinya pelepasan CO<sub>2</sub> ke lingkungan. Selain itu juga meningkatkan biaya produksi pada industri beton. Maka pada kegiatan ini akan menggantikan material OPC dengan material limbah sebagai pengikatnya. Teknik ini disebut dengan teknik geopolimer. Kandungan kimia Si dan Al dari material limbah direaksikan dengan larutan basa membentuk gel Si-O-Si dan Si-O-Al yang berkontribusi pada kuat tekan. Sedangkan kandungan kimia Ca dari material limbah direaksikan dengan larutan basa membentuk gel C-A-S-H atau N-A-S-H yang berkontribusi pada setting time. Informasi tersebut menjadi alasan untuk mengganti material OPC sebagai bahan pengikat pada industri beton khususnya dalam produksi panel. Kegiatan ini melatih mahasiswa tingkat akhir Politeknik Negeri Lhokseumawe sebagai audiens untuk mendapatkan informasi produksi panel dari bahan limbah. Kegiatan ini dinilai mampu memberikan kontribusi sebagai wirausaha setelah menyelesaikan studi.

**Kata kunci**—: Panel ; fly ash; wirausaha; geopolimer; limbah

**Abstract**— Development of human resources is an effort to contribute economy and community. So, it was required a method to create an good financial for the society and good competition for home industry. Geopolymer binder is a process to replace the use of OPC in the concrete industry. As known that the use of OPC in the concrete industry caused the release of CO<sub>2</sub> on the environment. In addition, it also increased the production cost in the concrete industry. So, this study replaced the material of OPC with the waste material as the binder. It was called geopolymer system. The chemical content of Si and Al from the waste material reacted with the alkaline solution to form the gel of Si-O-Si and Si-O-Al that contributed on compressive strength. While, the chemical content of Ca from the waste material reacted with the alkaline solution to form the gel of C-A-S-H or N-A-S-H that contributed on the setting time. This information was a reason to replace the material of OPC as the binder in the concrete industry especially in the production of panel. This study trained the final year student of polytechnic state of lhokseumawe as an audience to get the information of panel production from the waste material. This activity was considered to be able to contribute as entrepreneur after complete the study.

**Keywords**—panel, geopolymer; fly ash; entrepreneur; geopolymer; waste

### I.PENDAHULUAN

Aceh merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang mempunyai taraf ekonomi yang rendah dibandingkan dengan provinsi-provinsi lain. Menurut data Badan Pusat Statistik

(BPS) Aceh, pertumbuhan ekonomi Aceh berada di peringkat keenam terendah di tingkat nasional. Hal ini mempunyai kaitan dengan situasi politik aceh yang membuat provinsi ini tidak dilirik oleh pengusaha untuk menanamkan modal dalam mendirikan industri-industri strategis yang dapat menaikkan

taraf ekonomi. Pada akhir tahun 2004 atau setelah bencana tsunami, situasi politik Aceh mulai mereda. Hal ini mulai menarik para pengusaha untuk menanamkan modal di Aceh dengan mendirikan beberapa industri besar seperti pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Namun, kini muncul masalah baru dengan kehadiran industri tersebut dimana selain menghasilkan manfaat bagi masyarakat, ternyata industri ini juga menghasilkan limbah yang berdampak kepada lingkungan dan masyarakat.

Penggunaan limbah industri sebagai ikatan dalam beton dapat berupa pozzolanic yang mana material yang mempunyai kandungan kimia Si yang tinggi akan bereaksi bersama-sama dengan OPC membentuk ikatan C-S-H. Dalam hal ini, penggunaan limbah industri sebagai ikatan dalam beton bersifat menggantikan sebagian dari penggunaan OPC. Selain itu, penggunaan limbah industri juga mampu menggantikan seluruh OPC sebagai ikatan dalam beton. Hal ini dilakukan dengan teknologi geopolimer. Teknologi ini diketahui memiliki jejak pelepasan CO<sub>2</sub> yang lebih rendah dibandingkan dengan OPC sehingga dikenal dengan istilah green technology. Material yang berasal dari limbah industri harus memiliki kandungan kimia yang kaya akan Si, Al dan Ca. Dalam reaksi geopolimer, kandungan Si dan Al akan membentuk ikatan gel Si-O-Al dan Si-O-Si yang akan berkontribusi terhadap karakteristik mekanik beton sedangkan kandungan Ca akan membentuk ikatan gel C-A-S-H atau N-A-S-H yang akan berkontribusi terhadap lamanya perkerasan.

