

KARAKTERISASI NANOSILIKA DARI ABU TERBANG (FLY ASH) PT. BOSOWA ENERGI JENEPONTO DENGAN MENGUNAKAN METODE *ULTRASONIC*

Ika Desianti, Rahmaniah, dan Sri Zelviani
Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar
Email: ikadesianti11@gmail.com, nia.physics08.uin@gmail.com,
sri.zelviani@uin-alauddin.ac.id

Abstract: This research aims at the process of making fly ash nanosilica using ultrasonic methods and to determine the characterization of nanosilica from fly ash. Many studies have shown that fly ash contains silica. The process of extracting silica from fly ash uses the reflux method extraction process. Meanwhile, the process of making silica nanoparticles uses ultrasonic methods. The ultrasonic method is a method for breaking particles by utilizing ultrasonic waves with a high frequency that is above 20 kHz. The resulting silica was divided into three with each different treatment, namely silica without sonication (TN), silica with sonication process for 60 minutes (N60) and for 120 minutes (N120). The silica each has a percentage of elements (%) ie 23.13%, 20.25% and 17.82%.

Keywords: fly ash, silica, nanosilica, ultrasonic.

1. PENDAHULUAN

Menurut laporan kerja PT. Bosowa Energi Jeneponto Produksi batubara diperkirakan sekitar satu juta ton tiap tahunnya. Dari pembakaran batubara dihasilkan sekitar 5% polutan padat yang berupa abu (*fly ash* dan *bottom ash*), di mana sekitar 10-20% adalah *bottom ash* dan sekitar 80-90% *fly ash* dari total abu yang dihasilkan.

Abu terbang (*fly ash*) merupakan limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran batubara yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara. Pada intinya *fly ash* mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan karbon. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yunita (2017), bahwa hasil karakterisasi pada *fly ash* menghasilkan SiO_2 yaitu dengan rata-rata 40% dan Kadir (2016), bahwa hasil karakterisasi pada *fly ash* menghasilkan SiO_2 adalah 41.96%. Oleh Karena itu, dilakukan penelitian ini untuk mengurangi limbah abu terbang (*Fly Ash*).

Nanoteknologi saat ini berkembang begitu pesat di semua bidang vital ilmu pengetahuan dan teknologi seperti elektronik, penerbangan, pertahanan, kedokteran, dan kesehatan. Hal tersebut berkaitan dengan model, sintesis, karakterisasi, serta aplikasi material dan peralatan dalam skala nanometer. Sifat fisika, kimia, dan biologis skala nano berbeda dari sifat atom dan molekul dalam material yang besar. Oleh karena itu, hal tersebut memberikan kesempatan untuk mengembangkan kelas baru pada kemajuan material yang memenuhi

tuntutan aplikasi berteknologi tinggi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengubah suatu material menjadi bentuk nano adalah metode *ultrasonic*. Metode *Ultrasonic* merupakan metode yang menggunakan vibrasi suara dengan frekuensi melebihi batas pendengaran manusia yaitu di atas 20 KHz. Sehingga tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana proses pembuatan nanosilika dari abu terbang (*fly ash*) dan untuk mengetahui karakterisasi dari nanosilika tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Preparasi Sampel

Abu terbang (*Fly Ash*) dibilas dengan aquades kemudian dikeringkan dan diayak. Lalu difurnace pada suhu 600°C selama 2 jam. Sampel didinginkan kemudian sebanyak 100 gr dicampurkan dengan asam klorida (HCl) dan direndam selama 4 jam. Kemudian dibilas dengan aquades sampai pH netral. Campuran yang dihasilkan dikeringkan dalam oven pada temperatur 105°C selama 8 jam.

Tahap Ekstraksi Silika

Proses ekstraksi ini menggunakan metode presipitasi. Proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan bahan larutan NaOH. Larutan NaOH dibuat dengan konsentrasi 4 N. Sebanyak 200 ml larutan NaOH tersebut ditambahkan ke dalam 30 gram abu terbang (*fly ash*) kemudian dipanaskan sampai 90°C sambil diaduk selama 2 jam. Setelah dingin kemudian disaring sehingga menghasilkan larutan natrium silikat. Untuk mengendapkan larutan natrium silikat dicampur dengan HCL 4 N sehingga menghasilkan *yield silika*. Kemudian di keringkan didalam oven untuk menghilangkan kadar air.

