

PREPARASI KOLOID NANOSILVER DENGAN BERBAGAI JENIS REDUKTOR SEBAGAI BAHAN ANTI BAKTERI

Asep Handaya Saputra¹, Agus Haryono², Joddy Arya Laksmono² dan
M. Hilman Anshari¹

¹Departemen Teknik Kimia, FT - UI
Kampus Baru UI, Depok, 16424

²Pusat Penelitian Kimia (P2K) - LIPI
Kawasan Puspiptek, Serpong, 15314
e-mail: sasep@che.ui.ac.id

ABSTRAK

PREPARASI KOLOID NANOSILVER DENGAN BERBAGAI JENIS REDUKTOR SEBAGAI BAHAN ANTI BAKTERI. Partikel nanosilver diketahui memiliki kemampuan anti bakteri yang baik dan dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Terdapat beberapa metode dalam sintesis partikel *nanosilver* salah satu yang digunakan adalah metode reduksi kimia. Pada penelitian ini koloid nanosilver dipreparasi dengan variasi konsentrasi umpan AgNO_3 sebesar 250 ppm, 500 ppm dan 750 ppm, jenis reduktor yang digunakan meliputi asam askorbat, asam sitrat, dan trisodium sitrat dengan Polivinil Alkohol sebagai stabilizer. Uji anti bakteri menggunakan metode difusi cakram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel dengan konsentrasi umpan AgNO_3 250 ppm dengan reduktor asam sitrat menghasilkan aktivitas anti bakteri yang paling optimal dengan nilai hambatan yang paling besar untuk bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Besar diameter hambatan sama dengan larutan standar yaitu 8 mm pada konsentrasi yang sama. Dari hasil analisis spektrofotometer didapat panjang gelombang maksimum (λ maks) sebesar 421 nm. Berdasarkan analisis ukuran partikel, didapatkan ukuran partikel rata-rata sebesar 55 nm dengan indeks bias 1,3328, viskositas koloid *nanosilver* 0,8878 dan indeks polidispersitas 0,3.

Kata kunci: Nanosilver, Reduksi, Anti bakteri

ABSTRACT

COLLOIDAL SILVER NANOPARTICLES PREPARATION USING VARIOUS TYPES OF REDUCING AGENT AS ANTIBACTERIAL MATERIAL. Silver nanoparticles are known as a good antibacterial activity and can be utilized in daily life. There are several methods for synthesis of silver nanoparticles, and one of the most widely used is by using chemical reduction. In this study colloidal silver nanoparticles were synthesized by using a variation of precursor concentration of AgNO_3 250, 500, and 750 ppm, as well as variation types of reducing agent which are ascorbic acid, citric acid, and trisodium citrate with Polyvinyl Alcohol as stabilizer. The antibacterial test were conducted by the disc diffusion method. The result of this study showed that the sample with a 250 ppm of precursor AgNO_3 with citric acid as reducing agents produce the optimum antibacterial activity with the same inhibition area to *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The inhibition diameter is equal to the standard solution which is 8 mm at the same concentration. Analytical results obtained from the spectrophotometer gave maximum wavelength (λ max) at 421 nm. Based on the analysis of particle size, it is obtained that the average particle size is 55 nm with a refractive index of 1.3328, the viscosity of colloidal silver nanoparticle 0.8878 and the polydispersity index of 0.3.

Key words: Silver Nanoparticle, Reduction, Antibacteria

PENDAHULUAN

Aplikasi material dan struktur berskala nano, biasanya berkisar dari 1 nm hingga 100 nm, merupakan area yang baru pada nanosains dan nanoteknologi. Dalam beberapa tahun ini kegunaan material berstruktur nano menjadi sangat berkembang. Banyak kegunaan dari nanopartikel yang berasal baik dari organik dan

anorganik, hal ini dapat diterapkan pada berbagai bidang seperti fisika, kimia, farmasi, *surface coating agent*, tekstil, agrikultur dan biokimia [2].

