PENGARUH KONSENTRASI NaOH PADA EKSTRAK NANOSILIKA BERBASIS BATU APUNG

Erika Sempana Ginting^{(1)*}, Posman Manurung⁽¹⁾, dan Agus Riyanto⁽¹⁾

(1) Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung Jl.Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1 Gedung Meneng Bandar Lampung 35145 *E-mail:erikasempana@gmail.com

Diterima (7 Mei 2018), direvisi (22 Mei 2018)

Abstract. The investigation of effect NaOH in extracting nanosilika from pumice has been carried out. The aim of research is to study the effect of variation NaOH against the amount and chemical compositions of nanosilica extract results. The extraction process is carried out with NaOH, H_2SO_4 and HCl. Variations of NaOH used are 2,0 M, 2,5 M, 3,0 M, 3,5 M and 4,0 M. Pumice powder was calcined at 500°C for 4 hours and nanosilica powder was calcined at 800°C for 5,5 hours. Nanosilica was characterized by X-Ray Flouresence (XRF), X-Ray Diffractometer (XRD) and Transmission Electron Microscopy (TEM). The results of extraction increases with increasing of NaOH concentration. XRF analysis shows that the highest amorphous nanosilica was obtained in nanosilica of NaOH 3,0 M. Difractogram XRD shows that pumice powder formed anorthite and albite phase and nanosilika 3,0 M NaOH has amorphous phase. Based on TEM result, the particle size of amorphous nanosilica NaOH 3,0 M is in the range of 8,8-19,5 nm and the average of particle size is $(14,8 \pm 3,07)$ nm.

Key words: pumice, nanosilica, NaOH

Abstrak. Telah dilakukan penelitian untuk mengamati pengaruh konsentrasi NaOH pada ekstrak nanosilika berbasis batu apung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan NaOH terhadap jumlah dan komposisi kimia hasil ekstrak nanosilika, mengetahui fasa nanosilika yang terbentuk dan mengetahui ukuran nanosilika yang terbentuk. Proses ekstraksi dilakukan dengan NaOH, H₂SO₄, dan HCl. Variasi NaOH yang digunakan yaitu 2,0 M, 2,5 M, 3,0 M, 3,5 M dan 4,0 M. Serbuk batu apung dikalsinasi pada suhu 500°C selama 4 jam dan serbuk nanosilika dikalsinasi pada suhu 800°C selama 5,5 jam. Karakterisasi dilakukan dengan *X- Ray Flouresence* (XRF), *X-Ray Diffractometer* (XRD), dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Hasil ekstrak yang dihasilkan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Analisis XRF menunjukkan nanosilika dengan kemurnian tertinggi pada nanosilika NaOH 3,0 M. Difraktogram XRD menunjukkan bahwa serbuk batu apung membentuk fasa anorthite dan fasa albite sementara nanosilika NaOH 3,0 M memiliki fasa amorf. Ukuran partikel nanosilika NaOH 3,0 M berada pada kisaran 8,8-19,5 nm dengan rata-rata (14,8 ± 3,07) nm.

Kata Kunci: batu apung, nanosilika, NaOH.

PENDAHULUAN

Nanoteknologi merupakan teknologi pada skala nano yang banyak dikembangkan oleh para ilmuan dunia. Istilah nanoteknologi diturunkan dari istilah nanometer dan pertama kali digunakan pada tahun 1974 oleh Nario Taniguchi. Nano berasal dari kata Yunani untuk *dwarf* yang berarti kurcaci atau kerdil [1] . Ukuran untuk teknologi skala nano berada pada kisaran 10 sampai 100 nanometer [2] .

Terciptanya nanoteknologi tidak lepas dari adanya material berukuran nano sebagai penyusunnya, dimana material skala nano disebut nanomaterial. Nanomaterial memiliki karakteristik fisik material lainnya yang berukuran lebih besar, sehingga nanomaterial menghasilkan material baru dengan kemajuan teknologi yang lebih menjanjikan. Sifat material umumnya bergantung pada komposisi kimia serta lingkungan sekitarnya.

