

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minat ilmuwan terhadap nanoteknologi telah meningkat seiring dengan potensi pemanfaatan partikel pada rentang skala 1 hingga 100 nanometer (Stone, *et al.*, 2010). Di level nano, karakteristik fisik, kimia, dan biologis bahan berbeda secara signifikan dari karakteristik atom individu dan molekul dalam bahan massal. Faktor ini menginspirasi pengembangan penelitian baru dalam bidang material canggih yang memenuhi kebutuhan aplikasi teknologi tinggi (Kharisov, *et al.*, 2010). Perkembangan cepat berbagai aplikasi material nano dalam beberapa bidang telah menjadi sorotan dalam beberapa tahun terakhir (Wibowo, *et al.*, 2018). iantara aplikasi yang beragam tersebut, nanosilika telah menjadi bahan nano yang sangat digunakan dalam berbagai produk seperti perekat polimer, serat optik, tinta, cat, pelapis, kosmetik, bahan tambahan makanan, dan material konstruksi (Hessien, *et al.*, 2009). Nanosilika merupakan salah satu jenis nanofiller yang sering digunakan dalam pembuatan nanokomposit. Sumber silikon yang murah diubah menjadi produk bernilai tambah melalui berbagai proses (Zaky, *et al.*, 2008). Secara umum, produk silika dapat dikelompokkan berdasarkan sifatnya, termasuk nanosilika, fumed silika, silika endapan, silika koloid, dan silika gel (Jal, *et al.*, 2004). Penerapan nanosilika pada akhirnya ditentukan oleh unsur kimia, struktur molekul, morfologi, dan porositasnya (Sun, *et al.*, 2004). Oleh karena itu, modifikasi nanopartikel silika untuk meningkatkan sifat kimia dan fisik permukaannya adalah kunci dalam keberhasilan aplikasi material tersebut (Guo, *et al.*, 2008). Pemanfaatan sumber daya alam atau bahan

alami yang melimpah di bumi merupakan solusi terbaik untuk memproduksi nanosilika.

Indonesia dikenal sebagai negara yang mempunyai gunung api aktif terbanyak di dunia, yakni lebih dari 30 % dari gunung api aktif dunia ada di Indonesia. Kawasan di sekitar gunung api pada umumnya berpenduduk padat karena kesuburan dan keindahan panoramanya. Salah satu sumber daya alam yang melimpah pada gunung vulkanik adalah batuan. Batuan adalah kumpulan dari satu atau banyak mineral yang berperan sebagai bahan utama dalam pembentukan kerak bumi. Batuan ataupun mineral adalah sumber daya alam yang banyak dibutuhkan dan dimanfaatkan dalam kehidupan manusia serta juga sebagai bahan dasar dalam bidang industri. Pertumbuhan industri meningkatkan permintaan akan sumber daya alam, yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Seringkali pemanfaatan dan eksploitasi sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan suatu industri menimbulkan akibat/dampak terhadap masyarakat dan lingkungan itu sendiri, seperti yang terjadi pada pertambangan batu. Sebagian besar individu menjual batuan mentah hasil penambangan dengan proses pengolahan yang minimal, tanpa menyadari keberadaan logam atau mineral lain yang terkandung di dalamnya.

Bali merupakan salah satu provinsi yang berpotensi menjadi sumber batuan vulkanik melalui dua gunung api aktif hingga saat ini yakni gunung Batur dan gunung Agung. Gunung Batur merupakan sebuah gunung berapi aktif di Kecamatan Kintamani, Bangli, Bali. Terletak pada barat laut gunung Agung, gunung Batur memiliki kaldera yang berukuran 13,8 x 10 km dan merupakan salah satu yang terbesar di dunia. Pematang kaldera tingginya berkisar antara