Tahap Pembuatan Nanosilika

Tahapan ini bertujuan untuk membuat partikel nanosilika. Proses pembuatan nanosilika pada tahapan ini menggunakan metode ultrasonikasi. Terlebih dahulu *Poly Etilen Glicol* (PEG) 600°C dipanaskan menggunakan oven pada suhu titik lelehnya yaitu 105°C (Astuti dan Firnando, 2015) agar diperoleh cairan PEG 6000. Silika dilarutkan didalam cairan PEG 6000 tersebut dengan perbandingan 1:5. Larutan tersebut dicampur dengan air kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Kemudian proses sonikasi dilakukan menggunakan *ultrasonic bath* dengan variasi waktu 60 menit dan 120 menit. Kemudian hasil sonikasi dikeringkan menggunakan oven. Larutan kemudian didiamkan selama 48 jam untuk menghasilkan endapan nanosilika. Nanosilika yang dihasilkan kemudian di kalsinasi untuk memperoleh serbuk nanosilika.

Tahap Karakterisasi Nanosilika

Pada tahap ini dilakukan karakterisasi untuk mengetahui morfologi permukaan dan ukuran partikel nanosilika dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivasi Abu terbang (*fly Ash*)

Abu terbang (*Fly ash*) mempunyai kandungan silika yang tinggi, tetapi memiliki kadar besi yang cukup tinggi juga dan kandungan aluminium yang rendah. Sehingga, untuk menurunkan kadar besi maka dilakukan aktivasi yaitu dengan cara aktivasi fisik maupun kimia. Aktivasi fisik dengan cara pemanasan di dalam furnace pada suhu 600°C agar sisa-sisa karbon yang masih melekat pada abu terbang semuanya terbakar. Hal ini sejalan dengan keadaan fisik abu terbang yang berwarna coklat setelah aktivasi.

Setelah itu dilakukan proses aktivasi kimia dengan perendaman asam klorida (HCl) dengan konsentrasi 4 N. Penggunaan dengan HCl ini digunakan untuk mengurangi konsentrasi besi oksida dan oksida-oksida alkali yang dalam abu terbang, terutama terdapat pada bagian luar partikel abu. Oleh karena itu, refluks dengan HCl akan membantu meningkatkan kandungan SiO_2 pada campuran reaksi.



Gambar 1 Perendaman abu terbang (*fly ash*) dengan asam klorida (HCl)

Abu layang tersebut disaring dan dibilas dengan aquades hingga mencapai pH netral. Setelah itu, abu terbang dikeringkan dalam oven selama 6 jam pada suhu 105°C untuk menghilangkan kadar air yang terdapat dalam abu terbang dan memperluas ukuran pori-porinya.

Pembuatan Silika

Silikon dioksida atau silika adalah salah satu senyawa kimia yang sangat umum. Senyawa kimia dengan rumus molekul SiO_2 (*silicon dioxida*) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal.



Gambar 2 Hasil pembuatan silika

Pembuatan silika dari natrium silikat secara garis besar terdiri dari empat tahap yaitu pengasaman natrium silikat, pembentukan hidrogel, pencucian dan pengeringan hidrogel menjadi serogel. Pada tahap pertama, asam yang digunakan untuk mengasamkan natrium silikat adalah asam klorida dengan konsentrasi 4 N.

Proses ini bertujuan untuk membentuk asam silikat yang merupakan monomer dari silika gel. Pembentukan gel terjadi karena atom oksigen dari asam silikat akan menyerang atom silikon dari asam silikat bebas yang lain akan membentuk monomer asam silikat.

Polimerisasi asam silikat akan terus berlangsung membentuk bola-bola polimer yang disebut sebagai partikel silika primer. Gugus-gugus silanol dari partikel primer yang saling berdekatan akan mengalami kondensasi membentuk partikel sekunder dengan ukuran yang relatif lebih besar bila dibandingkan partikel silika primer. Silika yang dihasilkan masih relatif lunak yang disebut alkogel.

Kondensasi antara bola-bola primer terus berlangsung dan terjadi penyusutan volume alkogel didiamkan selama 24 jam. Penyusutan volume silika akibat reaksi kondensasi diikuti dengan berlangsungnya eliminasi larutan-larutan pada silika tahap ini disebut sinersis. Pada akhir proses sinersis akan diperoleh silika yang relatif kaku dengan volume yang lebih kecil bila dibandingkan dengan alkogel yang disebut hidrogel.