Dalam kaitannya dengan volume, ukuran partikel dan luas penurunan menyebabkan peningkatan permukaan jumlah molekul atau atom di permukaan yang berpotensi mengubah reaktivitas permukaan [3]. Nanomaterial menarik minat para ilmuwan untuk meneliti dan mengembangkan beberapa material menjadi skala nano seperti, nanosilika[4], nanotitania[5], nanoperak [6], nanoalumina [7], nanokarbon[8], nanoemas [9], nano-ZnO, nano-Cu, dan nano-Pb[10].

Nanonanosilika adalah salah satu material yang banyak diaplikasikan di bidang industri, seperti produksi semen, keramik, kromatografi, katalisator, produksi material maju (seperti SiC, Si₃N₃, unsur Si dan Mg₂Si) dan juga digunakan pada pengolahan air limbah [11].

Nanosilika memiliki ketersediaan yang sangat melimpah di alam dengan unsur utama silikon. Silikon (Si) merupakan unsur utama yang terdapat di kerak bumi dengan bentuk senyawa nanosilika (silicon dioxide) dengan rumus molekul SiO2. Nanosilika di alam dapat diperoleh dari mineral dan nabati. Nanosilika mineral bisa didapatkan dari batu apung[12], pasir kuarsa[13] dan nanosilika yang berasal dari bahan nabati bisa didapatkan dari sekam padi[14], tongkol jagung, dan ampas tebu[15]. Selain pasir kuarsa, batu apung merupakan mineral yang memiliki kandungan nanosilika tinggi hingga 60,82% [16]. Batu apung disebut juga pumice merupakan salah satu batu endapan yang banyak ditemukan di vulkanik Indonesia. Indonesia salah satu negara yang terkenal mempunyai gunung api aktif terbanyak di dunia, yaitu sekitar 30% gunung aktif di dunia berada

dan kimia yang lebih spesifik dibandingkan Indonesia[17]. Lampung merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki gunung aktif yang pernah meletus pada tahun 1883[18].

Letusan tersebut mengakibatkan adanya endapan vulkanik yang tersebar di kawasan yang terkena dampak letusan. Beberapa daerah di Lampung yang terkena dampak letusan tersebut yaitu Kabupaten Lampung Selatan [19] dan tersebar ke beberapa daerah di Lampung termasuk Kabupaten Tanggamus melalui letusan material-material vulkanik ataupun tsunami vang terjadi[20]. Letusan tersebut mengakibatkan ada banyak batu apung hasil letusan gunung krakatau yang tersebar. Sebagai pemanfaatan dari batu apung yang cukup melimpah di Lampung, maka dilakukanlah penelitian untuk mensintesis nanosilika dari batu apung yang diketahui memiliki kandungan nanosilika yang cukup tinggi. Pada dasarnya, kelarutan nanosilika di air akan semakin tinggi bila temperatur naik, pH semakin tinggi, serta alkalinitas semakin tinggi. Menurut[21], senyawa nanosilika mudah larut pada suasana basa dan akan mengendap pada suasana asam. Nanosilika dapat larut dengan basa kuat seperti hidroksida alkalin pada pH di atas 9. Menurut [12], NaOH merupakan salah satu basa kuat yang dapat digunakan untuk mengekstraksi nanosilika dengan kemurnian hingga 94%.

Menurut [22], ekstraksi nanosilika berbahan dasar perlit dengan NaOH sebagai pengekstrak dapat menghasilkan nanosilika dengan jumlah yang meningkat seiring dengan bertambahnya molaritas NaOH. Penelitian tersebut menjadi acuan penelitian ini untuk melakukan ekstraksi nanosilika berbasis batu apung dengan mengamati pengaruh variasi NaOH pada hasil ekstraksi nanosilika berbasis batu apung. Variasi NaOH yang digunakan yaitu 2,0 M, 2,5 M, 3,0 M, 3,5 M dan 4,0 M, serta menggunakan batu apung yang berasal dari kabupaten Tanggamus Lampung.

