



Sintesis Nanopartikel Tembaga dari Larutan CuNO_3 Menggunakan Ekstrak Bunga Cengkeh (*Syzygium aromaticum*)

Synthesis of Copper Nanoparticles from CuNO_3 Solution by Using Clove Flower Extract (*Syzygium aromaticum*)

Wara Dyah Pita Rengga*, Widya Prita Hapsari, Dwi Wahyu Ardianto

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran, Gunungpati, Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia.

*E-mail: wdpitar@mail.unnes.ac.id.

Abstrak

Pembuatan material secara nanoteknologi difungsikan untuk meningkatkan kemampuan kinerja katalis dan anti bakteri serta mengurangi jumlah sediaan logam. Nanopartikel tembaga adalah salah satu nanopartikel yang dimanfaatkan di bidang non-pangan dan kesehatan karena tembaga merupakan salah satu logam yang stabil namun beracun. Sintesis nanopartikel tembaga menggunakan perkursor CuNO_3 dengan bioreduktor ekstrak bunga cengkeh (*Syzygium aromaticum*). Proses ekstraksi serbuk bunga cengkeh dibantu oleh aquades yang dilakukan suhu 80°C selama 30 menit. Nanopartikel tembaga dibuat melalui prinsip kimia hijau dengan metode reduksi. Larutan bioreduktor dan prekursor dicampur dengan variasi rasio volume 1:1; 1:2; 1:3; dan 1:4. Nanopartikel tembaga yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi ukuran nanopartikel dan distribusi ukuran partikelnya. Analisis yang digunakan adalah *gas chromatography – mass spectrometry* (GC-MS), *X-Ray Powder Diffraction* (XRD), dan *Transmission Electron Microscope* (TEM). Nanopartikel tembaga yang disintesis berupa serbuk berwarna coklat kehijauan. Ekstrak bunga cengkeh mengandung eugenol sebesar 79,41% yang berperan sebagai bioreduktor polimer. Nanopartikel tembaga yang diperoleh termasuk nanopartikel tembaga jenis Cu^0 yang dibuktikan dengan adanya bentuk kristal *Face Centered Cubic*. Ukuran nanopartikel mencapai 10,39 nm yang diperoleh pada variasi rasio 1 : 1 merupakan tembaga terkecil dibandingkan rasio 1 : 2; 1 : 3; dan 1 : 4 dengan distribusi ukuran partikel adalah 0 - 40 nm.

Kata kunci: nanopartikel tembaga, bioreduktor, ekstrak cengkeh, tembaga nitrat

Abstract

The synthesis of material in by nanotechnology improves the performance of catalyst and anti-bacterial as well as reduces the amount of metal stocks. Copper nanoparticle is one of the nanoparticles used in the field of non-food and health because it is a stable-toxic metal. Copper nanoparticles are synthesized using precursors CuNO_3 with clove flower extract (*Syzygium aromaticum*) as bioreductor. Clove powder extraction process is assisted by aquades conducted in 80°C temperature for 30 minutes. Copper nanoparticles are prepared by principles of green chemistry with the reduction method. Bioreductor solution and precursors are mixed with various volume ratio of 1: 1; 1: 2; 1: 3; and 1: 4. Then, the result of copper nanoparticles is characterized its size and the particle distribution. The analysis uses *gas chromatography – mass spectrometry* (GC-MS), *X-Ray Powder Diffraction* (XRD), and *Transmission Electron Microscope* (TEM). The greenish brown nanoparticles of powder copper are synthesized. Clove flower extract that contains 79.41% eugenol acts as the polymer bioreductor. The obtained copper nanoparticles include Cu^0 . It is proved by the Face Centered Cubic crystalline form. The average of copper nanoparticle is 10.39 nm that is obtained on the ratio of 1: 1. It is the smallest copper compared to 1: 2; 1: 3; and 1: 4 with a particle size distribution of 0 - 40 nm.

