



ANALISIS STRUKTUR NANO PARTIKEL SILIKA DARI ABU AMPAS TEBU MENGUNAKAN METODE XRD

Doli Bonardo dan Raptama Siburian

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan
Stasiun Meteorologi Bandar Udara Kuala Namu, Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisik
dolibonardo@students.usu.ac.id, robintangraptama@gmail.com

Diterima: Agustus 2020. Disetujui: September 2020. Dipublikasikan: Oktober 2020

ABSTRAK

Nano silika disintesis dari abu ampas tebu dengan variasi suhu pembakaran awal 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C menggunakan metode kopresipitasi. Tujuan analisis struktur ini adalah untuk mengidentifikasi sistem kristal nano silika yang terbentuk, fasa kristal yang muncul dan ukuran kristal nano silika yang terbentuk serta untuk mengetahui bagaimana pengaruh suhu pembakaran awal abu ampas tebu terhadap nano silika yang dihasilkan ditinjau dari ketiga parameter tersebut. Dari analisis XRD, diperoleh difraktogram yang menunjukkan keempat nano silika yang diuji memiliki 2 fasa kristal, yaitu fasa silika dan garam. Suhu pembakaran awal pada abu ampas tebu sangat mempengaruhi jumlah fasa silika yang terbentuk. Semakin tinggi suhu pembakaran awal abu ampas tebu, maka semakin meningkatkan kuantitas fasa silika yang terbentuk. Selain itu sistem kristal yang muncul pada masing-masing nano silika berturut-turut adalah kubik, trigonal, heksagonal dan tetragonal. Dengan menggunakan persamaan Debye Scherrer yang telah dimodifikasi, diketahui bahwa ukuran kristal nano silika yang dihasilkan semakin kecil seiring bertambahnya suhu pembakaran awal terhadap abu ampas tebu.

Kata Kunci: Nano Silika, Abu Ampas Tebu, Metode XRD

ABSTRACT

Nano silica was synthesized from the ash of bagasse with a variation of initial combustion temperature of 300°C, 400°C, 500°C and 600°C using the method of coprecipitation. The purpose of the analysis of this structure is to identify the nano silica crystal system that is formed, the emerging crystal phase and the size of silica nano crystals are formed as well as to know how the initial combustion temperature influences the resulting of nano silica from bagasse ash that is reviewed from these three parameters. From the XRD analysis, acquired diffractogram which shows the fourth of nano silica has 2 phase crystals, the silica phase and salt. The initial combustion temperature of bagasse ash greatly influences the amount of silica phase formed. The higher initial combustion temperature of bagasse ash make increasing produce of quantity of silica phase. In addition the crystal system that appears in each successive nano silica is trigonal, hexagonal and tetragonal. Using the modified Debye Scherrer equation, it is revealed that the size of the nano silica crystal is produced smaller than the temperature of the initial combustion of the bagasse ash.

Keywords: Nano Silica, Bagasse Ash, XRD Method

PENDAHULUAN

Silika (SiO_2) merupakan senyawa terbanyak penyusun kerak bumi (60,6%). Silika bisa didapatkan dari pasir silika yang jumlahnya melimpah di Indonesia atau dari limbah penghancuran gelas dan kaca juga dari bahan organik seperti abu sekam padi (rice husk) dan abu ampas tebu (bagasse ash). Pada bentuk aplikasinya, silika biasanya dibuat dalam bentuk gelas, kristal, gel, aerogel, fumed silika (pirogenik silika) dan silika koloid. Silika memiliki bentuk kristal amorf, quartz, cristobalite, dan tridymite. Dan yang paling banyak ditemukan di alam adalah bentuk quartz, karena jenis ini yang paling stabil (Munasir et al. 2013).

Difraksi sinar-X merupakan suatu teknik yang dapat digunakan untuk menentukan jenis sistem kristal (kubus, tetragonal, ortorombik, rombohedral, heksagonal, monoklin, trigonal), kualitas kristal (kristal tunggal, polikristalin, dan amorf), simetri kristal, menentukan cacat kristal, mencari parameter kristal (parameter kisi, jarak antar atom, jumlah atom per unit sel), identifikasi campuran dan analisis kimia (Zakaria, 2003).

