

Analisa Karakteristik Mekanik Mortar Geopolimer dengan Mengacu kepada Karakteristik Mekanik Mortar Konvensional

Amir Fauzi^{1,2}, Fazliah^{1,2*}, Herri Mahyar¹, Syukri¹, Edi Majuar¹,

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

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

*fliah360@gmail.com

Abstrak— Ordinary portland cement (OPC) banyak digunakan sebagai pengikat beton dalam konstruksi. Produksi OPC dalam skala besar telah menyebabkan polusi pada lingkungan. Oleh karena itu, mengatasi masalah tersebut material yang digunakan dalam teknologi geopolimer berasal dari limbah PLTU Nagan Raya. Namun, belum ada satu standarpun yang dapat dijadikan acuan bagi geopolimer. Sehingga pada penelitian ini akan menggunakan OPCSP dengan FAS 0,5 sebagai acuannya. Senyawa alumina (Al) dan silika (Si) pada fly ash Nagan Raya (FANR) sangat mempengaruhi karakteristik mortar geopolimer agar dapat disetarakan dengan mortar konvensional yang menggunakan OPC Semen Padang (OPCSP) dengan FAS 0,5. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi optimum dari mortar geopolimer yang menggunakan FANR, agar dapat disetarakan dengan mortar konvensional yang menggunakan OPC dengan FAS 0,5. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan parameter workability, setting time dan kuat tekan yang ada pada mortar konvensional. Larutan alkali dipersiapkan dengan menggunakan larutan NaOH 10M, rasio larutan alkali terhadap FANR sebesar 1,0 dengan rasio Na_2SiO_3 terhadap NaOH berturut-turut sebesar 2; 2,5; 3; dan 3,5. Hasil menunjukkan bahwa workability optimum mortar geopolimer diperoleh sebesar 15,5 cm dimana workability ini mendekati workability mortar konvensional sebesar 19,2 cm, setting time optimum mortar geopolimer diperoleh sebesar 165 menit dimana setting time ini mendekati setting time mortar konvensional sebesar 191 menit dan kuat tekan optimum mortar geopolimer diperoleh sebesar 28,86 MPa dimana kuat tekan ini mendekati kuat tekan mortar konvensional sebesar 34,38 MPa. Sehingga mortar geopolimer berbahan dasar FANR masih layak digunakan dan memiliki pendekatan karakteristik terhadap mortar konvensional berbahan OPCSP dengan FAS 0,5.

Kata kunci—Fly ash Nagan Raya; geopolimer; workability; setting time; kuat tekan.

Abstract— Ordinary portland cement (OPC) is widely used as a binder for concrete in construction. OPC production on a large scale has polluted the environment. To solve this problem, geopolymer technology is used, which is an environmentally friendly technology where the basic material of the geopolymer does not use OPC, but the residue of coal burning, namely fly ash. Alumina (Al) and silica (Si) compounds in Nagan Raya fly ash (FANR) greatly influence the characteristics of the geopolymer mortar so that it can be compared with conventional mortars using OPC Semen Padang (OPCSP) with FAS 0.5. The method used for testing uses the SNI reference for several tests such as testing sand, workability, setting time and compressive strength in conventional mortar and geopolymer mortar with an alkaline solution in the form of a mixture of 10M sodium hydroxide (NaOH) and sodium silica (Na_2SiO_3) solution with a ratio of 2; 2.5; 3; and 3.5 and the ratio of alkaline solution (AS) to FANR 1.0 at 1, 3, 7, and 28 days of age. The procedure for geopolymer mortar binder refers to conventional procedures. XRF analysis shows the absence of the chemical composition of Na in OPCSP, which means that the OPCSP material does not produce as much carbonation in conventional mortar as that of geopolymer mortars. XRD analysis shows that the geopolymer paste is rich in Si and Al content. Conventional pasta also contains Si and Al, but the Si contained has amorphous properties. FTIR analysis identified that the geopolymer paste and conventional paste had the same stretching and bending of the H_2O bond with the same number of band peaks. The TGA analysis showed that the conventional paste lost more water than the geopolymer paste. From the results of the geopolymer mortar compressive strength analysis, the optimum compressive strength that is closest to the compressive strength value of conventional mortar with FAS 0.5 is geopolymer mortar with AS/FANR ratio=1.0 and the ratio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}=3$ with a compressive strength value of 28.86 Mpa where the compressive strength of conventional mortar compressive strength is 34.38 MPa. So that the characteristics of the geopolymer mortar using FANR material can be compared with conventional mortars using OPCSP with FAS 0.5.

