

# Penerapan Mortar Geopolimer Ringan Berbasis Fly Ash PLTU Pangkalan Susu dengan Penambahan EPS untuk Elemen Non Struktural

Fajri<sup>1,4\*</sup>, Sariyusda<sup>2</sup>, Bakhtiar<sup>1</sup>, Fauzi<sup>3</sup>, Amru<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

<sup>3-4</sup>geopolymer and Green Technology Research Center, PNL,

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

\*fajri@pnl.ac.id

**Abstrak**— Penelitian mortar geopolimer berbasis limbah *fly ash* (FA) dari PLTU Nagan Raya, Aceh, sejak tiga tahun terakhir telah dikembangkan dengan berkelanjutan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Untuk mengembangkan penelitian lanjutan terhadap mortar geopolimer berbasis FA tersebut, mulai tahun ini telah dilakukan pengembangan penelitian terhadap FA dari PLTU Pangkalan Susu. Mortar geopolimer sendiri merupakan mortar tanpa menggunakan material semen sebagai pengikat, tetapi menggunakan material lain dari limbah industri yang memiliki sifat *cementatios*. Arah penelitian terhadap mortar geopolimer dikembangkan untuk memperbaiki berbagai kekurangan mortar. Mortar geopolimer masih memiliki densitas yang besar, yaitu sekitar 2400 kg/m<sup>3</sup>, sehingga memberikan beban yang berat bila digunakan sebagai suatu elemen konstruksi. Tujuan penelitian ini adalah membuat mortar geopolimer ringan dengan menambahkan butiran *Expanded Polystyrene Foam* (EPF), yang merupakan limbah dari pengemasan suatu barang. Variasi EPS yang ditambahkan adalah sebanyak 0%; 0,5%; 1,0%; 1,5% dan 2% dari berat FA. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian SEM, XRF dan XRD terhadap material FA PLTU Pangkalan Susu, pengujian *workability* dan *setting time* pada mortar basah, pengujian densitas dan kuat tekan pada mortar kering. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur mortar 1, 3, 7 dan 28 hari. Ukuran benda uji untuk kuat tekan adalah 5x5x5 cm. Dari hasil pengujian diketahui bahwa semakin tinggi persentase penambahan EPS, densitas mortar semakin menurun. Penurunan densitas pada persentase EPS 2% adalah sebesar 16,96%. Penurunan densitas juga diikuti oleh penurunan kuat tekan mortar geopolimer, dimana pada persentase EPS 2% penurunan menjadi 34,12%. Hasil penelitian dapat diterapkan untuk pembuatan elemen bangunan non struktural.

**Kata kunci**— PLTU Pangkalan Susu, fly ash, geopolimer, EPS, densitas.

**Abstract**— Research on geopolymer mortar based on fly ash (FA) waste from PLTU Nagan Raya, Aceh, since the last three years has been continuously developed at the Materials Laboratory of Civil Engineering Department Polytechnic State of Lhokseumawe. To develop further research on the FA-based geopolymer mortar, starting this year, research has been carried out on the development of FA from the Pangkalan Susu PLTU. Geopolymer mortar itself is a mortar without using cement material as a binder, but using other materials from industrial waste that have *cementatios* properties. The direction of research on geopolymer mortar was developed to improve various mortar deficiencies. Geopolymer mortar still has a high density, which is around 2400 kg/m<sup>3</sup>, so it provides a heavy load when used as a construction element. The purpose of this research is to make a lightweight geopolymer mortar by adding *Expanded Polystyrene Foam* (EPF) granules, which are waste from packaging an item. The added EPS variation is 0%; 0.5%; 1.0%; 1.5% and 2% by weight of FA. The tests carried out included SEM, XRF and XRD testing of the PLTU Pangkalan Susu FA material, *workability* and *setting time* testing on wet mortar, density and compressive strength testing on dry mortar. The compressive strength test was carried out at the age of 1, 3, 7 and 28 days of mortar. The size of the test object for compressive strength is 5x5x5 cm. From the test results it is known that the higher the percentage of addition of EPS, the density of the mortar decreases. The decrease in density at 2% EPS percentage is 16.96%. The decrease in density was also followed by a decrease in the compressive strength of the geopolymer mortar, where the percentage of EPS 2% decreased to 34.12%. The research results can be applied to the manufacture of non-structural building elements.