Prinsip kerjanya yaitu ketika sinar-X yang monokromatik jatuh pada sebuah kristal maka sinar-X tersebut akan dihamburkan ke segala arah, tetapi karena ada keteraturan letak atom-atom dalam kristal maka pada arah tertentu saja gelombang hambur akan berinterferensi konstruktif dan pada arah lainnya justru akan terjadi interferensi destruktif (Cullity & Stock, 2001). Atom-atom dalam kristal dapat dipandang sebagai unsur yang membentuk kumpulan bidang datar yang memiliki jarak karakteristik antara bidang (Monshi et al, 2012). Syarat yang diperlukan agar berkas yang sejajar ketika dihamburkan atom-atom kristal akan berinterferensi konstruktif adalah memiliki beda jarak lintasan tepat $n\lambda$, dimana selisih jarak antara 2 berkas sejajar adalah $2d \sin \theta$, dan memenuhi persamaan Bragg.

$$n\lambda = 2d \sin \alpha$$

Keterangan :

λ = panjang gelombang sinar-X (\AA)

d = jarak antar kisi (\AA)

θ = sudut difraksi (derajat)

n = 1,2,3, dst. (orde difraksi)

Difraksi sinar X juga dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal dengan fase tertentu (West & Anthony, 1989). Penentuannya merujuk pada puncak-puncak utama di dalam pola difraktogram melalui pendekatan persamaan Debye Scherrer yang dirumuskan:

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta}$$

Hasil modifikasi persamaan Debye Scherrer digunakan untuk menentukan satu nilai ukuran kristal (Monshi et al, 2012). Persamaan modifikasi Debye Scherrer dirumuskan sebagai berikut:

$$\ln \beta = \ln \frac{k\lambda}{D \cos \theta} = \ln \frac{k\lambda}{D} + \ln \frac{1}{\cos \theta}$$

Keterangan:

D = ukuran kristal

K = faktor bentuk dari kristal (0,9-1)

λ = panjang gelombang dari sinar-X (1,54056 \AA)

β = nilai dari Full Width at Half Maximum (FWHM) (rad)

θ = sudut difraksi (derajat)

Persamaan Debye Scherrer dapat menunjukkan bahwa nilai ukuran kristal yang dihasilkan akan berbanding terbalik dengan nilai FWHM, sedangkan nilai FWHM dipengaruhi oleh intensitas masing-masing bidang kristal, dimana semakin tinggi intensitas maka nilai FWHM semakin kecil (Masruroh et al, 2014). Ukuran kristal dapat dihitung dengan menggunakan modifikasi persamaan Debye Scherrer dengan menggunakan nilai panjang gelombang, intensitas, 2θ dan FWHM yang telah dihasilkan dari uji XRD (Masruroh et al, 2014).

Berdasarkan persamaan tersebut, maka dapat dibuat grafik hubungan $\ln (1/\cos \theta)$ sebagai sumbu x dan $\ln \beta$ sebagai sumbu y sehingga diperoleh nilai intersep yang nilainya sama dengan $\ln (K\lambda/D)$, maka nilai ukuran kristal:

$$D = \frac{k\lambda}{e^{\text{intersept}}}$$

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk dapat mengidentifikasi sistem kristal yang muncul pada nano silika, fasa kristal yang terbentuk, ukuran kristal nano silika serta hubungan antara variasi suhu pembakaran awal pada nano silika terhadap ketiga parameter tersebut.

METODE PENELITIAN

Dalam Penelitian ini, nano silika yang akan dianalisa adalah hasil dari sintesis abu ampas tebu menggunakan metode kopresipitasi dengan variasi suhu pembakaran awal terhadap abu ampas tebu. Suhu pembakaran awal yang digunakan adalah 300oC, 400oC, 500oC dan 600oC. Metode kopresipitasi dilakukan dengan menggunakan larutan asam klorida (HCl) dengan konsentrasi 1 M dan sebagai larutan pengendap digunakan NaOH 1 M.

