

## PERBEDAAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI BAHAN TEKSTIL DILAPISI NANOPARTIKEL PERAK YANG DIPREPARASI OLEH *Corynebacterium glutamicum* FHCC-0062

### Antibacterial Activities Differences in Silver Nanoparticles Coated Textile Materials that were Prepared by *Corynebacterium glutamicum* FHCC-0062

Oleh:

Agustin Erviana<sup>1</sup>, Anna Rakhmawati, M.Si.<sup>2</sup>, Dr. Eli Rohaeti<sup>3</sup>, Evy Yulianti, M.Sc.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Pendidikan Biologi Program Studi Biologi FMIPA UNY, Karangmalang Yogyakarta 55281

<sup>2,4</sup>Dosen Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA UNY, Karangmalang Yogyakarta 55281

<sup>3</sup>Dosen Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY, Karangmalang Yogyakarta 55281

Email: [erviana186@gmail.com](mailto:erviana186@gmail.com), [wannawijaya2@gmail.com](mailto:wannawijaya2@gmail.com), [rohaetieli@yahoo.com](mailto:rohaetieli@yahoo.com), [evy\\_yulianti@yahoo.com](mailto:evy_yulianti@yahoo.com)

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Corynebacterium glutamicum* FHCC-0062 dalam mereduksi perak nitrat menjadi nanopartikel perak dan kemampuan antibakteri bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25924 dan *Escherichia coli* ATCC 35218. Pembuatan nanopartikel perak dalam penelitian ini menggunakan metode *green chemistry* dengan cara larutan AgNO<sub>3</sub> direduksi *Corynebacterium glutamicum* FHCC-0062. Pelapisan nanopartikel perak pada bahan tekstil dilakukan dengan memasukkan sampel bahan tekstil steril ke dalam koloid nanopartikel perak dan digojok kemudian dikeringkan. Uji aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25924 dan *Escherichia coli* ATCC 35218 dari bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak menggunakan metode *Kirby Bauer*. Pengamatan zona hambat untuk mengetahui aktivitas antibakteri dilakukan setiap 6 jam sekali selama 48 jam waktu inkubasi. Data zona hambat dianalisis menggunakan *one way ANOVA* dan uji lanjut *LSD*. Hasil penelitian menunjukkan *Corynebacterium glutamicum* FHCC-0062 dapat mereduksi perak nitrat menjadi nanopartikel perak. Hasil uji zona hambat menunjukan bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak mempunyai sifat antibakteri terhadap *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218. Terdapat perbedaan aktivitas antibakteri di antara kain katun, nilon, poliester, spandek dilapisi nanopartikel perak terhadap *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218.

**Kata kunci:** nanopartikel perak, *Corynebacterium glutamicum* FHCC-0062, *Staphylococcus aureus* ATCC 25924, *Escherichia coli* ATCC 35218

#### Abstract

The aims of this study were to find out the ability of *Corynebacterium glutamicum* FHCC-0062 in reducing silver nitrate into silver nano particles and antibacterial activity of textile material coated silver nanoparticles against *Staphylococcus aureus* ATCC 25 924 and *Escherichia coli* ATCC 35218. The preparation of silver nanoparticles in this study was done using green chemistry method by reducing AgNO<sub>3</sub> solution using *Corynebacterium glutamicum* FHCC-0062. The textile material was coated with silver nanoparticles by dipping the sterile samples of textile into the silver nanoparticles colloidal, shaking, then drying. Kirby Bauer's method was used to test the antibacterial activity toward *Staphylococcus aureus* ATCC 25924 and *Escherichia coli* ATCC 35218 by textile material coated with silver nanoparticles. Inhibition zone test to find out the activity of the bacteria was done every 6 hours in 48 hours of incubation time. Inhibition zone data then analyzed using one-way ANOVA and LSD test. The result showed that *Corynebacterium glutamicum* FHCC-0062 could reduce silver nitrate to silver nanoparticles. The inhibition zone test showed that textile material coated with silver nanoparticles has antibacterial properties against *S. aureus* ATCC 25 924 and *E. coli* ATCC 35218. There were differences in the antibacterial activity among cotton, nylon, polyester, and spandex coated silver nanoparticles against *S. aureus* ATCC 25 924 and *E. coli* ATCC 35218.

**Keywords:** *Corynebacterium glutamicum* FHCC-0062, *Escherichia coli* ATCC 35218, silver nanoparticles, *Staphylococcus aureus* ATCC 25 924

## PENDAHULUAN

Bahan tekstil merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat yang digunakan sebagai pelindung tubuh. Bahan tekstil yang umum beredar di pasaran adalah katun, nilon, poliester, dan spandek. Fenomena kecenderungan permintaan pasar terhadap produk tekstil yang tahan terhadap serangan mikroba merupakan salah satu pendorong penerapan teknologi nano pada bahan tekstil, terutama yang mempunyai sifat antibakteri (Agus Haryono dan Sri Budi Harmami, 2010: 1).

