

EMAS NANOPARTIKEL SEBAGAI INDIKATOR TITIK BEKU

Mega Vania¹, Fredy Kurniawan²

^{1,2}Jurusan Pascasarjana Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember

e-mail: vanya_mv5@chem.its.ac.id

Diterima 15 Maret 2012/Disetujui 25 April 2012

ABSTRAK

Material nanopartikel telah diketahui mempunyai sifat optik yang unik. Material nanopartikel tersebut akan memiliki warna yang berbeda dengan material ruahnya. Emas nanopartikel berwarna merah anggur sedangkan logam emasnya berwarna mengkilat. Kedua sifat itu dimanfaatkan sebagai indikator titik beku, di mana emas nanopartikel akan mengalami perubahan warna ketika suhunya telah melewati titik bekunya. Emas nanopartikel yang digunakan disintesis dengan dua metode yang berbeda yaitu metode elektrokimia (AuNp I) yang melibatkan elektroda emas dan tembaga, elektrolit natrium sitrat dan NaCl serta metode Turkevich (AuNp II) yang melibatkan larutan HAuCl₄ dan natrium sitrat. AuNp I dan AuNp II diamati perubahan warnanya. AuNp I berubah warna pada suhu 1°C, sedangkan AuNp II berubah warna pada suhu -2°C. Hal ini menunjukkan bahwa emas nanopartikel yang disintesis dengan metode elektrokimia lebih cepat mengalami perubahan warna dibandingkan dengan emas nanopartikel yang disintesis dengan metode Turkevich. Sehingga, emas nanopartikel dapat diaplikasikan sebagai indikator titik beku untuk penyimpanan vaksin yang memerlukan rentang suhu sebesar 0°C – 4°C.

Kata kunci: emas nanopartikel, titik beku, elektrokimia, Turkevich.

PENDAHULUAN

Selama beberapa dekade terakhir ini, perkembangan material nanopartikel telah mengalami kemajuan yang pesat. Emas nanopartikel merupakan salah satu material pada pengembangan ilmu nanoteknologi. Nanoteknologi adalah studi mengenai kontrol materi pada skala atom dan molekuler. Secara umum, nanoteknologi mempelajari materi-materi yang mempunyai ukuran 1-100 nm. Nanometer merupakan suatu dimensi yang memiliki nilai sebesar 10⁻⁹. Ukurannya yang sangat kecil itulah yang menyebabkan nanopartikel sangat menarik untuk terus dikembangkan. Oleh karena itu nanopartikel mampu diaplikasikan pada peralatan yang membutuhkan material dengan ukuran kecil serta praktis untuk dibawa bepergian. Nanoteknologi adalah ilmu yang sangat beragam, dari mulai penggunaan peralatan-peralatan fisik yang konvensional hingga pendekatan molekul baru yang melibatkan material-material baru dalam skala nano untuk mengamati dan mengontrol materi secara langsung pada skala atom (Alanazi, dkk, 2010).

Material nanopartikel telah digunakan dalam banyak aplikasi di berbagai bidang. Nanopartikel dapat berfungsi sebagai material semikonduktor. Fungsi lainnya adalah sebagai material pendeteksi dan diagnosis terhadap penyakit tertentu, material penyusun sensor, serta sebagai material pengontrol dalam pengantaran obat (Andrievskii, R. A., dkk., 2003 dan Kostoff, R. N., dkk.). Aplikasi-aplikasi tersebut tidaklah terlepas dari sifat-sifat unik yang dimiliki oleh material emas nanopartikel.

Material nanopartikel memiliki sifat optik yang unik. Emas nanopartikel dapat mengalami perubahan warna seiring dengan perubahan ukurannya. Emas nanopartikel memberikan warna merah, sedangkan emas nanopartikel yang telah teragregasi akan mengalami perubahan warna dari merah menjadi tak berwarna hingga biru (Winter, 2007). Agregasi tersebut akan terjadi jika suhu yang diterima material tersebut berubah. Pengaruh temperatur pada *Surface Plasmon Resonance* dari koloid emas nanopartikel telah dilaporkan (S. Link, et.al, 1999). Hal yang diamati adalah perubahan

pada absorbansi dan panjang gelombang emas nanopartikel. Emas nanopartikel mempunyai kemampuan berubah warna ketika terpapar pada suhu bekunya. Sehingga diharapkan hasil dari penelitian ini yaitu material emas nanopartikel dapat dimanfaatkan sebagai indikator titik beku.