METODE PENELITIAN

Bahan digunakan yang penelitian ini adalah batu apung (pumice) dari Kabupaten Tanggamus, NaOH 99% Merck, H₂SO₄ 95-97% Merck, HCl 37% Merck, kertas pH meter, dan air destilasi (aquades dan aquabidest). Sedangkan alatalat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemutar magnet serta batang magnet, timbangan digital, oven, tungku pemanas, kertas saring Whatman no. 41, pipet mikro, gelas ukur, refluks kondenser, corong, spatula kaca, mortal serta pastel biasa, mortal serta pastel Agate. Sedangkan untuk karakterisasi menggunakan alat XRF merk PaNalytical Epsilon 3, XRD merk XPERT PRO PaNalytical, dan TEM merk JEOL/EO JEM-1400 versi 1.0.

Terdapat dua tahapan dalam mengekstrak silika murni, yaitu preparasi serbuk batu apung dan proses ekstraksi nanosilika. Proses preparasi serbuk batu apung dimulai dengan mencuci batu apung menggunakan air *aquabidest* hingga bersih, kemudian mengeringkannya semalaman pada suhu 100°C dengan menggunakan oven.

Selanjutnya, menggerus batu apung yang sudah kering menggunakan mortar hingga menghasikan serbuk batu apung vang masih dalam keadaan kasar. Kemudian mengayak atau menyaring serbuk kasar batu apung tersebut dengan menggunakan alat ayakan berukuran 150 um hingga mendapatkan serbuk halus dan kemudian mencucinya dengan aquabidest hingga air rendamannya tidak serbuk batu Setelah mencuci apung dikeringkan dengan selanjutnya pemanasan 500°C selama 5,5 jam. Setelah terakhir pemanasan, adalah menimbang serbuk halus batu apung sebanyak 250 gram sebagai sampel yang akan diekstraksi.

Proses ekstrasi ini merupakan proses yang dilakukan untuk mendapatkan nanosilika batu apung. Proses ini diawali dengan menyiapkan 150 mL NaOH dengan variasi 2,0 M, 2,5 M, 3,0 M, 3,5 M dan 4,0 Setelah larutan selesai disiapkan, selanjutnya mencampurkan 2,5 gram serbuk batu apung ke dalam masing-masing larutan NaOH yang sudah disiapkan. Masingmasing larutan kemudian direfluks selama 24 jam sambil diaduk dan dipanaskan pada suhu 100°C untuk mengekstraksi nanosilika yang terkadung pada serbuk batu apung. Tahap selanjutnya yaitu menyaring hasil refluks dengan menggunakan whatman no. 41. Filtrat hasil penyaringan kemudian dititrasi tetes demi tetes dengan menggunakan larutan H_2SO_4 5,0 sebanyak 150 mL sambil diaduk kuat hingga mencapai pH 7. Pada pH 7 didapatkan gel jernih yang kemudian didiamkan selama 24 jam. Gel selanjutnya disaring dengan whatman no. 41 dan diambil gelnya sambil melakukan pencucian menggunakan aquabidest dan gel tersebut dikeringkan dengan menggunakn oven selama 24 jam dengan suhu 80-100°C. Setelah kering, nanosilika kering tersebut kemudian digerus dengan mortar.