Keywords: copper nanoparticle, bioreductor, cloves extract, copper nitrate

1. Pendahuluan

Nanopartikel tembaga merupakan bahan yang potensial, di bidang teknik kimia karena aplikasinya dalam proses katalitik (Carnes dan Klabunde, 2003) dan sensor gas (Zhang dkk., 2007). Di bidang non pangan dan

kesehatan, nanopartikel dapat dimanfaatkan sebagai pembalut luka dan biosida (Borkow dkk., 2010). Pengembangan kegunaan nanopartikel digunakan sebagai antibakteri (Chatterjee dkk., 2014) baik di pengelolaan udara bersih dan pakaian. Beberapa metode yang digunakan untuk sintesis nanopartikel

tembaga diantaranya metode sintesis secara fisika dan kimia. Kekurangan dari kedua metode tersebut terletak pada kebutuhan reagen yang mahal, kondisi reaksi (suhu dan tekanan tinggi) yang berbahaya, dan waktu proses yang lebih lama (Lanje dkk., 2013).

Pengembangan metode untuk sintesis nanopartikel menggunakan kondisi reaksi yang ramah lingkungan dan pereaksi yang murah. Proses fisika dan kimia tersebut adalah hidrotermal (Giannousi dkk., 2014), elektrokimia (Hashemipour dkk., 2011), sol gel (Vahidshad dkk., 2011) dan reduksi kimia (Dang dkk., 2011). Berdasarkan keempat cara tersebut, sintesis nanopartikel tembaga yang banyak digunakan adalah metode reduksi kimia. Meskipun reduksi kimia banyak diminati namun reduktor yang digunakan masih menggunakan reduktor sintetis yang berbahaya. Pengembangan dan penerapan produk kimia beserta prosesnya lebih diprioritaskan mengurangi bahan sintetis dan digantikan dengan bahan alam.

Peran bahan alam sebagai bioreduktor dapat memberikan kontribusi pada pengurangan bahan bioreduktor anorganik. Strategi untuk mengatasi masalah lingkungan dengan pendekatan saat ini meliputi penggunaan bahan ramah lingkungan, jenis polimer, dan bahan kimia yang tidak beracun. Dengan adanya bioreduktor dari alam biasanya reaksi berjalan lambat tetapi dihasilkan nanopartikel yang lebih kecil pada konsentrasi kurang dari 1 N.

Hasil nanopartikel dengan bioreduktor dari alam terbukti memiliki ukuran nanopartikel lebih kecil dibandingkan dengan nanopartikel komersial yaitu sebesar 40 nm. Oleh karena itu, diperlukan suatu pengembangan sintesis nanopartikel yang lebih tidak mahal, tidak berbahaya, dan waktu yang efisien serta ramah lingkungan. Metode reduksi-oksidasi merupakan metode yang sering digunakan untuk mensintesis nanopartikel, namun ada kendala ukuran partikel yang dihasilkan menjadi besar karena peneliti kurang memahami akibat aglomerasi, sehingga partikel yang terbentuk mengelompok menjadi partikel yang besar.

Mempertimbangkan lingkungan yang harus dijaga, maka sintesis nanopartikel tembaga dilakukan dengan biosintesis. Biosintesis nanopartikel tembaga yang dimaksud adalah memanfaatkan ekstrak tumbuhan (biologi) untuk sintesis nanopartikel memberi keuntungan lebih banyak terhadap lingkungan. Ekstrak tumbuhan yang sudah digunakan adalah daun *Ocimum sanctum*

menghasilkan nanopartikel 77 nm (Kulkarni dan Kulkarni, 2013), daun Aloe vera menghasilkan 20 nm (Kumar dkk., 2015), dan menghasilkan nanopartikel tembaga ukuran rata-rata 26 nm menggunakan ekstrak kedelai hitam. Ukuran nanopartikel tembaga yang lebih kecil dan mempunyai distribusi ukuran nanopartikel yang sempit dari produk sintesis komersial dapat meningkatkan performa metal sebagai katalis maupun antimikroba.

Pemanfaatan ekstrak atsiri cengkeh mengandung zat aktif eugenol 93,8% (Aziz dkk., 2010). Eugenol mempunyai kelebihan sebagai fenolik dibandingkan dengan flavonoid dan alkaloid hasil ekstrak tumbuhan. Aktivitas anti-oksidan eugenol telah terbukti bahwa optimasi struktural dari eugenol dapat meningkatkan potensi aktivitas biologis (Farias dkk., 2014). Eugenol mempunyai koefisien fenol sekitar 14 yang mempunyai gugus hidroksi, metoksi, cincin aromatis. Di dalam struktur eugenol terdapat alkohol yang membantu mereduksi suatu prekursor untuk menjadi partikel logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio antara jumlah prekursor CuNO_3 dan bioreduktor ekstrak bunga cengkeh yang digunakan untuk menghasilkan nanopartikel tembaga.