**Keywords**— PLTU Pangkalan Susu, fly ash, geopolymer, EPS, density.

## I. PENDAHULUAN

Mortar geopolimer tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya, namun menggunakan material limbah industri yang bersifat *cementatios*, seperti abu terbang (*fly ash*), yang merupakan limbah dari pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Penggunaan mortar geopolimer memiliki dua keuntungan, yaitu mengurangi efek eksploitasi alam pada produksi semen dan mengurangi dampak lingkungan akibat limbah industri.

Fly ash merupakan butiran halus seperti debu yang berasal dari limbah hasil pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang terus menumpuk, sehingga mengganggu lingkungan sekitar. Salah satu cara terbaik untuk menanggulangi limbah fly ash adalah dengan cara memanfaatkannya. Seperti penggunaan fly ash pada campuran mortar geopolimer. Mortar geopolimer memiliki beberapa kelebihan dibanding mortar konvensional yang menggunakan

semen, diantaranya adalah lebih kedap air, kedap suara dan tahan terhadap zat yang bersifat korosif. Namun mortar geopolimer juga memiliki kekurangan seperti pada mortar konvensional pada umumnya, yaitu memiliki kuat tarik dan kuat lentur yang rendah serta berat sendiri atau densitas yang besar. Untuk itu berbagai penelitian untuk memperbaiki kinerja mortar geopolimer perlu terus dilakukan. Pada penelitian ini *Expanded Polytyrene Foam* (EPS) digunakan sebagai bahan tambah pada mortar geopolimer dengan tujuan untuk mengurangi densitas mortar. EPS yang biasa disebut gabus putih juga merupakan salah satu limbah dari bahan pengemasan alat elektronik. Penambahan EPS sebagai bahan tambah pada mortar diharapkan dapat memperbaiki kekurangan dan mengurangi limbah yang ada pada lingkungan.

Proses polimer yang diketahui tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikat, tetapi menggunakan limbah industri dengan sifat semen. Pada tahun 1972, Davidovits

mengembangkan bahan polimer anorganik yang disebut "geopolimer" melalui reaksi eksotermik [1]. Geopolimer dapat memiliki sifat seperti semen jika direaksikan dengan larutan alkali aktivator [2].

Selama proses geopolimerisasi, terjadi peleburan alumina-silikat oksida padat dalam larutan Alkali yang terdifusi dari unsur Al dan Si yang berasal dari material limbah yang memiliki sifat semen ke ruang antar-partikel [3], membentuk gel alumina-silikat yang memiliki kerangka kerja tiga dimensi dari  $Al_2O_3$  dan  $SiO_2$  tetrahedral yang dihubungkan secara bergantian dengan berbagai atom O. Sehingga terbentuk muatan negatif dan seimbang oleh kation logam alkali dari larutan aktivasi [4].

Salah satu bahan sebagai pengikat dalam geopolimer adalah fly ash yang merupakan limbah industri dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa pemakaian fly ash pada geopolimer menyebabkan melemahnya sifat mekanis. Selain itu penggunaan fly ash membuat mortar tersebut menjadi lebih berat dari pada penggunaan semen konvensional. EPS juga salah satu bahan yang akan digunakan sebagai bahan tambah pada campuran tersebut dengan tujuan dapat mengurangi kelemahan yang ada pada mortar.

Fly ash adalah salah satu material yang dapat digunakan sebagai pengikat dalam mortar geopolimer. Fly ash yang merupakan produk samping industri pembangkit listrik tenaga batubara, merupakan 75-80% dari produksi abu tahunan global [5]. Material fly ash dapat saja bereaksi secara kimia dengan cairan alkalin pada temperature tertentu untuk membentuk material yang memiliki sifat seperti semen dan memiliki kandungan silika (Si), alumina (Al), dan calcium (Ca) [6]. Komposisi fly ash terutama terdiri dari silikon dioksida ( $SiO_2$ ), aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ), ferrat trioksida ( $Fe_2O_3$ ) dan kalsium monoksida (CaO). Komposisi kimia tersebut membagi fly ash menjadi fly ash C dan fly ash Dua jenis kategori F. Komposisi kimiawi total  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  dan  $Fe_2O_3$  yang lebih besar dari 50% diklasifikasikan sebagai C, dan lebih dari 70% diklasifikasikan sebagai F.