Keywords— Fly ash Nagan Raya; geopolymer; workability; setting time; compressive strength.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan limbah industri sebagai ikatan dalam beton dapat berupa pozzolanic yaitu material yang mempunyai kandungan kimia silika (Si) dan alumina (Al) yang tinggi akan bereaksi bersama-sama dengan ordinary portland cement (OPC) membentuk ikatan C-S-H. Dalam hal ini, penggunaan

limbah industri sebagai ikatan dalam beton dapat menggantikan sebagian penggunaan OPC. Selain itu, penggunaan limbah industri juga mampu menggantikan seluruh OPC sebagai ikatan dalam beton. Hal ini dilakukan dengan menggunakan teknologi geopolimer. Teknologi ini diketahui memiliki rekam jejak pelepasan CO_2 yang lebih rendah dibandingkan dengan OPC sehingga termasuk dalam

teknologi ramah lingkungan (green technology). Material yang berasal dari limbah industri memiliki syarat khusus alam hal kandungan kimia diantaranya kaya 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 (Komnitsas dan Zaharaki, 2007).

Geopolimer adalah bentuk anorganik alumina-silika yang disintesa melalui material yang banyak mengandung silika (Si) dan alumina (Al) yang berasal dari alam atau dari material hasil sampingan industri. Komposisi kimia dari material geopolimer serupa dengan zeolit, tetapi memiliki mikrostruktur amorphous. Selama proses sintesa, atom silika (Si) dan alumina (Al) menyatu dan membentuk blok yang secara kimia memiliki struktur yang mirip dengan batuan alam. Beton geopolimer adalah suatu jenis beton yang tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikat (Prasetyo, 2015).

Fly ash adalah limbah yang berasal dari sisa pembakaran batu bara yang tidak terpakai. Material ini mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik, yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan bantuan air. Komposisi dari fly ash sebagian besar terdiri dari silika dioksida (SiO_2), aluminium (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3) dan kalsium (CaO), serta magnesium, potasium, sodium, titanium, sulfur, dalam jumlah yang kecil, dimana komposisinya tergantung dari tipe batu bara.

Pembuatan semen portland bergantung pada bahan baku yang berlimpah secara alami. Campuran yang utama, biasanya dari batu kapur dan tanah liat, dipanaskan dalam tempat pembakaran hingga 1400-1600°C. Pada kisaran suhu tersebut, kedua bahan berinteraksi secara kimia untuk membentuk kalsium silikat, aluminat, dan ferroaluminat yang berbeda. Semen berkualitas tinggi membutuhkan bahan baku dengan kemurnian dan komposisi yang seragam. Batu gamping sebagai kalsium karbonat adalah sumber kalsium oksida yang paling umum, selain bentuk kalsium karbonat lainnya, seperti kapur, endapan cangkang, dan lumpur berkapur, digunakan. Biasanya, silikat alumina-silikat berbahan besi selalu digunakan sebagai sumber utama silika, tetapi tanah liat atau lumpur lebih disukai karena mereka sudah dalam keadaan terbagi halus. Komposisi kimiawi yang khas dari semen Portland adalah Tricalcium Silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), Dicalcium Silikat ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), Tricalcium aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), Tetracalcium aluminoferrite ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) dan Kalsium sulfat dehidrasi atau gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Natrium Hidroksida (NaOH) berbentuk serbuk kristal berperan dalam pembentukan formasi zeolit, serta Na_2SiO_3 yang berbentuk gel berperan dalam meningkatkan kuat tekan karena mempercepat terjadinya reaksi polimerisasi. Semakin tinggi perbandingan berat Na_2SiO_3 dan larutan NaOH tidak selalu menghasilkan kuat tekan yang tinggi, tetapi semakin tinggi molaritas yang digunakan maka semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan (Rattanasak dan Chindaprasit, 2009). Beton geopolimer menggunakan 12 M menghasilkan kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan beton geopolimer yang menggunakan molaritas lebih rendah