Meskipun, penelitian beton geopolimer sudah lebih dari dua dekade, namun belum ada satupun yang membuat produk non struktural yaitu ornamen. Ornamen merupakan salah satu bagian dari konstruksi yang fungsinya bukan termasuk komponen struktur tapi lebih kepada keindahan dan seni (minimalis) dari konstruksi. Sehingga penelitian ini mempersiapkan mahasiswa agar menjadi pengusaha muda di bidang konstruksi non struktural. Keunggulan dari penelitian ini adalah material yang digunakan merupakan limbah PLTU Nagan raya, Aceh, Indonesia yang mana limbah ini telah menjadi sebuah isu lingkungan di provinsi Aceh, khususnya kabupaten Nagan Raya.

Geopolimer Mortar adalah beton yang dibuat tanpa menggunakan semen Portland sebagai bahan pengikat, namun digunakan limbah industri yang kaya akan kandungan Si, Al dan Ca. Saat ini, limbah batu bara dari pembangkit listrik atau lebih dikenal dengan fly ash sering digunakan sebagai material dasar pada geopolimer (Zhang, 2018).

Fly ash dicampur dengan larutan alkali activator dalam jumlah tertentu. Pengikat pada geopolimer diproduksi dari senyawa pozzolanic dengan larutan alkali aktivator yang terdiri dari larutan natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>). Pengikat ini diaktifkan dengan basa bersifat ramah lingkungan, yang mana produksinya menghabiskan sedikit energi.

Panel ornamen merupakan salah satu bagian dari konstruksi yang fungsinya bukan merupakan bagian dari komponen struktur tapi lebih kepada keindahan dan seni (minimalis) dari konstruksi (wikipedia, 2011). Beragam desain produk yang telah dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan panel ornamen terus berkembang seiring dengan waktu, hal ini disebabkan meningkatnya permintaan konsumen dan persaingan bisnis sehingga masing-masing usaha terus mengembangkan corak desain dan material yang digunakan untuk memperoleh waktu yang singkat pada pelaksanaannya.

Fly ash (abu terbang) adalah limbah yang berasal dari sisa pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Abu terbang dikategorikan dalam material "Pozzolon" yakni material siliceous atau aluminous yang didalamnya terdapat sedikit sekali atau tidak sama sekali material cementious seperti yang ada pada semen portland (Prasetyo B.G, 2015). Sebagian besar komposisi kimia dari fly ash tergantung pada tipe batu bara.

Komposisi dari fly ash sebagian besar terdiri dari silika dioksida (SiO<sub>2</sub>), alumunium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan kalsium (CaO), serta magnesium, potassium, sodium, titanium, sulfur, dalam jumlah yang kecil

Dalam ACI manual of concrete practice 1993 part 1 226.3R-3, fly Ash sebagai bahan tambah campuran beton dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu : Fly ash jenis N, hasil kalsinasi dari pozzolan alam, misalnya diatomite, shale, tuft dan batu apung, biasanya diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran, selain itu juga mempunyai sifat Fly ash jenis F, mengandung CaO lebih kecil 10%, fly ash yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis anthracite atau bitumen batu bara. Fly ash ini memiliki sifat pozzolan kadar (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) > 70%. Fly ash jenis C, mengandung CaO di atas 10%, dan fly ash yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub bitumen batu bara dengan kadar (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) > 50%.

Natrium Hidroksida (NaOH) berbentuk serbuk kristal berperan dalam pembentukan formasi zeolit, serta Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> yang berbentuk gel berperan dalam meningkatkan kuat tekan karena mempercepat terjadinya reaksi polimerisasi. Semakin tinggi perbandingan berat Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dan larutan NaOH tidak selalu menghasilkan kuat tekan yang tinggi, tetapi semakin tinggi molaritas yang digunakan maka semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan (Januarti Jaya Ekaputri, 2013). campuran. Pori tertutup lebih baik dari pori terbuka, karena pori tertutup memiliki tekanan hidrostatik yang menambah kuat tekan dan terhindar dari retak. Sedangkan pori terbuka menjadi keropos sehingga menurunkan kuat tekan (Rattanasak,U., & Chindaprasirt, P, 2009).