Sintesis emas nanopartikel umumnya dilakukan dengan cara metode Turkevich, yaitu dari asam tetrakloroaurat (HAuCl_4) dengan zat pereduksi natrium sitrat. Dengan metode tersebut dihasilkan emas *nanospherical*. Natrium sitrat sering digunakan dalam sintesis emas nanopartikel karena selain bertindak sebagai zat pereduksi juga sebagai zat stabilisator yang dapat mencegah terbentuknya agregat emas nanopartikel (Polte, dkk., 2010). Teknik elektrokimia juga merupakan suatu pendekatan yang lebih baik untuk sintesis nanopartikel logam karena memiliki suhu pengolahan yang lebih rendah, menggunakan peralatan sederhana, memungkinkan hasil yang dapat dikendalikan, biaya rendah, dan menghasilkan produk berkualitas tinggi (Yin, dkk., 2003).

METODE PENELITIAN

Peralatan

Alat-alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah power supply, multimeter, kabel, penjepit buaya, pemanas (*hot plate*), *magnetic stirrer*, kertas amplas silikon karbida dengan grade 1500, kabel *heat sink* dengan ukuran 1 mm, spatula, pipet tetes, pipet volume, pro pipet, termometer digital dan alat-alat gelas (gelas kimia 500 mL, labu ukur 10 mL, 100 mL, dan 250 mL, gelas ukur 10 mL dan 100 mL, pipet tetes, kaca arloji, botol ampul dan lain-lain).

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain kawat emas (Antam, 99,99%), kawat tembaga (99,9%), HAuCl_4 , akuademin, NaCl (chem.rein.,teknis) dan natrium sitrat dihidrat (Sigma Aldrich, 99,5%).

Prosedur Kerja

Pembuatan Larutan Natrium Klorida 0,02 M

Larutan natrium klorida 0,02 M disiapkan dengan menimbang natrium klorida sebanyak 0,117 gram kemudian dilarutkan dalam akuademin dalam labu ukur 100 mL.

Pembuatan Larutan Natrium Sitrat 0,3 M

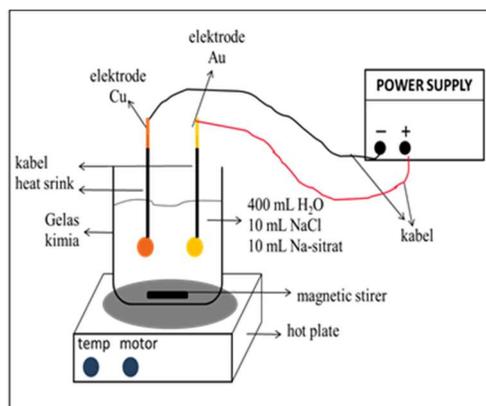
Larutan natrium sitrat 0,3 M disiapkan dengan menimbang natrium klorida sebanyak 8,82 gram kemudian dilarutkan dalam akuademin dalam labu ukur 100 mL.

Sintesis Larutan Emas Nanopartikel

a. Metode Elektrokimia (AuNp I)

Sintesis emas nanopartikel secara elektrokimia dilakukan dengan menyiapkan sel elektrolisis (Gambar 1) yang terdiri dari elektroda emas dan tembaga yang telah ditimbang dan dicatat masing-masing beratnya. Elektroda emas dihubungkan pada kutub positif dari power supply dengan potensial 55 Volt dan elektroda tembaga dihubungkan pada kutub negatif. Kedua elektroda tersebut dicelupkan ke dalam gelas kimia yang berisi 400 mL air yang telah mendidih dan di dalamnya sudah terdapat *magnetic stirrer*. Selanjutnya adalah pembuatan emas nanopartikel dengan komposisi 10 mL larutan natrium klorida 0.02 M dan 10 mL larutan natrium sitrat 0,3 M. Larutan dipanaskan terus-menerus selama 45 menit dan disertai dengan pengadukan sempurna sampai terbentuk koloid emas nanopartikel yang ditandai dengan berubahnya warna larutan dari tak berwarna menjadi merah

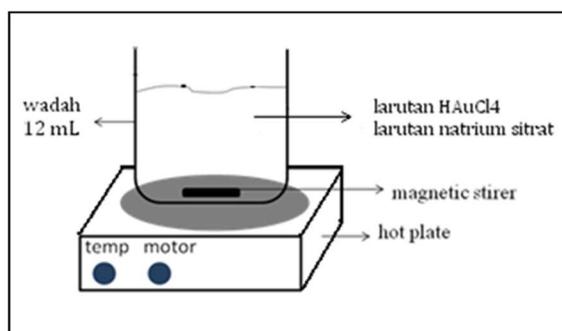
anggur. Setelah selesai, kedua elektroda dilepas dan dikeringkan dan ditimbang masing-masing beratnya (Husna, Qurrotul, 2011).