Larutan natrium silika (waterglass) adalah bahan aktivator yang secara umum digunakan karena mudah didapat. Sehingga, digunakan natrium silika dan natrium hidroksida

sebagai aktivator. Natrium silika digunakan karena dapat larut bersama air dimana selanjutnya natrium silika menyumbangkan kation Na^+ sebagai penyeimbang muatan dalam struktur cross-linked aluminosilikat (Hardjito, 2005).

Air diperlukan untuk melarutkan NaOH yang berbentuk serbuk kristal menjadi larutan dengan molaritas tertentu. Sementara pada beton konvensional air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen. Kualitas air yang digunakan juga harus baik, yaitu terlepas dari kadar garam yang tinggi, dan material organik yang dapat merusak beton seperti alkali.

Agregat halus (pasir) dibutuhkan sebagai bahan pembuatan mortar 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 (Kosmatka, 2003).

Adapun maksud dan tujuan dilakukan riset ini adalah mendapatkan komposisi optimum dari mortar geopolimer yang menggunakan fly ash Nagan Raya, agar dapat disetarakan dengan mortar konvensional yang menggunakan OPC dengan FAS 0,5 serta mendapatkan gambaran secara mikroskopik pasta geopolimer berbahan dasar fly ash Nagan Raya melalui pengujian XRD, FTIR dan TGA

Pengujian *x-ray diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dan amorf dalam material, yang mana data yang dihasilkan dalam bentuk grafik akan mengacu kepada grafik yang ada dalam data base material. Dalam pengujian XRD, peak yang terbesar yang terlihat pada grafik (Fauzi, 2018).

Pengujian *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR) dilakukan untuk mengidentifikasi ikatan kimia dalam material dimana posisi puncak utama menunjukkan getaran molekuler utama dalam geopolimer.

Kehilangan berat dari bahan sumber dapat diukur dengan *thermo gravimetric analyzer* (TGA) dengan merujuk kandungan kehilangan air dalam materialnya. Secara umum, analisis TGA menampilkan tiga jenis kehilangan air dalam material seperti air berikat fisik, air berikat kimia dan gugus hidroksil OH. Air yang terikat secara fisik diuapkan pada kisaran suhu 200-1000°C, air yang terikat secara kimiawi diuapkan pada kisaran suhu 1000-3000°C dan gugus hidroksil OH berada pada suhu di atas 3000°C yang menyebabkan dihidroksilasi OH dengan polikondensasi ke dalam siloxo. Ikatan Si-O-Si yang menghubungkan tetangga geopolimer. Tercatat bahwa sekitar 70% air diuapkan dalam kondisi air yang terikat secara fisik. Ini berarti bahwa penguapan air optimal terjadi sebelum mencapai suhu 1000C (Vempati, dkk., 1994). Kondisi ini menghasilkan banyak pori-pori mikro dalam material karena ruang penguapan air kosong. Sisa penguapan air 30% berada dalam air yang terikat secara kimia dan gugus hidroksil

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik kimia dan fisik material, reologi campuran geopolimer segar, dan sifat mekanik mortar geopolimer. Material geopolimer diamati berdasarkan pada komposisi kimianya, identifikasi sifat kristal, identifikasi jenis ikatan, dan gambar permukaan.