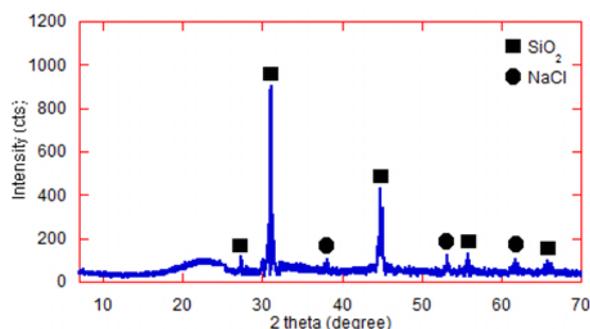
Hasil sintesis yang berupa nano silika akan dilakukan pengujian terhadap struktur kristal, ukuran kristal, fasa kristal serta hubungannya antara suhu pembakaran awal abu ampas tebu terhadap kualitas nano silika yang diperoleh ditinjau dari sisi sifat kekrystalannya tersebut.

Karakterisasi struktur kristal nano silika diobservasi dengan XRD pada sudut $2\theta = 15^{\circ} - 80^{\circ}$, dengan sumber sinar X dari logam tembaga (Cu) dengan panjang gelombang (λ) $K\alpha_1$ sebesar 0,15406 nm. Hasil XRD yang diperoleh berupa difraktogram yang hasilnya dibandingkan dengan difraktogram silika standar dari JCPDS no. 44-1394. Perhitungan ukuran kristal dihitung dengan menggunakan modifikasi persamaan Debye Scherrer dengan nilai panjang gelombang, intensitas, 2θ , dan FWHM yang dihasilkan dari uji XRD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

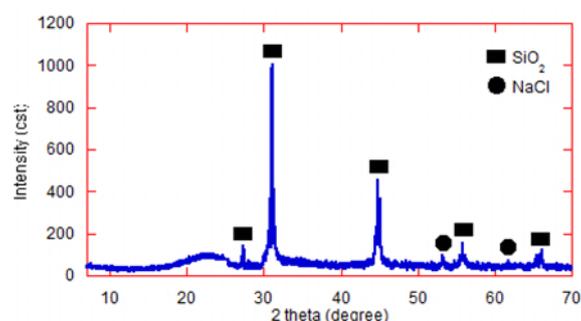
Fasa Kristal Nanosilika 300°C



Gambar 1. Difraktogram nano silika 300°C

Berdasarkan gambar 1, pada sampel nano silika suhu pembakaran awal 300oC terdapat dua fasa yang berbeda yaitu fasa SiO2 dan fasa NaCl terlihat pada beberapa puncak yang teramati. Fasa SiO2 memiliki intensitas tertinggi pada sudut $2\theta = 31,14^{\circ}$ yaitu sebesar 900,0 countsecon (cts) adapun fasa NaCl memiliki intensitas tertinggi pada sudut $2\theta = 53,22^{\circ}$ yaitu sebesar 120 cts. Pada suhu pembakaran 300oC, kandungan silika yang diperoleh relatif sedikit dan komponen organik di dalam abu ampas tebu belum sepenuhnya hilang (Hariharan & Sivakumar, 2013). Hal ini terlihat pada fasa silika yang muncul pada beberapa puncak.