Gambar 1. Sel elektrolisis yang digunakan untuk sintesis emas nanopartikel.

b. Metode Turkevich (AuNp II)

Preparasi larutan emas nanopartikel dilakukan dengan mereduksi 10 mL larutan HAuCl_4 1mM dengan larutan Natrium Sitrat 1% 1 mL pada kondisi mendidih dan pengadukan yang sempurna menggunakan *magnetic stirrer* (Gambar 2). Pembentukan emas nanopartikel ditandai dengan perubahan warna larutan, dimulai dari kuning menjadi tidak berwarna, berlanjut menjadi biru tua, kemudian merah tua, dan akhirnya menjadi merah anggur. Ketika warna sudah menjadi merah anggur, larutan didinginkan. Koloid nanopartikel yang diperoleh disimpan dalam temperatur ruang (Kurniawan, dkk, 2006).



Gambar 2. Sintesis emas nanopartikel dengan metode Turkevich.

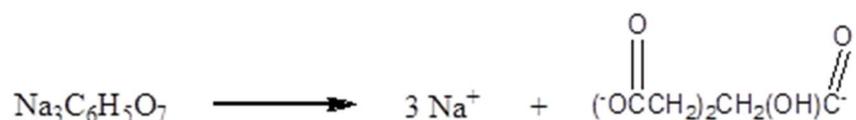
c. Emas Nanopartikel sebagai Indikator Titik Beku

Larutan emas nanopartikel hasil sintesis pada metode sebelumnya baik AuNp I maupun AuNp II dimasukkan ke dalam pipet tetes yang ditutup pada kedua ujungnya. Masing-masing larutan emas nanopartikel dimasukkan sebanyak 20 tetes. AuNp I dan AuNp II diamati warnanya pada suhu ruang dan setelah didinginkan. Kemudian keduanya dibandingkan.

HASIL PENELITIAN

Hasil Sintesis Emas Nanopartikel dengan Metode Elektrokimia

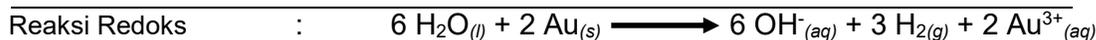
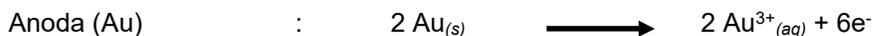
Metode elektrokimia merupakan salah satu metode baru dalam pembuatan material emas nanopartikel. Dalam metode ini memerlukan elektroda dan elektrolit. Elektroda yang digunakan adalah tembaga dan emas. Elektroda tembaga bertindak sebagai elektroda negatif (katoda) dan elektroda emas bertindak sebagai elektroda positif (anoda). Larutan elektrolit yang dipakai adalah air, NaCl, dan natrium sitrat. Air bertindak sebagai pelarut NaCl dan natrium sitrat, NaCl bertindak sebagai *supporting electrolyte*, dan natrium sitrat bertindak sebagai pereduksi Au^{3+} menjadi logam Au nanopartikel dan agen penstabil (*capping agent*). Muatan negatif ion sitrat akan diabsorpsi oleh permukaan emas nanopartikel sehingga emas nanopartikel akan saling tolak menolak. Hal ini mencegah terjadinya agregasi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reaksi ionisasi NaCl adalah sebagai berikut:



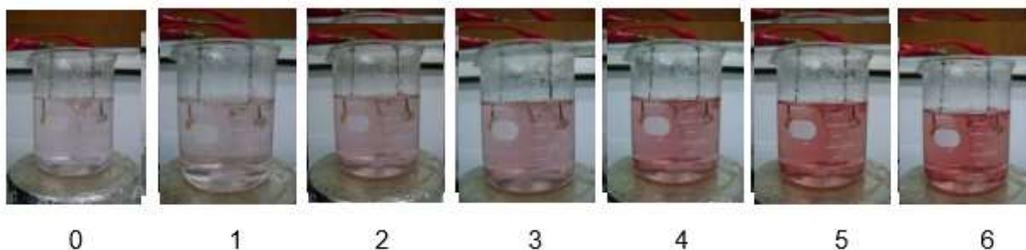
Kemudian reaksi pada anoda emas dan katoda tembaga adalah sebagai berikut:



Au^{3+} bereaksi dengan ion Cl^- dari NaCl membentuk garam AuCl_3 . Kemudian AuCl_3 direduksi menjadi AuCl dengan reaksi sebagai berikut:



Kemudian AuCl mengalami reaksi disproporsionasi membentuk emas nanopartikel dan kembali menjadi AuCl_3 . Proses elektrolisis tersebut berlangsung selama 45 menit (Gambar 3). Emas nanopartikel mulai terbentuk ketika larutannya mulai berubah warna menjadi merah muda. Semakin lama proses elektrokimia, maka emas nanopartikel yang terbentuk juga semakin banyak yang diindikasikan dari warna larutan yang semakin pekat.



