

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi merupakan desain, fabrikasi dan aplikasi nanostruktur atau nanomaterial dan pemahaman mendasar dari hubungan antara sifat fisik atau fenomena serta dimensi material (Cao, 2004). Beberapa dekade terakhir, bidang nanoteknologi telah mengalami perkembangan yang luar biasa sehingga prosedur sintesis yang baru, dikontrol dari berbagai bahan berskala nano dan pengukuran sifat uniknya. Sifat ini termasuk optik, elektronik, magnetik, kimia, mekanik dan katalitik, biasanya dapat disetel dengan ukuran, bentuk dan komposisi dari struktur nano.

Nanomaterial setidaknya memiliki ukuran satu dimensi geometris kurang dari 100 nm. Pengaruh ukuran secara kimia merupakan sebuah fenomena perubahan kualitatif dalam sifat fisikokimia dan reaktivitas, tergantung pada jumlah atom atau molekul dalam nanopartikel.

Nanopartikel dapat dibentuk dari sebagian elemen pada tabel periodik. Elemen tersebut dapat diklasifikasikan sebagai logam, semikonduktor, ion, gas mulia atau molekul yang sesuai dengan unsurnya (Blackman and Binns, 2008). Timah merupakan salah satu sumber daya mineral logam yang keberadaannya melimpah di Indonesia dan pemanfaatannya telah banyak dilakukan dalam sintesis partikel berskala nano.

Timah oksida (SnO_2) merupakan sebuah tipe-n semikonduktor dengan band gap 3,65 eV dan SnO_2 telah dikembangkan dalam berbagai aplikasi, diantaranya sebagai fotokatalitik (Yu et al., 2003), katalis (Bhattacharjee et al., 2015), sensor gas (Liu et al., 2009), baterai (Wei et al., 2015), antibakterial dan antioksidan (Vidhu and Philip, 2015).

Nanopartikel telah berhasil dilakukan dengan berbagai macam metode. Metode sintesis yang telah dilakukan antara lain mikrowave (Krishnakumar et al., 2009), hidrotermal (Chu et al., 2014) sol–gel (Aziz et al., 2013; Vijayarangamuthu

and Rath, 2014) mikroemulsi (Zamand et al., 2014), solvothermal (Rajendran and Anandan, 2012), dekomposisi termal (Davar et al., 2010), sonokimia (Yu et al., 2011), presipitasi (Ibarguen et al., 2007; Gaber et al., 2013) dan sintesis biogenik (Vidhu and Philip, 2015). Semua metode terbukti efektif dalam mengontrol ukuran partikel SnO₂. Namun, metode ini menuntut waktu yang lama untuk sintesis dan proses yang rumit. Hal ini tidak dapat dilakukan dalam pembuatan skala besar (Zhang et al., 2009).

Metode elektrokimia merupakan metode yang mulai dikembangkan dalam sintesis partikel berskala nano. Efisiensi metode elektrokimia dalam sintesis nanopartikel menawarkan beberapa keuntungan termasuk kontrol ukuran partikel, hasil yang sangat baik, kesederhanaan operasional dan mengurangi dampak pencemaran lingkungan (Anandgaonker et al., 2015).

Sintesis SnO₂ nanopartikel secara elektrokimia yakni fotoelektroda timah oksida nanopori disiapkan dengan anodisasi elektrokimia dalam larutan NH₄OH. Pada proses anodisasi menggunakan lembaran timah sebagai elektroda kerja dan lembaran platina sebagai elektroda bantu. Ukuran timah oksida nanopori yang didapatkan 0,22 μm.

Penelitian lain dilakukan oleh Wang et al (2011) menggunakan metode yang sama yaitu anodisasi elektrokimia dalam larutan elektrolit untuk menghasilkan timah oksida nanopori. Pada proses ini, lembaran timah digunakan sebagai anoda dan lembaran titanium digunakan sebagai katoda, sedangkan larutan elektrolit alkalin yang digunakan adalah NaOH. Dengan melakukan variasi waktu, konsentrasi larutan dan potensial, dihasilkan film SnO₂ nanopori dengan ukuran 10-60 nm. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh kondisi anodisasi yang digunakan dalam pembentukan film SnO₂ nanopori.

Sintesis dengan metode yang sama juga dilakukan oleh Zaraska et al (2013) untuk menghasilkan lapisan nanopori timah oksida. Lapisan timah oksida nanopori disintesis secara elektrokimia dengan kontrol potensial anodisasi pada logam timah yang terelektrodeposisi pada plat Cu.

