



## Immobilisasi Ion Logam Ni<sup>2+</sup> dan Cr<sup>3+</sup> pada Geopolimer Berbasis Abu Layang dan Serat Daun Nanas

Irwandari Rahma Nur Ratri<sup>✉</sup>, Ella Kusumastuti, dan F. Widhi Mahatmanti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang  
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Diterima Juni 2018

Disetujui Juli 2018

Dipublikasikan Agustus  
2018

#### Keywords:

abu layang  
geopolimer  
serat daun nanas  
immobilisasi  
ion logam berat Ni<sup>2+</sup>/Cr<sup>3+</sup>

### Abstrak

Geopolimer merupakan material yang berfungsi sebagai pengganti OPC, namun geopolimer mempunyai sifat getas perlu dilakukan penambahan serat untuk meningkatkan kuat tarik belah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui jumlah serat nanas optimum (b/b) yang ditambahkan dalam sintesis geopolimer, serta immobilisasi ion logam berat Ni<sup>2+</sup> dan Cr<sup>3+</sup> dalam sintesis penambahan serat nanas optimum. Penelitian ini dilakukan dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan untuk mendapatkan penambahan serat daun nanas optimum dan immobilisasi ion logam berat Ni<sup>2+</sup> dan Cr<sup>3+</sup> dengan penambahan serat daun nanas yang optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat daun nanas mencapai optimum pada 0,5% (b/b) dengan kuat tekan 54,82 MPa dan kuat tarik belah 1,70 MPa, setelah penambahan ion logam Ni<sup>2+</sup> dan Cr<sup>3+</sup> mengalami penurunan kuat tarik sebesar 40,65 dan 39,17 MPa serta kuat tarik 1,62 dan 1,46 MPa. Pita serapan pada 2970,80; 2971,23 dan 2971,45 cm<sup>-1</sup> menunjukkan ikatan C-H serat selulosa yang muncul pada geopolimer dengan penambahan serat. Analisis morfologi SEM menunjukkan bahwa terdapat partikel serat yang berada diantara matriks geopolimer, abu layang yang tidak bereaksi, dan terdapat pori.

### Abstract

Geopolimer was material which has function as successor of OPC, but it has brittle and have to add some fiber to make it strong. The purpose of this research was to find of the number of pineapple fiber optimum (b/b) which is on synthesis geopolimer, and immobilizes ion metal in weight Ni<sup>2+</sup> and Cr<sup>3+</sup> in the pineapple fiber optimum. This research was doing with two steps, the first is the background of the pineapple leaves fiber optimum and immobilizes ion metal in weight Ni<sup>2+</sup> and Cr<sup>3+</sup> in the pineapple fiber optimum. The result show that pineapple fiber get 0.5% (b/b) with strong of pressure was 54.82 MPa and the strong of pull was 1.70 MPa, then after put metal ion Ni<sup>2+</sup> and Cr<sup>3+</sup> it getting decrease of strong pressure 40.65 and 39.17 MPa, then for the the strong of pull was kuat tarik 1.62 and 1.46 MPa. Reserve ribbon in 2970.80, 2971.23 and 2971.45 cm<sup>-1</sup> showed the bunch C-H cellulose fiber that is on the geopolimer with put of the fiber. An analyzes of morphology SEM was showed that has a particle of fiber in the matrix geopolimer, the dust kite was not has reaction, and has a pore.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:  
Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229  
E-mail: irwandaridari@gmail.com

## Pendahuluan

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, abu layang, abu sekam padi dan abu vulkanik 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).

Geopolimer berbahan dasar abu layang batubara. Geopolimer mempunyai kelebihan seperti bahan yang tersedia melimpah, ketahanan terhadap asam, ketahanan termal yang baik dan tidak membutuhkan energi yang besar dalam proses pembuatannya. Geopolimer mempunyai kelemahan yaitu sifatnya yang (*brittle*) rapuh (Gerung, 2012). Hal ini mendorong pengembangan geopolimer lebih lanjut untuk meningkatkan kuat tarik belah geopolimer. Hisan (2016) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan serat daun nanas dalam sintesis geopolimer berbasis abu layang batubara, hasil menunjukkan bahwa setelah adanya penambahan serat daun nanas sebanyak 1,5% (b/b) kuat tekan dan tarik yang dihasilkan bertambah yang awalnya kuat tekan 34,35 Mpa dan kuat tarik belah 12,96 Mpa naik sebesar 41,91 MPa dan kuat 16,28 Mpa.

