

## KARAKTERISTIK GUGUS FUNGSI PADA POLIMERISASI SILIKA SELULOSA

Sintha Soraya Santi<sup>1\*</sup>, Harris Febriansyah<sup>1</sup>, Rida Chamida<sup>1</sup>, Erwan Adi Saputro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia-Fakultas Teknik UPN "Veteran" Jawa Timur  
Jl. Raya Rungkut Madya, Surabaya 60294- Jawa Timur, Indonesia  
E-mail: sintha.tk@upnjatim.ac.id

### Abstrak

Pemanfaatan silika selulosa untuk menjadi serat komposit silika selulosa semakin pesat perkembangannya. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mencari kondisi terbaik dalam proses mendapatkannya. Silika selulosa didapatkan dari polimerisasi. Polimerisasi silika selulosa dipengaruhi oleh kondisi modulus sodium selulosa ( $\text{Na}_2.n\text{SiO}_2$ ), dimana  $n$  adalah rasio molar  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$ . Pada penggunaan modulus yang rendah tidak dapat terjadi polimerisasi, di sisi lain dengan peningkatan konsentrasi  $\text{NaOH}$  berpengaruh terhadap kemurnian silika sehingga menyebabkan tidak dapat terjadi polimerisasi. Untuk menghindari gagalnya proses polimerisasi maka ditambahkan Carboxy Methyl Cellulose (CMC) yang berfungsi sebagai zat pengikat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik gugus fungsi pada polimerisasi silika selulosa pada berbagai modulus sodium selulosa. Penelitian ini dilakukan dalam 4 tahap yaitu ekstraksi silika dari geothermal sludge, proses polimerisasi silika selulosa, proses gelling, dan uji FTIR untuk mengetahui gugus fungsi penyusun silika selulosa. Hasil yang didapatkanyaitu terdapat 4 gugus fungsi penyusun silika selulosa, antara lain alkohol (-OH) dengan rentang panjang gelombang  $3433,98 - 3362,84(\text{cm}^{-1})$ , karboksilat (-COOH)  $1637,20 - 1617,54 (\text{cm}^{-1})$ , siloksan (Si-O-Si)  $1065,89 - 1042,73 (\text{cm}^{-1})$ , dan silanol (Si-OH)  $796,63 - 788,43 (\text{cm}^{-1})$ .

**Kata kunci :** FTIR; gugus fungsi; modulus ; polimerisasi silika selulosa

## FUNCTIONAL GROUPS CHARACTERISTICS IN POLYMERIZATION CELLULOSE SILICA

### Abstract

The use of cellulose silica to become cellulose silica composite fibers is growing rapidly. Various studies have been conducted to find the best conditions in the process of getting it. Cellulose silica is obtained from polymerization. The polymerization of cellulose silica is influenced by the modulus of cellulose sodium ( $\text{Na}_2.n\text{SiO}_2$ ), where  $n$  is the molar ratio of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Na}_2\text{O}$ . In the use of low modulus, polymerization cannot occur, on the other hand, increasing the concentration of  $\text{NaOH}$  affects the purity of silica so that polymerization cannot occur. To avoid the failure of the polymerization process, Carboxy Methyl Cellulose (CMC) was added which functions as a binding agent. The purpose of this study was to determine the characteristics of functional groups in the polymerization of cellulose silica on various modulus of sodium cellulose. This research was conducted in 4 stages, there are extraction of silica from geothermal sludge, polymerization process of cellulose silica, gelling process, and FTIR test to determine the functional groups of cellulose silica. In results, there are 4 constituent functional groups including alcohol (-OH) with a wavelength range of  $3433.98 - 3362.84 (\text{cm}^{-1})$ , carboxylate (-COOH)  $1637.20 - 1617.54 (\text{cm}^{-1})$ , siloxane (Si-O-Si)  $1065.89 - 1042.73 (\text{cm}^{-1})$ , and silanol (Si-OH)  $796.63 - 788.43 (\text{cm}^{-1})$ .