Nanopartikel logam telah banyak disintesis secara elektrokimia, hal ini dikarenakan metode tersebut memiliki kelebihan untuk mengontrol ukuran partikel

yang dihasilkan. Beberapa kontrol yang dilakukan dapat berupa variasi pada konsentrasi larutan dan variasi pada potensial yang digunakan. Berdasarkan studi literatur sintesis nanopartikel logam yang melakukan kontrol tersebut, telah dilakukan pada sintesis emas nanopartikel dan timah nanopartikel. Sintesis emas nanopartikel telah dilakukan Husna (2011) dengan menggunakan logam emas. Sintesis ini dibuat dengan menggabungkan dua metode yakni metode elektrokimia menggunakan larutan elektrolit NaCl dan metode Turkevich menggunakan zat pereduksi NaOH. Pengamatan dilakukan terhadap pengaruh konsentrasi NaCl, NaOH dan potensial.

Disisi yang lain, sintesis timah nanopartikel dilakukan oleh Budipramana (2014). Sintesis berdasarkan sistem elektrolisis yang mana logam timah digunakan sebagai katoda dan anoda. Dengan menggunakan NaOH sebagai zat pereduksi, dilakukan variasi konsentrasi NaOH dan variasi beda potensial untuk mengetahui kondisi optimum pembentukan timah dioksida nanopartikel. Metode elektrokimia tentang timah oksida menurut Allagui and Wuthrich (2011), yaitu nanopartikel dari lembaran timah dengan discharge elektrokimia. Hasil sintesis dengan metode discharge elektrokimia menunjukkan pengaruh variasi potensial dan pengaruh waktu dalam proses pembentukan partikel yang berukuran nano.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah.

1. Apakah logam timah hasil tambang Indonesia dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan nanopartikel timah dioksida secara elektrokimia menggunakan potensial tegangan tinggi?
2. Bagaimana bentuk morfologi partikel dan ukuran dari nanopartikel timah dioksida dan nanopartikel timah oksida yang diperoleh dengan menggunakan metode elektrokimia dan penambahan NaOH 0,1 M dengan penambahan 1 ml pada tegangan 24 volt?
3. Bagaimana unsur kimia, ekonomi dan pemasaran dalam logam timah?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus dan tidak meluas dari pembahasan yang dimaksud, maka penelitian ini membataskan ruang lingkup penelitian kepada pengembangan dan pembuatan nanopartikel timah hidroksida dengan metode elektrolisis.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui logam timah hasil tambang Indonesia dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan nanopartikel timah dioksida secara elektrokimia menggunakan potensial tegangan tinggi.
2. Untuk mengetahui bentuk morfologi partikel dan ukuran dari nanopartikel timah dioksida dan nanopartikel timah oksida yang diperoleh dengan menggunakan metode elektrokimia dan penambahan NaOH 0,1 M dengan penambahan 1 ml pada tegangan 24 volt.
3. Untuk mengetahui unsur kimia, ekonomi dan pemasaran dalam logam timah.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi ilmiah mengenai sintesis nanopartikel timah dioksida dengan metode elektrokimia menggunakan NaOH untuk menghasilkan nanopartikel timah dioksida, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam aplikasi di bidang industri elektronik, dan medis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Timah

Timah (Sn) merupakan unsur berat nomor atom 118,71 dan nomor atom 50. Kelimpahan logam ini di kerak bumi adalah 2 ppm. Titik lelehnya cukup rendah (232°C), sehingga mudah meleleh dan meleleh itu alasan timah telah ada begitu lama digunakan oleh manusia sejak 3500 SM (Kinnaird, Nex & Milani, 2016). Karakter ini mudah dipimpin dikombinasikan dengan tembaga peralatan untuk berburu, perang, dan rumah tangga. Kecuali logam timah terang dan tidak mudah teroksidasi untuk ketahanan karat. Berhubungan dengan Prasasti Kotakapur di muara Sungai Mendu Timah dihargai di wilayah Tepi Barat mulai digunakan oleh masyarakat Indonesia sejak abad ketujuh. Mineral mengandung timah dari presipitasi Primer yang terbuat dari batu dan sekunder akibat erosi oleh pelapukan pembawa timah karena pembatasan peralatan pertambangan timah sekunder pertama dan endapan aluvial dieksploitasi manusia (Powell dkk., 2021).