Tahap selanjutnya yaitu mencampuran bubuk silika kering dengan larutan HCl 1,0 M sebanyak 150 mL dan kemudian direfluks selama 4 jam sambil diaduk dengan kuat pada suhu 110°C. Tahap ini bertujuan untuk pemurnian menghilangkan pengotor. Hasil refluks kemudian disaring dengan whatman no. 41 sambil dicuci dengan aquabidest dan diambil residunya. Selanjutnya residu tersebut dikeringkan semalaman pada suhu 110°C dan nanosilika keringnya digerus kembali dengan mortar untuk selanjutnya dikalsinasi pada suhu 800°C selama 5,5 jam dan dihasilkan serbuk nanosilika berwarna putih bersih. Kemudian serbuk tersebut dikarakterisasi menggunakan alat XRF, XRD, dan TEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nanosilika Batu Apung Hasil Ekstrak

Nanosilika yang sudah dikalsinasi pada suhu 800°C kemudian ditimbang untuk banyak nanosilika mengetahui dihasilkan. Nanosilika yang didapatkan dari 2,5 gram batu apung ditampilkan pada **Tabel 1**. Pada tabel ditunjukkan pengaruh variasi molar NaOH terhadap nanosilika yang terbentuk. Terlihat bahwa nanosilika semakin meningkat seiring dengan semakin konsentrasi NaOH banyaknya digunakan untuk mengekstrak nanosilika. Hal ini dikarenakan peningkatan konsentrasi NaOH menyebabkan pengekstrakan nanosilika pada batu apung akan semakin dalam pada setiap bagian batu apung dan nanosilika yang meluruh akan semakin banyak.

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian [22] dan [23] yang menyatakan bahwa larutan NaOH berpengaruh pada peluruhan nanosilika yang akan semakin meningkat seiring peningkatan konsentrasi NaOH yang digunakan.

Tabel 1. Nanosilika batu apung hasil ekstrak

| No | NaOH (M) | Nanosilika (gram) |
|----|----------|-------------------|
| 1. | 2,0 | 1,147 |
| 2. | 2,5 | 1,316 |
| 3. | 3,0 | 1,450 |
| 4. | 3,5 | 1,605 |
| 5. | 4,0 | 2,124 |

Hasil Analisis XRF

Komposisi kimia bahan awal dan nanosilika hasil ekstrak di tampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis XRF

| No. | Komponen | % berat | | | | | |
|-----|-----------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | Batu apung | 2,0 M | 2,5 M | 3,0 M | 3,5 M | 4,0 M |
| 1. | SiO_2 | 77,799 | 92,017 | 93,716 | 96,264 | 91,422 | 86,764 |
| 2. | Al_2O_3 | 12,724 | 0,750 | 1,058 | 1,146 | 1,010 | 1,206 |
| 3. | SO_3 | - | 5,265 | 4,771 | 2,191 | 6,544 | 10,531 |
| 4. | K_2O | 3,701 | 0,158 | 0,037 | 0,023 | 0,034 | 0,089 |
| 5. | CaO | 1,677 | 0,168 | 0,049 | 0,047 | 0,115 | 0,131 |
| 6. | MgO | 1,518 | 0,502 | 0,007 | - | - | 0,728 |
| 7. | Fe_2O_3 | 1,422 | 0,009 | 0,009 | 0,007 | 0,020 | 0,017 |
| 8. | P_2O_5 | 0,367 | 1,031 | 0,301 | 0,272 | 0,784 | 0,367 |
| 9. | TiO_2 | 0,281 | 0,013 | 0,011 | 0,010 | 0,009 | 0,025 |
| 10. | Ag_2O | 0,210 | 0,069 | 0,036 | 0,030 | 0,057 | 0,085 |
| 11. | Cl | 0,079 | 0,008 | - | 0,005 | - | 0,031 |
| 12. | MnO | 0,076 | - | - | - | - | 0,001 |
| 13. | BaO | 0,062 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | | 0,015 |
| 14. | ZrO_2 | 0,021 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,005 |
| 15. | Eu_2O_3 | 0,017 | - | - | - | - | 0,001 |
| 16. | Rb_2O | 0,015 | 0,001 | - | - | - | - |
| 17. | SrO | 0,014 | 0,004 | - | - | - | - |
| 18. | ZnO | 0,006 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,003 | 0,004 |
| 19. | Y_2O_3 | 0,003 | - | - | - | - | - |
| 20. | As_2O_3 | 0,002 | - | - | - | - | - |
| 21. | Ga_2O_3 | 0,002 | - | - | - | - | - |
| 22. | PbO | 0,002 | - | - | - | - | - |

