

## ABSTRAK

### **Pengaruh pH Terhadap Karakterisasi Silika Amorf dari Limbah Geotermal Menggunakan Metode Sol-Gel dengan Pemanasan *Microwave***

Oleh

**Nella Astari Ningrum**

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi pH terhadap karakterisasi silika amorf hasil sintesis dari lumpur geotermal menggunakan metode sol-gel dengan asam oksalat sebagai agen pengasam dan pemanasan *microwave*. Proses sintesis dilakukan pada variasi pH 1 hingga pH 13. Hasil karakterisasi XRF menunjukkan bahwa kemurnian tertinggi  $\text{SiO}_2$  sebesar 98,036 % dicapai pada pH 5, yang juga memiliki nilai recovery terbaik. Pola XRD menegaskan bahwa semua sampel bersifat amorf, dengan penghilangan sebagian besar impuritas kristalin seperti NaCl dan Fe, meskipun sisa logam berat masih terdeteksi pada pH ekstrem. Spektrum FTIR menunjukkan dominasi pita Si–O–Si pada pH tinggi, menandakan proses kondensasi yang lebih sempurna, sementara gugus silanol (Si–OH) lebih banyak terbentuk pada pH rendah. Citra SEM menunjukkan bahwa morfologi partikel berbentuk sferis dan terdispersi merata diperoleh pada pH 5 hingga pH 6, dengan rata-rata ukuran partikel SEM sebesar 48,2 nm. Karakterisasi TEM memperkuat hasil ini dengan distribusi ukuran partikel nanosilika pada pH 5 berkisar 20–140 nm dan rata-rata 61,4 nm.

**Kata Kunci:** Silika amorf, limbah geotermal, pH, metode sol-gel, asam oksalat, *microwave*, XRF, XRD, FTIR, SEM, TEM.

## **ABSTRACT**

### **Effect of pH on Characterization of Amorphous Silica from Geothermal Waste Using Sol-Gel Method with Microwave Heating**

**By**

**Nella Astari Ningrum**

This study aims to evaluate the effect of pH variation on the characterization of amorphous silica synthesized from geothermal mud using the sol-gel method based on oxalic acid and microwave heating. The synthesis process was carried out at pH variations of 1 to pH 13. The XRF characterization results showed that the highest purity of SiO<sub>2</sub> of 98.036 % was achieved at pH 5, which also had the best recovery value. The XRD pattern confirmed that all samples were amorphous, with the removal of most crystalline impurities such as NaCl and Fe, although residual heavy metals were still detected at extreme pH. The FTIR spectrum showed the dominance of the Si–O–Si band at high pH, indicating a more perfect condensation process, while more silanol groups (Si–OH) were formed at low pH. SEM images showed that the morphology of spherical and evenly dispersed particles was obtained at pH 5 to pH 6, with an average SEM particle size of 48.2 nm. TEM characterization strengthens this result with the particle size distribution of nanosilica at pH 5 ranging from 20–140 nm and an average of 61.4 nm.

**Keywords:** Amorphous silica, geothermal waste, pH, sol-gel method, oxalic acid, microwave, XRF, XRD, FTIR, SEM, TEM.