**Key word :** functional group; FTIR; modulus; silica cellulose polymerization

## PENDAHULUAN

Sumber silika yang ada di Indonesia cukup melimpah, baik dalam bentuk mineral pasir kwarsa (*quartz*), maupun dalam bentuk amorf (*amorphous silica*). Meskipun pasir kwarsa memiliki kadar silika yang tinggi, yakni lebih dari 98% (Prayogo and Budiman, 2012), akan tetapi produksi silika dari pasir kwarsa tidak cukup ekonomis karena memerlukan proses pada suhu tinggi (Iler, 1979; Kirk-Othmer, 1998). Sedangkan produksi silika yang cukup bernilai ekonomi adalah silika yang bersumber dari limbah biomassa seperti abu sekam padi (*rice husk*) (Okutani, 2009; Sun and Gong, 2001), abu bagasse, atau yang bersumber dari limbah pertambangan seperti abu batubara dan *geothermal sludge* karena silika yang terkandung dalam biomassa (tumbuhan), abu batubara dan *geothermal sludge* umumnya bersifat amorf (*amorphous silica*). Silika dalam bentuk amorf jauh lebih disukai untuk dimanfaatkan pada industri karena sifatnya yang jauh lebih reaktif dibandingkan dalam bentuk kristalnya (Hooley, 1961). Karena sifatnya yang amorf, silika dari *geothermal sludge* dapat dipungut pada suhu yang relatif rendah (Zaky et al., 2008).

Penggunaan silika dalam dunia industri dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, diantaranya untuk industri pasta gigi, karet, dan industri roti (sebagai bahan anti-*cake agent*, *adsorbent*, dan *catalyst support*) (Iler, 1979; Kirk-Othmer, 1998). Silika juga digunakan sebagai bahan penjerap air karena memiliki sifat higroskopis. Pada pemanfaatan ini dapat dipakai silika gel yang telah dipanaskan untuk menghilangkan air dalam pori (Sulastri and Kristianingrum, 2010).

Pada perkembangan teknologi saat ini, silika dapat diubah menjadi nano-material. Silika dapat diproses menjadi bentuk nano yang pemanfaatannya jauh lebih luas dan lebih bernilai ekonomi, seperti yang digunakan untuk industri semikonduktor dan industri berteknologi tinggi (Okutani, 2009; Sun and Gong, 2001). Silika ini juga dipakai sebagai bahan aditif dalam kosmetik, obat-obatan, dan industri keramik (Kalapathy, Proctor and Shultz, 2000)

Pemanfaatan silika sebagai serat komposit silika selulosa jua mengalami perkembangan yang pesat, dimana serat komposit tersebut banyak digunakan pada bidang industri seperti produksi obat-obatan, katalis, keramik, pigmen, bioteknologi, fotonik, biomedis dan berbagai bidang teknis lainnya. Serat silika selulosa dapat dibuat sebagai bahan baku untuk menahan deformasi struktural dan bahan isolasi termal, dengan modulus elastisitas dan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Permukaan serat silika selulosa juga dapat digunakan untuk menahan air dengan sangat baik (Ye, 2014).

Polimerisasi sodium silika merupakan pembentukan gel dari sodium silika dengan menggunakan

asam, dimana asam silika akan membentuk rantai  $\text{SiO}_2$  yang panjang. Laju polimerisasi ini tergantung pada suasana pH dan konsentrasi. Pembentukan gel yang terjadi dengan cepat dapat menunjukkan ukuran partikel primer yang kecil, sebaliknya jika pembentukan gel terjadi dengan lambat dapat menunjukkan ukuran partikel primer yang besar. Ukuran partikel primer ini berpengaruh pada struktur pori dari silika yang terbentuk, yang meliputi luas permukaan dan ukuran porinya. Penggunaan pelarut alkali dalam proses mendapatkan natrium silika melalui metode ekstraksi, yang telah dikembangkan membutuhkan energi yang rendah dan biaya yang lebih efektif (Wahyudi and Muljani, 2014).

Konsentrasi silika yang terlarut juga semakin besar jika semakin tinggi suhu reaksi dan semakin lama waktu reaksinya (Riyanto et al., 2012). Hal ini dikarenakan bahwa semakin tinggi suhu tenaga kinetis yang dimiliki oleh molekul-molekul reaktan meningkat, sehingga semakin banyak molekul yang memiliki tenaga di atas tenaga pengaktifan reaksinya.

Atas dasar sifat kelarutan silika yang cukup unik, maka metode ekstraksi silika menggunakan alkali menjadi pilihan untuk mendapatkan silika dalam *Geothermal Sludge*. Dalam tahap ekstraksi silika tersebut, operasi pencucian bahan baku *Geothermal Sludge* (pencucian tahap satu) dilakukan sebelum ekstraksi. Sintesis natrium silika dilakukan dengan mengekstraksi *Geothermal Sludge* dengan menggunakan NaOH. Pada konsentrasi NaOH 1 N diperoleh modulus yang cukup efektif untuk preparasi silika *Geothermal Sludge* (Muljani et al., 2013).