2. Metodologi

2.1. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bunga cengkeh kering yang diambil dari kabupaten Semarang, CuNO_3 0,01 N, HNO_3 , dan aquades. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu peralatan gelas, *hot plate*, spatula, timbangan analitik, oven, kertas saring Whatman No. 1, stirrer, dan cawan.

2.2. Ekstraksi Bunga Cengkeh

Ekstrak cengkeh diperoleh dari bunga cengkeh yang didapat dari pasar lokal Semarang. Proses untuk mendapatkan ekstrak dilakukan dengan cara bunga cengkeh dicuci dengan aquades untuk menghilangkan pengotor kemudian dikeringkan. Bunga cengkeh yang bersih kemudian ditumbuk dengan mortar menjadi serbuk cengkeh. Bunga cengkeh halus diekstrak menggunakan akuades (1:3) pada suhu 80°C selama 30 menit. Selanjutnya hasil ekstraksi disaring untuk memisahkan filtrat dan residunya. Residu berupa padatan cengkeh sedangkan filtratnya berupa larutan cengkeh berwarna coklat tua yang digunakan

sebagai larutan induk bioreduktor. Filtrat bunga cengkeh tersebut kemudian diuji menggunakan Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) Shimadzu GC-14B untuk dianalisis kandungan senyawa eugenol dan senyawa lainnya dalam larutan cengkeh tersebut.

2.3. Pembuatan Larutan CuNO_3

Senyawa CuNO_3 padat ditimbang sebanyak 2,416 gram kemudian dimasukkan dalam gelas kimia 1000 mL yang berisi aquades. Campuran diaduk menggunakan stirrer dengan tujuan agar larutan tersebut dapat terlarut homogen. Hal ini ditunjukkan oleh adanya warna biru bening dari larutan CuNO_3 .

2.4. Sintesis Nanopartikel Tembaga dengan Metode Reduksi

Larutan ekstrak cengkeh sebanyak 25 mL diencerkan sampai 1000 mL. Selanjutnya larutan ekstrak cengkeh ini dan larutan CuNO_3 0,01 M tersebut dicampur dengan rasio 1:1, 1:2, 1:3 dan 1:4 dengan total volume 50 mL. Selanjutnya campuran ekstrak cengkeh dan larutan CuNO_3 diaduk selama 30 menit. Campuran setelah diaduk kemudian didiamkan selama 24 jam, dimana terjadi perubahan warna, dan sudah mulai terbentuk endapan nanopartikel tembaga ditandai dengan adanya nanopartikel melayang-layang dan setelah 24 jam terbentuk endapan tembaga ditandai dengan perubahan warna dari coklat kehijauan. Endapan nanopartikel tembaga dipisahkan dengan filtratnya dengan cara disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1. Endapan nanopartikel tembaga dihilangkan kandungan airnya dengan pengeringan. Endapan kristal ini kemudian dianalisis menggunakan XRD dan TEM.

2.5. Penentuan Jenis Kristal Tembaga

Jenis kristal nanopartikel dapat dianalisis menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) Shimadzu 7000 XRD. Pada hasil analisis diperoleh nilai 2 theta yang dibandingkan dengan referensi untuk menentukan jenis kristal nanopartikel Cu, CuO , atau Cu_2O seperti pada Tabel 1. Analisis ini didukung juga oleh perhitungan dari bidang difraksi Bragg (hkl). Perhitungan $h^2 + k^2 + l^2$ kristal ini digunakan untuk mendapatkan struktur kristal nanopartikel yang merupakan struktur kristal dari ke-3 jenis nanopartikel tembaga berdasarkan referensi struktur kristal tembaga yang disajikan pada Tabel 2.