1267 mdpl - 2152 mdpl (puncak G. Abang) (Geiger, *et al.*, 2018). Gunung vulkanik mengandung batuan beku, yang terbentuk dari magma yang mengalami pendinginan. Magma ini mengandung lelehan silikat yang cair dan pijar, dan ketika membeku, membentuk berbagai jenis batuan beku. Proses terbentuknya batuan beku melibatkan naiknya magma cair ke permukaan melalui pipa gunung api atau pembekuan di dalam bumi (Nandi, 2010). Komposisi batuan beku umumnya terdiri dari unsur-unsur utama seperti oksigen, silikon, aluminium, kalsium, sodium, potassium, dan magnesium, yang membentuk mineral-mineral seperti felspar, olivin, piroksen, amfibol, kuarsa, dan mika. Komposisi mineral ini memengaruhi warna batuan, dengan kandungan silika dan alumina cenderung memberikan warna terang, sementara kandungan magnesium, besi, dan kalsium cenderung memberikan warna gelap (Tantowi, *et al.*, 2018).

Mineral merupakan sumber daya alam yang melimpah di Indonesia dan terdapat dalam batuan. Dengan pengolahan yang tepat, mineral ini dapat menghasilkan logam dan berbagai bahan yang penting dalam industri, serta memiliki nilai ekonomi yang signifikan. Salah satu mineral yang umumnya terdapat dalam batuan adalah silika (SiO_2), dengan kandungan berkisar antara 47,76 wt% hingga 71,62 wt% berat. Silika terbentuk dari pelapukan batuan yang mengandung mineral primer seperti kuarsa dan feldspar, yang memiliki sifat bubuk putih. (Alraddadi, *et al.*, 2021). Pernyataan ini diperkuat oleh hasil penelitian Rossatto, *et al.* (2022), yang menunjukkan variasi komposisi magma berkisar antara 45 wt% hingga 75 wt% mineral SiO_2 . Meskipun jarang terjadi, lava dengan kandungan SiO_2 rendah, di bawah 30 wt%, dan tinggi di atas 80 wt%, dapat terbentuk, biasanya karena proses asimilasi magma dengan batuan klastik,

batuan sedimen, dan regolit metamorfisme, atau melalui diferensiasi magma yang mengakibatkan perubahan komposisi. Batuan dengan kandungan SiO_2 sekitar 50 wt% cenderung membentuk basal dan gabbro, sementara batuan dengan kandungan SiO_2 sekitar 60 wt% lebih mungkin menghasilkan batu api, andesit, dan diorit. Selanjutnya, batuan dengan kandungan SiO_2 sekitar 70 wt% kemungkinan akan membentuk riolit dan granit.

Salah satu daerah yang berpotensi untuk diidentifikasi kandungan mineralnya pada penelitian ini ialah berasal dari batuan gunung Batur. Batuan vulkanik gunung Batur diindikasikan memiliki kandungan mineral silika karena ciri fisiknya menunjukkan warna yang beragam dari hitam hingga abu-abu, serta pecahannya tidak memiliki permukaan yang terlalu rata. Berdasarkan deskripsi fisiknya, mineral silika memiliki berbagai warna seperti putih, coklat, abu-abu, kuning-kuningan, dan transparan. Kekerasannya berkisar antara 3,5 hingga 5,0 skala Mohs, dengan kilauan yang mirip dengan kaca. Massa jenisnya adalah 3,0 hingga 3,2 N/m^3 . Permukaannya cenderung tidak memiliki serpihan dan tidak terlalu datar, serta memiliki sistem kristal heksagonal (Darmawati, 2020). Temuan dari penelitian yang dilakukan oleh Sukmara, *et al.* (2022), menyatakan bahwa mineral dengan warna abu-abu memiliki kandungan unsur Si sebesar 47,8 wt%, sementara mineral yang berwarna kuning-putih didominasi oleh kandungan unsur Si sebesar 39,9 wt%