Larutan alkali aktivator yang paling umum digunakan dalam geopolimer adalah kombinasi larutan natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat ( $Na_2SiO_3$ ) [7]. Van Jaarsveld menegaskan bahwa penambahan larutan  $Na_2SiO_3$  ke dalam larutan NaOH sebagai LA aktivator dapat meningkatkan reaksi antara material dan larutan [8].

Agregat halus (pasir) dibutuhkan sebagai bahan pembuatan mortar yang memiliki peran untuk memberikan kemampuan kerja dan finishing yang baik. Menurut ASTM C-33 2002 (American Society For Testing and Material) menyatakan bahwa agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum 4,75 mm sedangkan agregat kasar adalah yang memiliki ukuran butir lebih besar dari 4,75 mm. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (SNI 03-2487-2002).

EPS adalah salah satu jenis busa polistiren, yang biasa digunakan sebagai bahan pengemas produk elektronik, dan biasa disebut gabus putih. EPS memiliki kepadatan yang rendah, insulasi termal yang baik, hidrofobisitas, dan ketahanan kimia saat terpapar asam dan basa. Namun, EPS larut dalam pelarut organik seperti toluena, benzena, dan kloroform [9]. EPS dapat digranulasi menjadi partikel kecil

yang dapat dianggap sebagai non absorben dan agregat ringan polimer [10]. EPS menyumbang sekitar 0,1% dari limbah padat kota. Penggunaan EPS sebagai campuran mortar dapat menghasilkan sifat mekanik yang cukup sebagai agregat ringan pada aplikasi mortar.



Gambar 1. Butiran EPS (Sumber: <https://panca-cipta.com/>)

Adapun maksud dan tujuan pada penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana hubungan penambahan EPS terhadap penurunan densitas dan kuat tekan mortar geopolimer. Dimana mortar geopolimer menggunakan fly ash dari PLTU Pangkalan Susu, Sumatera Utara, dengan alkaline Aktivator terdiri dari Natrium Hidroksida (NaOH) 8 molar dan Natrium Silikat ( $Na_2SiO_3$ ). Kadar EPS dibuat dengan variasi 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari berat fly ash.

Kadar air dalam agregat adalah rasio berat air yang terkandung dalam agregat terhadap berat agregat kering, yang dinyatakan dalam persentase. Berat air yang terkandung dalam agregat berpengaruh besar terhadap pekerjaan yang menggunakan agregat sebagai bahan baku. Berat air yang terkandung dalam agregat memiliki pengaruh yang besar pada pekerjaan (SNI 03-1971-1990).

Berat jenis dapat digunakan untuk menentukan volume pengisian agregat. Berat jenis agregat pada akhirnya akan menentukan Berat jenis beton, yang secara langsung menentukan jumlah campuran agregat dalam campuran beton. Absorpsi mengacu pada persentase air yang dapat diserap oleh pori-pori relatif terhadap berat agregat kering. Penyerapan (absorbs) adalah persentase air yang dapat diserap-pori terhadap berat agregat kering (SNI 03-1970-1990).

Analisis saringan merupakan analisis yang menggunakan filter (ditunjukkan dengan ukuran lubang filter (mm)) dengan kriteria tertentu untuk menentukan sebaran ukuran agregat. Perhitungan analisis saringan adalah persentase bobot benda uji yang ditahan dan lolos di setiap ayakan terhadap total bobot benda uji. Perhitungan analisa saringan adalah persentase berat benda uji yang tertahan dan lolos pada masing-masing saringan terhadap berat total benda uji (SNI 03-1968-1990).

