

Sintesis Nanopartikel SiO_2 Menggunakan Metode *Sol-Gel* dengan Perlakuan Asam HCl dan Variasi Suhu Kalsinasi

Daniel Ignatius Firdausi^{1,*}, Gerald Adityo Pohan¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang, Jawa Timur, Indonesia

Kata kunci

Sintesis Nanopartikel
 SiO_2
Metode Sol-Gel
Variasi Suhu Kalsinasi
SEM dan FTIR

ABSTRAK

Salah satu bahan yang menarik perhatian para peneliti adalah silika. Penelitian tentang silika telah meningkat secara signifikan karena kemudahan pembuatannya dan penggunaannya yang luas dalam berbagai aplikasi industri, seperti thin film, isolator, farmasi, pigmen, dan sensor kelembaban. Salah satu zat yang sering disintesis menjadi partikel berskala nano adalah SiO_2 . Partikel berukuran 1-100 nanometer disebut juga sebagai nanopartikel. Diantara berbagai metode peluasan nanopartikel SiO_2 adalah salah satunya digunakan untuk bahan cat akrilik. Metode sol-gel memiliki peranan penting dalam pembuatan nanopartikel. Sampel Nanopartikel yang sudah di hasilkan dikarakterisasi menggunakan SEM, dan FTIR. Telah dilakukan sintesis nanopartikel silika dioksida (SiO_2) dari TEOS menggunakan metode Sol-Gel. Dari variasi suhu kalsinasi 550°C, 650°C, dan 750°C didapatkan rata-rata butiran 60,3 nm, 77,7 nm, dan 91,9 nm. Pengaruh perbedaan suhu kalsinasi berdampak pada ukuran butir nanopartikel semakin besar suhu kalsinasi semakin besar nanopartikel SiO_2 yang dihasilkan

* **Corresponding author:**
Daniel Ignatius Firdausi (email: danielignatius29@gmail.com)

Diterima: 13 September 2024

Disetujui: 24 Maret 2026

Dipublikasikan: 31 Maret 2026

1 Pendahuluan

Salah satu bahan yang menarik perhatian para peneliti adalah silika. Penelitian tentang silikon berkembang pesat karena kemudahan manufaktur dan aplikasi silikon yang luas di beberapa industri, termasuk elektronik, farmasi, pigmen, thin film, isolator, dan sensor kelembaban. [2].

Tidak akan bisa dihindari kondisi yang ditemukan di Indonesia, di mana debu atau lumpur sangat dominan. Akibat permukaan film (lapisan cat yang sebelumnya mengering) yang mudah berubah menjadi kotor dan kusam, maka diperlukan cat dengan kemampuan anti-kotoran untuk mencegah kerusakan film pada dinding. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan cat dengan kemampuan swa-bersih yang kuat. [5]. Nanopartikel Silika adalah material yang cukup baik dalam stabilitas hidrofobik, memadukan silika dan titania sehingga dapat memberikan efek swa-bersih untuk menghindari pengotor yang menempel dipermukaan dinding luar ruangan yang terkena sinar matahari secara langsung dengan pencucian menggunakan air [6].

Salah satu metode yang umum digunakan dalam sintesis serupa adalah metode kimia. Salah satu metode yang umum digunakan dalam metode kimia adalah metode basah, yang meliputi hidrotermal/solvothermal, sol-gel, kopresipitasi, dan mikroemulsi. Metode sol gel dikenal sangat sederhana dan mudah karena menggunakan sintesis untuk membentuk material dengan struktur yang tinggi dan homogen. [2].

Penggunaan variasi suhu kalsinasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu tersebut terhadap hasil karakterisasi. Dapat dilihat bahwa suhu dan lama waktu pembakaran mempengaruhi ukuran silika yang dihasilkan [3]. Morfologi permukaan dan komposisi sampel sangat dipengaruhi oleh suhu pirolisis, di mana peningkatan suhu menghasilkan ukuran sampel yang tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi kesadaran, seperti waktu sintesis dan kalsinasi, berdampak pada sifat dan kualitas produk yang dihasilkan.

2 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah TEOS (Tetraethyl Orthosilicate) sebagai prekursor dan Aquades sebagai pelarut. Kemudian menyiapkan peralatan.