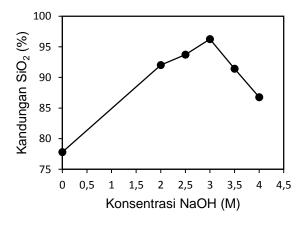
Analisis XRF dilakukan pada serbuk batu apung yang sudah dikalsinasi pada suhu 500°C dengan hasil berupa komposisi kimia yang terkandung di dalam serbuk apung. Tabel menuniukkan 2 komposisi kimia serbuk batu apung yang digunakan pada penelitian ini. Tampak pada tabel tersebut bahwa komponen utama penyusun batu apung dengan persentase lebih besar dari 1% yaitu SiO₂, Al₂O₃, K₂O₄ Fe_2O_3 CaO, MgO dan sedangkan komponen kimia dengan persentase lebih kecil dari 1% yaitu P2O5, TiO2,Ag2O, Cl, MnO, BaO, ZrO₂, Eu₂O₃, Rb₂O, SrO, ZnO, Y₂O₃, As₂O₃, Ga₂O₃ dan PbO. Dapat diamati bahwa SiO₂ adalah komponen kimia yang banyak terkandung di dalam batu apung dengan persentase mencapai 77,8%. Hal ini menunjukkan bahwa batu apung adalah salah satu sumber nanosilika yang melimpah dan mudah didapatkan.

Analisis XRF juga dilakukan pada serbuk nanosilika yang telah diekstrak dari batu apung sebanyak lima sampel dengan perbedaan variasi konsentrasi NaOH untuk mengetahui kandungan nanosilika yang terbentuk. Komposisi serbuk nanosilika dari kelima sampel tersebut ditampilkan pada **Tabel 2**. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa komponen kimia yang dominan terkandung dalam setiap sampel adalah SiO₂, Al₂O₃ dan SO₃ dengan persentasi di atas 1%. Komponen tersebut memiliki persentase berbeda-beda seiring dengan konsentrasi NaOH yang digunakan.

Gambar 1 menunjukkan persentase nanosilika pada sampel sebelum dan sesudah diekstrak dari batu apung. Batu apung sebelum diekstrak yang pada grafik ditampilkan dengan label 0 M mengandung nanosilika sebesar 77,8%. Nanosilika kemudian diekstrak dari batu apung dengan memvariasi konsentrasi NaOH. Nanosilika yang diekstrak dengan menggunakan

NaOH 2,0 M menghasilkan kandungan nanosilika yang mencapai 92% yang meningkat hingga 14,2% dari kandungan nanosilika batu apung. Nanosilika NaOH 2,5 M menghasilkan kandungan nanosilika sebesar 93,7% yang meningkat hingga 15,9% dari kandungan nanosilika batu apung dengan selisih 1,7% dari nanosilika NaOH 2,0 M. Kandungan nanosilika tertinggi pada penelitian ini terjadi pada variasi NaOH 3,0 M dengan persentase sebesar 96,3% yang meningkat 18,5% dari batu apung sebelum diekstrak dengan selisih 2,5% dari nanosilika NaOH 2,5 M.

kemurnian Penurunan nanosilika kemudian terjadi pada nanosilika NaOH 3,5 M dan 4,0 M dengan persentase berturutturut 91,4% dan 86,8%. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi optimum pengekstrakan nanosilika adalah menggunakan NaOH 3,0 M. Menurut penelitian[24], penurunan kemurnian nanosilika hasil ekstrak ini terjadi karena NaOH tidak hanya bereaksi dengan silika saja, tetapi juga bereaksi dengan senyawa lain seperti Al₂O₃ yang dapat ikut terekstrak pada pH 11[25].

