

INTISARI

Silika merupakan salah satu senyawa yang sangat melimpah dan secara alami diperoleh dari bahan organik dan anorganik. Pengembangan hal baru perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas seperti pengembangan partikel berskala nano yang sangat berpotensi. Diantara nanopartikel yang dilakukan pengembangan adalah nano silika yang memiliki karakteristik baik sehingga banyak dimanfaatkan di berbagai bidang seperti biomedis, pengolahan limbah, pengiriman obat, teknologi katalis, dan pemulihan lingkungan. Lumpur geothermal adalah limbah yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga panas bumi dengan kandungan silika tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan nanosilika. Tujuan dari penelitian ini secara umum adalah untuk membuat silika yang berskala nano. Proses pembuatan nanosilika dilakukan dengan metode presipitasi berbantu ultrasonikasi dengan beberapa tahap proses, yaitu preparasi bahan baku, pelarutan silika geothermal menjadi natrium silikat, presipitasi, dan ultrasonikasi. Variasi yang digunakan adalah suhu (70, 80, 90 °C), pH (7, 8, 9), konsentrasi natrium hidroksida (2, 3, 4 M) dan waktu sonikasi (5, 15, 30 menit). Optimasi dilakukan dengan *Box-Behnken Design Response Surface Methodology* terhadap variabel respon yaitu yield nanosilika. Karakterisasi dari bahan baku silika geothermal dan produk nanosilika yang terbaik dilakukan dengan XRF, XRD, PSA, SEM, dan FTIR.

Komposisi bahan baku silika geothermal menunjukkan SiO_2 mendominasi sebesar 71,29%, dan sisanya berupa pengotor utama NaCl sebesar 20,87% dengan fase campuran amorf dan kristalin pada puncak 2Theta 22°, 45°, dan 56°. Produk nanosilika mempunyai komposisi SiO_2 sebesar 97,5% dengan fase amorf pada puncak 2Theta 22°. Yield nanosilika mengalami penurunan dengan adanya kenaikan suhu hingga 80°C dan pH 9. Konsentrasi natrium hidroksida yang semakin tinggi menghasilkan yield nanosilika lebih tinggi. Hasil optimasi menggunakan *Box-Behnken Design Response Surface Methodology* menunjukkan perolehan yield nanosilika sebesar 95,86% pada kondisi suhu 60°C, pH 7 dan konsentrasi natrium hidroksida 6 M dengan nilai *desirability* sebesar 0,83. Ukuran partikel semakin kecil dengan kondisi peningkatan suhu, pH, konsentrasi natrium hidroksida hingga 5 M, dan waktu sonikasi selama 30 menit. Ukuran rata-rata partikel nanosilika paling kecil sebesar 250,5 nm dengan jenis distribusi unimodal. Waktu sonikasi 30 menit juga menghasilkan nanosilika dengan nilai polidispersitas rendah sebesar 0,4 dengan keseragaman yang relatif tinggi. Morfologi dari produk nanosilika menunjukkan struktur fraktal dari agregat yang menggumpal hingga membentuk aglomerat. Spektrum FTIR silika geothermal dan nanosilika direkam pada rentang bilangan gelombang 600-4700 cm^{-1} dengan puncak getaran tertentu menandakan sebuah gugus fungsi meliputi silanol, siloksan dan hidroksil.

Kata kunci: Lumpur geothermal, nanosilika, presipitasi, ultrasonikasi, *response surface methodology*

ABSTRACT

Silica is one of the most abundant compounds and is naturally obtained from both organic and inorganic materials. New things need to be developed to improve quality like the development of highly potential nano-scale particles. Among the nanoparticles under development are nanosilica which have good characteristics so they are widely used in various fields such as biomedical, waste treatment, drug delivery, catalyst technology, and environmental recovery. Geothermal sludge is waste generated by a geothermal power plant with a high silica content and can be used as raw materials for nanosilica production. The aim of this research in general is to make nanoscale silica. The process of making nanosilica is carried out by ultrasonically assisted precipitation method with several stages, namely the preparation of raw materials, the dissolving of geothermal silica into sodium silicate, precipitation and ultrasonication. The variations used are precipitation temperatures (70, 80, 90 °C), pH (7, 8, 9), sodium hydroxide concentration (2, 3, 4 M), and sonication time (5, 15, 30 minutes). The optimization was done using the Box-Behnken Design Response Surface Methodology to the nanosilica yield response variable. The characterization of the geothermal silica raw materials and nanosilica products are best performed with XRF, XRD, PSA, SEM, and FTIR.

The composition of the raw materials of geothermal silica indicates that SiO₂ dominates by 71.29%, and the remainder is the primary distiller of NaCl is 20.87% with the amorphous and crystalline mix phase at the peak of 2Theta 22°, 45°, 56°. The yield of nanosilica has been reduced with an increase in temperature to 80°C and pH 9. The increasing concentration of sodium hydroxide results in higher nanosilica yields. The results of optimization using the Box-Behnken Design Response Surface Methodology indicate a 95.86% nanosilica yield at 60°C, pH 7, and 6 M sodium hydroxide concentration with a desirability value of 0.83. The particle size became smaller with increasing temperature, pH, sodium hydroxide concentration up to 5 M, and sonication time of 30 minutes. The smallest average size of nanosilica particles is 250.5 nm, with a unimodal distribution type. A sonication time of 30 minutes also produces nanosilica with a low polydispersity value of 0.4 and relatively high uniformity. The morphology of the nanosilica product shows a fractal structure of aggregates that agglomerate to form agglomerates. The FTIR spectrum of geothermal silica and nanosilica was recorded in the wave number range 600–4700 cm⁻¹ with certain vibration peaks indicating a functional group including silanol, siloxane, and hydroxyl.

Keywords: *Geothermal sludge, nanosilica, precipitation, ultrasonication, response surface methodology*