Sodium silika yang diperoleh memiliki rumus kimiawi  $\text{Na}_2\text{O}_n\text{SiO}_2$ , dimana n adalah rasio molar  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$ . Rasio molar n biasa disebut modulus (M) larutan sodium silika. Pada penggunaan modulus sodium silika yang rendah (konsentrasi NaOH yang tinggi), dapat mengakibatkan peningkatan jumlah NaCl dan ion  $\text{OH}^-$  berlebih dalam larutan. Silanol tidak dapat terpolimerisasi oleh kelebihan ion-ion  $\text{OH}^-$  tersebut. Kenaikan konsentrasi NaCl yang melebihi silikanya dapat menyebabkan kenaikan viskositas akibat terjadi netralisasi pada muatan oligomer-oligomer silika. Kenaikan viskositas ini kemungkinan dapat mengurangi difusi molekul dan mencegah tumbukan antara oligomer-oligomer silika, dan konsekuensinya tidak dapat terjadi polimerisasi. Sebaliknya bila modulus natrium silika terlalu tinggi (konsentrasi NaOH sangat rendah), dimungkinkan polimerisasi menjadi terhambat akibat pertumbuhan asam silika yang sedikit bahkan tidak sempurna. Akibatnya reaksi polimerisasi kemungkinan hanya mencapai partikel mikropori dibanding mesopori (Wahyudi and Muljani, 2014).

Peningkatan NaCl dan  $\text{OH}^-$  karena konsentrasi NaOH yang tinggi berpengaruh terhadap kemurnian silika yang terbentuk sehingga menyebabkan tidak

dapat terjadi polimerisasi. Untuk menghindari gagalnya proses polimerisasi, maka diperlukan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) yang berfungsi sebagai zat pengikat. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk memberikan informasi mengenai kondisi modulus sodium silika terbaik terhadap polimerisasi silika selulosa. Dimana kondisi tersebut diperlukan untuk mendapatkan kualitas produk terbaik.

Berdasarkan hasil studi literatur dan analisa laboratorium, diketahui bahwa limbah *geothermal sludge* mengandung silika ( $\text{SiO}_2$ ) dengan kadar 65-75% (Utama and Agus, 2016). Oleh karena itu, limbah *geothermal sludge* dapat digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian ini. Penelitian ini menggunakan *geothermal sludge* (GS) yang didapat dari PLTP Dieng. Endapan lumpur yang dihasilkan pada Kolom pengendapan di PLTP Dieng setiap bulannya mencapai sekitar 165 ton. Jumlah itu cukup besar dan pada umumnya lumpur geothermal ini hanya dibuang begitu saja di kolom pengendapan tanpa ada pemanfaatan yang berarti (Adi and Purnomo, 2012). Selain itu, limbah *geothermal sludge* menghasilkan larutan natrium silika ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) yang memenuhi persyaratan pasar dibandingkan dengan abu bagasse. Limbah *geothermal sludge* juga lebih direkomendasikan sebagai bahan baku memproduksi larutan natrium silika dibandingkan dengan abu bagasse (Sumada, Palaguna and Anggun, 2017).

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik gugus fungsi penyusunan silika selulosa pada berbagai modulus sodium silika terhadap polimerisasi silika selulosa. Penelitian ini belum pernah dilakukan sebelumnya.

Agar tujuan penelitian dapat tercapai, perlu dilakukan tahapan pembuatan gel silika selulosa dari beberapa proses seperti ekstraksi silika dari *Geothermal Sludge* (GS), proses filtrasi untuk mendapatkan larutan sodium silika, dilanjutkan dengan proses polimerisasi silika selulosa dengan penambahan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC), setelah itu proses *gelling* (variasi pH 5-9) dengan menggunakan asam klorida (HCl) dan dikeringkan dan di buat menjadi serbuk silika selulosa untuk memperoleh nilai modulus sodium silika menggunakan perhitungan stokiometri.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan– bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. *Geothermal Sludge* dari PLTP Dieng oleh PT. Geo Dipa Energy
2. Sodium Hidroksida (NaOH)
3. Air Demineralisasi
4. *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC)

5. Asam Klorida (HCl) dengan kadar 37% dan densitas  $1,19 \text{ g/cm}^3$ .

### Alat dan Prosedur

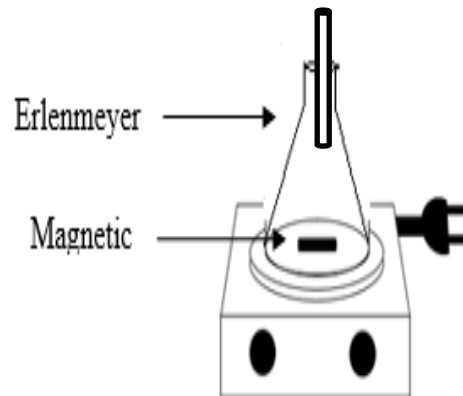
Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap antara lain :

#### Persiapan Bahan Baku

*Geothermal sludge* di oven pada suhu  $100^\circ\text{C}$  guna mengurangi kadar air, kemudian ditumbuk dan diayak dengan ayakan 100 mesh, sehingga mempermudah proses pelarutan (Sumada, Palaguna and Anggun, 2017). Kemudian dilakukan analisa XRF pada bahan baku *geothermal sludge*.