Lloyd & Rangan (2010) menyebutkan dalam pembuatan geopolimer dibutuhkan larutan alkali yang berfungsi sebagai pengaktif reaksi polimerisasi dari silika (Si) dan alumina (Al) yang terkandung dalam fly ash, larutan alkali yang umum digunakan adalah natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) dengan natrium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>).

Larutan natrium silika (waterglass) adalah bahan aktivator yang secara umum digunakan karena mudah didapat. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan digunakan natrium silikat dan natrium hidroksida. Natrium silika digunakan karena dapat larut bersama air dimana selanjutnya natrium silikat menyumbangkan kation Na<sup>+</sup> sebagai penyeimbang muatan dalam struktur cross-linked aluminosilikat. Natrium silikat dapat terlarut dalam air yang akan menyediakan lingkungan untuk terjadinya reaksi cairan-padatan yang ideal untuk pelarutan prekursor. Kandungan natrium silikat menyediakan kation berikatan- valensi-satu (monovalent) [Na<sup>+</sup>] sebagai spesies aktivator dimana ion resiprokal- nya Si<sup>4+</sup>, adalah komposisi utama geopolimer. Kadar natrium silikat harus optimum dimana cukup dalam memenuhi kebutuhan kation monovalen penyeimbang dalam proses polikondensasi tanpa mengakibatkan terbentuknya natrium karbonat di permukaan sebagai efek kelebihan kandungan natrium silikat.

Natrium silika mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Bentuknya dapat berupa padatan dan

larutan, pada penggunaan beton lebih banyak digunakan bentuk larutan. Natrium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam fly ash sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Fly ash dalam natrium hidroksida membentuk ikatan kurang kuat namun ikatan lebih padat dan terjadi retakan antar mikrostruktur.

Jaarsveld (2003) menegaskan bahwa penambahan  $Na_2SiO_3$  ke larutan NaOH sebagai larutan alkali aktivator dapat meningkatkan reaksi antara raw material dan larutan. Selain itu, beberapa studi mengenai geopolimerisasi menemukan bahwa umumnya larutan NaOH menyebabkan tingkat disolusi mineral yang lebih tinggi daripada larutan KOH. Dalam penelitian mereka, kombinasi larutan  $Na_2SiO_3$  dan NaOH dipilih sebagai cairan alkali karena mereka lebih murah dibandingkan larutan berbahan Kalium.

Agregat halus (pasir) dibutuhkan sebagai bahan pembuatan panel ornamen yang memiliki peran untuk memberikan kemampuan kerja dan finishing yang baik. Pasir dengan modulus kehalusan (FM) sekitar 3,0 dianggap pasir kasar yang memungkinkan untuk menghasilkan workability yang baik dan kuat tekan tinggi.

Untuk kuat tekan 70 MPa (10.000 psi) atau lebih besar, FM harus berkisar 2,8 hingga 3,2 sementara FM dengan kisaran 2,5 dan 2,7 akan menghasilkan kuat tekan yang rendah dan campuran yang lekat.

Pengujian x-ray Fluorescence (XRF) dilakukan untuk mengetahui jumlah presentase kandungan kimia yang ada pada material. X-ray Fluorescenc menunjukkan sifat dominan dari material pada umumnya, posisi 20-30 mengidentifikasi apakah material tersebut bisa dijadikan sebagai material yang bersifat semen (cementitions). Pada geopolimer, presentase material yang diharapkan dalam jumlah yang besar adalah silika, alumina dan kalsium. Ini dikarenakan silika dan alumina berkonsentrasi pada kuat tekan benda uji, sedangkan Ca berkontribusi terhadap setting time (Amir Fauzi, 2018).