Rheologi campuran geopolimer segar dievaluasi berdasarkan *setting time* dan *workability*. Sifat mekanik mortar geopolimer diidentifikasi melalui kuat tekan.

Penyelidikan ini akan mengevaluasi struktur partikel dari material geopolimer yang akan dianalisis dengan menggunakan alat x-ray diffraction (XRD) untuk mengidentifikasi partikel dalam wujud kristal ataupun amorf, fourier transform infared (FTIR) untuk mengidentifikasi jenis gel ikatan yang terbentuk, dan thermo gravimetric analyzer (TGA) untuk mengidentifikasi kehilangan berat dari material. Perencanaan *mix design* dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi optimum mortar geopolimer agar dapat disetarakan dengan mortar konvensional yang menggunakan OPC dengan FAS 0,5

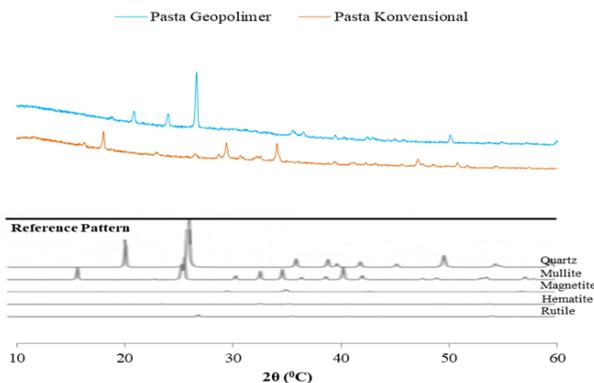
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah fly ash yang berasal dari Nagan Raya, Aceh. OPC bermerk Semen Padang. Agregat halus berupa pasir alami yang berasal dari penambangan pasir di daerah Krueng Mane, Aceh Utara. Natrium hidroksida (NaOH) berbentuk butiran pellet dan sodium silikat berbentuk gel. Air bersih atau Aquades digunakan untuk melarutkan pellet NaOH. Selain itu juga digunakan untuk meningkatkan workability dari larutan alkali (sodium hidroksida dan sodium silikat). Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aquades.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Material

1.) X-ray diffraction (XRD):

Analisa Kristal pada pasta geopolimer dan pasta konvensional diinvestigasi dengan menggunakan alat x-ray diffraction (XRD). Puncak yang terlihat pada gambar akan mengacu pada data base yang ada pada alat XRD. Hasil analisa kristal dapat dilihat pada Gambar 1. Seperti terlihat pada Gambar 1 hasil pengujian menunjukkan bahwa pasta geopolimer kaya akan kandungan silika (Si) dan alumina (Al). Pasta konvensional juga kaya akan kandungan silika (Si) dan kandungan alumina (Al), namun silika yang terkandung memiliki sifat amorf. Kandungan Si dan Al pada pasta geopolimer bereaksi dengan larutan alkali membentuk ikatan gel Si-O-Si dan Si-O-Al, sedangkan kandungan Si dan Al pada pasta konvensional bereaksi dengan H₂O membentuk C-S-H dan C-A-H.

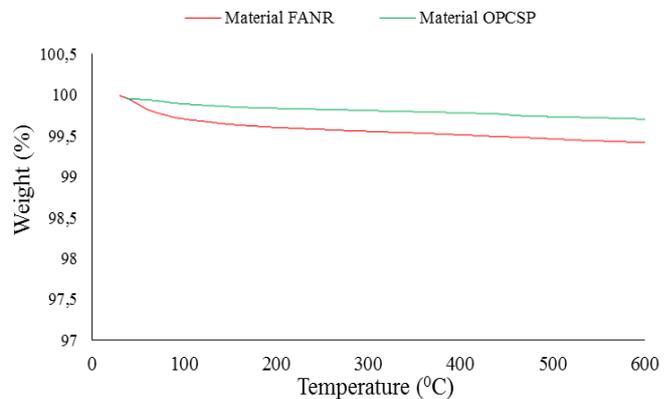


Gambar 1. Grafik XRD dari Pasta Geopolimer dan Pasta Konvensional

2.) Thermo Gravimetric Analyzer (TGA)