#### Ekstraksi Silika dari *Geothermal sludge*.

Ekstraksi dilakukan dengan cara melarutkan 50 gram serbuk *geothermal* dalam larutan sodium hidroksida (NaOH) 0,5N ; 0,75N ; 1N ; 1,25N ; 1,5N 300 ml, dan diaduk menggunakan magnetik stirer pada suhu  $80^\circ\text{C}$ - $90^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Larutan sodium silika yang dihasilkan kemudian didinginkan dan disaring untuk diambil filtratnya. Alat yang digunakan dalam proses ekstraksi ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Ekstraksi

#### Proses Polimerisasi Silika Selulosa

300 ml filtrat dari larutan *Na-Silika* diaduk dengan menggunakan magnetik stirer dan dipanaskan hingga suhu  $100^\circ\text{C}$ . Kemudian ditambahkan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sebanyak 3 gram. Larutan dibiarkan selama 15 menit (hingga CMC larut) dengan pengadukan dan pemanasan yang tetap berjalan, kemudian didinginkan. Proses ini dilakukan dengan cara yang sama terhadap kelima jenis filtrat *Na-Silika*.

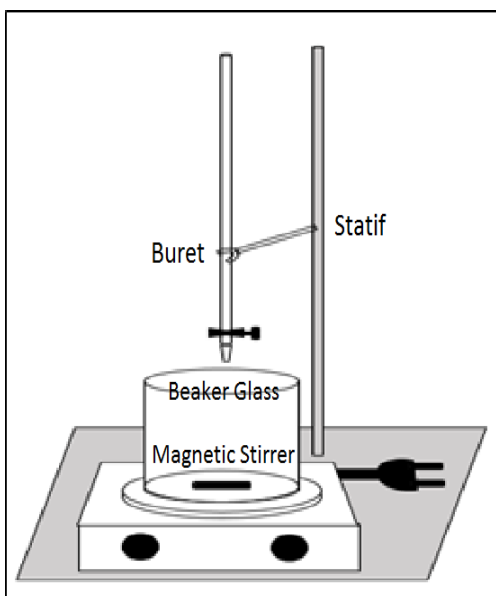
Proses polimerisasi larutan kalium silika dengan penambahan asam membutuhkan waktu polimerisasi (*aging*) tertentu dengan tujuan agar polimerisasi dapat berjalan sempurna. Pematangan polimerisasi dilakukan

dengan membiarkan polimerisasi dalam beberapa waktu atau bahkan dalam beberapa hari sampai silika sudah sepenuhnya menjadi jaringan gel yang kaku dan kuat (Budiharti, Arifin Imam Supardi and Si, 2015).

**Proses Gelling**

Pada proses ini dilakukan penambahan asam klorida (HCl) 1N hingga mencapai pH sesuai preubahan yang dijalankan yaitu 5, 6, 7, 8, dan 9 dengan menggunakan alat yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kemudian dibiarkan dengan waktu pembentukan gel selama 7 hari.

Setelah gel terbentuk, larutan disaring dan diambil residunya. Residu yang berupa gel Selulosa-Na-Si kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C hingga kering. Setelah produk dihaluskan, kemudian dilakukan analisa pada produk antara lain: analisa FTIR.



**Gambar. 2** Rangkaian Alat Proses Gelling

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Sintesis Silika dari Geothermal Sludge**

Silika diambil dari limbah padat PLTPB yaitu *geothermal sludge*, berikut adalah hasil analisa XRF pada bahan baku *geothermal sludge* :

**Tabel.1** Kandungan Senyawa Anorganik dalam *Geothermal Sludge*

Komponen	Konsentrasi (%)
SiO <sub>2</sub>	97.3
K <sub>2</sub> O	0.52
CaO	1.46
MnO	0.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.433
CuO	0.057
Rb <sub>2</sub> O	0.016
Re <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0.048
PbO	0.045

Hasil yang didapat pada Tabel 1 tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Silviana, dkk (2017). Analisa XRF isolasi silika mendapatkan hasil bahwa *geothermal sludge* mengandung 95.6% Si, 1.7% Ca, 0.086% Cr, 0.092% Mn, 1.51% Fe, 0.60% Ni, 0.16% Cu, dan 0.17% Br (Silviana et al., 2017).