Agregat yang berasal dari sungai perlu dilakukan pengujian kadar lumpur. Lumpur adalah partikel-partikel tanah yang dapat melewati saringan No. 200 dan kadar lumpur yang terkandung dalam material agregat memiliki pengaruh yang besar pada proses pengikatan beton juga dalam pengerasannya. Adapun beberapa pengaruh yang diakibatkan oleh kandungan lumpur adalah sebagai berikut : Mengurangi kekuatan beton beserta berat isinya, membuat terkelupas dan luntarnya warna beton, menjadi pemicu terhadap serangan karat, menghambat proses hidrasi semen, mengurangi daya lekat antar agregat sehingga dapat mempengaruhi mutu beton.

Campuran beton yang baik harus bebas dari bahan organik, karena akan mengganggu proses pengikatan. Hasil pengujian

kandungan organik halus tidak dapat dihitung. Hasil akhir dianalisis hanya berdasarkan perubahan warna agregat halus yang dicampur dengan air dan larutan natrium hidroksida (3%). Adapun kemungkinan warna yang timbul pada pemeriksaan kadar organik agregat halus adalah : Cairan berwarna jernih menunjukkan agregat halus bebas dari bahan organik, cairan berwarna kuning, menandakan agregat halus dapat digunakan untuk campuran beton, cairan berwarna kuning tua, menyatakan agregat halus mengandung zat organik, jika agregat tersebut tetap digunakan pada campuran beton, maka agregat tersebut harus dicuci terlebih dahulu sampai bahan organiknya menghilang.

*Workability* adalah investigasi dasar untuk mengukur parameter reologi dari beton segar. Pengerjaan ini menunjukkan kondisi plastis dari beton segar yang diprediksi. Hal yang perlu diketahui bahwa *workability* beton geopolimer lebih kecil dibandingkan dengan *workability* beton konvensional. Hal ini disebabkan reaksi pada geopolimer yang lebih kohesif dibandingkan dengan beton konvensional sehingga mengurangi segregasi dan bleeding pada beton segar [11].

Sifat *workability* tergantung pada rasio larutan terhadap material alkali dan rasio larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ . Konsentrasi larutan NaOH yang tinggi memberikan laju reaksi geopolimer yang lebih tinggi sedangkan larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  yang banyak memberikan viskositas yang tinggi [11]. Secara umum, penggunaan larutan NaOH saja menyebabkan pengurangan *workability* pada beton segar. Namun, kombinasi larutan NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dapat meningkatkan *workability* dan meningkatkan laju reaksi geopolimer [12]. Selain itu, rasio larutan basa terhadap material 0,4 diyakini memberikan hasil yang baik dalam hal *workability* dan kuat tekan [11].

*Setting time* geopolimer dipengaruhi oleh material, larutan alkali dan proporsi campuran. Material dengan rasio Si/Al yang tinggi memberikan *setting time* yang lebih lama pada geopolimer [11]. Hal ini dikarenakan silika larut pada polimerisasi tinggi yang menyebabkan pengurangan laju disolusi kandungan yang mempromosikan pembentukan spesies yang lebih besar. Hal ini mengidentifikasi semakin lama *setting time* yang diperlukan oleh konten silika yang tinggi untuk mengaktifkan kondensasi antara silika yang terhubung kepada oksigen (Si-O-Si) dan terkadang silika dan alumina (Si-O-Al) [13]. Selain itu, *setting time* lebih dipengaruhi oleh larutan NaOH dibandingkan dengan larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ . Hal ini dikaitkan dengan larutan NaOH yang meningkatkan LA melalui laju disolusi [4].

Kandungan Ca juga memainkan peran penting untuk menentukan *setting time* [13]. Kandungan Ca yang rendah menyebabkan perpanjangan *setting time* geopolimer dan sebaliknya. Kuat tekan yang tinggi pada usia awal diperoleh dengan *setting time* yang singkat yang diperoleh dengan mengacu pada material yang mempunyai Ca yang tinggi [14]. Sedangkan, *setting time* yang lama pada kandungan Ca yang rendah menyebabkan perlambatan reaksi dalam sistem geopolimer dan kuat tekan yang rendah.