Hidrogel dicuci dengan aquades bertujuan untuk menghilangkan larutan-larutan yang merupakan hasil samping reaksi pembentukan silika gel hingga pH netral. Selanjutnya penyaringan dan pengeringan silika. Proses penyaringan menggunakan kertas saring *Whatman* no.41 alasan digunakannya alat ini karena kertas saring ini bebas abu yang biasa digunakan untuk analisa kuantitatif secara gravimetri, serta pengeringan pada suhu 90°C selama 4 jam.

Proses Pembuatan Nanosilika

Pada penelitian ini, proses pembuatan nanosilika dilakukan dengan menggunakan metode ultrasonic milling. Gelombang ultrasonic adalah gelombang yang memiliki frekuensi sangat tinggi antara 20 kHz-10 MHz. Prinsip dari metode ini adalah pemanfaatan fenomena kavitasi akustik yang terjadi akibat rambatan getaran suara yang terbentuk dalam media cairan.

Alat yang digunakan adalah ultrasonic S40 H dengan pemberian variasi waktu sonikasi selama 60 menit dan 120 menit. Media yang digunakan pada penelitian ini adalah air. Air digunakan karena memiliki yaitu terjadinya proses koagulasi pada saat material nano tersebut dipisahkan dengan air. Penggunaan air masih dapat digunakan dengan menambahkan penggunaan surfaktan sebagai bahan koagulasi yang berfungsi untuk mendispersikan silika dilarutkan dalam air agar lebih sempurna. Partikel silika akan disalut oleh surfaktan yang digunakan sehingga kemungkinan untuk terjadinya aglomerasi menjadi lebih kecil. Penambahan surfaktan ini merupakan faktor yang mempengaruhi proses kavitasi yang terjadi dalam sintesis nanosilika dengan metode ultrasonikasi. Surfaktan yang ditambahkan akan terakumulasi pada bagian gas dan cairan dalam gelembung kavitasi yang akan menurunkan tegangan permukaan gelembung. Tegangan permukaan yang menurun tersebut akan mengakibatkan bertambahnya kecepatan pembentukan gelembung. Hasil lain menunjukkan gelembung yang terbentuk tidak stabil dan akhirnya pecah menjadi ukuran yang lebih kecil daripada gelembung dalam medium cairan tanpa penambahan

surfaktan. Menggunakan gelombang ultrasonik tersebut, gumpalan partikel dapat dipisahkan dan terjadi dispersi sempurna sengan penambahan surfaktan tersebut.

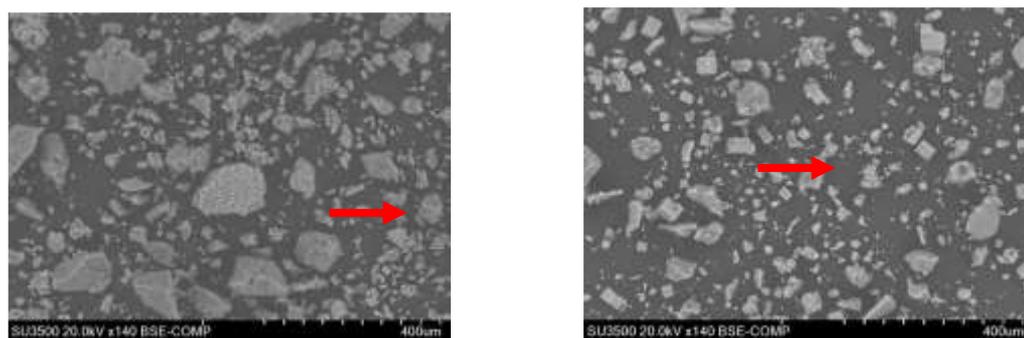
Berdasarkan penelitian Arif (2017), menggunakan proses pemanasan 750°C agar meningkatkan derajat kristalinitas partikel terhadap silika. Sehingga, dilakukan proses pemanasan pada suhu 600°C yang dilakukan diakhir proses penelitian ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan organik surfaktan yang terdapat pada silika. Karakterisasi silika tersebut berwarna putih keabu-abuan yang dikarenakan pemberian pada suhu yang tinggi. Sehingga menghasilkan nanosilika seperti pada gambar 3.