Kandungan silika dalam limbah padat *Geothermal Sludge* bisa didapatkan dengan proses ekstraksi padat-cair (*Leaching*) dengan pelarut Sodium Hidroksida (NaOH) yang divariasikan konsentrasi pelarut NaOH dari 0,5N; 0,75N; 1N; 1,25N; 1,5N. Dari proses ekstraksi tersebut maka di dapat kan produk berupa larutan Sodium Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dengan berbagai konsentrasi dan berbagai nilai modulus.

**Tabel 2.** Modulus Sodium Silika dalam Larutan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>

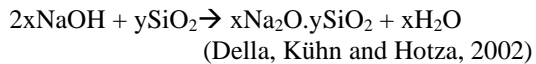
NaOH (N)	Modulus (M)	Densitas (g.cm <sup>-3</sup> )
0,5	4.577867	0,9962
0,75	2.967239	1,0326
1	2.161925	1,0594
1,25	1.678737	1,0714
1,5	1.356611	1,0904

Data densitas yang termuat pada Tabel 2 tersebut diperoleh dari pengukuran filtrat Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dalam piknometer. Nilai modulus yang ditunjukkan pada Tabel 2 cenderung turun seiring konsentrasi dan densitas Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> meningkat. Hal ini disebabkan karena bentuk perhitungan persamaan modulus sodium silika sebagai berikut :

$$\text{Modulus (M)} = \frac{\% SiO_2}{\% Na_2O} \times 1,033$$

Menurut persamaan di atas  $\text{Na}_2\text{O}$  sebagai penyebut, maka dari itu seiring meningkatnya kadar  $\text{NaOH}$  dalam senyawa  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  maka akan menurunkan nilai modulus dikarenakan modulus (M) berbanding terbalik dengan kadar  $\text{Na}_2\text{O}$ . Nilai modulus ini akan berdampak pada karakteristik silika selulosa mengingat modulus ada rasio kadar  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ .

Ekstraksi silika menggunakan alkali melibatkan reaksi antara alkali ( $\text{NaOH}$ ) dan ( $\text{SiO}_2$ ) yang dinyatakan sebagai berikut:



Konsentrasi alkali ( $\text{NaOH}$ ) yang digunakan sebagai bahan ekstraksi silika sangat menentukan besarnya harga rasio  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$  apabila mengacu pada stabilitas silika dan efisiensi reaksinya. Pada rentang rasio dibawah 2.85:1 masuk dalam kategori basa sedangkan rasio yang lebih tinggi dari 2.85:1 dinyatakan netral. Pada Tabel 2 dapat juga dinyatakan bahwa data perhitungan modulus sodium silika dengan konsentrasi 1N-1,5N bersifat basa dan rentang rasio pada konsentrasi 0,5N – 0,75N bersifat netral. Dari hasil penelitian tersebut sodium silika yang cocok untuk kebutuhan industri ada pada rentang konsentrasi 0,75N-1,25N karena menghasilkan rentang modulus 2,96-1,67 sesuai kebutuhan dalam industri dalam rentang (1,66:1 – 3,75:1).

### Proses Polimerisasi Silika Selulosa

Pada proses polimerisasi didapatkan silika selulosa dengan tekstur agak kental dengan warna kuning jernih. Hal ini terjadi dikarenakan *CMC* mempunyai fungsi sebagai pengental larutan (Kamal, 2010). Setelah proses ini silika selulosa dibiarkan pada suhu ruangan selama 1 hari sebelum dilanjutkan pada proses asidifikasi dengan bantuan asam klorida 1N untuk memvariasikan variable pH yang telah di tentukan. Variasi pH ini dilakukan karena akan memberikan pengaruh terhadap waktu polimerisasi (Wahyudi and Muljani, 2014).

Pada proses asidifikasi, silika selulosa akan berubah tekstur menjadi gel seiring dengan penurunan pH. Pembentukan gel dari natrium silika dengan menggunakan asam, merupakan peristiwa polimerisasi dimana asam silikat akan membentuk rantai  $\text{SiO}_2$  yang panjang. Laju Polimerisasi ini tergantung pada suasana pH dan konsentrasi.

**Tabel 3.** Asidifikasi Silika Selulosa

Modulus	pH awal	pH yang di tentukan	Kebutuhan HCl (ml)
4,577867	11	9	30
		8	32
		7	33
		6	34
		5	35
		9	35
		8	36
2,967239	11,5	7	37
		6	38
		5	40
		9	38
		8	42
		7	43
		6	44
2,161925	12,2	5	45
		9	62
		8	65
		7	70
		6	72
		5	73
		9	75
1,678737	12,4	8	77
		7	80
		6	83
		5	87
		9	75
		8	77
		7	80
1,356611	13	7	80
		6	83
		5	87

Pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi sodium silika juga berbanding lurus dengan pH yang di hasilkan, hal ini juga mempengaruhi pada jumlah HCl yang di butuhkan untuk menurunkan pH sesuai yang telah di tentukan.