Kehilangan berat pada material diselidiki oleh thermo gravimetri analysis (TGA) yang hasilnya dianalisa dengan melihat kehilangan berat air pada material. Gambar 4.4

menunjukkan penurunan berat material FANR dan OPCSP seiring dengan peningkatan suhu kalsinasi. Penurunan berat material FANR dan OPCSP pada suhu 200°C hingga 1000°C sebesar 0,3% dan 0,11%. Penurunan ini menunjukkan kondisi penguapan ikatan air secara fisik. Sedangkan, penurunan berat material FANR dan OPCSP pada suhu 1000°C hingga 3000°C sebesar 0,15% dan 0,08%. Penurunan ini menunjukkan kondisi penguapan ikatan air secara kimia. Penurunan berat material FANR dan OPCSP pada suhu di atas 3000C sebesar 0,28% dan 0,19%. Penurunan ini menunjukkan dihidroksilasi gugus OH yang terjadi dengan polikondensasi yang selanjutnya menjadi ikatan siloxo Si-O-Si dengan menghubungkan jaringan rantai geopolimer.



Gambar 2 Grafik TGA Material FANR dan Material OPCSP

Tercatat bahwa penurunan berat di semua titik kalsinasi menunjukkan bahwa penurunan berat material FANR lebih tinggi daripada material OPCSP. Hal ini dikaitkan dengan banyaknya larutan alkali dalam binder yang menyebabkan lebih banyak penguapan air. Sedangkan material FANR masih dalam kondisi kering.

3.) Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Identifikasi ikatan kimia dari pasta geopolimer dan pasta konvensional diilustrasikan pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa puncak pita pada area di atas 3440 cm⁻¹ menunjukkan keberadaan Ca(OH)₂ pada pasta. Jumlah puncak pita pada pasta geopolimer sebanyak 1 buah sedangkan pada pasta konvensional sebanyak 2 buah. Ini menunjukkan bahwa pasta konvensional memiliki kandungan Ca(OH)₂ lebih banyak yang mengindikasikan karbonasi yang lebih tinggi pada pasta geopolimer. Ini dikaitkan dengan kandungan Ca yang tinggi pada pasta konvensional sedangkan kandungan Ca pada pasta geopolimer memiliki kandungan yang sedikit.

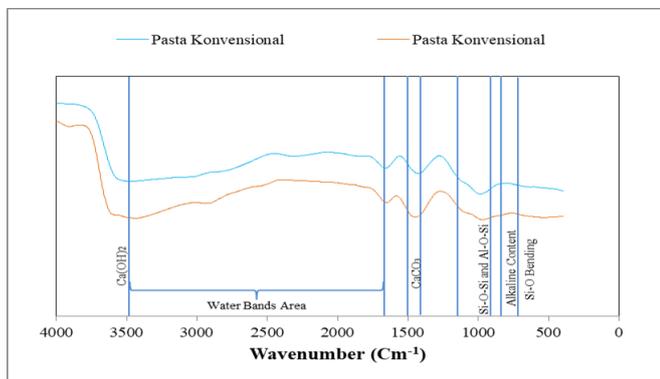
Puncak pita di area 3440 cm⁻¹ – 1630 cm⁻¹ menunjukkan peregangan dan pembengkokan ikatan H₂O. Tercatat bahwa pasta geopolimer dan pasta konvensional memiliki jumlah puncak pita yang sama. Ini menjelaskan adanya jumlah kandungan air yang sama yang dimiliki oleh kedua pasta tersebut. Hal ini didukung dengan kenyataan pada saat pembuatan benda uji dimana pasta konvensional menggunakan air sebagai pengikat dan pasta geopolimer menggunakan banyak larutan alalkali sebagai pengikat. Kenaikan jumlah alalkali menyebabkan meningkatnya jumlah air dalam larutan. Dari Gambar 3 terlihat adanya kehadiran CaCO₃ dengan jumlah yang sama pada kedua pasta tersebut. Kehadiran CaCO₃ pada pasta konvensional berasal dari reaksi Ca(OH)₂ dengan CO₂ sedangkan kehadiran CaCO₃