Kuat tekan mortar mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu mortar yang dihasilkan. Benda uji yang digunakan kubus dengan ukuran 5cm x 5cm x 5cm. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik kimia dan fisik material, reologi campuran geopolimer segar, dan sifat mekanik mortar geopolimer.

Material yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah fly ash yang berasal dari PLTU Pangkalan Susu. Alkali Aktivator digunakan Sodium Hidroksida (NaOH), Sodium Silika ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). EPS yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah pengemasan suatu barang. Agregat halus yang akan digunakan berukuran <4,75mm dan berasal dari Krueg Manee Kabupaten Aceh Utara, Aceh. Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan yang disediakan oleh Laboratorium Pengujian Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Peralatan yang akan digunakan seperti, concrete mixer, mesin uji tekan, palu karet, timbangan, gelas ukur, oven, cetakan beton, spatula dan lain- lain.

Penelitian ini merupakan kegiatan eksperimental yang dilakukan di laboratorium, Agregat halus akan diteliti sifat-sifat fisiknya dan disesuaikan dengan standar spesifikasi agregat halus untuk beton. Material EPS akan diayak-ayak untuk mendapatkan gradasi yang seragam menggunakan ayakan No.4. Aktivator alkali yang digunakan berupa NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ . Untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang memenuhi persyaratan SNI, benda uji akan dilakukan pengujian umur 1,3,7, dan 28 hari.

Komposisi campuran akan dibuat terdiri dari beberapa variasi mix design, dengan kadar EPS sebesar 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%. Komposisi pasir dan fly ash dihitung berdasarkan molaritas NaOH sebesar 8 mol dan rasio NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  sebesar 1:2. Pengadukan mortar akan dilakukan dengan pengadukan kering terlebih dahulu, fly ash, pasir dan EPS diaduk dalam kondisi kering. Kemudian ditambahkan larutan alkalin aktivator sedikit demi sedikit sampai adukan tercampur rata.

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini bentuk dan ukurannya disesuaikan dengan standar pengujian yang berlaku. Benda uji yang akan dipakai pada penelitian ini adalah mortar dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Untuk pengujian dilakukan setelah mortar berumur 1,3, 7 dan 28 hari.

Untuk proses perawatan (Curing) dilakukan setelah mortar mencapai final setting, artinya beton telah mengeras. Proses ini dilakukan selama 1,3,7, dan 28 hari direndam didalam air.

Kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji sesuai prosedur yaitu telah dilakukan curing. Benda uji di timbang, kemudian diuji dengan menggunakan mesin tekan lalu mesin dijalankan dengan kecepatan 0,2 Mpa - 1 MPa untuk setiap detiknya hingga diperoleh beban maksimum yang bekerja pada beton yang telah sesuai dengan standar ASTM C39. Benda uji kubus mortar geopolimer dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm yang telah dilakukan curing akan diuji pada umur 1, 3, 7 dan 28 hari.

Penelitian mengenai penambahan EPS ini merupakan penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang dengan sengaja mencampurkan suatu variabel dengan variabel lain dengan cara tertentu, tujuannya agar variabel-variabel tersebut bekerja, sehingga diperoleh hasil berdasarkan hasil penelitian. Teknik pengumpulan data didapatkan dengan metode eksperimen berupa rangkaian percobaan dan pengujian yang dilakukan pada benda uji.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengujian Sifat Fisis Agregat Halus

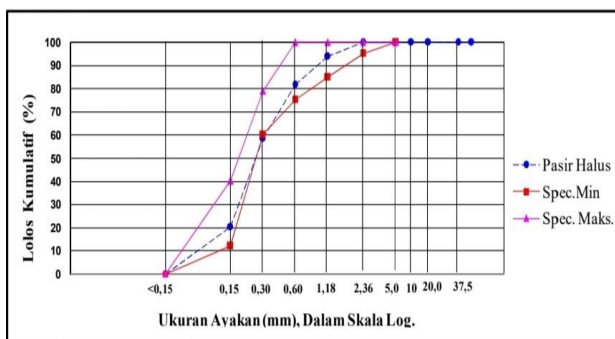
Pengujian sifat fisis material dalam penelitian ini dilakukan terhadap agregat halus yaitu meliputi pengujian kadar air, berat jenis, pemeriksaan berat volume, analisa saringan, pemeriksaan kadar lumpur, dan pemeriksaan kadar organik. Tujuan dari pengujian sifat fisis agregat yaitu untuk mengetahui kualitas agregat yang digunakan.