Di seluruh dunia, jutaan ton limbah dihasilkan setiap tahunnya, seringkali limbah ini mengandung ion logam yang dapat mengancam lingkungan. Sebelum dibuang, limbah ion logam dapat diekstraksi atau diimmobilisasi. Dengan jumlah limbah ion logam yang banyak akan lebih mudah untuk mengimmobilisasinya secara in-situ daripada mengekstrak limbah ataupun dengan metode lain seperti pemasangan infrastruktur berbasis geokimia (Xu *et al.*, 2006). Teknik immobilisasi dapat mencegah sejumlah besar limbah yang mengandung ion logam berinteraksi dengan lingkungan. Sebagai salah satu teknik, geopolimerisasi baru-baru ini memperoleh perhatian yang signifikan karena biayanya yang rendah dan efektivitasnya yang tinggi (Van Jaarsvelt & Van Deventer, 1996). Immobilisasi ion logam pada abu layang diaktifkan oleh alkali dengan ion logam bertindak sebagai ion penyeimbang muatan dan sebagai endapan tidak larut yang dienkapsulasi dalam struktur geopolimer (Ogundiran *et al.*, 2013). Immobilisasi ion logam pada abu layang diaktifkan oleh alkali dengan ion logam bertindak sebagai ion penyeimbang muatan dan sebagai endapan tidak larut yang dienkapsulasi dalam struktur geopolimer (Ogundiran *et al.*, 2013).

Kemampuan ketahanan ion logam  $Ni^{2+}$  dan  $Cr^{3+}$  dalam geopolimer ditentukan dengan proses *leaching*. Banyaknya konsentrasi ion logam yang *terleaching* dapat dipengaruhi oleh dua faktor yaitu valensi ion logam dan ukurannya. Semakin sedikit ion logam berat yang *terleaching* berarti geopolimer mengimmobilisasi ion logam dengan baik. Berdasarkan uraian di atas, maka akan dilakukan immobilisasi ion logam berat  $Ni^{2+}$  dan  $Cr^{3+}$  pada geopolimer berbasis abu layang batubara dan serat daun nanas. Penelitian dilakukan dengan melakukan variasi pada penambahan konsentrasi ion logam, waktu *leaching*, dan penambahan serat daun nanas.

## Metode

Peralatan yang digunakan dalam penelitian geopolimer meliputi alat penguji kuat tarik belah dan tekan (*universal testing machine*) ELE, XRD (X-Ray Diffraction) Bruker 6000, XRF (*X-Ray Fluorescence*) Bruker, SEM (*Scanning Electronik Microscopy*) JEOL JSM-6360LA dan FT-IR (*Fourier Transform Infrared*) Shimadzu 8201 PC. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi abu layang batu bara yang diambil dari PLTU Karangandri Cilacap, natrium silikat dan natrium hidroksida, asam nitrat, nikel nitrat dan krom nitrat dengan *grade pro analyst buatan Merck*, aquadest, serat daun nanas yang diperoleh dari desa Ngandong Boyolali.

Preparasi abu layang dilakukan dengan diayak menggunakan ayakan 170 *mesh* dan dioven pada suhu 105°C selama 24 jam. Selanjutnya dianalisis komposisi kimia menggunakan XRF untuk mengetahui komponen kimia yang terdapat dalam abu layang PLTU Karangandri Cilacap (Hisan, 2015). Preparasi serat daun nanas dilakukan saat daun nanas masih segar yaitu dengan memisahkan serat dari daging daun nanas. Serat yang sudah terpisah direndam dalam NaOH 10% selama kemudian di netralkan menggunakan aquades dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Serat yang sudah kering diayak menggunakan ayakan 170 *mesh*. Pembuatan larutan pengaktif dilakukan dengan melarutkan 4 g NaOH kedalam 8 g H<sub>2</sub>O kemudian didiamkan selama 24 jam agar proses eksotermal selesai (Hisan, 2016).