Tabel 1 Bahan

No	Bahan	Jumlah
1	TEOS	4,5 ml
2	Aquades	1,5 ml
3	Asam klorida (HCl)	9 ml
4	Ethanol 96%	5 ml

Proses hidrolisis yaitu proses pembelahan ikatan kimia dengan penambahan air atau aquades. Proses ini dilakukan pada Gelas Ukur yang diletakkan diatas Magnetic Stirrer dan Hot Plate Stirrer, Setelah proses ini yang awalnya berbentuk cair kemudian berubah menjadi gel atau bisa di sebut gelas.

Setelah terbentuknya larutan gel kemudian proses selanjutnya adalah aging atau penuaan berguna untuk membantu pengembangan struktur mikro gel, yang memengaruhi morfologi dan porositas nanopartikel akhir. Proses penuaan/*aging* memiliki dampak yang signifikan pada konsistensi zat seperti gel, karena mengubah karakteristiknya, seperti ukuran, volume, dan kekasaran permukaannya. [4].

Proses *drying* adalah proses gel yang dikeringkan menggunakan oven Listrik dengan suhu 110°C selama 6 jam. Proses ini berfungsi untuk menghilangkan pelarut organik dan membentuk nanopartikel SiO₂ menjadi padat.



(a)



(b)

Gambar 1 (a) proses stirring (b) proses *aging*

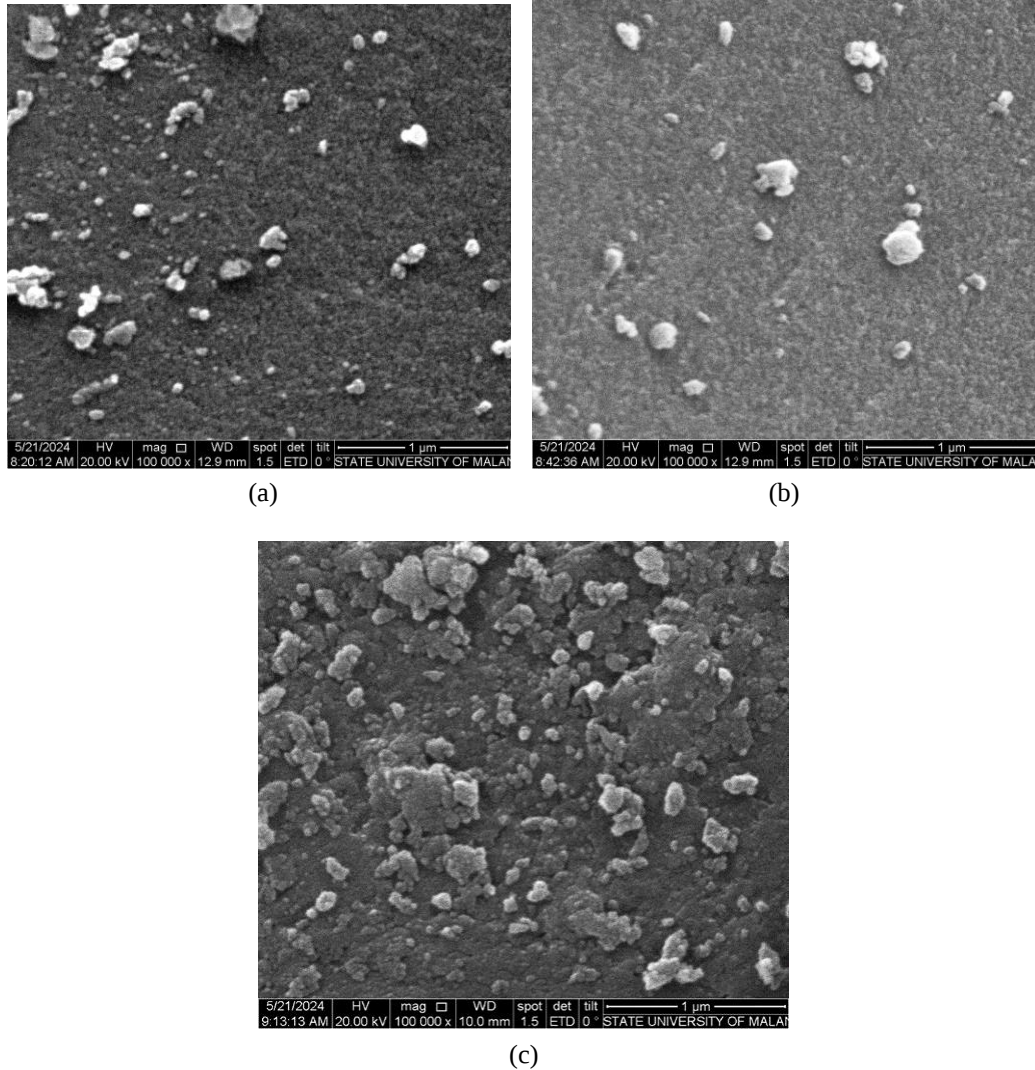
Proses kalsinasi adalah Proses memasukkan serbuk nanopartikel kedalam furnace dan dipanaskan dengan suhu 550°C, 650°C, 750°C dengan waktu 120 menit. Proses kalsinasi bertujuan untuk menghilangkan senyawa organik dan menghilangkan kotoran dalam serbuk nanopartikel.