Agregat halus yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari pasir krueng manee, kabupaten Aceh Utara dengan ukuran <4,75 mm. hasil observasi dari pengujian sifat fisis ini adalah sebagai berikut :

TABEL I  
HASIL PENGUJIAN SIFAT FISIS AGREGAT HALUS

No.	Jenis Pengujian	Hasil analisa rata-rata	Standar ASTM	Satuan	ASTM
1	Berat volume	1675	>1445	Kg/m <sup>3</sup>	ASTM C 29-1991
2	Berat jenis (SSD)	2,612	1,6 - 3,2	Kg/m <sup>3</sup>	ASTM C 128-15
3	Fine modulus	2,46	2,3 - 3,1	-	ASTM C 33-01
4	Absorption	3,503	Max 12 %	%	ASTM C 128-15
5	Kandungan air	2,49	Max 10 %	%	ASTM C 566-13
6	Kadar lumpur	2,02	5%	%	ASTM C 117-13
7	Kadar organik	Kuning muda	Standart color chart organic impurities	-	ASTM C 4092

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sifat fisis agregat halus semuanya memenuhi syarat ketentuan yang disyaratkan ASTM C 33-01. Selanjutnya untuk hasil pemeriksaan terhadap analisa saringan pada agregat halus dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Kurva gradasi agregat halus.

Gambar 2 menunjukkan hasil analisa saringan agregat halus pasir yang masuk dalam zona 3 yaitu dengan kondisi pasir agak halus. Dengan memperoleh data modulus kehalusan agregat halus 2,46 yang telah memenuhi persyaratan ASTM C 33-01.

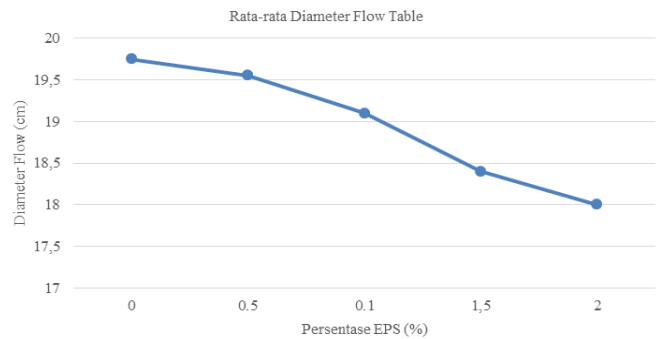
#### B. Pengujian Karakteristik Geopolimer Mortar

Pengujian karakteristik geopolimer mortar yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu *workability* dan *setting time*. Tujuan

dari pengujian *workability* ialah mengetahui kemudahan suatu campuran mortar segar untuk dikerjakan. Sedangkan tujuan pengujian *setting time* yaitu untuk menentukan waktu ikat awal (initial setting) dan waktu ikat akhir (final setting) dari mulainya pencampuran bahan sampai bahan mengeras.

##### 1.) *Workability*:

Pengujian *workability* menggunakan alat flow table dengan mengukur diameter sebaran mortar geopolimer yang ditambahkan EPS dengan variasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari berat fly ash. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



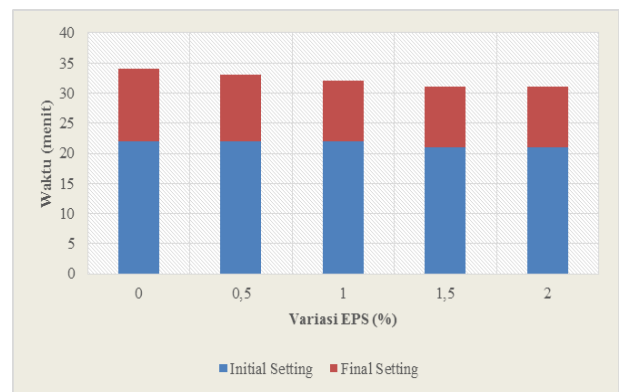
Gambar 3. *Workability* geopolimer mortar.