Silika dapat diperoleh dari berbagai sumber, termasuk mineral, tumbuhan, dan melalui proses sintesis. Komponen ini merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan kaca dan keramik. Di alam, silika merupakan salah satu senyawa oksida yang paling melimpah. Bentuknya bisa berupa amorf (tanpa

struktur kristal) atau polikristalin (dengan beragam struktur kristal). Sumber silika mineral sering kali ditemukan melalui proses penambangan, sementara silika nabati dapat diambil dari alam, terutama dari tumbuhan seperti bambu dan sekam padi (Trianasari, 2017). Karena silika mineral dan silika nabati sulit didapatkan dengan tingkat kemurnian tinggi, maka alternatif yang dapat digunakan untuk memperoleh silika murni ialah melalui proses sintesis. Silika sintesis dengan tingkat kemurnian yang tinggi mampu diperoleh dengan beberapa metode sintesis dan dapat menggunakan bahan alam sebagai bahan dasar dalam pembuatannya seperti serbuk batuan ataupun pasir. Serbuk silika dapat dihasilkan melalui proses ekstraksi padat-cair, seperti yang dilakukan di Pantai Bancar, Tuban, Jawa Timur, baik dari pasir alam maupun serbuk batuan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa serbuk tersebut memiliki kandungan silika quartz sebesar 92,2 wt% dan berbentuk amorf (Silahooy, 2020).

Dari tahun 2010 hingga 2030, diperkirakan akan terjadi percepatan yang pesat dalam konteks implementasi nanoteknologi dalam industri global. Perkembangan nanomaterial menimbulkan tiga isu utama, yakni proses pembuatan partikel berukuran nano sebagai bahan dasar produk nano, sifat-sifat khas nanopartikel yang dihasilkan, dan susunan nanopartikel dalam produk akhir yang diharapkan. Nanoteknologi menerapkan pengaturan material, struktur, dan fungsi zat dalam skala nano, dengan tujuan menciptakan fungsi material yang inovatif dan belum pernah ditemukan sebelumnya. Indonesia memiliki kekayaan material alami yang melimpah untuk dikembangkan dalam bidang ini, sehingga perlu penguasaan teknologi pemurnian material hingga ukuran nano untuk

meningkatkan nilai tambah hingga 4.000 kali lipat. Indonesia diharapkan menjadi salah satu pemasok nanomaterial terbesar ke pasar global (Munasir, 2018).

Seiring dengan kemajuan dalam bidang nanoteknologi, munculnya sejumlah oksida dianggap sebagai bahan cerdas, seperti ZnO, SiO₂, MgO, Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, Y₂O₃, CeO, MnO. Ketika ukuran material ini diperkecil hingga mencapai skala nano (<100 nm), mereka menunjukkan sifat luar biasa sebagai bahan cerdas, dikenal sebagai nanomaterial oksida. Nanopartikel didefinisikan sebagai partikulat yang terdispersi atau partikel padatan yang memiliki ukuran partikelnya berkisar 1 – 100 nm. Nanopartikel mempunyai karakter fisik, diantaranya luas permukaan yang besar (Gandhi et al., 2010). Luas permukaan menentukan ukuran, struktur, dan ukuran agregasi partikel. Nanopartikel silika memiliki beberapa kelebihan diantaranya, luas permukaan besar, ketahanan panas yang baik, kekuatan mekanik yang tinggi. Potensi alam Indonesia adalah persediaan bahan pengoksidasi yang sangat melimpah, misalnya bahan pengoksidasi yang terdapat pada mineral hasil tambang, pasir kuarsa, tanah liat, batu gamping, trass, dan dolomit memiliki beragam kegunaan dalam industri. Pasir kuarsa, yang kandungan utamanya adalah oksida kuarsa (SiO₂), sering digunakan dalam produksi keramik, kaca, semen, dan industri kimia lainnya, dengan tingkat kemurnian mencapai 95-97 wt%. Tanah liat, yang terutama terdiri dari mineral kaolinit, adalah sumber alumina (Al₂O₃) dengan sifat plastisitas tinggi, banyak dimanfaatkan dalam industri keramik dengan kemurnian hingga 40 wt%. Batu gamping, yang komposisi oksidanya didominasi oleh kalsit (CaCO₃), digunakan dalam berbagai industri seperti pembuatan semen, baja, kertas, cat, dll., dengan tingkat kemurnian mencapai 98 wt%. Trass, produk mineral vulkanik

dengan partikel halus mengandung silikon oksida (SiO_2), sering digunakan dalam produksi semen setelah mengalami transformasi tertentu. Dolomit, yang merupakan batu gamping dengan sebagian unsur kalsiumnya digantikan oleh magnesium, digunakan dalam industri refraktori dan sebagai pupuk, dengan kandungan MgO sekitar 19,72 wt% dan CaO sekitar 35,79 wt% (Munasir, 2018).