Berdasarkan pada reaksi presipitasi selama pembentukan gel, penambahan asam akan membentuk garam natrium pada hasil reaksinya. Terbentuknya garam natrium ini pada saat preparasi gel diperkirakan akan berpengaruh pada kemurnian silika gel yang di hasilkan.

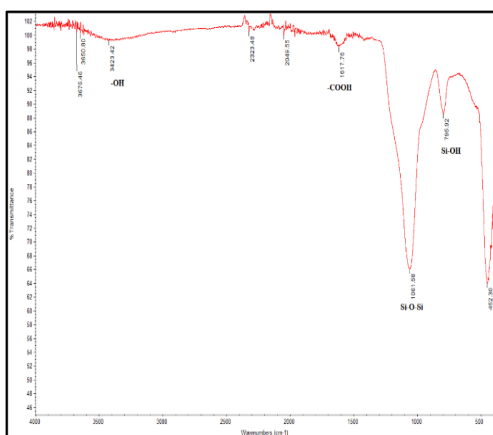
Warna gel yang dihasilkan juga putih bersih, gel tersebut selanjutnya akan di keringkan di dalam oven dengan lama pengeringan kurang lebih 12 jam sampai benar-benar kering. Setelah proses penge-ringan selesai padatan padatan silika selulosa yang terbentuk lalu di tumbuk untuk menjadi serbuk.

### Uji Karakteristik FTIR

Berdasarkan keseluruhan produk silika selulosa yang dihasilkan, hanya beberapa yang di uji karakteris-

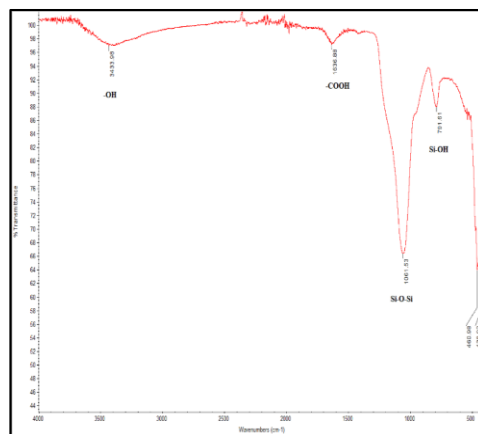
tidak menggunakan IR Spectrofotometri (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi organik dan anorganik, dan kondisi terbaik didapat pada pH=7. Karena pada pH=7 pembentukan gel relatif lebih cepat dibandingkan dengan pembentukan gel pada pH <7 atau pH>7. Laju maksimum polimerisasi terjadi pada pH=7 (netral) yang disebabkan minimumnya kestabilan. Kestabilan disini berarti kemungkinan terjadinya endapan larutan asam silika lewat jenuh (Wahyudi and Muljani, 2014).

Pada kondisi Modulus beragam dengan pH seragam (pH=7) dapat diamati bahwa terdapat beberapa gugus fungsi dari kelima produk sample silika selulosa memiliki spectra yang mirip. Hasil analisis spectra-spectra tersebut menunjukkan ada beberapa senyawa gugus fungsi yang teridentifikasi seperti gugus fungsi alcohol (-OH), gugus fungsi karboksilat (-COOH), gugus fungsi siloksan (Si-O-Si) dan gugus fungsi Silanol (Si-OH).



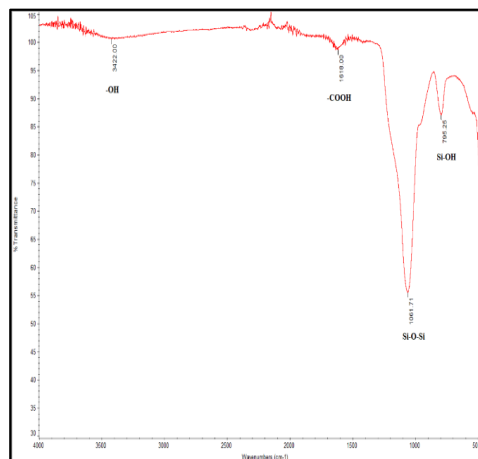
**Gambar 3.** Spektra FTIR Silika Selulosa Pada Kondisi Modulus 4,5778 pH 7

Berdasarkan Gambar 3 pada modulus 4,5778 pH 7 menunjukkan adanya serapan gugus (-OH) pada 3423,42  $\text{cm}^{-1}$ , gugus karboksilat (-COOH) pada 1617,76  $\text{cm}^{-1}$ , gugus siloksan pada daerah gelombang 1061,58  $\text{cm}^{-1}$  dan gugus silanol (Si-OH) pada panjang gelombang 795,92  $\text{cm}^{-1}$