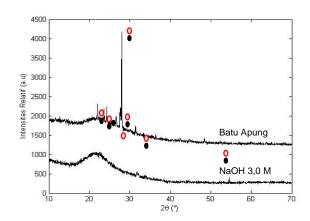


Gambar 1. Grafik pengaruh konsentrasi NaOH terhadap persentase SiO₂

Pada **Tabel 2** terlihat bahwa kemurnian nanosilika yang didapatkan pada penelitian ini sudah baik meskipun belum mencapai 100%. Hal ini dikarenakan masih adanya pengotor pada sampel saat proses ekstraksi dengan persentase yang sangat kecil seperti Al₂O₃, SO₃, K₂O, CaO, MgO, Fe₂O₃, P₂O₅, TiO₂, Ag₂O, Cl, MnO, BaO, ZrO₂, Eu₂O₃, SrO. ZnO. Cr₂O₃. Diantara Rb₂O. komponen-komponen tersebut, komponen kimia yang paling dominan sebagai pengotor pada hasil ekstrak adalah Al₂O₃ dan SO₃.

Hasil Analisis XRD

Pada penelitian ini dilakukan analisis XRD pada bahan awal penelitian dan nanosilika hasil ekstraksi NaOH 3.0 M yang ditampilkan pada Gambar 2. Serbuk batu apung hasil preparasi yang telah dikalsinasi pada suhu 500°C serta nanosilika hasil ekstrak yang dikalsinasi pada suhu 800°C kemudian dianalisis. Pada gambar dapat dilihat bahwa hasil karakterisasi menggunakan metode XRD pada batu apung memiliki bentuk difraktogram yang dapat digolongkan ke dalam fasa amorf yang ditandai dengan bentuk difraktogram yang melengkung seperti punuk atau bukit pada 2θ antara 20° dan 40°[11], [12]. Hal ini dikarenakan batu pada penelitian ini memiliki apung kandungan nanosilika yang lebih dominan dibandingkan senyawa lain seperti ditampilkan pada Tabel 2, sehingga bila pada suhu 500°C dikalsinasi dihasilkan nanosilika dengan fasa amorf. Namun demikian, pada batu apung masih terdapat puncak difraksi yang mengindikasi adanya fasa kristalin. Fasa pertama yang terbentuk adalah fasa anorthite dengan rumus kimia (CaNa) (SiAl)₄O₈ atau natrium kalsium aluminium silikat dengan nomor PDF 18-1202[26].



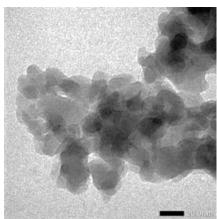
Gambar 2. Difraktogram hasil karakterisasi XRD batu apung, dan nanosilika NaOH 3,0 M. Perangkat lunak yang digunakan untuk menggambarkan difraktogram yaitu Matlab versi 8.6.0.267246 (R2015b). Legenda: ○ = anorthite (CaNa)(SiAl)₄O₈, ● = albite NaAlSi₃O₈.

Fasa kedua yang cocok dengan data XRD batu apung adalah fasa albite dengan rumus kimia NaAlSi₃O₈ atau natrium aluminium silikat dengan nomor PDF 19-1184[27]. Pada Gambar menampilkan difraktogram nanosilika yang diekstrak dari batu menggunakan larutan NaOH 150 ml 3,0 M yang dikalsinasi pada suhu 800°C selama 5,5 jam. Pada suhu tersebut terlihat bahwa pada nanosilika NaOH 3,0 M terbentuk difraktogram dengan fasa amorf yang sesuai dengan penelitian[12].

Hasil Analisis TEM

Identifikasi ukuran partikel pada analisis **TEM** dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ImageJ 1.52a. Analisis TEM dilakukan pada sampel nanosilika NaOH 3,0 M yang dikalsinasi pada suhu 800°C selama 5,5 iam. Pada Gambar 3 menampilkan nanostruktur silika NaOH 3,0 M, dimana terlihat adanya beberapa bagian

nanostruktur yang tampak lebih gelap dari bagian lainnya.