Silika batuan dapat diketahui kandungan mineral dan unsurnya melalui uji instrumen XRD (*X-Ray Diffractometer*) dan uji XRF (*X-Ray Fluorescence*). Uji menggunakan instrumen XRD berguna untuk mengidentifikasi struktur atau fase mineral dalam sampel batuan, termasuk mineral hidrotermal atau mineral lempung, seperti yang disebutkan oleh Hakim et al. (2022). Di sisi lain, uji dengan instrumen XRF berguna untuk menganalisis kandungan unsur dan senyawa kimia dalam sampel batuan. Metode ini memiliki sejumlah keunggulan, termasuk biaya yang terjangkau, analisis yang cepat dan akurat, serta kemampuan untuk melakukan analisis kualitatif dan kuantitatif terhadap beberapa unsur sekaligus (Sedlackova, et al., 2021).

Hasil penelitian Prasetyo, et al. (2021), mendapatkan hasil karakterisasi XRD bahwa produk silika yang dihasilkan dari proses pirolisis silikon pengemulsi pada suhu 700°C , seluruhnya berbentuk fasa amorf karena puncak yang mempunyai lebar antara 15° sampai 30° . Penelitian Khadim, et al. (2021), juga mendapatkan hasil yang serupa dari karakterisasi XRD silika. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa sampel yang terbentuk mempunyai struktur kuarsa dengan puncak tertinggi pada $2\theta = 22,4^\circ$, yang merupakan karakteristik struktur amorf. Silahooy (2020) menjelaskan bahwa hasil analisis XRD dari sampel pasir silika menunjukkan fasa yang terbentuk dari sampel tidak terdapat puncak-puncak

kristalin atau amorf. Penelitian Silvia dan Zainuri (2020), menjelaskan proses sintesis silika (SiO_2) menggunakan bahan alam telah dilakukan dengan metode kopresipitasi penambahan NaOH. Kajian awal dari analisis hasil XRF menunjukkan bahwa pasir alam yang digunakan mengandung unsur Si 81,7 wt%. Berdasarkan pola grafik hasil uji XRD mengindikasikan bahwa SiO_2 hasil sintesis yang terbentuk adalah silika kuarsa dengan fasa amorf (Silvia dan Zainuri, 2020). Penelitian pendukung lainnya yang dilakukan oleh Hasanah, *et al* (2022) pada ekstraksi abu vulkanik Gunung Sinabung melalui metode kopresipitasi untuk memurnikan silikon dioksida (SiO_2) mendapatkan hasil analisis XRF bahwa kandungan SiO_2 pada abu vulkanik sebelum sintesis sebesar 48,5wt%, dan setelah sintesis menghasilkan kandungan sebesar 99,1 wt%.

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang dan beberapa laporan penelitian yang relevan mengindikasikan bahwa pada kawasan pegunungan yang menunjukkan ciri fisik batuan berwarna abu-abu tua atau abu-abu terang seringkali memiliki kandungan unsur silikon yang signifikan dan ragam mineral silika yang bervariasi tergantung pada kondisi geologinya di masing-masing daerah. Oleh karena itu, penelitian di wilayah Gunung Batur menjadi penting untuk mengeksplorasi karakteristik kandungan mineral dalam batuan tersebut. Penelitian ini bertema tentang sintesis dan karakterisasi mineral silika pada batuan di Gunung Batur. Alasan peneliti mengangkat topik penelitian ini dikarenakan belum maksimalnya pemanfaatan batuan vulkanik pada gunung aktif di Bali. Berdasarkan sejumlah isu yang dijelaskan dalam konteks penelitian ini, penelitian dilaksanakan untuk melakukan sintesis dan karakterisasi mineral silika yang terdapat dalam batuan vulkanik di Gunung Batur, Bali. Dengan dilakukannya