Salah satu bidang yang saat ini banyak diminati oleh para peneliti adalah penerapan teknologi nano pada bidang tekstil. Penerapan teknologi nano yang

sedang berkembang saat ini adalah preparasi dan pengembangan komposit antara polimer serat baik yang berasal dari alam atau buatan, sebagai matriks dengan zat yang mempunyai sifat khusus, seperti anti bakteri. Penerapan teknologi nano pada tekstil terutama yang mempunyai sifat anti bakteri berkenaan dengan keinginan untuk dapat hidup pada lingkungan yang nyaman. Perubahan iklim global turut serta dalam menciptakan lingkungan yang kurang kondusif, seperti semakin berkembangnya jumlah serta jenis dari bakteri patogen yang dapat mengganggu kesehatan [3].

Beberapa peneliti telah melakukan investigasi terhadap beberapa jenis material yang mempunyai fungsi sebagai anti bakteri. Material-material tersebut diantaranya adalah tembaga, seng, titanium [4], magnesium dan emas [5], alginat [6] dan *silver* (perak). Nanopartikel *silver* telah terbukti memiliki kemampuan yang baik sebagai anti mikroba yakni terhadap bakteri, virus dan mikroorganisma eukaryotik [7]. Koloid *silver* secara khusus sangat menarik karena memiliki sifat yang khas dan merupakan bahan konduktivitas yang baik, stabil secara kimiawi, dapat berfungsi sebagai katalis, dan memiliki aktivitas sebagai anti bakteri. Telah dibuktikan bahwa dalam konsentrasi rendah dan *silver* tidak bersifat toksik terhadap sel manusia [8].

Secara umum, partikel nano logam dapat dipreparasi dan distabilkan menggunakan metode fisika dan kimia. Metode kimia seperti reduksi kimia, teknik elektrokimia dan reduksi fotokimia merupakan beberapa metode yang banyak digunakan. Reduksi kimia merupakan metode yang digunakan untuk melakukan preparasi *silver* nanopartikel (Ag NPs) yang stabil dan membentuk dispersi koloid dalam air atau pelarut organik lainnya. Bahan kimia yang paling umum digunakan dalam proses reduksi adalah borohidrat, sitrat, askorbat dan elemen hidrogen [2].

Berdasarkan studi yang telah dilakukan, ditunjukkan bahwa ukuran, morfologi, stabilitas dan sifat dari nanopartikel logam sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi percobaan, kinetika interaksi antara ion logam dengan reduktornya dan proses adsorpsi dari stabilizer [9]. Dengan menggunakan berbagai jenis reduktor, ukuran partikel *nanosilver* yang diperoleh akan berbeda-beda [10]. Dengan ukuran yang berbeda ini, maka partikel *nanosilver* juga akan memiliki aktivitas anti bakteri yang berbeda pula [11].

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi preparasi partikel *nanosilver* dari reduksi perak nitrat dengan berbagai jenis reduktor, sehingga dapat diketahui reduktor yang paling efektif untuk menghasilkan partikel *nanosilver* dengan ukuran paling optimal sebagai bahan anti bakteri.

METODE PERCOBAAN

Kegiatan utama dari penelitian ini adalah preparasi partikel *nanosilver* dari berbagai jenis konsentrasi perak

nitrat menggunakan reduktor asam sitrat, asam askorbat, dan trisodium sitrat dengan bantuan polivinil alkohol (PVA) sebagai *stabilizer*. Partikel *nanosilver* yang dihasilkan dikarakterisasi dengan menggunakan UV-VIS Spektrofotometer merek Hitachi U-2000 dan *Particle Size Analyzer (PSA)*, Beckman Coulter Delsa™ Nano C. Selanjutnya dilakukan uji anti bakteri dari masing-masing sampel terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* menggunakan metode cakram difusi dalam media agar.

Reduksi Silver Nitrat Menjadi Silver Nanopartikel

Perak nitrat (AgNO_3) dan zat pereduksi berupa Asam Sitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$), Asam Askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$), dan Trisodium sitrat ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$) dengan kemurnian pro analisis digunakan sebagai bahan awal tanpa pemurnian lebih lanjut. Tahap awal adalah melarutkan PVA sebanyak 0,5 gram dalam 100 mL *aquadest* dalam keadaan hangat, direduksi koloid perak. Konsentrasi AgNO_3 divariasikan 250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm dan dipanaskan hingga mendidih. Ke dalam larutan ini ditambahkan reduktor yang juga jenisnya divariasikan setetes demi setetes. Reduktor yang digunakan adalah asam askorbat 3 M, asam sitrat 3 M dan trisodium sitrat 5% dalam 10 mL pelarut air. Larutan tersebut diaduk hingga tercampur dengan baik. Larutan dipanaskan sampai terjadi perubahan warna yang jelas. Campuran dipindahkan dan diaduk hingga suhu kamar.