Gambar 3 menunjukkan bahwa penambahan persentase EPS pada geopolimer berbahan dasar FA menyebabkan penurunan *workability*. Hal ini dikaitkan dengan peningkatan jumlah persentase EPS dapat mengakibatkan terjadi penggumpalan, sehingga memperkecil *workability*.

##### 2.) *Setting time*

Pengujian *setting time* dilakukan berdasarkan rentang waktu setiap 1 menit sekali. Pengujian *setting time* dilakukan sampai jarum yang ada pada alat vicat tidak lagi dapat melakukan penetrasi terhadap mortar geopolimer. Persentase perubahan hasil pengujian *setting time* terhadap penambahan EPS untuk waktu ikat awal dan waktu ikat akhir dapat dilihat pada Gambar 4.

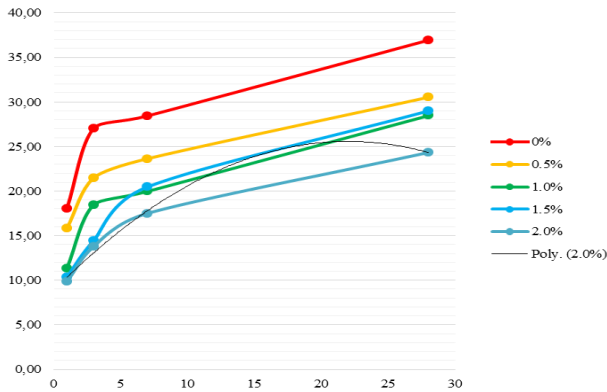
Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa penambahan persentase EPS secara bertahap dapat menurunkan *setting time*. Hal ini sesuai dengan hasil yang ditunjukkan oleh *workability*. Semakin banyak EPS yang ditambahkan maka semakin kecil *workability*, hal ini disebabkan karena semakin banyak penambahan EPS membuat mortar cepat mengeras.



Gambar 4. *Setting time* geopolimer mortar.

C. Pengujian kuat tekan

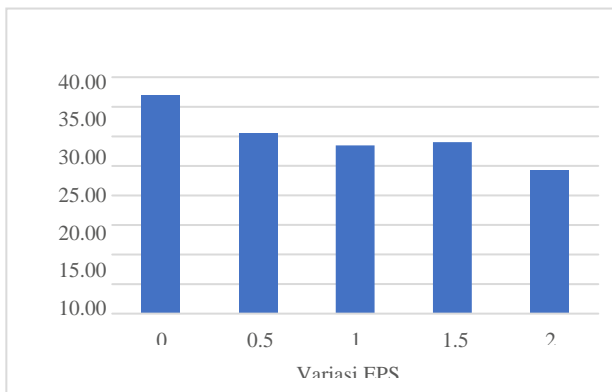
Pengujian kuat tekan dalam penelitian ini digunakan benda uji kubus mortar geopolimer berukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm. Adapun data hasil kuat tekan mortar dengan variasi persentase penambahan EPS 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%. Berikut hasil pengujian kuat tekan dari mortar geopolimer.



Gambar 5. Hasil pengujian kuat tekan.

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada umur 28 hari penambahan EPS tidak dapat meningkatkan kuat tekan mortar geopolimer, bahkan dengan penambahan EPS membuat kuat tekan mortar menurun. Kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji 0 % EPS atau mortar tanpa EPS dengan kuat tekan sebesar 36,93 Mpa, dan kuat tekan terendah terdapat pada benda uji dengan penambahan EPS 2% dengan kuat tekan sebesar 24,33 Mpa. Lebih lanjut dapat diperhatikan pada Gambar 5 hasil pengujian kuat tekan 28 hari dibawah ini.