Gambar 2.1 Jenis Timah

2.1.2 Nanopartikel Timah

Indonesia merupakan salah satu Negara yang kaya akan sumber daya alam termasuk sumber daya mineral logam. Kesadaran akan banyaknya mineral logam ini mendorong bangsa Indonesia untuk dapat memanfaatkan sumber daya alam tersebut secara efisien. Dalam pemanfaatannya, tentu saja menggunakan berbagai metode dan teknologi sehingga dapat diperoleh

hasil yang optimal dengan keuntungan yang besar, dan biaya produksi yang seminim mungkin serta ramah lingkungan.

Timah merupakan salah satu dari sumber daya mineral logam yang dapat menghasilkan partikel berukuran nano. Sifat SnO₂ merupakan kontrol potensial yang tergantung pada perbedaan fasa pada alur pembuatannya, jalannya sintesis dan metode yang digunakan. Dan penambahan bahan kimia pada material, bentuk morfologi pada powder, berpengaruh pada sifat kimia dan fisiknya (Choudhary et al., 2012).

Kehadiran timah dalam ranah nanoteknologi merupakan suatu pencapaian untuk membuat partikel berskala nano. Berbagai metode sintesis SnO₂ nanopartikel sudah banyak dikembangkan, salah satunya adalah metode reaktor tabung helikal dengan hidrotermal secara berkesinambungan yang dilakukan oleh Chu et al (2014). Bahan yang digunakan SnCl₄.5H₂O yang ditambahkan dengan air distilasi (dalam pengadukan) kemudian sejumlah asam klorida dengan perbandingan ($V_{H_2O} : V_{HCl} = 75 : 1$) ditambahkan untuk mencegah hidrolisis Sn⁴⁺. Setelah itu 15 mol/L NH₃.H₂O dimasukkan melalui pompa injeksi pada suhu 45°C sampai pH larutan meningkat sampai 5 untuk menghasilkan endapan SnO₂. Endapan putih ditentukan setelah dicuci dengan air distilasi dan etanol anhidrat. Sintesis ini menghasilkan ukuran partikel 4-7 nm. Metode sintesis lain dilakukan oleh (Mendes et al., 2012) menggunakan metode hidrotermal dengan bantuan gelombang mikro. Prekursor yang digunakan adalah SnCl₄.5H₂O (98%) 0,14 M dan mendapatkan hasil sekitar 3-5 nm. Reagen ini ditambahkan secara perlahan ke dalam 200 mL air deionisasi pada suhu ruang dengan pengadukan untuk menghasilkan larutan koloid transparan. HCl 100 mL ditambahkan dan dituang ke dalam autoklaf tertutup yang berisi 110 mL polytetrafluoroethene (PTFE), kira-kira mencapai 90% dari volume total. Radiasi gelombang mikro yang dipakai 2,45GHz dengan daya maksimum 800 W pada suhu 160°C. Timah dioksida nanopartikel dapat menunjukkan keunikan sifat fisika dan kimia terhadap limit ukuran dan densitas yang tinggi pada sudut dan tepi permukaan. Dari beberapa penelitian menunjukkan hasil karakterisasi yang berbeda pada

bentuk timah nanopartikel. Hal ini tidak terlepas dari pengaruh metode sintesis yang digunakan dan penambahan bahan kimia pada material.

2.2 Unsur Ekonomi

2.2.1 Nilai Ekonomi Timah

Harga timah terus meningkat sejak pertengahan tahun 2020 hingga mencapai \$26.000/ton pada Februari 2021. Harga ini bahkan merupakan yang tertinggi sejak awal tahun 2012. Studi sebelumnya menggunakan pemodelan WORLD6, yang menunjukkan bahwa nilai pasar timah akan mencapai puncaknya pada tahun 2100 sebesar 60,00 fverd/ton. Selain timah daur ulang, beberapa mineral murah juga dapat ditemukan di tailing penambangan timah. Monazit, zircon, senotime, garnet dan ilmenite merupakan mineral tanah jarang (REE) yang ditemukan pada beberapa endapan timah (Ali, 2014; Jonglertjanya, Rattanaphan dan Tipsak, 2014; Hamzah, Mardhiansyah dan Firdaus, 2018; Annisa Ummaradiah, Yusuf dan Mukiat, 2020). Mineral ini lebih mahal daripada timbal karena banyak digunakan dalam teknologi modern seperti mobil listrik, ponsel, radar, magnetic resonance imaging (MRI), konverter katalitik dan komputer. Selain UTJ, monasit juga mengandung unsur thorium yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik (Ngadenin et al., 2014; Olise et al., 2014; Subagja, 2014). Residu dari tambang timah di Nudur di Pulau Bangka juga terbukti mengandung titanit dengan komposisi TiO₂ yang tinggi (Irzon, Kurnia dan Haryanto, 2020).