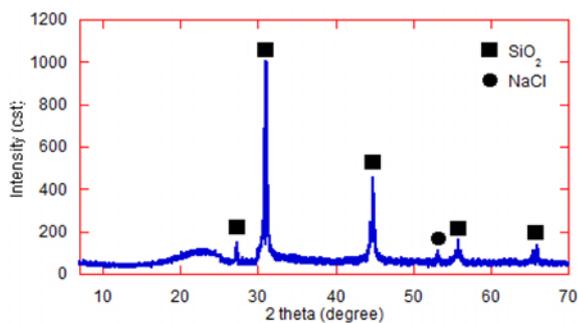
Fasa Kristal Nanosilika 400°C



Gambar 2. Difraktogram nano silika 400°C

Berdasarkan gambar 2. pada sampel nano silika suhu pembakaran awal 400oC terdapat dua fasa yang berbeda juga yaitu fasa SiO2 dan fasa NaCl terlihat pada beberapa puncak yang teramati. Fasa SiO2 memiliki intensitas tertinggi pada sudut $2\theta = 31,14^{\circ}$ yaitu sebesar 1000,0 cst adapun fasa NaCl memiliki intensitas tertinggi pada sudut $2\theta = 53,22^{\circ}$ yaitu sebesar 96 cts.

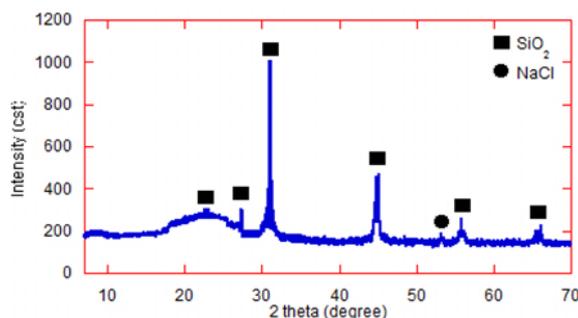
Fasa Kristal Nanosilika 500°C



Gambar 3. Difraktogram nano silika 500°C

Berdasarkan gambar 3. seperti halnya pada sampel sebelumnya, pada sampel nano silika suhu pembakaran awal 500oC juga terdapat fasa SiO₂ dan fasa NaCl terlihat pada beberapa puncak yang teramati. Fasa SiO₂ memiliki intensitas tertinggi pada sudut 2θ = 31,06o yaitu sebesar 1000,0 cst adapun fasa NaCl memiliki intensitas tertinggi pada sudut 2θ = 53,14o yaitu sebesar 106 cts.

Fasa Kristal Nanosilika 600°C



Gambar 4. Difraktogram nano silika 600°C

Berdasarkan gambar 4. pada sampel nano silika suhu pembakaran awal 600oC terdapat dua fasa yang berbeda juga yaitu fasa SiO₂ dan fasa NaCl walaupun fasa NaCl semakin berkurang. Fasa SiO₂ memiliki intensitas tertinggi pada sudut 2θ = 31,02o yaitu sebesar 1000,0 cst adapun fasa NaCl memiliki intensitas tertinggi pada sudut 2θ = 53,24o yaitu sebesar 185 cts. Pada suhu pembakaran 600oC, kandungan silika yang diperoleh juga semakin banyak dibandingkan suhu 500oC dan komponen organik di dalam abu ampas tebu juga hampir sepenuhnya hilang (Hariharan & Sivakumar, 2013).

Sistem Kristal

Sistem kristal yang terbentuk pada sampel nanosilika suhu pembakaran awal 300oC, 400oC, 500oC dan 600oC memiliki

sistem yang berbeda. Melalui analisis menggunakan free software Match!, sistem kristal pada sampel nanosilika suhu 300oC, 400oC, 500oC, dan 600oC berturut-turut yaitu kubik, trigonal, hexagonal dan tetragonal. Hal ini menunjukkan bahwa suhu pembakaran awal terhadap abu ampas tebu mempengaruhi jenis sistem kristal yang terbentuk pada nano silika yang dihasilkan.

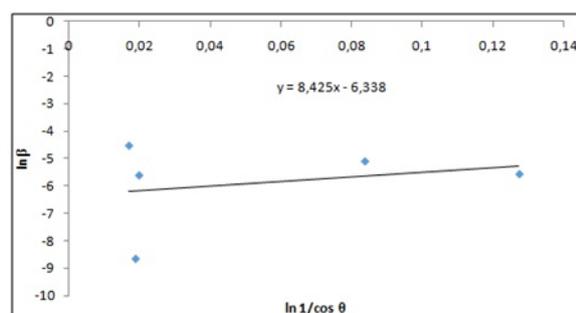
Ukuran Kristal

Dalam menentukan ukuran kristal pada masing-masing sampel, maka perlu dibuat tabel perhitungan nilai $(\ln 1/\cos \theta)$ dan $(\ln \beta)$ hasil pengujian menggunakan alat XRD. Pada sampel nano silika 300oC, dibawah ini akan disajikan tabel perhitungan tersebut.