(a) (b)
Gambar 3. Nanosilika (a) waktu sonikasi 60 menit, dan (b) waktu sonikasi 120 menit

Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM-EDX

Analisis menggunakan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) bertujuan untuk mengetahui perbedaan ukuran partikel dan bentuk morfologi partikel silika serta komposisi unsur dan senyawa yang terkandung dalam silika. Gambar morfologi hasil SEM dapat dilihat pada gambar berikut ini.



(a) (b)
Gambar 4 Morfologi dengan waktu sonikasi yang berbeda (a) waktu sonikasi 60 menit, dan (b) waktu sonikasi 120 menit

Gambar 4 menunjukkan ukuran partikel yang berbeda. Terlihat bahwa pada gambar dengan waktu sonikasi 60 menit lebih besar dibandingkan dengan waktu sonikasi 120 menit. Perbedaan partikel ini disebabkan karena perbedaan sonikasi. Semakin lama waktu sonikasi maka semakin tinggi intensitas energi yang diberikan kepada silika. Hal itu akan membuat semakin

kecilnya ukuran partikel. Ukuran partikel dengan perlakuan waktu sonikasi 60 menit adalah 6,625 nm. Sedangkan pada ukuran partikel dengan perlakuan waktu sonikasi 120 menit adalah 3,875 nm. Tabel perbedaan ukuran partikel dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1 Perbedaan ukuran partikel antara nanosilika dengan perlakuan lama waktu sonikasi selama 60 menit (N60) dan 120 menit (N120)

No.	Perlakuan Waktu Sonikasi (menit)	Ukuran Partikel (nm)
1.	N60	6,625
2.	N120	3.875

Ukuran partikel yang dihasilkan masih relatif besar. Hal tersebut disebabkan karena perlakuan pencampuran PEG 6000 dengan silika yang menggunakan perbandingan yang tinggi yaitu perbandingan 1:5. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses kavitasi adalah konsentrasi larutan. Semakin tinggi konsentrasi larutan maka akan semakin tinggi konsentrasi larutan maka akan sulit energi kavitasi untuk menghancurkan partikel maupun ikatan atom pada larutan.

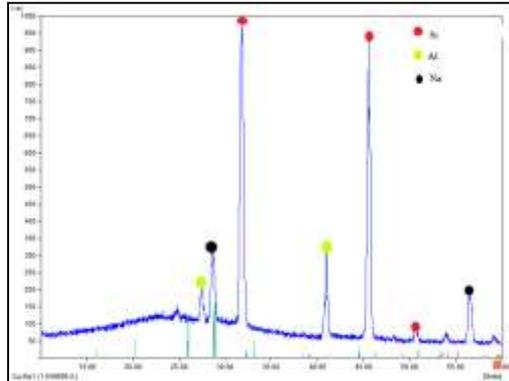
Berdasarkan tabel 1 diperoleh unsur kandungan tertinggi pada silika tanpa sonikasi dengan lama sonikasi 60 menit (N60) dan silika dengan lama sonikasi 120 menit (N120) adalah pada oksigen dengan persentase (%w.t) masing-masing adalah 63.85%, 64.93% dan 63.20%. Persentase (%w.t) silika masing-masing adalah 23.13%, 20.25% dan 17.82%. Berdasarkan penelitian Arif (2017), bahwa persentase unsur dengan lama perlakuan waktu sonikasi 60 menit dan 120 menit masing masing adalah 36,31% dan 33,77%.

Tabel 2 Kandungan unsur pada silika tanpa sonikasi dengan perlakuan lama waktu sonikasi 60 menit dan 120 menit

Sampel	% Persentase Unsur (% W.t)						
	Silikon (Si)	Oksigen (O)	Natrium (Na)	Aluminium (Al)	Klorin (Cl)	Kalium (K)	Besi (Fe)
TN	23.13	63.85	5.74	4.49	2.48	0.30	-
N60	20.25	64.93	6.54	6.59	1.10	0.52	0.07
N120	17.82	63.20	7.61	9.27	0.68	0.96	0.06