Kation logam berat  $\text{Ni}^{2+}$  terdapat dalam larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  100, 250, 500, 750, dan 1000 ppm. Kation logam berat  $\text{Cr}^{3+}$  terdapat dalam larutan  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  100, 250, 500, 750, dan 1000 ppm. Larutan tersebut digunakan untuk immobilisasi  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  pada pembuatan geopolimer. Proses sintesis untuk immobilisasi ion  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  dilakukan dengan penambahan larutan  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  dalam 10 detik setelah percampuran abu layang dengan larutan pengaktif (Tampubolon *et al.*, 2015) dengan S/L 1,6 (Kusumastuti, 2009).

**Tabel 1.** Komposisi bahan sintesis geopolimer

No	S/L	abu layang (gram)	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	serat daun nanas dari berat abu layang (%)	Na silikat (gram)	NaOH (gram)	$\text{H}_2\text{O}$ (gram)
1	1,6	35,2	5,06	0	10	4	8
2	1,6	36,42	5,06	0,5	10	4	8
3	1,6	36,24	5,06	1	10	4	8
4	1,6	37,87	5,06	1,5	10	4	8
5	1,6	35,88	5,06	2	10	4	8
6	1,6	35,91	5,06	2,5	10	4	8

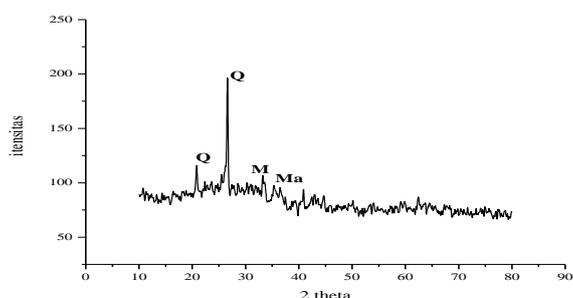
### Hasil dan Pembahasan

Tingginya kandungan silika dan alumina dalam abu layang batubara kelas C dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan geopolimer. Abu layang tipe C memiliki sifat yang mudah mengeras, hal ini disebabkan karena kandungan CaO didalamnya lebih dari 10%. Abu layang yang akan digunakan dioven terlebih dahulu pada suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 24 jam untuk menghilangkan kelebihan kadar air, kemudian didinginkan pada suhu kamar dan kemudian dikarakterisasi. Tabel 2. Merupakan hasil analisis kandungan kimia dari abu layang batubara. Analisis kandungan kimia abu layang batubara dilakukan dengan menggunakan metode XRF.

**Tabel 2.** Komposisi kimia abu layang batubara PLTU Karang Kandri Cilacap

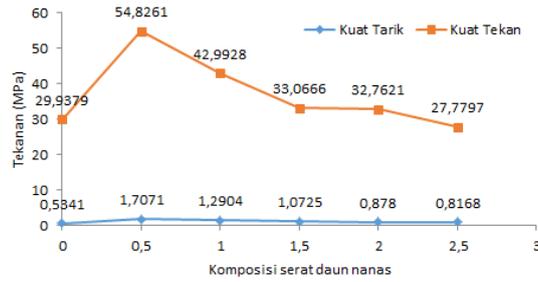
Komponen abu layang	Persen berat (%)	Banyak mol dalam tiap gram
$\text{SiO}_2$	30,97	0,00516
$\text{Al}_2\text{O}_3$	17,03	0,00166
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	20,78	0,00129
CaO	21,83	0,00389

Tabel 2. Menyatakan bahwa abu layang batubara mengandung komponen yang heterogen dengan komponen utama yakni  $\text{SiO}_2$  30,97%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  17,03%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  20,78% dan CaO 21,83%. Karena kandungan CaO lebih dari 10% berat, maka abu layang batubara PLTU Karang Kandri Cilacap tergolong abu layang tipe kelas C (ASTM C618). Silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) merupakan komponen utama penyusun abu layang batubara dan beberapa senyawa oksida lain seperti Cr, Ti, Sr, Fe, dan Ca dalam jumlah yang relatif kecil. Kandungan  $\text{SiO}_2$  sebesar 30,97% dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 13,03% menandakan bahwa abu layang batubara PLTU Karang Kandri Cilacap dapat digunakan sebagai bahan utama dalam sintesis geopolimer, dengan rasio mol  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  adalah 2,0442.