Tabel 1. Perhitungan nilai $(\ln 1/\cos \theta)$ dan $(\ln \beta)$ nanosilika 300°C

2θ	(β) (°)	$\ln 1/\cos \theta$	$\ln \beta$
22,1000	0,01	0,018713717	-8,65299
22,6800	0,21	0,019715455	-5,60847
20,9800	0,62	0,016854545	-4,52586
46,2150	0,35	0,083631496	-5,09765
56,6100	0,22	0,127338064	-5,56195

Nilai sudut 2θ pada tabel diatas diperoleh dari sudut observasi pengujian, sedangkan β adalah nilai FWHM yang didapat dari JCPDS hasil pengujian. Sehingga dapat dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara $\ln (1/\cos \theta)$ sebagai sumbu x dan $\ln \beta$ sebagai sumbu y, agar dapat ditentukan nilai interseptnya seperti pada gambar 5 di bawah ini.



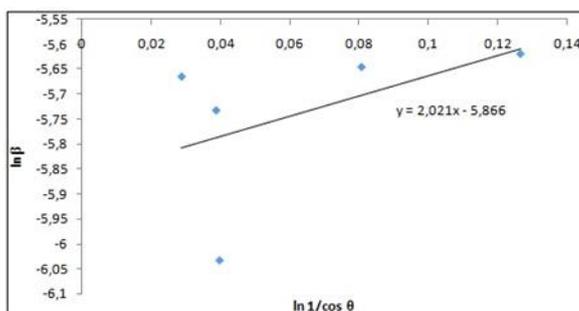
Gambar 5. Grafik hubungan nilai $\ln (1/\cos \theta)$ dan $\ln \beta$ nanosilika 300°C

Dengan menggunakan perhitungan seperti pada sampel nano silika 300oC, maka dapat dibuat tabel perhitungan nilai $(\ln 1/\cos$

θ) dan $(\ln \beta)$ hasil pengujian menggunakan alat XRD untuk sampel nano silika suhu 400oC, 500oC dan 600oC seperti ditunjukkan berturut-turut pada tabel 2, 3 dan 4. Dari masing-masing tabel tersebut, maka dapat juga dibuat grafik hubungan antara nilai $(\ln 1/\cos \theta)$ dan $(\ln \beta)$ pada setiap tabel seperti ditunjukkan pada gambar 6, 7 dan 8.

Tabel 2. Perhitungan nilai $(\ln 1/\cos \theta)$ dan $(\ln \beta)$ nanosilika 400°C

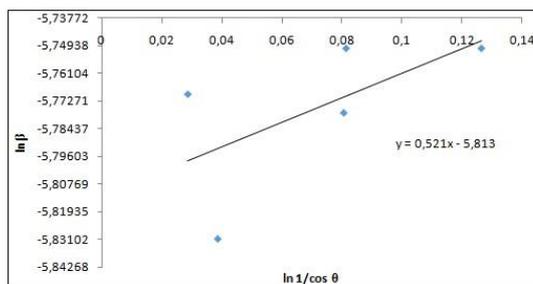
2 θ	(β) (°)	$\ln 1/\cos \theta$	$\ln \beta$
27,3474	0,1985	0,028751665	-5,66479
31,6835	0,1855	0,03872073	-5,73252
32,0800	0,1372	0,039709041	-6,03414
45,4167	0,2024	0,080687589	-5,64533
56,4412	0,2078	0,126546138	-5,619



Gambar 6. Grafik hubungan nilai $\ln (1/\cos \theta)$ dan $\ln \beta$ nanosilika 400°C

Tabel 3. Perhitungan nilai $(\ln 1/\cos \theta)$ dan $(\ln \beta)$ nanosilika 500°C