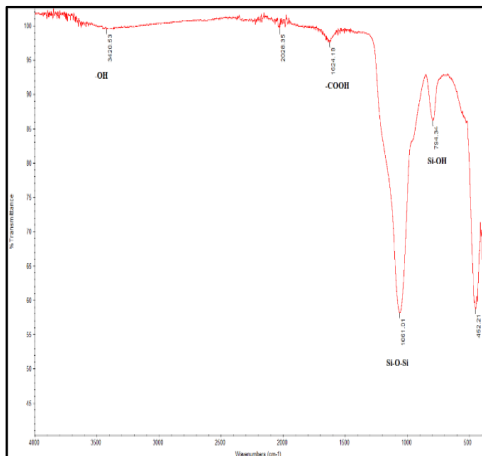
**Gambar 4.** Spektra FTIR Silika Selulosa Pada Kondisi Modulus 2,9672 pH 7

Pada Gambar 4, sama halnya pada hasil spectra pada Gambar 3. Pada modulus 2,9672 pH 7 teridentifikasi beberapa gugus fungsi seperti halnya alcohol (-OH), karboksilat (-COOH), Siloksan (Si-O-Si), dan Silanol (Si-OH) berturut-turut pada panjang gelombang 3433,98  $\text{cm}^{-1}$ ; 1636,88  $\text{cm}^{-1}$ ; 1061,53  $\text{cm}^{-1}$ , dan 791,61  $\text{cm}^{-1}$ .



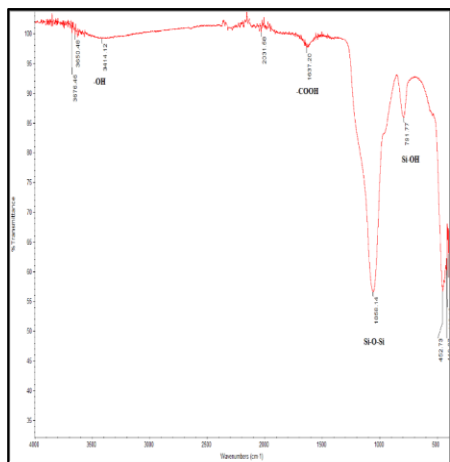
**Gambar 5.** Spektra FTIR Silika Selulosa Pada Kondisi Modulus 2,1619 pH 7

Pada Gambar 5 modulus 2,1619 pH 7 dapat diamati bahwa gugus alcohol terabsorpsi pada panjang gelombang 3422,00  $\text{cm}^{-1}$ , panjang gelombang 1618,00  $\text{cm}^{-1}$  untuk gugus fungsi karboksilat, sedangkan gugus fungsi siloksan dan silanol pada panjang gelombang 1061,71  $\text{cm}^{-1}$  dan 795,25  $\text{cm}^{-1}$ .



**Gambar 6.** Spektra FTIR Silika Selulosa Pada Kondisi Modulus 1,6787 pH 7

Pada Gambar 6 modulus 1,6787 pH 7 hasil absorbansi spectra alcohol dan karboksilat pada panjang gelombang 3420,53  $\text{cm}^{-1}$  dan 1624,18  $\text{cm}^{-1}$  sedangkan spectra siloksan dan silanol pada panjang gelombang 1061,01  $\text{cm}^{-1}$  dan 794,34  $\text{cm}^{-1}$ .



**Gambar 7.** Spektra FTIR SilikaSelulosa Pada Kondisi Modulus 1,3566 pH 7

Pada Gambar 7 modulus 1,3566 pH 7 dapat di amati bahwa gugus fungsi alcohol, karboksilat, siloksan dan silanol berturut-turut pada panjang gelombang 3414,12  $\text{cm}^{-1}$ , 1637,20  $\text{cm}^{-1}$ , 1058,14  $\text{cm}^{-1}$ , dan 791,77  $\text{cm}^{-1}$ .

### SIMPULAN

Dari hasil yang diuraikan, bahwa spectra yang didapat dari semua hasil sampel menunjukkan kemiripan dalam hal karakteristik gugus fungsi

fungsi yang dapat teridentifikasi. Semua sampel masing-masing memiliki 4 gugus fungsional seperti halnya gugus fungsi alcohol (-OH), karboksilat (-COOH), siloksan (Si-O-Si), dan silanol (Si-OH) pada rentang panjang gelombang nya masing-masing. Terdapat 4 gugus fungsi penyusun silika selulosa antara lain alcohol (-OH) dengan rentang panjang gelombang 3433,98 – 3362,84 ( $\text{cm}^{-1}$ ), karboksilat(-COOH) 1637,20 – 1617,54( $\text{cm}^{-1}$ ), siloksan (Si-O-Si) 1065,89 - 1042,73 ( $\text{cm}^{-1}$ ), dan silanol (Si-OH) 796,63 – 788,43 ( $\text{cm}^{-1}$ ).