## II.METODOLOGI PENELITIAN

Metode kegiatan yang dilaksanakan dengan pelatihan yang diberikan oleh tenaga pelatih yang terdiri dari dosen Politeknik Negeri Lhokseumawe Jurusan Teknik Sipil dengan tujuan untuk membangun jiwa wirausaha dan mengembangkan usahanya kearah yang lebih maju. Pelatihan ini diberikan kepada mahasiswa tingkat akhir.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pelatihan ini adalah fly ash yang berasal dari Nagan Raya, Aceh. OPC bermerk Semen Padang. Agregat halus berupa pasir alami yang berasal dari penambangan pasir di daerah Krueng Mane, Aceh Utara.Sodium hidroksida (NaOH) berbentuk butiran pellet dan sodium silikat berbentuk gel. Air bersih atau Aquades digunakan untuk melarutkan pellet NaOH. Fly ash yang digunakan merupakan fly ash kelas F sisa dari pembakaran batubara di PLTU Nagan raya. Fly ash telah berbentuk serbuk dengan ukuran partikel sama dengan partikel OPC (ordinary portland cement). Komposisi kimia fly ash diketahui memiliki kandungan kimia yang sama seperti kandungan kimia fly ash umumnya yakni silika dioksida ( $SiO_2$ ), aluminium ( $Al_2O_3$ ), besi ( $Fe_2O_3$ ), dan kalsium ( $CaO$ ). Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah cetakan yang bermotif yang telah di desain.

Sebelum melakukan proses pencampuran, fly ash terlebih dahulu dilakukan penyelidikan sifat fisis material fly ash.

Penyelidikan ini akan mengevaluasi struktur partikel dari material Fly Ash yang akan dianalisis dengan menggunakan alat x-ray Fluorescence (XRF) untuk mengidentifikasi partikel dalam wujud kristal ataupun amorf.

## III.HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Karakteristik Material

Spesifikasi standar ASTM C618 menggambarkan bahwa material FA mengandung kombinasi fase kaca dan kristal dengan tiga kandungan kimia utama  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , dan  $CaO$  berturut-turut sebesar 37.16%, 17.61%, dan 8.72%. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan  $SiO_2$  dan  $Al_2O_3$  yang tinggi mampu membentuk ikatan gel Si-O-Si dan Si-O-Al yang berkontribusi terhadap pembentukan karakteristik mekanik terutama kuat tekan. Lebih lanjut, kandungan Ca pada material FA nagan raya dikategorikan sebagai moderate Ca yang tidak termasuk ke dalam low Ca ataupun high Ca. Seperti diketahui bahwa material dengan kandungan low Ca akan memberikan setting time yang panjang pada reaksi geopolimer sedangkan material dengan kandungan high Ca akan memberikan setting time yang singkat. Namun demikian, material FA nagan raya tidak termasuk ke dalam dua kategori ini sehingga material FA nagan raya diperkirakan memiliki setting time yang sama dengan setting time mortar konvensional. Material FA Nagan Raya telah diuji dengan menggunakan XRF dengan hasil seperti terlampir pada Tabel 1.

TABEL I  
HASIL UJI XRF FLY ASH

No	Senyawa	%
1	$SiO_2$	37,16
2	$Al_2O_3$	17,61
3	$Fe_2O_3$	18,79
4	$CaO$	8,72
5	$Na_2O$	0,468
6	$K_2O$	0,788
7	$TiO_2$	0,747
8	$MgO$	6,43
9	$P_2O_5$	0,139
10	$SO_3$	1,96
12	$H_2O$	-
13	Loi	7,188

Hasil menunjukkan bahwa senyawa  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  dan  $CaO$  berturut turut sebesar 37.16%, 17.61%, 18.79% dan 8.72%. Senyawa ini dianalisis berdasarkan ASTM C618 yang menjelaskan bahwa jumlah senyawa  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  yang ada pada FA nagan raya sebesar 73.56%. Ini menunjukkan bahwa FA nagan raya termasuk kepada jenis fly ash kelas F. Lebih lanjut, FA nagan raya memiliki senyawa kimia  $CaO$  sebesar 8.72%. Senyawa ini dianalisis berdasarkan Canadian Standard Association (CSA) yang menjelaskan senyawa  $CaO$  dikategorikan sebagai tipe Ca sedang (8-20%  $CaO$ ). Senyawa  $SiO_2$  dan  $Al_2O_3$  diyakini mampu bereaksi dengan larutan alkaline untuk membentuk ikatan gel Si-O-Si dan Si-O-Al yang berkontribusi terhadap karakteristik mekanik khususnya kuat tekan. Sedangkan senyawa kimia  $CaO$  akan bereaksi dengan larutan alkalin membentuk ikatan gel C-A-S-H atau N-A-S-H yang berkontribusi terhadap karakteristik setting time. Ikatan gel C-A-S-H akan

memberikan setting time yang pendek sedangkan ikatan gel N-A-S-H akan menyebabkan setting time yang panjang.