3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Morfologi nanopartikel

Untuk mengetahui bentuk morfologi pada partikel dilakukan dengan cara melalui pengujian SEM (Scanning Electron Microscope). Dengan pembesaran sebesar 100.000x pada pengujian SEM ini maka didapatkan gambar Morfologi partikel memiliki bentuk yang berbeda – beda pada setiap hasil variasi lama waktu kalsinasi.



Gambar 1 Variasi suhu (a) 550°C, (b) 650°C, (c) 750°C

Hal ini terbukti dari ukuran gumpalan yang besar dan teratur pada kecocokan morfologi di atas bahwa bentuk struktur nanopartikel SiO_2 secara signifikan dipengaruhi oleh variasi suhu kalsinasi. Dengan cara ini, kalsinasi yang dihasilkan memodifikasi struktur permukaan partikel silika dengan menaikkan suhu. Partikel yang dihasilkan akan semakin sering bergerak jika jumlah kalsinasi yang digunakan meningkat. Pengurangan gugus fungsi, pembentukan fasa, dan pergeseran fasa kristal dapat dipengaruhi oleh proses penggumpalan. Terkait dengan nanopartikel SiO_2 , pemilihan sampel yang tepat sangat penting, seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh [7].

3.2 Ukuran butir nanopartikel

Ukuran butir rata-rata nanopartikel SiO_2 yang disintesis menggunakan metode sol-gel dengan perbedaan suhu kalsinasi 550°C, 650°C, dan 750°C adalah 57,1 nm, 78,1 nm, 91,7 nm. Sehingga dapat dilihat

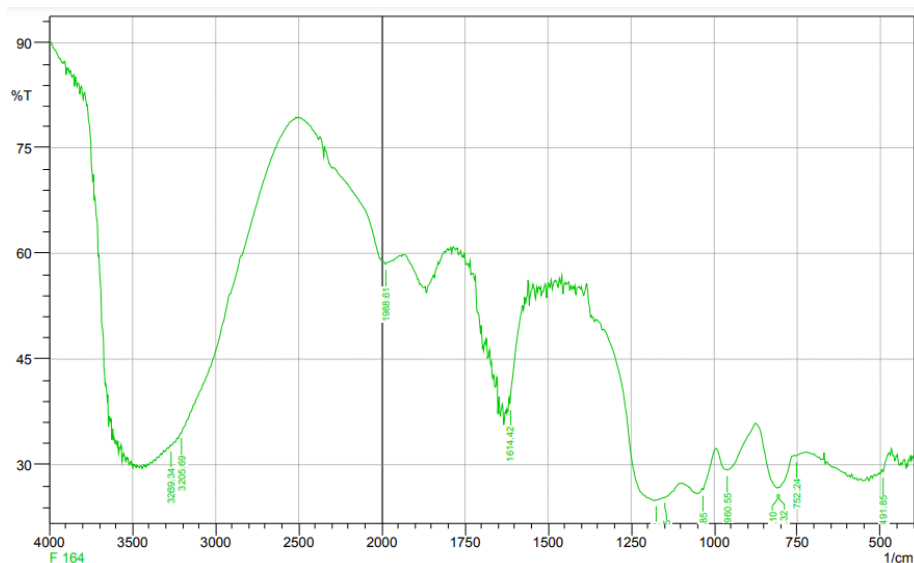
dari hasil pengujian SEM ada perbedaan dalam hasil ukuran nanopertikel SiO₂ diakibatkan perbedaan suhu kalsinasi semakin tinggi suhu kalsinasi semakin besar butiran nanopartikel yang dihasilkan.