sintesis dan karakterisasi dari mineral silika pada batuan vulkanik di Gunung Batur, diharapkan penelitian ini dapat menyediakan data dan rujukan yang mendalam mengenai sifat-sifat khas dari batuan vulkanik. yang melimpah guna dimanfaatkan dengan lebih maksimal sebagai material maju berbasis bahan alam. Dalam mensintesis sampel batuan menggunakan metode kopresipitasi yang diawali dengan proses perendaman serbuk batuan ke dalam larutan asam kuat (HCl), kemudian hasil dari perendaman direaksikan kembali dengan larutan basa (NaOH) sebagai proses hidrolisis untuk mendapatkan kemurnian SiO_2 pada sampel. Dalam bentuk prekursor natrium silikat (Na_2SiO_3), sampel dititrasi dengan larutan HCl untuk mendapatkan silika gel yang kemudian dicuci dan dikeringkan hingga dihasilkan serbuk silika amorf. Hasil sintesis serbuk silika dikarakterisasi menggunakan uji XRF dan uji XRD. Uji karakterisasi XRF dilakukan untuk mengetahui komposisi kandungan unsur kimia dan senyawa mineral pada sampel sedangkan XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kimia, fasa mineral, dan ukuran partikel. *State of the art* dari penelitian ini dilakukan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi mineral silika (SiO_2) batuan vulkanik pada gunung aktif di Bali yakni gunung Batur. Kebaruan dari penelitian ini menghasilkan material yang maju dan terbaru yakni nanosilika yang dapat dimanfaatkan sebagai anoda berkapasitas tinggi, konversi energi matahari, aplikasi biomedis, dan perangkat fotovoltaiik, listrik, dan bahan elektronik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ialah sebagai berikut:

- 1.2.1. Bagaimana mensintesis mineral silika (SiO_2) pada batuan vulkanik Gunung Batur di Bali?
- 1.2.2. Bagaimana karakteristik mineral silika (SiO_2) pada batuan vulkanik Gunung Batur di Bali?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

- 1.3.1. Menjelaskan proses sintesis batuan vulkanik mineral silika (SiO_2) pada Gunung Batur di Bali.
- 1.3.2. Menjelaskan karakteristik batuan vulkanik mineral silika (SiO_2) pada Gunung Batur di Bali.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik bagi peneliti, lembaga maupun masyarakat. Secara teoretis dan praktis, manfaat dalam penelitian dapat dijabarkan sebagai berikut:

- 1.4.1. Secara teoretis, penelitian ini mampu menjadi (1) tambahan informasi dan pengetahuan bagi masyarakat ataupun peneliti lain mengenai kandungan mineral batuan vulkanik pada Gunung Batur di Bali, serta (2) sebagai bahan kajian untuk pengembangan penelitian-penelitian selanjutnya dalam

mensintesis dan mengkarakterisasi material batuan vulkanik pada Gunung Batur di Bali.

1.4.2. Secara praktis, penelitian ini dapat bermanfaat sebagai pedoman atau referensi bagi pihak pengelola sumber daya alam dan mineral guna dimanfaatkan dengan lebih optimal dalam berbagai macam industri, seperti menghasilkan material yang maju dan terbarukan yakni nanosilika yang dapat dimanfaatkan sebagai anoda berkapasitas tinggi, konversi energi matahari, aplikasi biomedis, dan perangkat fotovoltaiik, listrik, dan bahan elektronik.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada sintesis dan karakterisasi kandungan mineral silika (SiO_2) batuan vulkanik di Gunung Batur, Bali. Parameter uji karakteristik kandungan mineral batuan vulkanik menggunakan XRF dan XRD. Karakterisasi XRF dilakukan untuk memberikan informasi terkait komposisi kandungan unsur kimia dan senyawa mineral pada sampel, sedangkan karakterisasi XRD dilakukan untuk memberikan informasi terkait struktur, fasa mineral, dan ukuran partikel dari sampel.