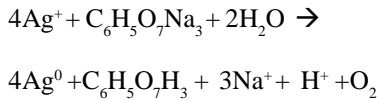
Preparasi *nanosilver* dapat dilakukan dengan berbagai variasi diantaranya adalah konsentrasi umpan AgNO_3 dan jenis reduktor. Secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada penelitian ini konsentrasi umpan AgNO_3 dilakukan dengan variasi dari 250 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm. Variasi konsentrasi umpan AgNO_3 dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi dengan ukuran partikel *silver* yang terbentuk sebagai hasil dari reaksi reduksi AgNO_3 . Sedangkan jenis reduktor yang dipilih berdasarkan kemampuan reduksinya, yaitu trisodium sitrat (kuat), asam askorbat (sedang) dan asam sitrat (lemah). Jenis reduktor juga mempunyai pengaruh terhadap pembentukan partikel

Tabel 1. Variasi parameter proses pada preparasi nanosilver

No.	Kode Sampel	Keterangan	
		Konsentrasi Umpan AgNO_3	Reduktor
1.	A1	250 ppm	Asam askorbat
2.	A2	500 ppm	Asam askorbat
3.	A3	1000 ppm	Asam askorbat
4.	B1	250 ppm	Asam sitrat
5.	B2	500 ppm	Asam sitrat
6.	B3	1000 ppm	Asam sitrat
7.	C1	250 ppm	Trisodium sitrat
8.	C2	500 ppm	Trisodium sitrat
9.	C3	1000 ppm	Trisodium sitrat

nanosilver. Reaksi kimia yang terjadi pada proses reduksi AgNO_3 menggunakan reduktor trisodium sitrat adalah sebagai berikut [14] :



Faktor yang mempengaruhi pada saat preparasi partikel *nanosilver* melalui reaksi diatas adalah tidak adanya kontak antara *silver* yang terbentuk dengan oksigen selama reaksi berlangsung. Adanya kontak dengan oksigen, memberi jalan terhadap proses oksidasi terhadap *silver* yang telah terbentuk. Hasil dari oksidasi *silver* biasanya dalam bentuk senyawa kompleks. Sehingga pada saat preparasi *nanosilver* melalui reaksi reduksi AgNO_3 , ke dalam reaktor dialirkan gas nitrogen (N_2) untuk mengusir oksigen (O_2) dan uap air yang terbentuk selama proses berlangsung.

Uji Anti Bakteri

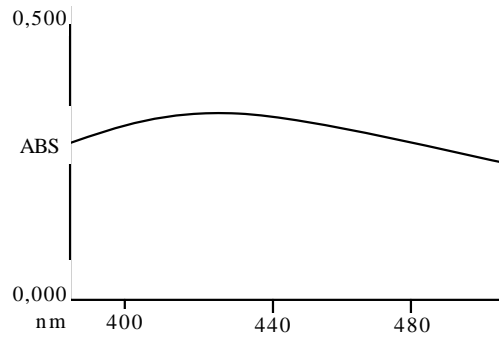
Uji anti bakteri pada penelitian ini menggunakan metode difusi cakram. Sejumlah bakteri uji (*Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*) diinokulasikan pada media agar. Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dibiakkan pada media agar miring selama 24 jam pada suhu 30 °C hingga 37 °C, dilarutkan dalam air steril dan diatur konsentrasinya sehingga memberikan rapat optis sebesar 0,1 pada panjang gelombang 650 nm (konsentrasi bakteri 10^7 sel/mL). Kemudian cakram yang mengandung larutan koloid *nanosilver* yang diperoleh dari tahapan penelitian pertama diletakkan pada permukaan media agar yang telah memadat. Setelah diinkubasikan akan terlihat akan terlihat daerah bening (*clear zone*) sebagai daerah hambatan yang tidak ditumbuhi bakteri disekeliling cakram. Potensi antibakteri ditentukan dengan membandingkan diameter hambatan larutan sampel senyawa uji dengan diameter hambatan larutan standar (*streptomycin sulfat*), pada dosis sama pada biakan bakteri uji. Diameter daerah hambatan dapat diukur menggunakan jangka sorong. Semakin besar diameter daerah hambatan menunjukkan semakin baik aktivitas anti bakteri dari partikel *nanosilver*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hasil Spektrofotometer

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui dan mendeteksi pembentukan *nanosilver* dari hasil preparasi. Koloid *nanosilver* memiliki panjang gelombang maksimum dengan rentang 350 nm hingga 550 nm dengan plasmon *peak* sekitar 450 nm pada analisis spektrofotometer cahaya tampak [13].