2.2.2 Nilai Ekonomi larutan NaOH

Penghematan energi yang signifikan akan dicapai dari proses NaOH karena proses ini menghilangkan langkah regenerasi pelarut dan kompresi CO₂ yang terkait dengan proses MEA. Kebutuhan listrik proses NaOH adalah 35kWh/t CO₂, yang hanya 7% dari kebutuhan listrik proses MEA. Proses NaOH menunjukkan total CAPEX sebesar M\$ 99,31 dan OPEX sebesar M\$ 18,68; CAPEX ini hanya 65% dari proses scrubbing MEA. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa biaya penangkapan CO₂ akan diimbangi dengan harga jual soda ash sebesar 18 \$/t. Proses NaOH menawarkan potensi keberlanjutan yang lebih tinggi untuk pemanfaatan CO₂ karena mengurangi

kebutuhan energi parasit dan biaya modal awal yang tinggi terkait dengan proses scrubbing MEA.

2.2.3 Nilai Ekonomi larutan NaOH

Rangkaian unsur – unsur marketing Mix atau variabel marketing mix ini juga dikenal sebagai 4P yang merupakan unsur marketing mix adalah singkatan dari Product (produk), Price (harga), Place (tempat), dan Promotion (promosi).

- a. Product (Produk) Menurut Sumarni dan Soeprihanto (2010:274), “Produk adalah setiap apa saja yang bisa ditawarkan di pasar untuk mendapatkan perhatian, permintaan, pemakaian atau konsumsi yang dapat memenuhi keinginan atau kebutuhan”. Produk tidak hanya selalu berupa barang tetapi bisa juga berupa jasa ataupun gabungan dari keduanya (barang dan jasa).
- b. Price (Harga) Menurut Sumarni dan Soeprihanto (2010:281) harga adalah, “Jumlah uang (ditambah beberapa produk kalau mungkin) yang dibutuhkan untuk mendapatkan sejumlah kombinasi dari barang beserta pelayanannya”. Setelah produk yang diproduksi siap untuk dipasarkan, maka perusahaan akan menentukan harga dari produk tersebut.
- c. Place (Tempat) Tempat dalam marketing mix biasa disebut dengan saluran distribusi, saluran dimana produk tersebut sampai kepada konsumen. Definisi dari Sumarni dan Soeprihanto (2010:288) tentang saluran distribusi adalah, “Saluran yang digunakan oleh produsen untuk menyalurkan produk tersebut dari produsen sampai ke konsumen atau industri pemakai”
- d. Promotion (Promosi) Menurut Tjiptono (2008:219), pada hakikatnya promosi adalah suatu bentuk komunikasi pemasaran. Yang dimaksud dengan komunikasi pemasaran adalah aktivitas pemasaran yang berusaha menyebarkan informasi, mempengaruhi/membujuk, dan/atau mengingatkan pasar sasaran atas perusahaan dan produknya agar bersedia menerima, membeli, dan loyal pada produk yang ditawarkan perusahaan yang bersangkutan. Berdasarkan teori-teori di atas, maka dapat

disimpulkan bahwa bauran pemasaran adalah suatu kelompok komponen pemasaran yang terdiri dari 4P: product, price, place dan promotion yang saling terkait satu sama lain, dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan konsumen serta mencapai tujuan perusahaan. Keempat unsur marketing mix inilah yang secara terus menerus digunakan sebagai kelengkapan dalam strategi pemasaran. Hal ini pula yang memungkinkan suatu perusahaan dapat berhasil dalam memasarkan produknya karena dapat memberikan produk yang tepat, harga yang layak, tempat yang terjangkau dan juga promosi yang efektif.

2.3 Uji Nanopartikel Timah SnO₂

Material timah nanopartikel yang dihasilkan dari metode elektrokimia ini harus dikarakterisasi untuk mengetahui keberhasilan sintesis. Adapun instrumen yang dapat digunakan untuk karakterisasi timah nanopartikel sebagai berikut:

2.3.1 Transmission Electron Miscroscopy (TEM)

Transmission Electron Miscroscopy (TEM) adalah alat paling teliti yang digunakan untuk menentukan ukuran partikel karena resolusinya yang sangat tinggi. Prinsip kerja TEM sangat mirip dengan prinsip kerja peralatan rontgen.