Table 1 Ukuran butir nanopartikel

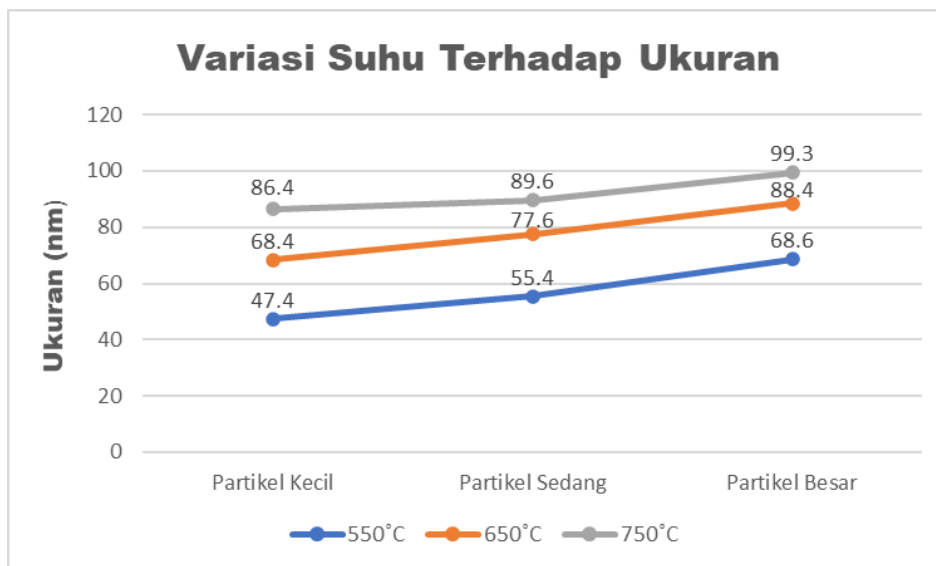
Nanopartikel	Ukuran nanopartikel dan variasi suhu		
	550°C	650°C	750°C
1	47,4 nm	68,4 nm	86,4 nm
2	55,4 nm	71,2 nm	88, 6 nm
3	64,2 nm	77,6 nm	89,6 nm
4	66 nm	83,2 nm	95,6 nm
5	68,6 nm	88,4 nm	99,3 nm
Rata rata	60,3 nm	77,7 nm	91,9 nm

3.3 Hasil uji FTIR

Analisis struktur senyawa silika dioksida (SiO₂) yang terkandung menggunakan FTIR untuk mengetahui ikatan gugus fungsi melalui bilangan gelombang dan intensitas puncak pada gambar . Pada gambar menunjukan hasil karakteristik FTIR SiO₂ dengan variasi kalsinasi suhu 550°C yang disintesis menggunakan metode sol-gel. Dimana pengujian FTIR bertujuan untuk mengetahui keberadaan senyawa kimia pada setiap puncak serapan dan nilai bilangan gelombang.



3.4 Pembahasan



Gambar 4 ukuran partikel dengan variasi suhu kalsinasi

Pada grafik di atas menunjukkan ukuran butir rata-rata nanopartikel SiO_2 yang disintesis menggunakan metode sol-gel dengan perbedaan suhu kalsinasi 550°C, 650°C, dan 750°C adalah 57,1 nm, 78,1 nm, 91,7 nm. Sehingga dapat dilihat dari hasil pengujian SEM ada perbedaan dalam hasil ukuran nanopartikel SiO_2 diakibatkan perbedaan suhu kalsinasi semakin tinggi suhu kalsinasi semakin besar butiran nanopartikel yang dihasilkan. Seperti penelitian yang dilakukan sebelumnya mengatakan pengaruh suhu kalsinasi yang tinggi dapat mempengaruhi ukuran nanopartikel menjadi besar dan memiliki tingkat aglomerasi yang lebih tinggi. Seperti penelitian yang dilakukan oleh [1]. Aglomerasi adalah proses penggumpalan bahan halus menjadi bahan yang jauh lebih besar dari bahan halus aslinya. Dengan demikian, ukuran kristal yang lebih kecil dapat memudahkan komposisi dalam campuran cat, sama dengan penelitian yang dilakukan oleh [6].