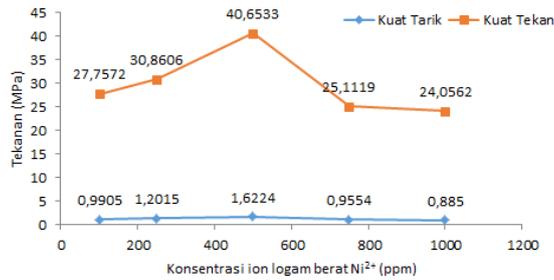
**Gambar 1.** Difragtogram abu layang batubara Cilacap (Q=quartz, M= Mullite, Ma=Magnetite)

Gambar 1 merupakan difragtogram abu layang. Material amorf dengan kandungan utama (Q) quartz ( $\text{SiO}_2$ ) yang ditunjukkan oleh puncak  $2\theta$   $26,6680^\circ$ ;  $36,6600^\circ$ ; dan  $39,4750^\circ$ . Selain itu, terdapat (M) Mullite serta  $(3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2)$  pada  $2\theta$   $33,26^\circ$  serta (Ma) Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) pada  $2\theta$   $36,05^\circ$ . Grafik hasil analisis kuat tekan sampel uji geopolimer dengan penambahan serat daun nanas ditampilkan pada Gambar 2.

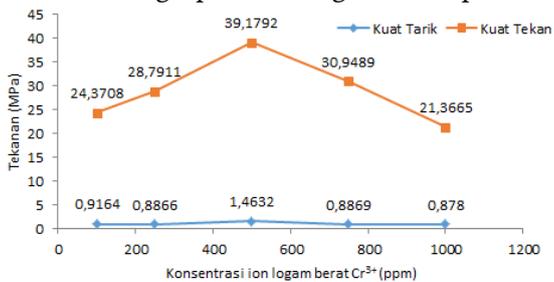


**Gambar 2.** Analisis kuat tekan geopolimer terhadap banyak serat daun nanas yang ditambahkan

Pada penambahan serat daun nanas 0-0,5 gram dari berat abu layang terjadi kenaikan kuat tekan geopolimer berturut-turut sebesar 29,9379 dan 54,8261 MPa. Kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah tersebut disebabkan karena interaksi antara abu layang dengan serat yakni berupa rantai Si-O-Si-O-Al-O yang berinteraksi dengan gugus OH yang terdapat pada selulosa membentuk ikatan hidrogen. Pada penambahan serat daun nanas sebanyak 1-2,5 dari berat abu layang terjadi penurunan kuat tekan yaitu dari 42,9928; 33,0666; 32,7621 dan 27,7797 MPa. Hasil pengujian kuat tekan geopolimer dengan penambahan larutan logam  $Ni^{2+}$  dan  $Cr^{3+}$  dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



**Gambar 3.** Hubungan kuat tekan geopolimer dengan variasi penambahan ion logam  $Ni^{2+}$



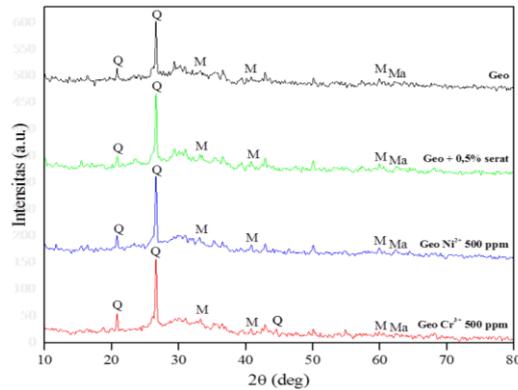
**Gambar 4.** Hubungan kuat tekan geopolimer dengan variasi penambahan ion logam  $Cr^{3+}$

Gambar 3. Pada penambahan larutan ion logam  $Ni^{2+}$  100-500 ppm mengalami kenaikan berturut-turut dari 27,7572; 30,8606 dan 40,6533 MPa, kemudian mengalami penurunan saat penambahan ion logam berat dengan konsentrasi lebih dari 500 ppm yaitu 25,1119 dan 24,0562 MPa.

Gambar 4. Pada penambahan larutan ion logam  $Cr^{3+}$  100-500 ppm mengalami kenaikan berturut-turut dari 24,3708; 28,7911, dan 39,1792 MPa, kemudian mengalami penurunan saat penambahan ion logam berat dengan konsentrasi lebih dari 500 ppm yaitu 30,9489 dan 21,3665 MPa.