TEM merupakan suatu teknik mikroskopi yang bekerja dengan prinsip menembakkan elektron ke lapisan tipis sampel. Informasi tentang komposisi struktur dalam sampel tersebut dapat terdeteksi dari analisis sifat tumbukan, pantulan maupun fase sinar elektron yang menembus lapisan tipis tersebut.

TEM dapat diaplikasikan baik untuk sampel biologi maupun nonbiologi. Keduanya harus berada dalam bentuk yang sangat tipis agar cahaya atau sinar yang berasal dari *electron gun* dapat berpenetrasi ke dalam sampel. Kondisi pengukuran juga dilakukan dalam keadaan vakum untuk mencegah penghamburan elektron oleh udara yang mengakibatkan tidak terfokusnya sinar elektron mengenai sampel. Sampel yang akan dikarakterisasi dengan TEM pertama kali harus ditempatkan dalam sebuah

grid yang kemudian diletakkan dalam mikroskop elektron dengan kondisi vakum.

Selanjutnya sampel ini akan ditembak oleh elektron yang berasal dari kawat *tungsten* yang dipanaskan (*electron gun*). Sinar elektron yang mengenai sampel inilah yang kemudian ditangkap oleh *projective lens* dan diubah menjadi sinyal gambar. (Fahlman, 2007)

2.3.2 Uji X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) adalah teknik analisis cepat non destruktif yang terutama digunakan untuk identifikasi fase bahan kristal dan dapat memberikan informasi tentang dimensi unit sel. Bahan yang dianalisis adalah dapat berupa bahan padat (terutama yang mempunyai struktur kristal) berbentuk powder atau tepung.

2.3.3 Uji Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Fourier Transform Infra Red (FTIR) merupakan alat yang digunakan untuk analisis gugus fungsi secara kualitatif dalam suatu senyawa kimia yang terdapat di dalam lemak babi, plastik, karet, makanan, obat, minyak, kitosan, batu bara, dan kosmetik. Hasil dari penelitian berupa powder yang berwarna putih bening menjadi hijau dengan kandungan senyawa SnO₂.

2.3.4 Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah peralatan untuk menguji/melihat struktur morfologi permukaan dan crosssection sampel dengan perbesaran sampai dengan 1.000.000 x . Dengan menggunakan SE (*secondery electron*) detektor peralatan ini memiliki 2 modus operasional, *Low Vacuum* (untuk sampel non-konduktif) dan *High Vacuum* (untuk sampel konduktif). Alat ini dilengkapi EDAX yaitu alat yang dapat digunakan untuk menguji kandungan unsur pada bahan yang dilihat struktur permukaannya. Kandungan unsur yang dapat diidentifikasi mulai dari berilium sampai uranium.



Gambar 2.2 Peralatan TEM

2.4 Sifat Bahan

2.4.1 NaOH

Natrium hidroksida adalah bahan kimia laboratorium yang merupakan basa kuat yang dapat larut dalam air dan terionisasi menghasilkan ion Na^+ dan OH^- . Menurut teori Arrhenius, ion OH^- yang dilepaskan oleh NaOH menimbulkan sifat dasar senyawa. Selain nama sodium hidroksida, NaOH juga memiliki nama lain yang lebih familiar yaitu caustic soda.

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu diperlukan untuk menjadi tolok ukur pembandingan hasil yang diperoleh penulis. Penelitian ini melibatkan beberapa sumber dari penelitian terdahulu yang dipaparkan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Hasil
C. Ararat Ibarguen	Dengan menghadirkan kombinasi yang tepat dari ikatan kimia, elektronik dan optik yang menguntungkan dalam beberapa aplikasi
Sequinel T, Cava S, Berger D, TebcheraniSM, Pianaro SA, Schmidt S.	Dengan menggunakan metode satu langkah sederhana yang melibatkan pemanasan campuran Sn ⁺² dengan adanya oksigen bertekanan 900°C yang menghasilkan diameter kecil pada waktu seketika.
Yu Z, Zhu S, Li Y, Liu Q, Feng C, Zhang D	Nanopartikel SnO ₂ tertanam dalam pori-porikarbon mesopori dicapai dengan menggunakan metode sonokimia tanpa agen lain. Difraksi sinar-X bersama dengan EDX, mengungkapkan pembentukan nanopartikel SnO ₂ .