pada pasta geopolimer berasal dari sisa reaksi antara NaOH dan Na₂SiO₃.

Puncak pita di area gelombang 880 cm⁻¹ – 1440 cm⁻¹ menunjukkan peregangan Si-O-Si dan Si-O-Al. Jumlah puncak pita material FANR dan OPCSP adalah sekitar 1 dan 2. Ini dapat disimpulkan bahwa material OPCSP lebih memiliki kemampuan untuk membentuk ikatan Si-O-Si dan Si-O-Al dibandingkan material FANR. Alasan ini juga didukung dengan hasil yang terdapat dalam senyawa kimia yang menjelaskan rasio kandungan Si terhadap Al pada OPCSP lebih besar dibandingkan FANR sehingga gel Si-O-Si dan Si-O-Al yang terbentuk lebih banyak.

Puncak pita di area gelombang 680 cm⁻¹ – 800 cm⁻¹ menunjukkan adanya kandungan alkali. Diketahui bahwa jumlah puncak pita pada material FANR adalah 1 buah dan tidak ada puncak pita pada material OPCSP. Hal ini sesuai dengan hasil senyawa kimia yang diperoleh dari analisa XRF yang mencantumkan komposisi kimia Na pada material FANR tapi tidak terkandung pada material OPCSP.

Puncak pita pada area gelombang di bawah 680 cm⁻¹ menunjukkan pembengkokan Si-O. Terlihat pada gambar 3 bahwa puncak pita pada material FANR dan OPCSP sebanyak masing-masing 1 buah. Ini menunjukkan bahwa material FANR dan OPCSP memiliki kandungan Si.

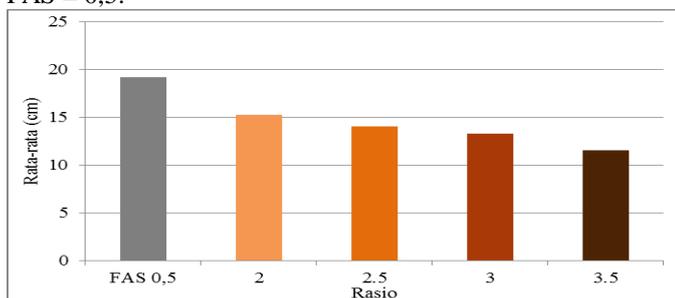


Gambar 3. Grafik FTIR dari Pasta Geopolimer dan Pasta Konvensional

Diketahui bahwa jumlah puncak pita pada pasta geopolimer sebanyak 2 buah sedangkan pada pasta konvensional sebanyak 1 buah. Pada pasta geopolimer hal ini terjadi akibat reaksi antara material FANR dengan larutan alkali, sedangkan pada pasta konvensional kandungan alkali muncul akibat reaksi yang terjadi pada air.

B. Workability

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa workability campuran geopolimer segar dengan rasio AS/FA = 1,0 lebih rendah dibandingkan dengan campuran segar OPC dengan FAS = 0,5.