Gambar 1 menunjukkan hasil dari analisis spektrofotometer untuk sampel B1 (konsentrasi umpan



Gambar 1. Hasil analisis spektrofotometer cahaya tampak koloid *nanosilver* untuk sampel B1 (konsentrasi umpan AgNO_3 250 ppm, reduktor asam sitrat)

AgNO_3 250 ppm dan reduktor asam sitrat). Dari Gambar 1 diketahui bahwa untuk sampel tersebut panjang gelombang maksimal (λ_{maks}) adalah 421 nm dengan nilai absorbansi puncak = 0,295, maka terdapat partikel *nanosilver* pada sampel tersebut.

Tabel 2 menunjukkan hasil analisis spektrofotometer cahaya tampak untuk setiap sampel. Terlihat dari tabel bahwa sampel C1 memiliki panjang gelombang puncak yang di bawah 400 nm. Hasil analisis spektrofotometer pada panjang gelombang 400 nm hingga 450 nm *nanosilver* yang terbentuk merupakan partikel Ag^0 , sedangkan pada panjang gelombang 370 nm hingga 400 nm *nanosilver* yang terbentuk adalah Ag^+ . Bentuk Ag^+ dapat diartikan bahwa proses reduksi kimia belum berjalan dengan sempurna. Waktu proses reduksi dan pemanasan juga berpengaruh terhadap reaksi pembentukan *nanosilver* [2].

Nanosilver hasil preparasi berbentuk koloid, dari hasil pengamatan terlihat bahwa warna dari koloid *nanosilver* berbeda-beda, mulai dari kuning, transparan, atau krem/abu-abu. Warna dari logam nanopartikel tergantung dari bentuk dan ukuran nanopartikel serta konstanta dielektrik dari media lingkungannya. Koloid *silver* memperlihatkan warna-warna yang berbeda berdasarkan pada absorpsi cahaya dan pancaran pada daerah cahaya tampak, frekuensi pada getaran konduksi elektron-elektron yang merupakan respon terhadap

Tabel 2. Hasil analisis spektrofotometer cahaya tampak untuk masing-masing variasi proses pada preparasi *nanosilver*

No.	Kode Sampel	Warna Sampel	Panjang Gelombang Puncak (nm)	Absorpsi Puncak
1.	A1	Krem	434	1,978
2.	A2	Krem	453	2,585
3.	A3	Krem	495	3,182
4.	B1	Orange	421	0,295
5.	B2	Keruh	424	0,183
6.	B3	Bening	431	0,095
7.	C1	Kuning	393	1,611
8.	C2	Kuning	418	1,058
9.	C3	Kuning	452	2,978

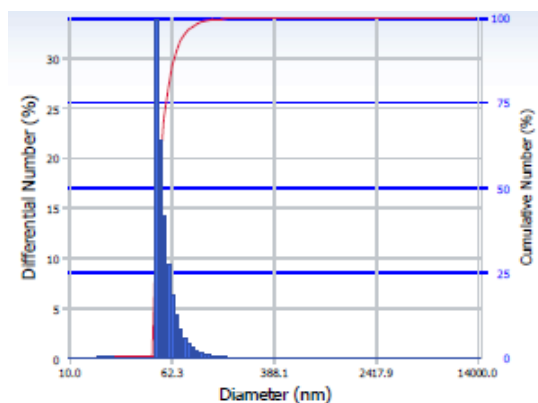
medan listrik hasil radiasi elektromagnetik. Namun, hanya elektron-elektron dengan elektron bebas (seperti Au, Ag, Cu dan logam alkali) memiliki resonansi plasmon pada spektrum cahaya tampak, yang dapat memberikan warna yang baik [10].