2.6. Penentuan Ukuran Nanopartikel

Transmission Electron Microscopy (TEM) JEOL JEM-1400 digunakan untuk mengetahui ukuran nanopartikel. Gambar partikel dari hasil TEM diukur dengan bantuan software image J. Prosedur yang dilakukan dalam menggunakan software image J adalah memasukkan gambar nanopartikel dari uji TEM ke software image J. Selanjutnya gambar diatur kecerahannya supaya dapat diukur diameternya dengan mengubah latar belakang gambar menjadi warna putih. Selanjutnya software image J menganalisis gambar partikel yang berwarna hitam dengan latar belakang putih. Ukuran partikel dapat ditentukan dari gambar partikel yang muncul dalam image J, area partikel yang tampak dikonversi ke diameter rata-rata dan selanjutnya data dipindahkan ke perangkat lunak Microsoft Excel untuk analisis statistik, kemudian ditentukan distribusi ukuran partikel dan ukuran partikel rata-ratanya.

Tabel 1. Referensi jenis kristal tembaga

Jenis nanopartikel	2 theta (°)
Cu ICCD 04-836	43,3 ; 50,4 ; 74,1 ; 89,9
CuO JCPDS 80-0076	35,4 ; 35,6 ; 38,6 ; 40,0 ; 48,9
Cu_2O JCPDS 78-2076	36,4 ; 42,5 ; 61,4 ; 73,4

Tabel 2. Referensi struktur kristal tembaga

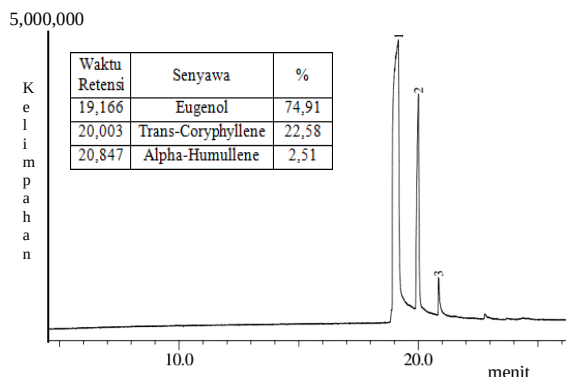
Struktur Kristal	$h^2 + k^2 + l^2$
Simple Cubic (SC)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,...
Body Centered Cubic (BCC)	2,4,6,8,10,12,14,16,...
Face Centered Cubic FCC	3,4,8,11,12,16,19,20,...
Monoklinik	CuO

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil karakterisasi Ekstrak Cengkeh Menggunakan GC-MS

Ekstrak cengkeh hasil ekstraksi dari bunga cengkeh berwarna coklat tua dianalisis kandungan senyawanya dengan GC-MS. Analisis GC-MS pada ekstrak cengkeh digunakan untuk mengkarakterisasi sampel yang mengandung gugus fungsi. Hasil uji GC-MS pada ekstrak cengkeh ditunjukkan pada Gambar 1. Terdapat tiga puncak pada spektrogram yang mewakili senyawa-senyawa yang terkandung dalam ekstrak bunga cengkeh. Puncak tersebut muncul pada waktu retensi 19,166 menit, 20,003 menit, dan 20,847 menit. Senyawa tersebut adalah eugenol, trans-coryphylene, dan alpha-humullene.

Hasil GC-MS mengandung eugenol dengan konsentrasi paling tinggi dibandingkan dengan senyawa lainnya. Kandungan senyawa eugenol sebesar 74,91% sedangkan kandungan senyawa trans-coryphylene dan alpha-Humullene, masing-masing sebesar 22,58% dan 2,51%. Setelah mengetahui kandungan ekstrak cengkeh yang cukup tinggi maka dilanjutkan proses sintesis nanopartikel tembaga.