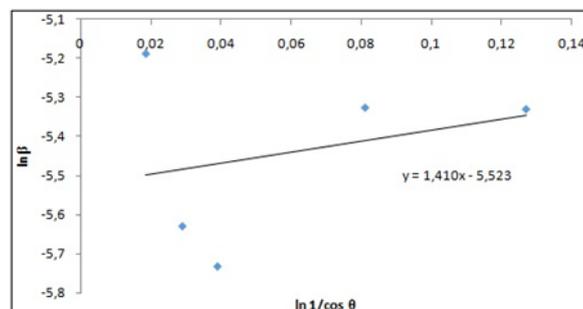
2 θ	(β) (°)	$\ln 1/\cos \theta$	$\ln \beta$
27,3352	0,1787	0,028725769	-5,76987
31,6719	0,1681	0,038692011	-5,83102
45,4088	0,1773	0,080658742	-5,77774
56,4289	0,1822	0,081431877	-5,75047
66,1847	0,1906	0,126488541	-5,75047



Gambar 7. Grafik hubungan nilai $\ln (1/\cos \theta)$ dan $\ln \beta$ nanosilika 500°C

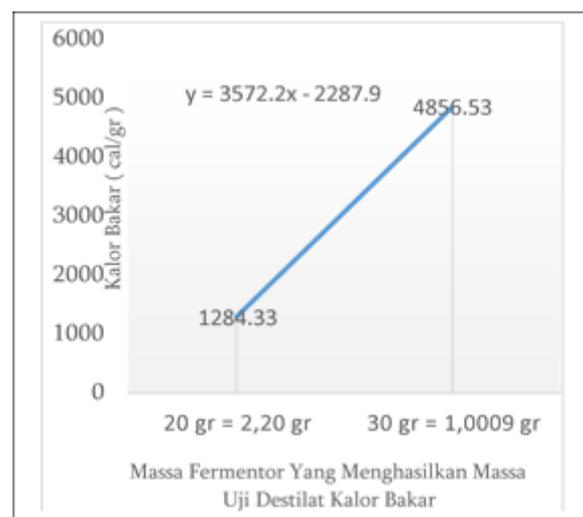
Tabel 4. Perhitungan nilai $(\ln 1/\cos \theta)$ dan $(\ln \beta)$ nanosilika 600°C

2 θ	(β) (°)	$\ln 1/\cos \theta$	$\ln \beta$
22,0400	0,32	0,018611608	-5,18726
27,4711	0,2057	0,029014907	-5,62916
31,8099	0,1856	0,039034387	-5,73199
45,5374	0,2787	0,081129029	-5,32544
56,5502	0,2776	0,127057192	-5,3294
66,3140	0,2776	0,177722127	-5,3294



Gambar 7. Grafik hubungan nilai $\ln (1/\cos \theta)$ dan $\ln \beta$ nanosilika 500°C

Dengan menggunakan perhitungan seperti pada sampel nano silika 300oC, maka dapat dibuat tabel perhitungan nilai $(\ln 1/\cos \theta)$ dan $(\ln \beta)$ hasil pengujian menggunakan alat XRD untuk sampel nano silika suhu 400oC, 500oC dan 600oC seperti ditunjukkan berturut-turut pada tabel 2, 3 dan 4. Dari masing-masing tabel tersebut, maka dapat juga dibuat grafik hubungan antara nilai $(\ln 1/\cos \theta)$ dan $(\ln \beta)$ pada setiap tabel seperti ditunjukkan pada gambar 6, 7 dan 8.



Gambar 8. Grafik hubungan nilai $\ln (1/\cos \theta)$ dan $\ln \beta$ nanosilika 600°C

Pembahasan
Fasa Kristal

Pada setiap sampel yang diuji, terdapat dua fasa yang terbentuk. Tetapi dari kedua fasa yang terbentuk, terjadi perubahan intensitas di setiap sampelnya. Kedua fasa tersebut adalah fasa Silika (SiO₂) dan fasa NaCl, fasa NaCl merupakan fasa pengotor (impuritas) yang terbentuk karena pengaruh dari suhu pembakaran awal. Fasa NaCl merupakan fasa organik pada abu ampas tebu, sehingga suhu pembakaran awal sangat mempengaruhi intensitas fasa organik pada sampel. Semakin besar suhu pembakaran didalam furnace, maka semakin berkurang kandungan organik pada sampel dan semakin meningkatkan jumlah kandungan fraksi anorganik pada sampel (Yusuf et al, 2014).