Analisis Distribusi Ukuran Partikel

Analisis distribusi ukuran partikel menggunakan alat Beckman Coulter Delsa™ NanoC Particle Analyzer. Gambar 2 menunjukkan distribusi ukuran partikel untuk sampel B1. Dari Gambar 2 terlihat bahwa untuk sampel P3R1 memiliki distribusi ukuran partikel dengan puncak paling tinggi pada kisaran 50 nm hingga 70 nm.

Berdasarkan *number of distribution* dari hasil analisis ukuran partikel, sampel B1 memiliki ukuran partikel rata-rata 55 nm dengan presentase kumulatif = 79,88%, indeks refraktif = 1,3328 dan viskositas koloid nanosilver = 0,8878

Pada Tabel 3, ditunjukkan ukuran partikel *nanosilver* dengan nilai polidispersitas. Nilai indeks polidispersitas menunjukkan tingkat kepercayaan terhadap ukuran partikel yang terdispersi pada koloid *nanosilver*. Nilai indeks polidispersitas semakin kecil, maka tingkat kepercayaan distribusi ukuran partikel pada koloid *nanosilver* semakin baik. Untuk sampel A1 dengan ukuran partikel 75,5 nm dan nilai indeks polidispersitas sebesar 0,201, hal ini menunjukkan



Gambar 2. Distribusi ukuran partikel untuk sampel B1

Tabel 3. Ukuran partikel masing-masing variasi proses preparasi *nanosilver*

No.	Kode	Ukuran Rerata (nm)	Persentase Kumulatif (%)	Indeks Polidispersitas
1.	A1	75,5	60,84	0,201
2.	A2	128,2	66,6	0,174
3.	A3	143,7	71,55	0,108
4.	B1	55	79,88	0,300
5.	B2	168,7	66,3	0,273
6.	B3	218,2	63,53	0,240
7.	C1	14,2	72,73	1,188
8.	C2	18,1	65,49	0,262
9.	C3	25,2	74,63	0,257

bahwa partikel *nanosilver* dengan ukuran 75,5 nm terdispersi cukup merata pada koloid *nanosilver*. Namun, dapat dilihat bahwa nilai polidispersitas pada sampel C1 sebesar 1,188 berarti dispersi partikel *nanosilver* tidak cukup merata pada koloid sampel.

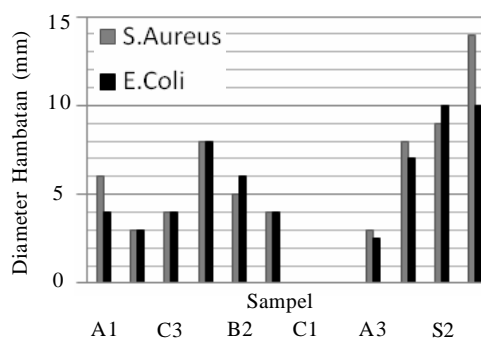
Hasil Uji Anti Bakteri

Metode uji anti bakteri yang digunakan adalah difusi cakram dengan nutrisi agar sebagai media perkembangbiakan bakteri. Tabel 4 menunjukkan hasil uji anti bakteri yang telah dilakukan.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa untuk konsentrasi $AgNO_3$ 250 ppm dan reduktor asam sitrat (B1) memiliki nilai diameter hambatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang lainnya. Selain itu, nilai diameter hambatan dari sampel ini juga sama dengan larutan standar anti bakteri yaitu *streptomycin sulfat* (sampel S1, S2 dan S3). Hal tersebut menunjukkan bahwa sampel B1 yang mempunyai ukuran sekitar 55 nm memiliki aktivitas anti bakteri yang paling optimum dibandingkan dengan sampel yang lainnya.

Tabel 4. Diameter hambatan masing-masing sampel koloid *nanosilver* terhadap bakteri *S. Aureus* dan *E. Coli*.

No.	Kode Sampel	Diameter hambatan (mm)	
		S. Aureus	E.Coli
1.	A1	6	4
2.	A2	3	3
3.	A3	4	4
4.	B1	8	8
5.	B2	5	6
6.	B3	4	6
7.	C1	-	-
8.	C2	-	-
9.	C3	3	2,5
Hasil pada larutan Standar (Streptomycin Sulfate)			
No.	Konsentrasi (ppm)	Diameter hambatan (mm)	
		S. Aureus	E.Coli
1.	250 (S1)	8	7
2.	500 (S2)	9	10
3.	1000 (S3)	14	10