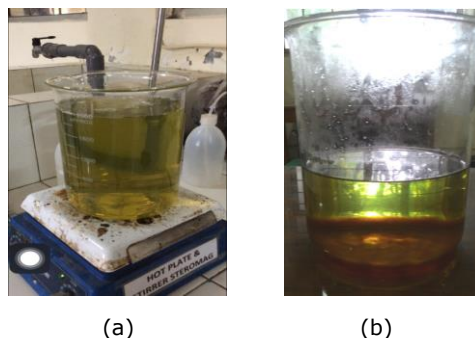


Gambar 1. Hasil uji kromatogram ekstrak bunga cengkeh

3.2. Sintesis Nanopartikel Tembaga Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Bunga Cengkeh

Larutan CuNO_3 dicampurkan dengan ekstrak bunga cengkeh mengalami perubahan warna dari warna kuning bening menjadi coklat kekuningan, seperti Gambar 2. Larutan selanjutnya diatur sampai dengan pH 4 dengan menambahkan asam nitrat yang sesuai dengan perkursor. Fungsi pengesetan pH ini sesuai dengan hasil penelitian Subhankari dan Nayak (2013), yang

merekomendasikan pembuatan nanopartikel tembaga menggunakan pH 4. Tujuannya adalah agar mempermudah terbentuknya nanopartikel. Pengkondisian asam ini kemudian ditunggu selama 24 jam untuk mendapatkan nanopartikel dalam jumlah maksimal. Hasil pencampuran menunjukkan perubahan warna menjadi kuning bening dan lambat laun terbentuk endapan melayang layang dalam jumlah yang sedikit pada 1 jam pertama dan setelah 24 jam, warna berubah menjadi kuning kehijauan dan terdapat banyak endapan coklat. Perubahan warna tersebut sesuai dengan penelitian sintesis nanopartikel Cu (Subhankari dan Nayak, 2013) yang menghasilkan endapan coklat tua pada pembuatan nanopartikel Cu menggunakan ekstrak jahe. Sintesis nanopartikel tembaga dengan rasio yang berbeda kemudian dianalisis produknya berupa nanopartikel tembaga kering.



Gambar 2. Perubahan warna pencampuran setelah pH 4 selama (a) 1 jam, (b) 24 jam

Perubahan warna yang terjadi menunjukkan adanya reaksi reduksi pada campuran tersebut. Senyawa dalam ekstrak cengkeh mereduksi logam Cu^+ menjadi Cu^0 . Reaksi reduksi Cu^+ menjadi Cu^0 disebabkan oleh senyawa pendonor elektron yang disebut reduktor. Dalam penelitian ini digunakan bioreduktor ekstrak cengkeh yang mengandung senyawa eugenol merupakan zat pemberi elektron, reduktor.

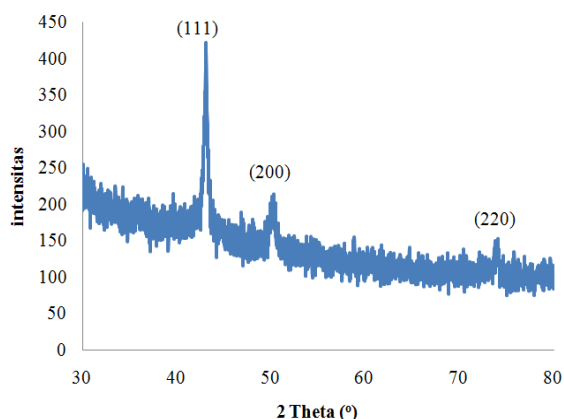
Campuran didiamkan selama 24 jam kemudian disaring menggunakan kertas saring. Tujuan penyaringan adalah untuk memisahkan endapan dan cairannya. Endapan tersebut berwarna coklat kehitaman dan bertekstur basah karena masih mengandung sedikit cairan. Endapan tersebut kemudian dicuci dengan akuades dan dioven pada suhu $100 \pm 2^\circ\text{C}$ sampai berat konstan dan dilanjutkan pada suhu $200 \pm 5^\circ\text{C}$ sampai berat konstan tujuannya untuk menguapkan sisa senyawa organik yang

tertinggal dan didapatkan nanopartikel tembaga. Produk akhir nanopartikel tembaga adalah serbuk berwarna coklat kehitaman dan mengkilat.

Karakterisasi produk nanopartikel dilakukan menggunakan analisis XRD. Berdasarkan puncak 2 theta dan struktur kristal yang didapat maka dapat diketahui jenis nanopartikelnya. Selain itu, nanopartikel yang terbentuk juga dikarakterisasi dengan analisis TEM untuk mengetahui ukuran nanopartikel tembaga yang dihasilkan dari proses sintesis nanopartikel.