Bahan tekstil dengan sifat antibakteri dapat dikembangkan melalui pelapisan nanopartikel perak, nanopartikel perak dapat membunuh berbagai jenis mikroba dalam spektrum luas (Agus Haryono dan Sri Budi Harmami, 2010: 1-4). Aplikasi nanopartikel perak pada bahan tekstil telah terbukti efektif dan hemat biaya untuk meningkatkan kinerja sifat antibakteri serat kain terhadap bakteri *Escherichia coli* (Agus Haryono dan Sri Budi Harmami, 2010: 5). Nanopartikel perak berinteraksi dengan membran sel bakteri yang mengandung protein dengan gugus fungsi sebagai komponen utamanya, kemudian senyawa perak menyerang rantai metabolisme bakteri, dan juga berinteraksi dengan molekul DNA hingga pada akhirnya sel bakteri mengalami kerusakan dan mengalami kematian (Song *et al.*, 2006: 58). Nanopartikel perak telah banyak digunakan karena menunjukkan toksisitas rendah terhadap sel mamalia (Agus Haryono dan Sri Budi Harmami, 2010: 5).

Namun demikian, nanopartikel perak biasanya disintesis secara kimia menggunakan reduktor dan bahan penstabil tertentu. Metode sintesis kimia yang memakai bahan kimia memiliki efek negatif berupa sifat toksik pada produk dan menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan (Margareta Dian Permatasari, 2015: 11). Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya alternatif bahan antibakteri yang dipreparasi secara ramah lingkungan dan tidak bersifat toksik bagi lingkungan.

Nanopartikel perak dapat dipreparasi secara *green chemistry* menggunakan sintesis biologis. *Green chemistry* adalah penerapan prinsip penghilangan dan pengurangan senyawa berbahaya dalam aplikasi produk kimia. Aspek *Green Chemistry* adalah meminimalisasi zat berbahaya pada penggunaan katalis reaksi, penggunaan reagen tidak beracun, penggunaan sumber daya dapat diperbaharui, peningkatan efisiensi atom, penggunaan pelarut ramah lingkungan, dan dapat didaur ulang sebagai mana diungkapkan oleh Maria Ulfa, Praptining Rahayu, Lussana Rossita Dewi (2013: 1). Sintesis biologis memberikan kemajuan metode kimia dan fisika karena biaya murah, ramah lingkungan, dapat digunakan dalam sintesis skala besar (Elumalai *et al.*, 2011: 88).

Sintesis biologi dapat dilakukan menggunakan mikroorganisme, salah satunya bakteri. Sneha *et al.* (2010: 989) menyatakan *Corynebacterium glutamicum* merupakan bakteri bersifat tidak patogen pada manusia dan dapat membentuk nanokristal perak bersifat antibakteri.

Uji antibakteri dilakukan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Penggunaan kedua bakteri dikarenakan bakteri tersebut patogen pada manusia. Selain itu, kedua jenis bakteri patogen ini merepresentasikan karakteristik bakteri gram positif dan bakteri gram negatif (Kane dan Kandel, 2006: 385).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan *C. glutamicum* FHCC-0062 dalam mereduksi perak nitrat menjadi nanopartikel perak dan kemampuan antibakteri bahan tekstil yang dilapisi nanopartikel perak terhadap *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218.

## **METODE PENELITIAN**

### **Desain/Rancangan Penelitian**

Penelitian ini merupakan eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) tiga faktorial. Faktor pertama adalah variasi jenis bahan kain, faktor ke dua adalah variasi bakteri uji dan faktor ke tiga adalah variasi perlakuan pada bahan tekstil

### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan bulan Maret 2016 hingga November 2016. Pelaksanaan preparasi nanopartikel perak, pelapisan nanopartikel perak pada bahan tekstil, uji antibakteri pada bahan tekstil di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA UNY, sedangkan pengukuran keberhasilan pembentukan nanopartikel perak dengan spektrofotometer UV-Vis dilaksanakan di Laboratorium Analisis Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY.

### **Populasi dan Sampel Penelitian**

Populasi nanopartikel perak yang dipreparasi *C. glutamicum* FHCC-0062. Sampel nanopartikel perak yang didepositkan pada kain katun, kain nilon, kain poliester, kain spandek yang berukuran 6 mm x 6 mm.

### **Prosedur**

Preparasi nanopartikel perak oleh *C. glutamicum* FHCC-0062 diawali dengan perbanyakan *C. glutamicum* FHCC-0062 pada media *Nutrient Broth* (NB) dengan perbandingan 1:10 dimana dalam 250 mL NB diberi 25 mL starter, yang kemudian digojok menggunakan shaker selama 240 jam dengan kecepatan 121 rpm pada suhu ruangan. Selanjutnya dilakukan pemanenan bakteri dengan cara mensentrifus pada kecepatan 2500 rpm selama 35 menit. Filtrat (*C. glutamicum* FHCC-0062) yang telah diperoleh kemudian didiamkan selama 24 jam, selanjutnya dibilas menggunakan akuades steril dengan cara disentrifus selama 15 menit pada kecepatan 2500 rpm, dimana pembilasan dilakukan sebanyak 2 kali (Sneha, 2010: 990).