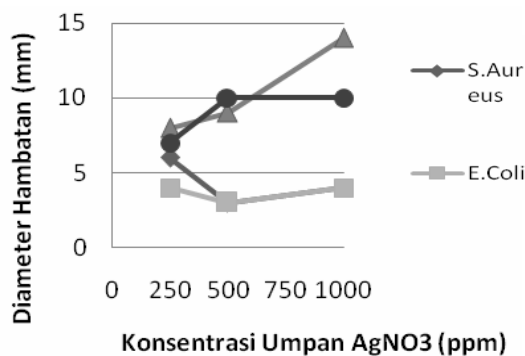


Gambar 3. Grafik uji aktivitas anti bakteri untuk masing-masing sampel koloid *nanosilver*

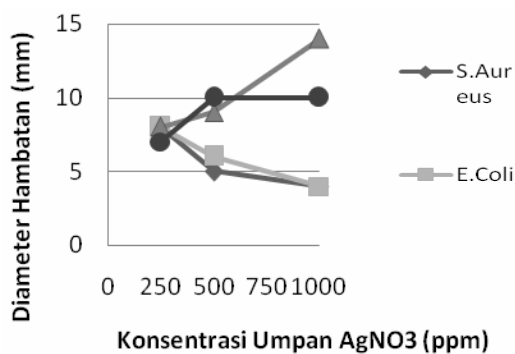
Dari Gambar 4 tampak bahwa semakin tinggi konsentrasi umpan AgNO_3 mempunyai kecenderungan penurunan aktivitas anti bakteri, hal ini ditunjukkan oleh diameter hambatan yang terbentuk. Berdasarkan hasil analisis distribusi ukuran partikel menggunakan PSA, diketahui bahwa dengan konsentrasi 250 ppm partikel yang terbentuk memiliki ukuran <100 nm, sedangkan untuk konsentrasi umpan 500 ppm dan 1000 ppm memiliki ukuran >100 nm. Kemudian, tampak bahwa pada konsentrasi umpan AgNO_3 250 ppm memberikan hasil diameter yang lebih tinggi untuk bakteri *S. Aureus* dibandingkan dengan bakteri *E. Coli*.

Jenis reduktor lain yang digunakan adalah asam sitrat. Gambar 5 menunjukkan hubungan konsentrasi umpan AgNO_3 dengan aktivitas anti bakteri pada bakteri *S. Aureus* dan *E. Coli* menggunakan reduktor asam sitrat.

Dari Gambar 5 tampak bahwa pada konsentrasi umpan AgNO_3 250 ppm memiliki aktivitas anti bakteri yang optimum dibandingkan yang lainnya. Berdasarkan data analisis ukuran partikel (Tabel 3) diketahui bahwa pada konsentrasi umpan AgNO_3 250 ppm dengan proses reduksi menggunakan asam sitrat menghasilkan ukuran partikel 55 nm atau < 100 nm, sedangkan yang lainnya mempunyai ukuran partikel >100 nm, bahkan mencapai 200 nm. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel *nanosilver* berpengaruh terhadap aktivitas anti bakteri, dan ukuran nanopartikel <100 nm memiliki kemampuan yang lebih baik. Konsentrasi umpan 250 ppm



Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi umpan AgNO_3 terhadap aktivitas anti bakteri pada reduktor asam askorbat dan bandingannya terhadap larutan standar



Gambar 5. Hubungan antara konsentrasi umpan AgNO_3 terhadap aktivitas anti bakteri pada reduktor asam sitrat

(sampel B1) juga memberikan aktivitas anti bakteri yang paling baik dari sampel lainnya, bahkan sama dengan larutan standar.

Reduktor lain yang digunakan dalam preparasi *nanosilver* adalah trisodium sitrat. Dari tiga sampel yang dipreparasi menggunakan reduktor trisodium sitrat, hanya satu yang memiliki aktivitas anti bakteri. Berdasarkan data hasil analisis spektrofotometer (Tabel 2) diketahui bahwa panjang gelombang maksimum (λ maks) berada < 400 nm. Hal ini menunjukkan bahwa partikel *silver* yang terbentuk masih dalam Ag^+ belum Ag^0 , hal ini dapat dimungkinkan karena proses reduksi yang belum sempurna. Selain itu, berdasarkan hasil analisis menggunakan PSA (Tabel 3), sampel yang dipreparasi menggunakan reduktor trisodium sitrat memiliki nilai indeks polidispersitas yang jauh lebih tinggi, sehingga partikel *nanosilver* tidak terdispersi dengan baik dalam sampel. Hasil analisis PSA juga menunjukkan masih terdapat beberapa partikel berukuran mikron.