3.3. Analisis Jenis Nanopartikel Tembaga

Hasil XRD nanopartikel tembaga dapat ditunjukkan pada Gambar 3 bahwa terdapat 3 puncak yang tajam pada difraktogram. Puncak tersebut pada nilai 2 theta 43,3°, 50,4°, dan 74,1°. Data tersebut menginformasikan bahwa jenis kristal nanopartikel adalah tembaga jenis Cu dan bukan CuO atau Cu₂O seperti yang disajikan pada Tabel 1.



Gambar 3. Hasil uji XRD nanopartikel tembaga

Berdasarkan puncak 2 theta dari analisis XRD, mempunyai bidang refleksi (hkl). Nilai hkl merupakan angka yang menunjukkan besar dan arah suatu bidang yang membatasi sel satuan pada suatu kristal. Hasil analisis XRD diperoleh bidang refleksi (111), (200), dan (220). Bidang refleksi ini dapat menentukan struktur milik nanopartikel tembaga. Perhitungan puncak difraksi dapat dihitung untuk didapatkan nilai $h^2 + k^2 + l^2$. Pada penentuan struktur kristal, angka ini sering disebut Miller Indices dan dari hitungan tersebut didapat hasil angka 3, 4, dan 8. Urutan angka tersebut selanjutnya dicocokkan dengan Tabel 2, dan didapatkan struktur Kristal adalah FCC. Struktur kristal nanopartikel tembaga untuk FCC adalah jenis kristal nanopartikel tembaga Cu.

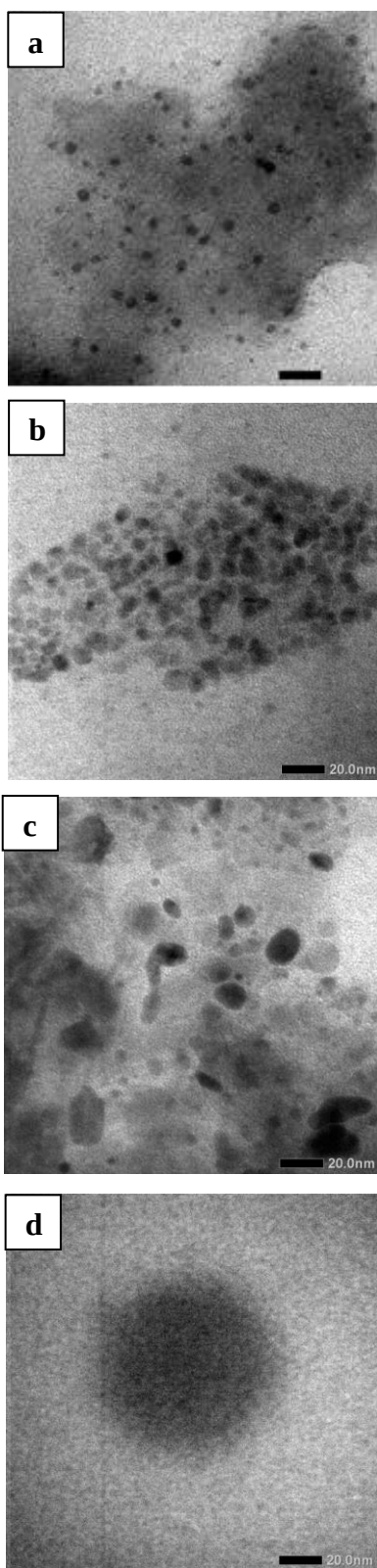
3.4. Analisis Ukuran Nanopartikel dan Distribusi Ukuran Pori

Endapan nanopartikel yang telah terbentuk kemudian dianalisis menggunakan TEM seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Nanopartikel yang terbentuk pada variabel perbedaan rasio volume larutan bioreduktor dan volume larutan CuNO₃ dapat diukur menggunakan hasil gambar TEM dan dibantu dengan software aplikasi Image J. Berdasarkan Gambar 4.a nanopartikel rasio 1 : 1 yang terbentuk memiliki ukuran yang hampir seragam, rata-rata diameter nanopartikel tembaga yang terbentuk pada rasio 1 : 1 adalah 10,39 nm. Nanopartikel yang terbentuk tidak menunjukkan adanya agregasi, yang berarti bahwa ukuran nanopartikel kecil dan tersebar merata.