Dari grafik dibawah dapat dilihat dengan penambahan EPS dapat menurunkan nilai kuat dari mortar geopolimer, semakin banyak penambahan EPS maka kuat tekan pada mortar geopolimer akan menurun. Penambahan EPS juga menurunkan berat mortar geopolimer. Berat pada mortar semakin menurun seiring dengan meningkatnya jumlah persentase EPS yang ditambahkan. Penambahan EPS 0,5% mengalami penurunan berat sebesar 4,09%, penambahan EPS 1% mengalami penurunan berat sebesar 8,03%, penambahan EPS 1,5% mengalami penurunan berat sebesar 13,50%, penambahan EPS 2% mengalami penurunan berat sebesar 16,96% dari mortar tanpa penambahan EPS. Penurunan berat tersebut dikaitkan dengan massa jenis EPS yang ringan sehingga penambahan EPS dapat menurunkan berat mortar.



Gambar 5. Hasil pengujian kuat tekan 28 hari.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan Expanded Polystyrene Foam (EPS) dapat mempengaruhi nilai dari *workability* dan *setting time* dari mortar geopolimer. Hal ini dikaitkan dengan peningkatan jumlah persentase EPS menyebabkan penggumpalan sehingga memperkecil *workability* dan *setting time* dari mortar. Penambahan Expanded Polystyrene Foam (EPS) dapat menurunkan kuat tekan pada mortar geopolimer. Kuat tekan optimum terjadi pada penambahan EPS 0,5% sebesar 30,53 MPa atau menurun sebesar 17,32% dari mortar tanpa EPS yang memiliki kuat tekan sebesar 36,93 MPa, dan kuat tekan minimum terjadi pada penambahan EPS 2% sebesar 24,33 MPa atau menurun sebesar 34,11% dari mortar tanpa EPS yang memiliki kuat tekan sebesar 36,93 MPa.

REFERENSI

- [1] Komnitsas, K. And D. Zaharaki. 2007. "Geopolymerisation: A review and prospects for the minerals industry". Minerals Engineering. 20(14): p. 1261-1277.
- [2] Llyod, N.A. and B.V. Rangan, Geopolymer concrete with fly ash. in: Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, Italy, 2010.
- [3] H. Xu and J. S. J. Van Deventer, "The geopolymerisation of aluminosilicate minerals," Int. J. Miner. Process., vol. 59, no. 3, pp. 247-266, 2000.
- [4] Shi, C., D. Roy, and P. Krivenko. 2006. "Alkali-Activated Cements and Concretes". Taylor & Francis.
- [5] B. Joseph and G. Mathew, "Influence of aggregate content on the behavior of fly ash based geopolymer concrete," Sci. Iran., 2012.
- [6] Manuahe, 2014. "Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang (fly ash). Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [7] Ahmed, M.F., M.F. Nuruddin, and N. Shafiq. 2011. "Compressive strength and workability characteristics of low-calcium fly ash-based self-compacting geopolymer concrete". Word Academy of Science, Engineering and Technology, 5(2): p. 8-14.
- [8] Van Jaarsveld, J.G.S., J.S.J. Van Deventer, and G.C. Lukey. 2003. "The characterisation of source materials in fly ash-based geopolymer". Materials Letters, 57(7): p. 1272-1280.
- [9] A. J. Peacock and A. Calhoun, Polymer science: Properties and application. 2006.
- [10] V. Ferrándiz-Mas and E. García-Alcocel, 2013. "Durability of expanded polystyrene mortars," Constr. Build. Mater.
- [11] Nath. P and P. K. Sarker. 2014. "Effect of GGBFS on setting, workability and early strength properties of fly ash geopolymer concrete cured in ambient condition". Construction and Building Materials, vol. 66, pp. 163-171.
- [12] Deb. P. S, P. Nath, and P. K. Sarker. 2014. "The effects of ground granulated blast-furnace slag blending with fly ash and activator content on the workability and strength properties of geopolymer concrete cured at ambient temperature," Material & Design (1980-2025), vol. 62, pp. 32-39, 10//
- [13] Winnefeld, F., et al. 2010. "Assessment of phase formation in alkali activated low and high calcium fly ashes in building materials". Construction and Building Materials, 24(6): p. 1086-1093.
- [14] Hu, M., X. Zhu, and F. Long. 2009. "Alkali-activated fly ash-based geopolymers with zeolite or bentonite as additives". Cement and Concrete Composites. 31(10): p. 762-768.