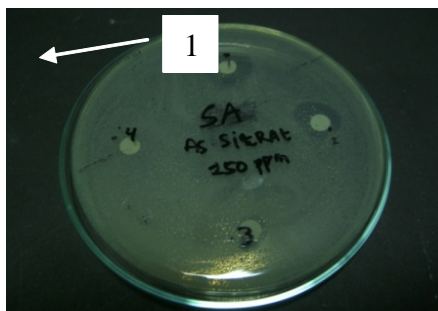
Aktivitas Anti Bakteri Nanosilver Terhadap *S. Aureus* dan *E. Coli*

Partikel *nanosilver* diketahui mempunyai aktivitas anti bakteri karena memiliki luas permukaan yang besar yang memungkinkan melakukan kontak yang sangat baik dengan mikro organisma. Selama proses difusi berjalan *nanosilver* mendekat pada membran sel bakteri dan melakukan penetrasi kedalam bakteri. Membran bakteri mengandung protein dengan senyawa sulfur sebagai komponen utamanya. *Nanosilver* melakukan interaksi dengan protein ini, dan kemudian berinteraksi lagi dengan Fosfor yang mengandung senyawa-senyawa seperti DNA. Pada saat *nanosilver* masuk ke dalam sel bakteri, hal ini menyebabkan terbentuknya daerah dengan berat molekul yang rendah ditengah gumpalan bakteri, dimana gumpalan ini berfungsi untuk melindungi DNA. Selanjutnya *nanosilver* melakukan difusi dan menyerang rantai pernafasan bakteri, hingga pada akhirnya sel tersebut menjadi mati [11].

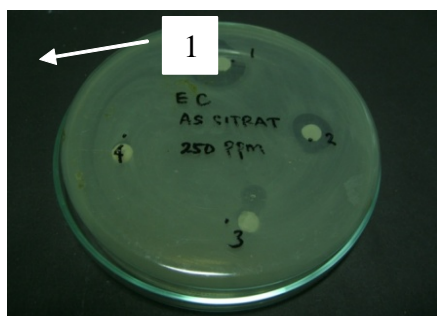
Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan visualisasi uji aktivitas anti bakteri untuk sampel B1. Dari gambar tersebut, pada titik satu (1) tampak bahwa *nanosilver* memiliki diameter hambatan yang besar, baik untuk bakteri *S. Aureus* ataupun *E. Coli*, yaitu 8 mm, sama dengan larutan standar pada konsentrasi yang sama.

Analisis Hubungan Antara Diameter Partikel Dengan Aktivitas Anti Bakteri

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari diameter partikel terhadap keaktifan terhadap uji anti bakteri. Tabel 5 menunjukkan hubungan antara diameter partikel dengan aktivitas anti bakteri dari masing-masing sampel. Dari tabel tersebut terlihat bahwa untuk ukuran partikel dengan rentang 50 nm hingga



Gambar 6. Visualisasi uji anti bakteri untuk sampel B1 pada bakteri *S. Aureus*



Gambar 7. Visualisasi uji anti bakteri untuk sampel B1 pada bakteri *E. Coli*.

Tabel 5. Korelasi antara panjang gelombang, ukuran partikel, dan aktivitas antibakteri

No.	Kode	Panjang Gelombang Puncak (nm)	Ukuran Partikel (nm)	Diameter hambatan (mm)	
				S. Aureus	E.Coli
1.	A1	434	75,5	6	4
2.	A2	453	128,2	3	3
3.	A3	495	143,7	4	4
4.	B1	421	55	8	8
5.	B2	424	168,7	4	4
6.	B3	431	218,2	5	6
7.	C1	393	14,2	-	-
8.	C2	418	18,1	-	-
9.	C3	452	25,2	3	2,5

150 nm memberikan aktivitas anti bakteri yang baik. Namun, semakin meningkatnya ukuran partikel menunjukkan semakin berkurangnya aktivitas anti bakteri untuk kedua jenis bakteri, *S. Aureus* dan *E. Coli*. Untuk sampel C1 dan C2 tidak memberikan aktivitas anti bakteri, dikarenakan panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) berada < 400 nm.