### SARAN

Pada penelitian selanjutnya, diperlukan untuk dapat menguji sintesis senyawa silika selulosa dengan variabel perbedaan jumlah *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) yang ditambahkan. Selain itu dibutuhkan juga untuk mencari alternatif senyawa – senyawa lain yang mengandung gugus selulosa yang dapat digunakan dalam proses sintesis silika selulosa, sehingga dapat diperoleh silika selulosa yang sesuai dengan kriteria yang diharapkan dan pengaplikasian yang lebih spesifik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adi and Purnomo, A., 2012. *Pengaruh Waktu Penahanan Hidrotermal Terhadap Karakteristik Zeolit yang Disintesis dari Limbah Geothermal*. Universitas Diponegoro.
- Budiharti, G., Arifin Imam Supardi, D. and Si, M., 2015. Sintesis Nanopartikel Silika Menggunakan Metode Sol-Gel Synthesis Of Silica Nanoparticles With Sol-Gel Method. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*.
- Della, V.P., Kühn, I. and Hotza, D., 2002. Rice husk ash as an alternate source for active silica production. *Materials Letters*.
- Hooley, J.G., 1961. THE KINETICS OF THE REACTION OF SILICA WITH GROUP I HYDROXIDES. *Canadian Journal of Chemistry*.
- Iler, R.K., 1979. *The chemistry of silica*.
- Kalopathy, U., Proctor, A. and Shultz, J., 2000. A simple method for production of pure silica from rice hull ash. *Bioresource Technology*.
- Kamal, N., 2010. Pengaruh Bahan Aditif Cmc (Carboxyl Methyl Cellulose) Terhadap Beberapa Parameter Pada Larutan Sukrosa. *Jurnal Teknologi*.
- Kirk-Othmer, 1998. Encyclopedia of Chemical Technology Fourth Edition. *Kirk & Othmer, 1993*.

- Muljani, S., Setyawan, H., Wibawa, G. and Altway, A., 2013. *Pencucian Dua Tahap untuk Preparasi Silika dari Lumpur Panas Bumi (Geothermal Sludge)*. *Teknik Kimia*, .
- Okutani, T., 2009. Utilization of silica in rice hulls as raw materials for silicon semiconductors . *Journal of Metals, Materials and Minerals*.
- Prayogo, T. and Budiman, B., 2012. SURvei potensi pasir kuarsa di daerah ketapang propinsi kalimantan barat. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*.
- Riyanto, N., Sumardi, P., Perdana, I. and Yogyakarta, J.G., 2012. Kinetika Pelarutan Silika Amorf dari Lumpur Panas Bumi Dieng. *Jurnal Rekayasa Proses*, 6(1), pp.1–6.
- Silviana, Hasbi, R., Sagita, C., Nurhayati, O., Fauzan, A., Suhartana and Hatmoko, J., 2017. Silika Alam dari Limbah Padata Pengeboran Geotermal di Dieng Sebagai Silika Gel Melalui Proses Ramah Lingkungan. In: *Seminar Nasional Teknologi ndustri Hijau 2*. Universitas Diponegoro.pp.341–346.
- Sulastri, S. and Kristianingrum, S., 2010. Berbagai Macam Senyawa Silika : Sintesis, Karakterisasi dan Pemanfaatan. In: *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*.
- Sumada, K., Palaguna, K.A.S. and Anggun, B.L., 2017. Karakteristik natrium silika dari geothermal sludge dan abu bagasse the study of silica characteristics of geothermal. *Jurnal Teknik Kimia*, 11(2), pp.60–64.
- Sun, L. and Gong, K., 2001. *Silicon-based materials from rice husks and their applications*. *Industrial and Engineering Chemistry Research*
- Utama and Agus, 2016. *Pembuatan Kalsium Silika dari Limbah Geothermal Sludge*. Universitas Pembangunan Nasional ‘Veteran’ Jawa Timur.
- Wahyudi, B. and Muljani, S., 2014. Pupuk Multinutrient Berbasis Silika Dari Limbah Silica-Based Multinutrient Fertilizer From Geothermal Sludge Using Acidification Process. pp.22–27.
- Ye, G., 2014. *Synthesis and Characterization of Cellulose fiber-silica nanocomposites*. Lappeenranta University of Technology.
- Zaky, R.R., Hessien, M.M., El-Midany, A.A., Khedr, M.H., Abdel-Aal, E.A. and El-Barawy, K.A., 2008. Preparation of silica nanoparticles from semi-burned rice straw ash. *Powder Technology*.