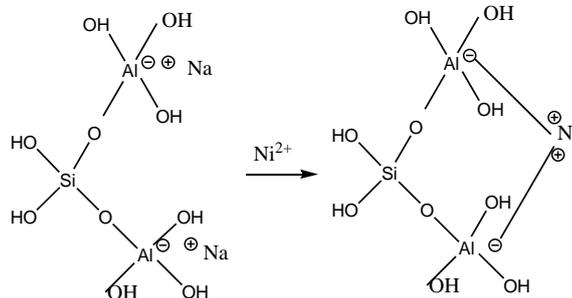
Kuat tekan geopolimer dipengaruhi oleh mekanisme enkapsulasi dari ion logam berat pada rongga geopolimer, dimana kation akan mengisi rongga yang ada pada geopolimer, sehingga dapat meningkatkan densitas dan mengurangi porositas geopolimer. Dapat dikatakan bahwa densifikasi dapat meningkatkan kuat tekan geopolimer (Van Jaarsveld & Van Deventer., 1999). Hasil pengujian XRD pada geopolimer dengan kuat tekan dan tarik yang optimal dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. merupakan difaktogram geopolimer dengan kuat tekan dan kuat tarik belah tertinggi dan kontrol. Geopolimer tanpa maupun dengan penambahan serat daun nanas didominasi oleh mineral (Q) quartz ( $SiO_2$ ), (M) mullite ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ), dan (Ma) magnetite ( $FeFe_2O_4$ ). Geopolimer dengan penambahan serat 0% dan 0,5% mengandung fasa amorf, terlihat dari adanya gundukan (*hump*) pada rentan 20 15-34.



**Gambar 5.** Difragtogram geopolimer 0 gram serat daun nanas, geopolimer 0,5% serat daun nanas, geopolimer dengan penambahan ion logam berat  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$

Fakta bahwa atom Al berikatan dengan 4 atom O, membuat ketidak seimbangan muatan negatif dalam struktur geopolimer. Oleh karena itu, kehadiran kation-kation seperti  $\text{Na}^+$  berperan penting untuk dapat mempertahankan kenetralan muatan di dalam matriks geopolimer tersebut (Xu & Van Deventer, 1999). Dengan adanya ion  $\text{Ni}^{2+}$  dalam geopolimer, maka kation  $\text{Ni}^{2+}$  dapat menggantikan  $\text{Na}^+$  sebagai penyeimbang muatan (Anggoro & Atmaja, 2010). Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 6.

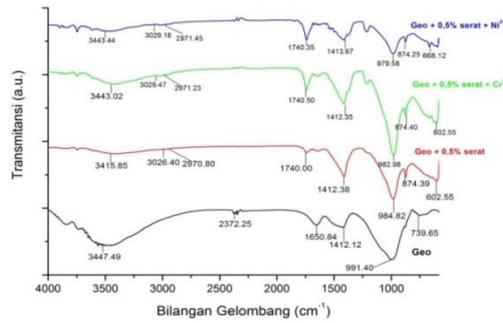


**Gambar 6.** Ikatan yang terjadi dalam geopolimer (kation  $\text{Ni}^{2+}$  berperan sebagai penyeimbang muatan)

Geopolimer tanpa penambahan serat mempunyai puncak dengan intensitas yang terletak ditengah-tengah geopolimer dengan penambahan serat 0,5%. Geopolimer tanpa penambahan serat didominasi oleh mineral *quartz* ( $\text{SiO}_2$ ) ditunjukkan oleh puncak pada  $2\theta$  20,58; 26,25 dan  $49,76^\circ$  (PDF 06-0490). Mineral *mullite* ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) ditunjukkan oleh puncak pada  $2\theta$  33,25; 42,64 dan  $60,62^\circ$  (PDF 06-0258). Mineral *magnetite* ( $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ ) ditunjukkan oleh puncak pada  $2\theta$  35,46 dan  $62,58^\circ$  (PDF 03-0862).

Geopolimer dengan penambahan ion logam  $\text{Ni}^{2+}$  didominasi oleh mineral *quartz* ( $\text{SiO}_2$ ) yang ditunjukkan oleh puncak pada  $2\theta$  20,90; dan  $26,62^\circ$ , mineral *mullite* ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) ditunjukkan  $2\theta$  33,25; dan  $42,64^\circ$ . Kandungan mineral lainnya *magnetite* ( $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ ) ditunjukkan oleh puncak  $2\theta$   $62,58^\circ$ . Geopolimer dengan penambahan ion logam berat  $\text{Cr}^{3+}$  didominasi oleh mineral *quartz* ( $\text{SiO}_2$ ) yang ditunjukkan oleh puncak pada  $2\theta$  20,90; 26,62; dan  $43,64^\circ$  (PDF), mineral *mullite* ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) ditunjukkan oleh puncak pada  $2\theta$  31,07;  $42,85^\circ$  (PDF). Kandungan mineral lainnya *magnetite* ( $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ ) ditunjukkan oleh puncak  $2\theta$   $62,58^\circ$ .