**B. Pembuatan Panel Dekorasi**

Perencanaan campuran panel ornamen dalam kegiatan ini bertujuan untuk menghitung proporsi materail-material penyusun panel ornamen. Sehingga ditentukan kebutuhan total volume material untuk pembuatan benda uji. Dari Gambar 1 didapat volume benda uji yaitu 4000 gram, Kebutuhan material dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL I  
KOMPOSISI PANEL ORNAMEN

Material (gram) Fly Ash : Pasir 1 : 2	FA (gram)	Pasir (gram)	larutan alkalin/FA	NaOH 8M, Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> /NaOH = 3			
				Larutan Alkali	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> /NaOH	NaOH (gram)	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (gram)
4000	1333,3	2666,7	1,1	1466,7	3,0	366,7	1100



Gambar 1. Cetakan yang akan dipakai untuk pembuatan panel



Gambar 2. Pemaparan materi mengenai pembuatan panel



Gambar 3. Pengarahan pembuatan panel dekorasi



Gambar 4. Penimbangan Larutan alkaline



Gambar 5. Penimbangan Pasir dan FA



Gambar 6. Proses Pengadukan



Gambar 7. Penuangan Campuran ke Cetakan





Gambar 8. Campuran Panel setelah dituangkan ke Cetakan



Gambar 12. Produk yang dihasilkan



Gambar 9. Campuran Panel yang sudah siap untuk dibuka

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa secara umum peserta telah memahami cara pembuatan ornamen yang baik dan benar serta mampu membuat proposal usaha untuk pengembangan usahanya.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kegiatan yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa analisa jumlah presentase kandungan kimia dengan pengujian TGA adalah limbah FA Nagan Raya tergolong ke dalam type F sehingga perlu ditambahkan larutan kimia untuk mereaksikan dari limbah FA. Dan hasil dari kegiatan ini juga mahasiswa telah memahami cara pembuatan ornamen yang baik dan benar.



Gambar 10. Proses Buka Cetakan

#### REFERENSI

- [1] ACI 226.3R-3 Part 1 (1993). Manual of concrete practice. Dikutip dari : Paat Sofia E.F., dkk. 2014. "Kuat tarik lentur beton geopolimer berbasis abu terbang (fly ash)". Jurnal sipil statik vol.2 No.7.
- [2] Ekaputri Januarti Jaya., & Triwulan (2013). "Sodium sebagai Aktivator Fly Ash, Trass dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer". Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
- [3] Fauzi Amir. (2018). "Investigation Of Sidoarjo Mud As An Addition In Fly Ash Based Geopolymer Concrete". Universiti Teknologi PETRONAS.
- [4] Jaarsveld, (2003). " The characterisation of source materials in fly ash-based geopolymers". Materials Letters.57 (7), 1272-1280. Department of Chemical Engineering, The University of Melbourne, Victoria 3010, Australia.
- [5] Lloyd, N. A., & Rangan, B. V. (2010). "Geopolymer Concrete with Fly Ash". Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, 3, 1493-1504.
- [6] Prasetyo B.G, (2015) ."Tinjauan kuat tekan beton geopolimer dengan fly ash sebagai bahan pengganti semen". Program studi teknik sipil, Universitas Muhammadiyah, surakarta.
- [7] Rattanasak, U., & Chindaprasirt, P. (2009). "Influence of NaOH Solution on the Synthesis of Fly Ash Geopolymer". Minerals Engineering, 22(12), 1073-1078.
- [8] Wikipedi. "Ornamen (Arsitektur)". [Internet]. Tersedia di [https://id.wikipedia.org/wiki/Ornamen\\_\(arsitektur\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Ornamen_(arsitektur)).
- [9] Zhang, P., et al. (2018). "A review on properties of fresh and hardened geopolymer mortar." Composites Part B: Engineering 152: 79-95.



Gambar 11. Hasil dari pembuatan panel dekorasi