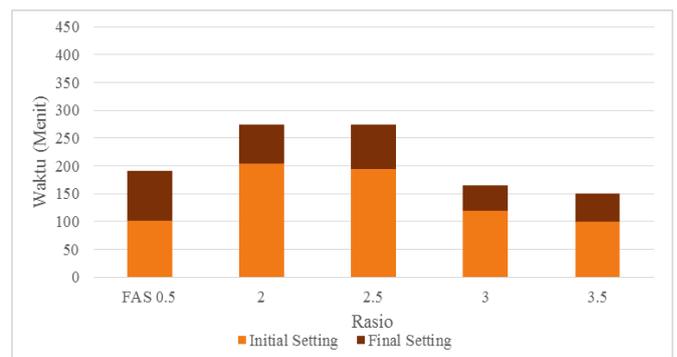


Gambar 4. Workability Mortar Konvensional dan Mortar Geopolimer dengan Rasio AS/FA = 1,0

Larutan alkali diketahui lebih kental dibandingkan dengan air yang berkontribusi terhadap sifat kohesif dan melekat dalam campuran geopolimer segar dibandingkan dengan campuran konvensional segar. Viskositas larutan alkali dihasilkan dari konsentrasi larutan NaOH dan rasio Na₂SiO₃/NaOH. Larutan NaOH dengan konsentrasi tinggi memberikan laju disolusi tinggi yang meningkatkan viskositas larutan basa. Sedangkan, rasio tinggi Na₂SiO₃/NaOH berkontribusi terhadap sifat viskos yang lebih segar pada campuran geopolimer segar. Sehingga, kedua parameter ini menyebabkan pengurangan workability dalam campuran geopolimer segar seperti yang diilustrasikan Gambar 4.

C. Setting Time

Optimalisasi konsentrasi NaOH dengan rasio Na₂SiO₃/NaOH pada setting time diperlukan untuk memahami proses geopolimer dari keadaan plastis ke keadaan statis (mengeras). Setting time dari campuran geopolimer segar tergantung pada kandungan Ca dari material dan larutan basa dalam campuran geopolimer segar. Diketahui bahwa konsentrasi larutan NaOH yang tinggi dan rasio larutan Na₂SiO₃/NaOH menyebabkan penurunan setting time pada geopolimer. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi tinggi larutan NaOH pada material FANR tidak menyebabkan peningkatan laju disolusi sehingga tidak berpengaruh terhadap percepatan setting time mortar geopolimer segar. Lebih lanjut, rasio tinggi larutan Na₂SiO₃/NaOH menyebabkan campuran geopolimer segar lebih kental sehingga akan menjadi lebih kaku dan akan mengeras dalam waktu singkat. Hasil pengujian setting time dapat dilihat pada Gambar 5.



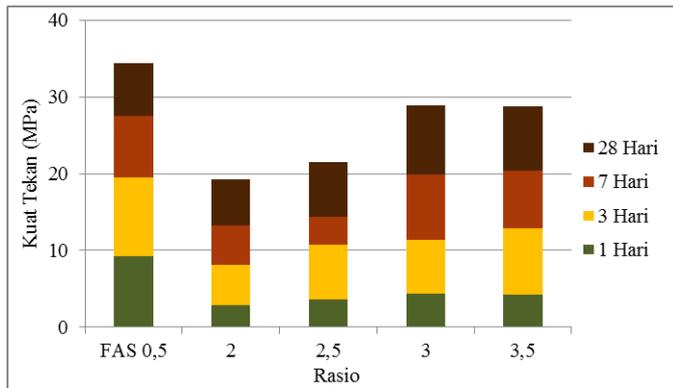
Gambar 5. Setting time Mortar Konvensional dan Mortar Geopolimer dengan Rasio AS/FA = 1,0

Gambar 5 menunjukkan semakin tinggi rasio Na₂SiO₃/NaOH menyebabkan penurunan setting time. Hal ini sesuai dengan nilai workability yang menunjukkan bahwa semakin tinggi rasio Na₂SiO₃/NaOH maka campuran geopolimer segar semakin kental, sehingga waktu setting time terjadi lebih cepat. Terlihat pada gambar nilai setting time dari mortar geopolimer yang mendekati bahkan melebihi dari setting time mortar konvensional. Walaupun demikian, nilai setting time pada mortar geopolimer dengan rasio AS/FA = 1,0 masih dalam kondisi normal karena belum melebihi dari 300 menit atau sekitar 5-6 jam.

D. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 50 mm x 50 mm x

50 mm. Hasil pengujian kuat tekan dari mortar geopolimer dan mortar konvensional dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Kuat Tekan Mortar Konvensional dan Mortar Geopolimer dengan Rasio AS/FA = 1,0

Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan mortar geopolimer dengan rasio AS/FA = 1,0. Kuat tekan optimum terjadi pada rasio Na₂SiO₃/NaOH = 3. Pada rasio AS/FA = 1,0 terlihat seluruh kuat tekan dari mortar geopolimer memiliki nilai yang mendekati hingga jauh lebih rendah dibandingkan mortar konvensional.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada riset ini, dapat disimpulkan bahwa analisa kristal pada pasta geopolimer dan pasta konvensional menunjukkan bahwa pasta geopolimer kaya akan kandungan Si dan Al. Pasta konvensional juga kaya akan kandungan Si dan kandungan Al, namun Si yang terkandung memiliki sifat amorf. Kandungan Si dan Al pada pasta geopolimer bereaksi dengan larutan alkali membentuk ikatan gel Si-O-Si dan Si-O-Al, sedangkan kandungan Si dan Al pada pasta konvensional bereaksi dengan H₂O membentuk C-S-H dan C-A-H. Gel Si-O-Si dan Si-O-Al dalam pasta geopolimer mampu meningkatkan sifat mekanik terutama dalam kuat tekan. Hasil pada sifat mekanik menunjukkan bahwa workability optimum mortar geopolimer diperoleh sebesar 15,5 cm dimana workability ini mendekati workability mortar konvensional sebesar 19,2 cm, setting time optimum mortar geopolimer diperoleh sebesar 165 menit dimana setting time ini mendekati setting time mortar konvensional sebesar 191 menit dan kuat tekan optimum mortar geopolimer diperoleh sebesar 28,86 MPa dimana kuat tekan ini mendekati kuat tekan mortar konvensional sebesar 34,38 MPa.

REFERENSI

- [1] C. A. Rees, J. L. Provis, G. C. Lukey, dan J. S. Van Deventer, "In situ ATR-FTIR study of the early stages of fly ash geopolimer gel formation," *Langmuir*, vol. 23, pp. 9076-9082, 2007.
- [2] C. A. Rees, J. L. Provis, G. C. Lukey, dan J. S. Van Deventer, "In situ ATR-FTIR study of the early stages of fly ash geopolimer gel formation," *Langmuir*, vol. 23, pp. 9076-9082, 2007.
- [3] Fauzi Amir. 2018. "Investigation Of Sidoarjo Mud As An Addition In Fly Ash Based Geopolimer Concrete". Universiti Teknologi PETRONAS.
- [4] Hardjito, D., dan Rangan, B. V. (2005). Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolimer Concrete. Research Report GC, 94. Retrieved from
- [5] Komnitsas, K. dan D. Zaharaki, Geopolymerisation: A review and prospects for the minerals industry. *Minerals Engineering*, 2007. 20(14): p. 1261-1277.
- [6] Kosmatka, S.H., B. Kerkhoff, and W.C. Panarese. 2003. "Design and control of concrete mixtures". PCA.
- [7] Rattanasak, U, K. Pankhet, dan P. Chindaprasirt. 2011."Effect of chemical admixtures on properties of high-calcium fly ash geopolimer," *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials*.vol. 18, p. 364.
- [8] R. Vempati, A. Rao, T. Hess, D. Cocke, dan H. Lauer, "Fractionation and characterization of Texas lignite class 'F' fly ash by XRD, TGA, FTIR, and SFM," *Cement and concrete research*, vol. 24, pp. 1153-1164, 1994.