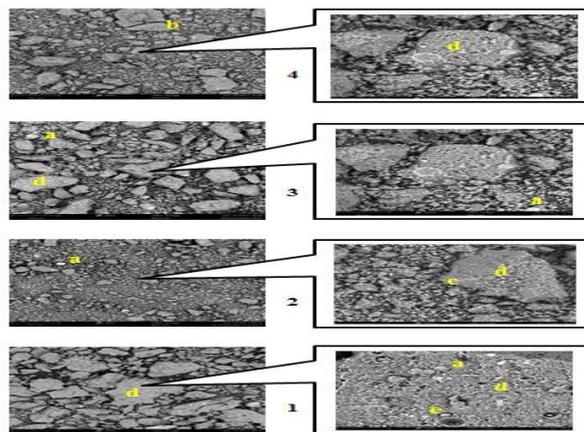
Gambar 7 menunjukkan hasil gugus fungsi yang terdapat pada geopolimer, geopolimer dengan penambahan serat 0,5% dari berat abu layang batubara, dan geopolimer dengan penambahan ion logam berat  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  masing-masing 500 ppm. Terbentuknya geopolimer ditandai dengan adanya pita serapan yang terletak pada bilangan gelombang  $1200\text{-}950\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi ulur asimetri Si-O-Si atau Si-O-Al (Bakharev, 2005) dan pita serapan pada  $470\text{-}460\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi tekuk Si-O-Si (Panas *et al.*, 2007). Perbedaan spektrum FT-IR pada sampel uji geopolimer tanpa penambahan serat dengan penambahan serat dengan ditambahkan ion logam  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  terletak pada munculnya bilangan gelombang  $2970,80$ ,  $2971,23$ ,  $2971,45\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus -CH dari selulosa pada geopolimer dengan penambahan serat sebanyak 0,5%. Rumus umum selulosa yaitu  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$  yang erat kaitannya dengan ikatan hidrogen.



**Gambar 7.** Spektrum FTIR geopolimer, geopolimer dengan penambahan 0,5% serat nanas, dan geopolimer dengan penambahan ion logam  $\text{Ni}^{2+}$  500 ppm dan  $\text{Cr}^{3+}$  500 ppm

Ikatan hidrogen yang terjadi apabila Si-O-H dengan atom -H yang berasal dari selulosa maupun atom -H yang berasal dari komponen penyusun geopolimer lainnya seperti abu layang dan NaOH. Peningkatan ikatan hidrogen menyebabkan penguatan ikatan yang terjadi dalam matriks geopolimer (Anwar, 2014). Hal inilah yang menyebabkan kuat tekan dan kuat tarik belah sampel uji geopolimer meningkat setelah penambahan serat daun nanas yang mengandung selulosa.

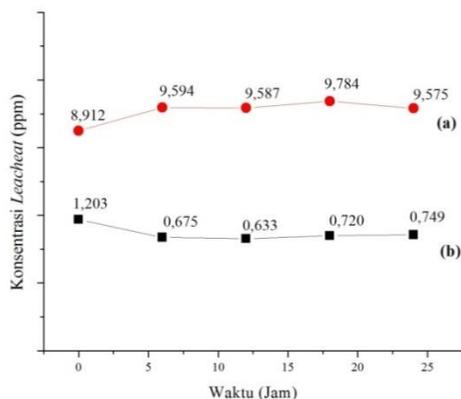
Gambar 8 merupakan hasil mikroskop SEM geopolimer hasil sintesis dengan penambahan serat daun nanas, dan penambahan ion logam berat  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$ . Gambar dibawah menunjukkan bahwa dengan serat 0%, 0,5%, dan ion logam berat  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  dengan konsentrasi 500 ppm masing masing sebanyak 5,8 mL masih tersusun atas material yang tidak bereaksi. Perubahan mikrostruktur pada geopolimer sebelum dan setelah dilakukan immobilisasi ion logam berat  $\text{Cr}^{3+}$  menunjukkan perubahan mikrostruktur yaitu homogenitas fasa dan rongga yang terbentuk. Geopolimer mengimmobilisasi ion  $\text{Cr}^{3+}$  memiliki fasa yang tidak kompak dengan semakin banyak abu layang yang tidak bereaksi. Hal ini terjadi disebabkan penambahan ion  $\text{Cr}^{3+}$  dalam bentuk  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  yang menggunakan sebagian air untuk melarutkan NaOH menyebabkan viskositas larutan pengaktif semakin kental dan membuat mobilitas ion pada permukaan abu layang turun sehingga menghambat pelarutan silika dan alumina dalam abu layang.