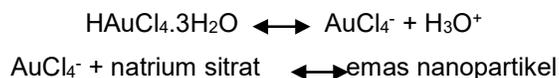


Gambar 3. Proses elektrolisis sintesis emas nanopartikel dari natrium sitrat 0,3 M dan NaCl 0,02 M selama 4 menit.

Hasil Sintesis Emas Nanopartikel dengan Metode Turkevich

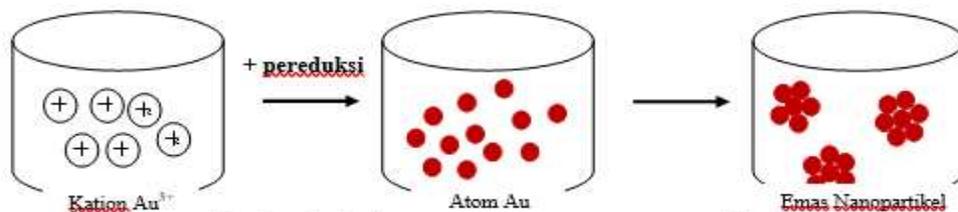
Sintesis emas nanopartikel dengan metode Turkevich lebih cepat dibandingkan dengan sintesis emas nanopartikel dengan metode elektrokimia. Reagen yang digunakan pada metode Turkevich adalah emas dalam bentuk larutan HAuCl_4 sehingga lebih cepat terbentuk menjadi emas nanopartikel melalui reaksi reduksi Au^{3+} menjadi Au. Sedangkan pada metode elektrokimia, emas nanopartikelnya

terbentuk dari oksidasi Au menjadi Au^{3+} kemudian tereduksi kembali menjadi Au dalam bentuk nanopartikel. Reaksi pada metode Turkevich adalah sebagai berikut:



Au^{3+} akan tereduksi menjadi Au^0 nanopartikel dengan bantuan agen pereduksi natrium sitrat dan berperan sebagai agen penstabil (*capping agent*). Muatan negatif dari ion sitrat akan diabsorpsi oleh permukaan emas nanopartikel sehingga antar emas nanopartikel akan saling tolak menolak karena adanya muatan negatif di permukaan emas nanopartikel.

Larutan HAuCl_4 berwarna kuning bening. Ketika mulai mendidih dan ditambahkan dengan natrium sitrat, maka reaksi mulai berlangsung antara HAuCl_4 dan natrium sitrat. Pembentukan emas nanopartikel ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi merah. Pembentukan emas nanopartikel dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi pembentukan emas nanopartikel

Ketika berada dalam bentuk AuCl_4^- , ion-ion tersebut akan tolak menolak karena pengaruh muatan sejenis. Ketika ion Au^{3+} direduksi menjadi atom Au oleh natrium sitrat, maka akan ada kemungkinan atom Au untuk saling mendekat melalui ikatan logam yang membentuk kluster berukuran nano.

Emas Nanopartikel sebagai Indikator Titik Beku

Emas nanopartikel yang telah disintesis baik dengan metode elektrokimia maupun Turkevich kemudian diamati perubahan warnanya pada suhu beku. Kemudian hasil dari keduanya dibandingkan. Perubahan warnanya dapat diamati pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Emas nanopartikel hasil sintesis dengan metode elektrokimia (AuNp I), (a) pada suhu ruang, (b) pada suhu 1°C .



Gambar 6. Emas nanopartikel hasil sintesis dengan metode Turkevich (AuNpII), (a) pada suhu ruang, (b) pada suhu -2°C .

Emas nanopartikel yang disintesis dengan metode elektrokimia (AuNp I) dan Turkevich (AuNp II) diamati perubahan warnanya. Pada suhu ruang, kedua emas nanopartikel berwarna merah muda. Kemudian keduanya dimasukkan ke dalam lemari pendingin. Dari hasil pengamatan, AuNp I telah mengalami perubahan warna setelah suhu mencapai 1°C , sedangkan AuNp II mengalami perubahan warna setelah didinginkan sampai suhu mencapai -2°C . Hal ini menunjukkan bahwa AuNp I mengalami perubahan warna lebih cepat dibandingkan dengan AuNp II. Perubahan warna ini berhubungan dengan proses agregasi emas nanopartikel. Pada suhu beku, emas nanopartikel mengalami agregasi. Agregasi mengakibatkan ukuran emas nanopartikel menjadi semakin besar dibandingkan ketika warnanya masih merah muda.