Adapun untuk mengetahui nilai fraksi volume SiO₂ dan NaCl pada sampel dapat digunakan persamaan berikut ini.

$$SiO_2 (\%) = \frac{\sum I_{SiO_2}}{\sum I_{SiO_2} + \sum I_{NaCl}} \times 100\%$$

$$NaCl (\%) = \frac{\sum I_{NaCl}}{\sum I_{SiO_2} + \sum I_{NaCl}} \times 100\%$$

Berikut ini disajikan perbandingan fraksi volume sampel nanosilika suhu pembakaran awal 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C

Tabel 5. Perbandingan Fraksi Volume Sampel Nanosilika

Sampel	Fraksi Volume (%)	
	SiO ₂	NaCl
Nanosilika 300°C	43,8	56,2
Nanosilika 400°C	54,0	46,0
Nanosilika 500°C	70,8	29,2
Nanosilika 600°C	75,2	24,8

Pada tabel 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pembakaran awal pada sampel, maka semakin meningkatkan intensitas fasa SiO₂ dan intensitas dari NaCl semakin menurun sehingga berpengaruh pada nilai fraksi volumenya pada sampel. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hariharan, et all 2013, bahwa semakin tinggi suhu pembakaran awal maka fraksi silika akan

semakin meningkat dan fraksi organiknya yaitu salah satunya NaCl akan menurun.

Ukuran Kristal

Berdasarkan gambar 5 diatas, maka diperoleh nilai interseptnya sebesar (-6,388), sehingga dapat ditentukan ukuran kristal dengan menggunakan modifikasi persamaan dibawah ini:

$$D = \frac{k\lambda}{e^{intersept}}$$

$$D = \frac{0,9 \times 0,15406}{-6,388}$$

$$D = 78,43156 \text{ nm}$$

Dari hasil perhitungan diatas, ukuran kristal pada sampel nano silika suhu 300oC sebesar 78,43156 nm. Dengan menggunakan perhitungan seperti pada sampel nanosilika 300oC, maka dengan persamaan Debye Scherrer yang telah dimodifikasi ini juga dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal pada sampel nano silika 400oC, 500 oC dan 600°C seperti disajikan pada tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Perbandingan Ukuran kristal Nanosilika

No.	Sampel	Ukuran Kristal (nm)
1	Nanosilika 300°C	78,43
2	Nanosilika 400°C	48,92
3	Nanosilika 500 °C	46,39
4	Nanosilika 600 °C	34,72

Pada Tabel 6 terlihat bahwa ukuran kristal sampel Nano Partikel Silika berkurang seiring dengan meningkatnya suhu pembakaran awal yang diberikan. Hal ini menandakan bahwa penambahan suhu pembakaran awal dapat memperkecil ukuran kristal pada partikel silika di dalam sampel.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas maka dapat disimpulkan bahwa suhu pembakaran awal abu ampas tebu mempengaruhi sistem kristal pada nano silika yang terbentuk. Tetapi secara teori sistem

kristal tidak terlalu mempengaruhi kualitas dari kristal tersebut.

Semakin bertambahnya suhu pembakaran awal pada abu ampas tebu maka semakin banyak fasa kristal silika yang terbentuk dan semakin sedikit fasa pengotor yang terkandung. Ukuran kristal nano silika juga mengalami penurunan seiring bertambahnya suhu, hal ini ditandai dengan ukuran kristal pada nano silika 300oC sebesar 78,43 nm dan mengalami penurunan ukuran kristal hingga ukuran 34,72 pada sampel nano silika 600°C.