**Gambar 8.** Mikrograf SEM geopolimer dari perbesaran 500 ke 3000 dengan penambahan serat dan ion logam berat  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  dengan (1) geopolimer (2) geo + 0,5% serat (3) geo +  $\text{Cr}^{3+}$ , geo +  $\text{Ni}^{2+}$ , a. abu layang yang tidak bereaksi, b. Mikro crack (retakan), c. Serat, d. Matriks geopolimer dan e. pori. Gambar 9 merupakan hasil uji leaching ion logam  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  pada geopolimer dengan penambahan serat daun nanas

Gambar 9 merupakan hasil *leaching* ion  $\text{Ni}^{2+}$  yakni pada saat 0 jam memiliki konsentrasi *leaching* 1,023 ppm angka yang keluar cukup besar dibandingkan saat 6, 12, 18, dan 24 jam dengan *leaching* sebesar 0,675, 0,633, 0,72, 0,749 ppm, hal ini terjadi dikarenakan adanya ion logam  $\text{Ni}^{2+}$  yang masih berada diluar matriks geopolimer yang akan mudah *terleaching* pada asam nitrat pada 3 menit pertama proses *leaching* (Fansuri *et al.*, 2016), Semakin lama waktu konsentrasi antara fase cair dan padat akan berkurang, menyebabkan berkurangnya jumlah kation  $\text{Ni}^{2+}$  yang *terleaching* (Wang & Vipulanandan, 1999). Pada jam ke 24 terjadi peningkatan konsentrasi ion logam berat  $\text{Ni}^{2+}$  yang *terleaching* sebesar 0,749 ppm, hal ini dapat

disebabkan oleh pH pada geopolimer yang terlalu tinggi menyebabkan ketidakstabilan ion logam berat yang berada dalam larutan *leaching*.



**Gambar 9.** (a) Hasil pengukuran konsentrasi (ppm) ion berat Ni<sup>2+</sup> dan (b) hasil pengukuran konsentrasi ion Cr<sup>3+</sup> (larutan yang ditambahkan sebanyak 5,80 mL).

Berdasarkan pada Gambar 9 (b) terlihat bahwa geopolimer dengan penambahan larutan ion logam Cr<sup>3+</sup> pada saat *leaching* dengan variasi 0, 6, 12, 18, dan 24 jam menghasilkan *leachate* tertinggi pada saat 18 jam yaitu sebesar 9,784 ppm dan pada saat 24 jam mengalami penurunan kembali sebesar 9,575 ppm. Berkurangnya konsentrasi ion logam berat yang berada dalam larutan dapat disebabkan oleh kuatnya ikatan antara matriks geopolimer. Pada saat 0 jam hanya terleachate 0,912 ppm, 6 jam 9,594 ppm, dan 12 jam sebesar 9,587 ppm. Hasil analisis *leaching* menunjukkan bahwa dalam waktu 18 jam dengan lingkungan asam nitrat 0,1 M, terdeteksi adanya ion logam berat Cr<sup>3+</sup> di dalam larutan *leachate* paling tinggi sebesar 9,784. Batas kadar Cr<sup>3+</sup> yang dapat terdeteksi menggunakan metode ICP-OES adalah 0,08 ppb. Hal ini menunjukkan bahwa logam Cr<sup>3+</sup> terimmobilisasi dengan kuat dalam matriks geopolimer. Hasil ini berkorelasi dengan pengujian yang dilakukan oleh (Zhang *et al.*, 2008) yang melaporkan bahwa penambahan kation logam berat Cr<sup>6+</sup> dengan mereduksinya menjadi Cr<sup>3+</sup> dalam geopolimer dapat meningkatkan immobilisasi menjadi 99,9%. Menurut (Zhang *et al.*, 2008), ion Cr<sup>3+</sup> terikat dengan baik dalam binder geopolimer melalui mekanisme fisik mikroenkapsulasi sebagai (Cr(OH)<sub>3</sub>) yang tidak larut dalam pH tinggi.