Hasil pengujian FTIR berupa grafik spektra IR dengan menentukan hasil gugusan senyawa SiO_2 . Analisis struktur senyawa silika dioksida (SiO_2) dicampur HCl dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui ikatan gugus fungsi melalui bilangan gelombang dan intensitas puncak pada gambar metode Sol-Gel. Pada gelombang pertama menunjukkan Tingkat serapan yang rendah dan menunjukkan vibrasi dan menunjukkan vibrasi tekuk C-H alkena pada 491,85 – 752,24. Pada gelombang 810,1 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur O-H. Pada bilangan gelombang 1033,85 – 1172,72 cm^{-1} . Pada gelombang spectra 1614,42 cm^{-1} menunjukkan vibrasi tekuk C=C alkena. Pada gelombang terakhir menunjukkan vibrasi ulur O-H 3205,69 – 3269,34 cm^{-1} .

4 Kesimpulan

Pada penelitian ini didapatkan partikel berukuran nano yang di variasikan pada suhu proses kalsinasi. Dari variasi suhu kalsinasi 550°C, 650°C, dan 750°C didapatkan rata-rata butiran 60,3 nm, 77,7 nm, dan 91,9 nm. Pengaruh perbedaan suhu kalsinasi berdampak pada ukuran butir nanopartikel semakin besar suhu kalsinasi semakin besar nanopartikel SiO_2 yang dihasilkan. Pengaruh asam HCL dapat mempengaruhi bentuk ukuran nanopartikel yang lebih rata dan tidak beraturan.

5 Referensi

- [1] A.Y. Abdel-Latif, M.A. Abdel-Rahim, M.N. Abdel-Salam, A. (2014) Gaber, Int. J. Electrochem. Sci. 9, 81
- [2] Diana Rakhmawaty Eddy*, A. R. (2016). Sintesis silika metode sol-gel sebagai penyangga fotokalis TiO_2 terhadap penurunan kadar kromium dan besi. Jurnal Sains Materi Indonesia Vol. 17, No. 2, 17, 82-88.
- [3] Chabib, M. A. (2017). Pengaruh Lama Kalsinasi pada Sintesis Senyawa Pigmen Hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dari Limbah Industri Kerajinan Besi dengan Metode Rute Presipitasi-Kalsinasi. Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951- 952

- [4] Letaief, N., Lucas-Girot, A., Qudadesse, H., Meleard, P., Pott, T., Jelassi, J., and DorbezSridi, R. 2014. Effect of Aging Temperature on The Structure, Pore Morphology and Bioactivity of New Sol–Gel Synthesized Bioglass. *Journal of Non-Crystalline Solids*. 402, 194–199
- [5] Kusmahetiningih, N. dan Dyah, S. 2012. Aplikasi TiO₂ Sebagai Swa-bersih Pada Cat Tembok dengan Dispersant Polietilen Glikol (PEG). Jurusan Teknik Fisika, FTI-ITS. *Jurnal Teknik Pomits Jurusan Teknik Fisika ITS*, 1(1): 1-5
- [6] Pambudi, D.R.S. dan Mochamad, Z. 2016. Pengaruh Waktu Tahan Proses Kalsinasi Prekursor Silika sebagai Material Pelapis Hidrofobik. *Jurnal Sains Dan Seni Jurusan Fisika ITS*, 5(2): 2337-3520
- [7] Tika Yulian Rozi*, A. (2016). Pengaruh Temperatur Kalsinasi pada Sintesis Nanopartikel Silika. *Jurnal Fisika Unand Vol. 5, No. 4, Oktober 2016*, 5, 352-353.