Pada rasio 1 : 2, nanopartikel memiliki ukuran yang lebih besar daripada rasio 1:1, namun sedikit terjadi agregasi nanopartikel. Ukuran nanopartikel tembaga yang didapatkan rata-rata sebesar 12,18 nm (Gambar 4.b). Demikian juga pada rasio 1 : 3 memiliki ukuran yang lebih besar daripada rasio 1:2 dan ukurannya tampak tidak seragam dan agregasi nanopartikel masih terbentuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.c. Ukuran nanopartikel tembaga yang didapatkan rata-rata sebesar 14,01 nm. Rasio 1 : 4 tampak sangat beda dengan rasio lainnya, ukuran nanopartikel jauh lebih besar dan terjadi agregasi nanopartikel. Ukuran nanopartikel tembaga didapatkan rata-rata sebesar 91,40 nm seperti tampak pada Gambar 4.d.

Analisis distribusi ukuran nanopartikel dapat dilihat pada Tabel 3. Pada rasio 1:1, ukuran partikel 0 - 10 lebih banyak daripada rasio lainnya, yaitu mencapai 53%. Distribusi nanopartikel tampak homogen pada rasio 1 : 1, 1 : 2, dan 1 : 3, hanya 2 - 3% yang berukuran 31 - 40. Namun demikian rasio 1 : 1 adalah yang terbaik dengan distribusi yang lebih homogen dibandingkan rasio yang lain dan dengan dominan ukuran dibawah 30 nm. Berdasarkan hasil analisis TEM bahwa perbedaan volume bioreduktor larutan ekstrak cengkeh dan volume prekursor larutan CuNO₃ pada setiap rasio berpengaruh terhadap pembentukan nanopartikel. Semakin besar rasio bioreduktor dengan prekursor yang digunakan, maka semakin kecil terjadinya agregasi, sehingga nanopartikel tembaga yang terbentuk semakin kecil. Agregasi nanopartikel dapat dikatakan sebagai proses dua langkah. Langkah pertama, partikel saling mendekat

dan saling bertubrukan (transport step). Langkah kedua, partikel yang bertubrukan saling melekat (attachment step).



Gambar 4. Hasil analisa is TEM; a) Rasio 1 : 1, b) Rasio 1 : 2, c) Rasio 1 : 3, dan d) Rasio 1 : 4

Beberapa faktor perlu dilakukan untuk mengendalikan nanopartikel yang terbentuk agar tidak terjadi agregasi dan ukuran partikel seragam adalah jika partikel koloid cenderung stabil, hal ini sesuai dengan teori stabilisasi sterik. Proses stabilisasi sederhana hanya membutuhkan polimer yang cocok. Setiap koloid memiliki satu molekul polimer dalam larutan, maka partikel dalam suspensi diadsorpsi oleh polimer pada permukaannya sebagai lapisan. Lapisan polimer yang dihasilkan dapat berfungsi sebagai pelindung antara nanopartikel hasil reduksi dan dapat mencegah ikatan yang mengakibatkan aglomerasi diantara nanopartikel yang lain.

Stabilisasi sterik pada dispersi koloid dapat dicapai dengan rantai molekul yang panjang sesuai jumlah partikel koloid tembaga. Ketika partikel mendekati satu sama lain karena gerak Brown dan terbatas oleh polimer yang memberikan tolakan efektif maka koloid stabil melawan terjadinya agregasi sehingga ukuran nanopartikel menjadi lebih kecil, homogen, dan tidak terjadi agregasi.

Tabel 3. Distribusi ukuran nanopartikel

Ukuran (nm)	Rasio v/v (ekstrak: CuNO ₃ 0,01N)			
	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4
0-10	53%	37%	37%	-
11-20	42%	58%	47%	-
21-30	-	2%	13%	-
31-40	2%	2%	3%	-
>90	-	-	-	2%