### Simpulan

Semakin banyak serat daun nanas yang ditambahkan (gram) maka kuat tekan yang dihasilkan pada geopolimer akan meningkat sampai titik optimumnya, dalam hal ini kuat tekan geopolimer mencapai titik optimum pada penambahan 0,5% serat daun nanas dari berat abu layang (b/b) yaitu 54,8261 MPa dan kuat tarik sebesar 1,7012 MPa dengan rasio mol SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Pengaruh konsentrasi logam berat Ni<sup>2+</sup> dan Cr<sup>3+</sup> pada geopolimer optimum terhadap hasil karakteristik terdapat fasa amorf yang relatif lebih besar, munculnya gugus CH dalam spektrum FT-IR, dan morfologi terlihat lebih homogen serta partikel serat yang berada di permukaan matriks geopolimer. Hasil immobilisasi ion logam yang terikat dalam sebuah geopolimer menunjukkan hasil yang berbeda, geopolimer dengan penambahan ion logam Ni<sup>2+</sup> lebih besar dibandingkan dengan Cr<sup>3+</sup>.

### Daftar Pustaka

- Anggoro, W., L. Atmaja, 2010. Amobilisasi Logam Berat Pb Pada Sintesis Geopolimer dari Abu Layang Semen Gresik. *Skripsi*. Surabaya: Institut Sepuluh Nopember Surabaya
- Bakharev, T. 2005. Durability of Geopolymer Materials in Sodium and Magnesium Sulfate Solution. *Cement and Concrete Research*, 36(6): 1134-1147
- Gerung, L.M.N. 2012. Pengaruh Serat Daun Nanas dengan Konsentrasi Serat 0,075% dan Variasi Panjang Serat Terhadap Kuat Tarik Beton Normal. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 2(2): 135-142
- Hisan, A.K., E. Kusumastuti, & F.W. Mahatmanti. 2017. Pemanfaatan Serat Daun Nanas dalam Sintesis Geopolimer Berbasis Abu Layang Batubara. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2): 97-103
- Hwang, C.L., & T.P. Huynh. 2015. Effect of Alkali-Activator and Rice Husk ash Content on Strength Development of Fly Ash and Residual Rice Husk Ash-Based Geopolymer. *Construction and Building*

- Kusumastuti, E., 2009. Geopolimer Abu Layang Batubara: Studi Rasio Mol SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Sifat-Sifat Geopolimer yang Dihasilkan. *Thesis*. Surabaya: Program Magister FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Ogundiran, M.B., Nugteren, H.W. & Witkamp, G.J. 2013. Immobilisation of Lead Smelting Slag within Spent Aluminate Fly Ash Based Geopolymer. *Journal of Hazardous Materials*, 248-249: 29-36
- Tampubolon, F.F., Purwanti, E., & Fansuri, H. 2015. Pengaruh Amobilisasi Kation Cu dan Pb terhadap Kuat Tekan dan Ketahanan Asam pada Geopolimer Abu Layang. *Jurnal Sains dan seni ITS*, 4(2): 147-152
- Van Jaarsveld, J.G.S., Van Deventer, J.S.J., & Lorenzen, L. 1997. The Potential use of Geopolymeric Materials to Immobilize Toxic Metals: Part I. Theory and Applications. *Minerals of Engineering*, 10(7): 659-69
- Van Jaarsveld, J.G.S., Van Deventer, J.S.J., & Lorenzen, L. 1999. Factors Affecting the Immobilization of Metals in Geopolymerized Fly Ash. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 29(1): 283-291
- Xu, J.Z., Zhou, Y.L., Chang, Q., & Qu, H.Q. 2006. Study on the Factors of Affecting the Immobilization of Heavy Metals in Fly Ash-Based Geopolymer. *Materials letters*, 60(6): 820-822
- Zhang, J., Provis, J.L., Feng, D., Jannie, S.J., Van Deventer. 2008. Geopolymers for Immobilization of Cr<sup>6+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, and Pb<sup>2+</sup>. Departmen of Chemical Engginering, The University of Melbourne. *Journal of Hazardous Material*, 157: 587-598