Gambar 4.5. Hasil TEM nanosilika NaOH 3,0 M

Partikel nanosilika dapat dikatakan memiliki ketebalan rendah yang ditandai dengan sedikitnya bagian yang berwarna lebih gelap dibandingkan bagian nanostruktur lainnya. Hasil **TEM** menampilkan morfologi partikel yang cenderung mengalami aglomerasi dan kohesif sehingga sulit untuk mengamati morfologi partikel secara spesifik karna partikel tampak saling menempel satu dengan yang lain.

Ukuran partikel yang diidentifikasi dengan menggunakan perangkat lunak imageJ menunjukkan bahwa ukuran partikel terkecil dari nanosilika NaOH 3,0 M adalah 8,8 nm dan ukuran partikel terbesar adalah 19,5 nm, sedangkan secara keseluruhan, rata-rata ukuran partikel pada nanosilika NaOH 3,0 M adalah (14,8 ± 3,07) nm. Hasil penelitian ini sudah memenuhi syarat untuk dikatakan sebagai material nano dengan ukuran partikel yang berada diantara 10-100 nm. Ukuran partikel nanosilika pada penelitian [12] yang mencapai ukuran partikel dengan kisaran angka 5-15 nm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa NaOH berpengaruh terhadap hasil nanosilika yang semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi NaOH yang dan komposisi nanosilika digunakan tertinggi terjadi pada variasi nanosilika NaOH 3,0 M sebesar 96,3% serta terendah terjadi pada NaOH 4,0 M dengan persentase sebesar 86,8%. Batu apung yang semula memilik fasa anorthite dan albite, mengalami perubahan kemudian setelah diekstrak dimana nanosilika NaOH 3,0 M membentuk fasa amorf. Metode penelitian yang digunakan berhasil membentuk nanosilika dengan ukuran partikel terkecil sebesar 8,8 nm dan ukuran terbesar yaitu 19,5 nm, sedangkan rata-rata ukuran partikel nanosilika (14,8 ± 3,07) nm (nanosilika NaOH 3,0 M).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Fisika Material Universitas Lampung, Laboratorium Pusat Sains dan Teknologi Universitas Lampung, Laboratorium Kimia Instrumen FMIPA Universitas Negeri Padang. Laboratorium Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang, dan Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang telah membantu penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. M. F., Ashby, P. J., Ferreira, and D. L., Nanomaterial, Nanotechnologies and Design: An Introduction for Engineers and Architecs. Canada, 2009.
- [2] P. Kanchanawong and C. M. Waterman, "Advances in light-based imaging of three-dimensional cellular ultrastructure," *Current Opinion in Cell Biology*. 2012.

- [3] SCENIHR, "Scientific Basis for the Definition of the Term 'Nanomaterial," 2010.
- [4] L. P. Singh, S. K. Agarwal, S. K. Bhattacharyya, U. Sharma, and S. Ahalawat, "Preparation of Silica Nanoparticles and its Beneficial Role in Cementitious Materials," *Nanomater. Nanotechnol.*, 2012.
- [5] D. P. Macwan, C. Balasubramanian, P. N. Dave, and S. Chaturvedi, "Thermal plasma synthesis of nanotitania and its characterization," *J. Saudi Chem. Soc.*, 2014.
- [6] M. Farhana and V. Meera, "Synthesis of Nanosilver Coated Sand Using Plant Extracts," *Procedia Technol.*, 2016.
- [7] P. Shivaprasad, P. K. Singh, V. K. Saharan, and S. George, "Synthesis of nano alumina for defluoridation of drinking water," *Nano-Structures and Nano-Objects*, 2018.
- [8] C. Tzileroglou, M. Stefanidou, S. Kassavetis, and S. Logothetidis, "Nanocarbon materials for nanocomposite cement mortars," in *Materials Today: Proceedings*, 2017.
- [9] A. Axelevitch, B. Gorenstein, and G. Golan, "Application of gold nanoparticles for silicon solar cells efficiency increase," *Appl. Surf. Sci.*, 2014.
- [10] V. Y., Zhai, E.R., Hunting, M., Wouterse, W.J.G.M., Peijnenburg, and M.G., "Importance of Exposure Dynamics of Metal-Based Nano-Zno, -Cu And -Pb Governing The Metabolic Potential of Soil Bacterial Communities," *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 145, pp. 349–358, 2017.