Nanopartikel dapat mengalami *Surface Plasmon Resonance* (SPR) dalam daerah tampak pada spektrum elektromagnetik. Hal ini berarti bahwa sebagian tertentu dari panjang gelombang sinar tampak akan diserap sedangkan sebagian yang lain akan dipantulkan. Bagian yang dipantulkan akan menghasilkan warna pada material tersebut. Material nanopartikel menyerap bagian sinar biru-hijau dari spektrum ($\sim 400\text{-}500\text{ nm}$) sedangkan bagian sinar merah ($\sim 700\text{ nm}$) akan dipantulkan yang akan mengenai mata pengamat. Semakin besar ukuran partikel, maka panjang gelombang SPR akan bergeser ke arah sinar merah. Hal ini berarti bahwa sinar merah akan diserap dan sinar biru akan dipantulkan menghasilkan partikel dengan warna biru pucat ungu. Apabila ukuran partikel terus bertambah besar, maka panjang gelombang SPR berubah ke arah daerah infra merah dan semua panjang gelombang sinar tampak akan dipantulkan. Hal ini mengakibatkan nanopartikel menjadi tembus cahaya atau tak berwarna.

Perubahan warna tersebut dapat diaplikasikan untuk penyimpanan vaksin. Vaksin mempunyai rentang suhu hidup sekitar $0^{\circ}\text{C}\text{-}4^{\circ}\text{C}$. Jika suhu penyimpanan berada di luar rentang tersebut, maka vaksin akan mati. Untuk mencegah hal tersebut, emas nanopartikel dapat dimanfaatkan sebagai kontrol suhu pada penyimpanan vaksin, di mana jika suhu penyimpanan berada di luar rentang $0^{\circ}\text{C}\text{-}4^{\circ}\text{C}$, maka emas nanopartikel dapat memonitornya dari perubahan warna yang terjadi.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa emas nanopartikel dapat disintesis dengan metode elektrokimia yang melibatkan elektroda tembaga dan emas serta elektrolit NaCl dan natrium sitrat dan metode Turkevich yang menggunakan reagen H₂AuCl₄ dan natrium sitrat. Proses pembentukan emas nanopartikel melibatkan reaksi oksidasi reduksi. Emas nanopartikel yang disintesis dengan metode elektrokimia (AuNpI) dan emas nanopartikel yang disintesis dengan metode Turkevich (AuNpII) berubah warna ketika didinginkan. AuNp I berubah warna lebih cepat dibandingkan dengan AuNp II, sehingga emas nanopartikel yang disintesis dengan metode elektrokimia lebih berpotensi menjadi indikator titik beku. Emas nanopartikel dapat diaplikasikan sebagai indikator titik beku pada penyimpanan vaksin yang memerlukan suhu 0°C – 4°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Alanazi, K. Fars, Radan, A. Awwad, Alsarra, Ibrahim A. (2010). "Biopharmaceutical Applications of Nanogold". *Saudi Pharmaceutical Journal*, **XXX**, xxx-xxx
- Andrievskii, R. A. (2003). "Directions in Current Nanoparticle Research". *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, **42 (11)**, 624-629
- Kostoff, R. N., Koytcheff, R. G., Lau, C. G. Y. "Structure of the Nanoscience and Nanotechnology Applications Literature". *The Journal of Technology Transfer*, 1-13
- Polte, J. dkk., (2009), "Mechanism of Gold Nanoparticle Formation in the Classical Citrate Synthesis Method Derived from Coupled In Situ XANES and SAXS Evaluation", *J. AM. Chem.*, **132**, 1296-1301
- S. Link, M.A. El-Sayed. (1999). "Size and Temperature Dependence of the Plasmon Absorption of Colloidal Gold Nanoparticles". *J. Phys. Chem. B*, **103**, 4212–4217
- Winter, J. (2007), "Gold Nanoparticle Biosensors", Rev. 3
- Yin, B. dkk. (2003), "Electrochemical Synthesis of Silver Nanoparticles under Protection of Poly(*N*-vinylpyrrolidone)", *J. Phys. Chem. B*, **107**, 8898-8904