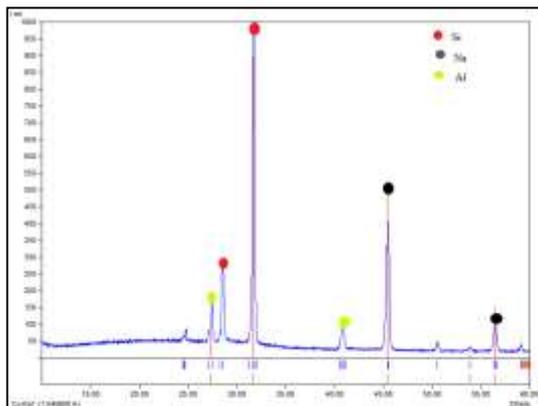
Hasil Karakterisasi Menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*

Uji *X-Ray Diffraction (XRD)* bertujuan untuk mengetahui struktur kristal, derajat kristal, fase kristal dan ukuran kristal serta unsur yang terkandung dalam material. Maka, pada penelitian ini dilakukan pengujian XRD untuk mengetahui struktur kristal, parameter kisi, dan ukuran kristal. Proses analisis difratogram menggunakan software match. Sehingga dihasilkan seperti gambar 7 dan 8 berikut.



Gambar 5 Diafraktogram nanosilika dengan waktu sonikasi 60 menit

Berdasarkan gambar 5. diperoleh struktur kristal pada sudut (2θ) 32.82° dan 45.76° dengan parameter kisi adalah $a= 7.1370 \text{ \AA}$, $b=12.3700 \text{ \AA}$, dan $c= 7,1740 \text{ \AA}$, serta bentuk kristal adalah monoclinic. Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa yang silika merupakan unsur yang paling tinggi, lalu aluminium dan natrium.



Gambar 6 Diafraktogram nanosilika dengan waktu sonikasi 120 menit

Berdasarkan gambar 7. diperoleh struktur kristal pada sudut (2θ) 31.70° dan 28.84° dengan parameter kisi adalah $a= 5.4300 \text{ \AA}$, dan bentuk kristal adalah cubic. Dilihat dari grafik diatas bahwa unsur yang paling tinggi adalah silika lalu natrium dan aluminium sama seperti pada gambar 5.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Proses pembuatan silika melalui empat tahap yaitu pengasaman natrium silikat, pembuatan hidrogel, pencucian dan pengeringan hidrogel menjadi xerogel, serta proses pembuatan nanopartikel silika menggunakan metode *ultrasonic*.
- Karakterisasi SEM-EDX diperoleh karakterisasi nanosilika perlakuan sonikasi 60 menit dan 120 menit memiliki ukuran partikel masing-masing adalah 6.625 nm dan 3.875 nm, serta kandungan unsur Silika (Si) yaitu masing-masing 20.25% dan 17.82% dengan bentuk kristal masing-masing adalah monoclinic dan cubic.

DAFTAR PUSTAKA

- Aman dan P.S. Utama. *Pengaruh Suhu dan Waktu pada Ekstraksi Silika dari Abu Terbang (Fly Ash) Batubara*. Seminar Nasional Teknik Kimia. Universitas Riau. 2013.
- Ardiansyah, Arie. *Sintesis Nanosilika dengan Metode Sol – Gel dan Uji Hidrofobitasnya Pada Cat Akrilik*. Universitas Negeri Semarang. 2015.
- Astuti dan Hayati. *Sintesis Nanopartikel Silika Dari Pasir Pantai Purus Padang Sumatera Barat Dengan Metode Koprepitasi*. Jurnal Fisika Unand Vol. 4. No. 3, Juli 2015 ISSN 2302-8491. 2015.
- Kadir, Marwan. 2016. *Sintesis Zeolit dari Abu Terbang (Fly Ash) dengan Metode Hidrotermal dan Uji Adsorbtivitas Terhadap Logam Tembaga (Cu)*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. 2016.
- Rahman, Arif. 2017. *Pembuatan Nanosilika Gel dari Silika Abu Sekam Padi*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. 2016.
- Retnosari, Agustin. *ekstraksi dan penentuan kadar silika (sio₂) hasil ekstraksi dari abu terbang (fly ash) batubara*. jurusan kimia FMIPA universitas jember 2013.
- Saputri, dkk. *Pengaruh Lama Sonikasi terhadap Porositas dan Kekerasan Nanokomposit Hidroksiapatit- SiO₂ Berbasis Batu Onyx Bojonegoro dengan Metode Sonokimia*. Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang
- Sholika, Ismiati dkk. 2017. *Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Limbah Abu Sekam Padi (Oryza Sativa) dengan variasi Konsentrasi Pengasaman*. FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.