Sebagai pengembangan terhadap penelitian yang telah penulis lakukan ini, diharapkan pada penelitian selanjutnya yaitu melanjutkan rentang suhu pembakaran awal mulai dari suhu 700°C hingga seterusnya sampai diketahui titik jenuh, dimana sistem kristal silika yang terbentuk mengalami kecacatan akibat timbulnya fasa pengotor baru di dalam sampel. Sehingga dapat diketahui di titik suhu mana abu ampas tebu tidak lagi menghasilkan silika dengan struktur kristal yang terbaik. Hal ini akan berdampak pada proses sintesis silika untuk penggunaan pada skala industri yang memerlukan silika sebagai bahan bakunya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, A., (2015), Sintesis Nanosilika Dengan Metode Sol-Gel Dan Uji Hidrofobitasnya Pada Cat Akrilik, Skripsi, Universitas Negeri Semarang
- Cullity, B.D., Stock, S.R., (2001), Element Of X-Ray Diffraction. Third Edition, New Jersey, Prentice Hall.
- Ghorbani, F., Sanati. A.M., Maleki. M., (2015), Production Of Silica Nanoparticles From Rice Husk As Agricultural Waste By Environmental Friendly Technique 2 (1), 56-65
- Ginting, E.M., Bukit, N., (2014), Karakterisasi Material, Medan, Unimed Press
- Hariharan, V., Sivakumar, G., (2013), Studies On Synthesized Nanosilica Obtained From Bagasse Ash, ISSN : 0974-4290 5 (3), 1263-1266
- Jayanti, D.N., (2014), Optimalisasi Parameter Ph Pada Sintesis Nanosilika Dari Pasir Besi Merapi Dengan Ekstraksi Magnet Permanen Menggunakan Metode Kopresipitasi, Skripsi, UIN Sunan Kalijaga
- Masruroh, Manggara, A.B., Lapailaka, T., Triandi, R.T., (2014), Penentuan Ukuran Kristal (Crystallite Size) Lapisan Tipis Pzt Dengan Metode Xrd Melalui Pendekatan Persamaan Debye Scherrer, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Malang, Universitas Brawijaya.
- Monshi, A., Foroughi, M.R., Monshi, M.R., (2012). Modified Scherrer Equation To Estimate More Accurately Nano-Crystallite Size Using XRD. World Journal Of Nano Science And Engineering, Vol. 2, 154-160.
- Munasir, Widodo, Triwikantoro, Zainuri. M., Darminto, (2013), Perbandingan Massa Kalium Hidroksida Pada Ekstraksi Sio2 Orde Nano Berbasis Bahan Alam Pasir Kuarsa. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains Vii UKSW
- Riandani, U., (2014), Preparasi dan karakterisasi Keramik Silika Dari Daun Bambu Hasil Leaching Asam Sitrat Dan Suhu Pembakaran 800-1000oC, Skripsi, UNILA
- Vansant, E.f., Van Der Voort, P., Vrancken. K.C., (1995), Characterization And Chemical Modification Of The Silica Surface, Wilrijk, Belgium
- West, Anthony. R., (1989). Solid State Chemistry And Its Application. New York: John Wiley And Sons.
- Wibowo, A., (2015), Sintesis Nanosilika Dari Abu Ketel Menggunakan Metode Hidrotermal Dengan Variasi Waktu Dan Suhu Proses, Skripsi, IPB
- Yusuf, M., Suhendar, D., Hadisantoso, E.P., (2014), Studi Karakteristik Silika Gel Hasil Sintesis Dari Abu Ampas Tebu Dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida 3 (1)
- Zakaria, (2003), Analisis Kandungan Mineral Magnetik Pada Batuan Beku Dari Daerah Istimewa Yogyakarta Dengan Metode X-Ray Difrraction. Fakultas

Doli Bonardo dan Raptama Siburian; Analisis Struktur Nano Partikel Silika Dari Abu Ampas Tebu
Menggunakan Metode XRD

Keguruan Dan Ilmu Pendidikan,
Kendari, Universitas Haluoleo