Hal ini menunjukkan bahwa partikel *silver* yang terbentuk masih dalam Ag^+ belum Ag^0 karena proses reduksi yang belum sempurna. Selain itu, berdasarkan hasil analisis menggunakan *PSA* (Tabel 3), sampel yang dipreparasi menggunakan reduktor trisodium sitrat memiliki nilai indeks polidispersitas yang lebih tinggi, sehingga partikel *nanosilver* tidak terdispersi dengan baik dalam sampel. Hasil analisis *PSA* juga menunjukkan masih terdapat beberapa partikel berukuran mikron.

KESIMPULAN

Dari hasil uji antibakteri terhadap sampel hasil preparasi koloid *nanosilver* didapatkan bahwa konsentrasi umpan $AgNO_3$ 250 ppm dengan reduktor asam sitrat (sampel B1) menghasilkan aktivitas anti bakteri yang paling optimal dibandingkan dengan yang lainnya, dengan nilai hambatan yang paling besar untuk bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Besar diameter hambatan sama dengan larutan standar. Dari hasil analisis spektrofotometer didapat panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) 421 nm. Berdasarkan analisis ukuran partikel, didapatkan ukuran partikel rata-rata sebesar 55 nm dengan, indeks refraktif = 1,3328, viskositas koloid *nanosilver* = 0,8878 dan indeks polidispersitas = 0,3. Berdasarkan penelitian ini, ukuran partikel *nanosilver* memiliki pengaruh terhadap aktivitas anti bakteri. Sampel anti bakteri yang memiliki ukuran partikel < 100 nm memiliki kemampuan anti bakteri yang lebih baik dibandingkan dengan partikel yang berukuran lebih dari 100 nm.

DAFTAR ACUAN

- [1]. MAHENDRA, RAI., YADAV, ALKA., GADE, ANIKET, *Biotechnology Advances*, **27** (2009) 76-83
- [2]. SHARMA, K. VIRENDER., YNGARD, ARIA., LIN, YEKATERINA, *Advances in Colloid and Interface Science*, **145** (2009) 83-96
- [3]. JEONG, SUNG HOON., YEO, SANG YOUNG., YI, SUNG CHUL, *J. Mater. Sci.*, **40** (2005) 5407-5411
- [4]. P. S. RETCHKIMAN-SCHABES, G. CANIZAL, R. BECERRA-HERRERA, C. ZORILLA, H. B. LIU, J. A. ASCENCIO, *Opt. Mater.*, **29** (2006) 95-99
- [5]. H. GU, P. L. HO, TONG E, L. WANG, B. XU, *Nano Lett.*, **3**(9) (2003) 1261-1263
- [6]. Z. AHMAD, R. PANDEY, S. SHARMA, G. K. KHULLER, Alginate Nanoparticles as Antituberculosis Drug Carriers, *Formulation Development, Pharmacokinetics and Therapeutic Potential*, **48** (2005) 171-176
- [7]. P. GONG, H. LI, X. HE, K. WANG, J. HU, W. TAN, *Nanotechnology*, **18** (2007) 604-611
- [8]. N. DURAN, P. D. MARCARTO, G. I. H. DE SOUZA, O. L. ALVES, E. ESPOSITO, *J. Biomed Nanotechnol.*, **3** (2007) 203-208
- [9]. B. KNOLL, K. F. EILMANN, *Nature*, (1999) 399:134
- [10]. A. ZIELINSKA, E. SKWAREK, M. BAZDA, A. ZALESKA, J. HUPKA, *Procedia Chemistry*, **1** (2009) 1560-1566
- [11]. H. Y. SONG, K. K. KO, I. H. OH, B. T. LEE, *European Cells and Materials*, **11**(1) (2006) 58
- [12]. J. FANG, C. ZHONG, R. MU, *Chemical Physics Letters*, 401(2005) 271-275

- [13]. A. SILEIKAITE, I. PROSYCEVAS, J. PUIISO, A. JURAITIS, A. GUOBIENE, *J. Mat. Scie.*, **12** (2005) 1392-1320
- [14]. A. HARYONO, D. SONDARI, S. B.HARMAMI, M. RANDY, *Jurnal Riset Industri*, **2** (2008) 156-163