- [11] M. Sarikaya, T. Depci, R. Aydogmus, A. Yucel, and N. Kizilkaya, "Production of Nano Amorphous SiO2 from Malatya Pyrophyllite," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2016.
- [12] A. Mourhly, M. Khachani, A. El Hamidi, M. Kacimi, M. Halim, and S. Arsalane, "The Synthesis and Characterization of Low-Cost Mesoporous Silica SiO 2 from Local Pumice Rock," Nanomater. Nanotechnol., 2015.
- [13] N. J. Saleh, R. I. Ibrahim, and A. D. Salman, "Characterization of nanosilica prepared from local silica sand and its application in cement mortar using optimization technique," *Adv. Powder Technol.*, 2015.
- [14] Y. Shen, "Rice husk silica derived nanomaterials for sustainable applications," Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017.
- [15] G. A. P. K. Wardhani, "KARAKTERISASI SILIKA PADA TONGKOL JAGUNG DENGAN SPEKTROSKOPI INFRA MERAH DAN DIFRAKSI SINAR-X," *J. Kim. Ris.*, 2017.
- [16] K. M. A. Hossain, "Blended cement using volcanic ash and pumice," *Cem. Concr. Res.*, 2003.
- [17] I. PRATOMO, "Klasifikasi gunung api aktif Indonesia, studi kasus dari beberapa letusan gunung api dalam sejarah," *Indones. J. Geosci.*, 2014.
- [18] T. Simkin and R. S. Fiske, "Krakatau 1883 a centennial retrospective on the eruption and its atmospheric effects.," *Weatherwise*, 1983.

- [19] P. S. Putra and E. Yulianto, "KARAKTERISTIK ENDAPAN TSUNAMI KRAKATAU 1883 DI DAERAH TARAHAN, LAMPUNG," Ris. Geol. dan Pertamb., 2017.
- [20] P. S. Putra and E. Yulianto, "Stratigrafi Endapan Tsunami Krakatau 1883 di Daerah Limus, Pantai Barat Teluk Semangko, Lampung," J. Lingkung. dan Bencana Geol. (JLBG, 2016.
- [21] U. Kalapathy, A. Proctor, and J. Shultz, "A simple method for production of pure silica from rice hull ash," *Bioresour. Technol.*, 2000.
- [22] K. Srivastava, N. Shringi, V. Devra, and A. Rani, "Pure Silica Extraction from Perlite: Its Characterization and Affecting factors," vol. 2, no. 7, pp. 2936–2942, 2013.

- [23] A. retnosari "Ekstraksi dan Penentuan Kadar Silika (SiO2) Hasil Ekstraksi dari Abu Terbang (Fly Ash) Batu Bara," Universitas Jember, 2013.
- [24] A. Aman, and P.S. Utama. "Pengaruh Suhu dan Waktu pada Ekstraksi Silika dari Abu Terbang (Fly Ash) Batu Bara," 2013.
- [25] A. Paul and M. S. Zaman, "The relative influences of Al2O3 and Fe2O3 on the chemical durability of silicate glasses at different pH values," *J. Mater. Sci.*, 1978.
- [26] D.B. Stewart, G.W. Walker, and T.L. Wright, "Physical Properti of Calcic Labradorite from lake Country," *Am. Minerol.*, vol. 31, no. 141, 1966.
- [27] P. De Wolff, "ICDD Grant-in-Aid," 1966.

Ginting dkk : Pengaruh Konsentrasi NaOH pada Ekstrak Nanosilika Berbasis Batu Apung