4. Kesimpulan

Perbedaan rasio antara bioreduktor larutan ekstrak cengkeh dan prekursor CuNO₃ berpengaruh terhadap ukuran nanopartikel tembaga. Semakin besar perbandingan antara bioreduktor dengan prekursor tembaga nitrat yaitu 1 : 1 maka semakin kecil terjadinya agregasi, sehingga nanopartikel tembaga yang terbentuk semakin kecil dan lebih homogen dengan rata-rata ukuran diameter nanopartikel masing-masing sebesar 10,39 nm; 12,18 nm; 14,01 nm; dan 91,40 nm. Struktur kristal *Face Centered Cubic* menunjukkan nanopartikel yang terbentuk adalah nanopartikel tembaga jenis Cu.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas dana penelitian fundamental tahun 2016 dan Jurusan Teknik

Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Daftar Pustaka

- Aziz, T., Yuanita, Susanti (2010) Ekstraksi Eugenol dari Daun Salam India (*Laurus Nobilis Lauraceae*), *Jurnal Teknik Kimia*, 17(3), 17 – 28.
- Borkow, G., Gabbay, J., Dardik, R., Eidelman, A.I., Lavie, Y., Grunfeld, Y., Ikher, S., Huszar, M., Zatcoff, R.C., Marikovsky, M. (2010) Molecular mechanisms of enhanced wound healing by copper oxide-impregnated dressings, *Wound Repair Regen*, 18(2), 266 – 275.
- Carnes, C.L., Klabunde, K.J. (2003) The catalytic methanol synthesis over nanoparticle metal oxide catalysts, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 194, 227 – 236.
- Chatterjee, A.K., Chakraborty, R., Basu, T. (2014) Mechanism of antibacterial activity of copper nanoparticles. *Nanotechnology*, 25(13), 1 – 12.
- Dang, M.T.D., Le, T.T.T., Fribourg-Blanc, E., Dang, M.C. (2011) The influence of solvents and surfactants on the preparation of copper nanoparticles by a chemical reduction method, *Advances In Natural Sciences: Nanoscience And Nanotechnology*, 2, 1 – 7.
- Farias, D.M., Oliveira, P.S., Dutra, F.S., Fernandes, T.J., de Pereira, C.M., de Oliveira, S.Q., Stefanello, F.M., Lencina, C.L., Barschak, A.G. (2014) Eugenol derivatives as potential anti-oxidants: is phenolic hydroxyl necessary to obtain an effect, *Journal of Pharma Pharmacom*, 66(5), 733 – 746.
- Giannousi, K., Lafazanis, K., Arvanitidis, J., Pantazaki, A., Dendrinou-Samara, C. (2014) Hydrothermal synthesis of copper based nanoparticles: antimicrobial screening and interaction with DNA, *Journal of Inorganic Biochemistry*, 133, 24 – 32.
- Hashemipour, H., Zadeh, M.E., Pourakbari, R., Rahimi, P. (2011) Investigation on synthesis and size control of copper nanoparticle via electrochemical and chemical reduction method, *International Journal of Physical Sciences*, 6(18), 4331 – 4336.
- Kulkarni, V.D., Kulkarni, P.S. (2013) Green synthesis of copper nanoparticles using ocimum sanctum leaf extract, *International Journal of Chemical Studies*, 1(3), 1 – 4.
- Kumar, P.P.N.V., Shameem U., Kollu, P., Kalyani, R.L., Pammi, S.V.N. (2015) Green synthesis of copper oxide nanoparticles using aloe vera leaf extract and its antibacterial activity against fish bacterial pathogens, *BioNanoScience*, 5(3), 135 – 139.
- Lanje, A.S., Sharma, S.J., Ningthoujam, R.S., Ahn, J.S., Pode, R.B. (2013) Low temperature dielectric studies of zinc oxide (ZnO) nanoparticles prepared by precipitation method, *Advanced Powder Technology*, 24, 331 – 335.
- Subhankari, Nayak, P.L. (2013) Antimicrobial activity of copper nanoparticles synthesised by ginger (*zingiber officinale*) extract, *Science & Technology*, 2(1), 10 – 13.
- Vahidshad, Y., Abdizadeh, H., Baharvandi, H.R., Baseri, A.M. (2011) Sol-Gel synthesis and characterization of copper stabilized zirconia nanoparticles, *International Journal Of Modern Physics B*, 25(21), 2823 – 2839.
- Zhang, Y., He, X., Li J., Zhang, H., Gao, X. (2007) Gas-sensing properties of hollow and hierarchical copper oxide microspheres, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 128(1), 293 – 298.