Filtrat *C. glutamicum* FHCC-0062 hasil sentrifus ditambahkan pada larutan  $\text{AgNO}_3$  (0,006 M) yang digojok menggunakan shaker pada suhu ruangan selama 6 jam dengan kecepatan 121 rpm dalam kondisi tanpa cahaya (Sneha, 2010: 990). Setelah itu keberadaan produk berupa nanopartikel perak dikarakterisasi menggunakan UV-Vis *spectrophotometer*.

Pelapisan nanopartikel perak pada bahan tekstil katun, nilon, poliester, spandek yang berukuran 6 mm x 6 mm diawali sterilisasi kain dengan cara dicuci, dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 70 °C, dan kemudian di UV pada LAF selama 15 menit. Sampel bahan tekstil

yang sudah steril dimasukkan dalam koloid nanopartikel perak dalam Erlenmeyer, kemudian dishaker pada kecepatan 121 rpm selama 24 jam dan dikeringkan dalam oven pada suhu 70<sup>0</sup>C (Duran *et al.*, 2007: 206).

Uji antibakteri bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak, kain tanpa dilapisi apapun (kontrol negatif), kain yang dilapisi kloramfenikol (kontrol positif) terhadap *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218 dilakukan dengan metode Kirby Bauer. Pengamatan dilakukan setiap 6 jam sekali selama 48 jam inkubasi. Pengukuran diameter zona hambat dilakukan dengan mengukur jarak dari tepi sampel uji ke batas lingkaran zona hambat menggunakan jangka sorong (ketelitian 0,02 mm) pada 3 sisi sampel uji (Michael *et al.*, 2009: 786).

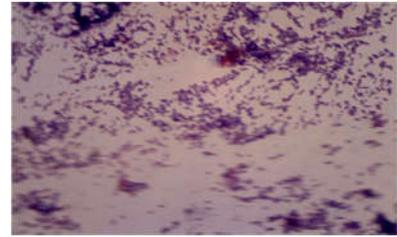
### Teknik Analisis Data

Data kemampuan *C. glutamicum* FHCC-0062 dalam mensintesis larutan perak nitrat menjadi nanopartikel perak dianalisis secara deskriptif. Data kemampuan antibakteri bahan tekstil yang dilapisi nanopartikel perak pada *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218 dianalisis menggunakan *One Way Analysis of Variance* (ANOVA) dengan Uji lanjut LSD (*Least Significance Different*) dengan taraf 5% pada SPSS versi 20.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kemampuan *C. glutamicum* FHCC-0062 dalam mereduksi perak nitrat menjadi nanopartikel perak yaitu larutan AgNO<sub>3</sub> yang ditambahkan *C. glutamicum* FHCC-0062 (Gambar 1) setelah 5 hari warna larutan yang

awalnya putih susu berubah menjadi kuning kecoklatan yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 1. *C. glutamicum* FHCC-0062 pada Pengamatan Mikroskopik Perbesaran 1000x



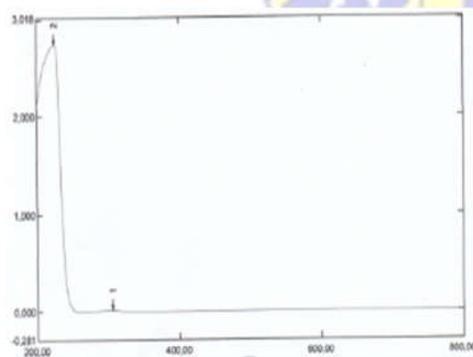
Gambar 2. Koloid Nanopartikel Perak

Koloid nanopartikel perak hasil reduksi dari larutan AgNO<sub>3</sub> berwarna kuning kecoklatan menunjukkan telah terbentuknya nanopartikel perak. Hal tersebut merujuk pada Zielinska *et al.* (2009: 1566) menyatakan bahwa koloid nanopartikel perak mempunyai warna kuning, krem, hitam, abu-abu, dan ragam warna lainnya. Warna yang muncul tergantung pada bentuk dan ukuran nanopartikel (Sneha *et al.*, 2010: 993).

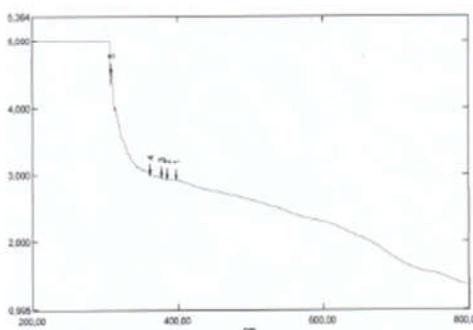
Karakterisasi larutan AgNO<sub>3</sub> dan nanopartikel perak dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-vis. Menurut Sileikaite *et al.* (2006: 289) menyatakan bahwa koloid nanopartikel perak memiliki panjang gelombang dengan rentang 350-550 nm pada analisis spektrofotometer UV- Vis. Analisis larutan AgNO<sub>3</sub> dan nanopartikel perak pada

penelitian ini dilakukan pada panjang gelombang 200-800 nm.

Hasil spektrum UV-Vis pada larutan  $\text{AgNO}_3$  (Gambar 3 (a)) menunjukkan pada panjang gelombang 305,50 nm dan 224 nm. Hasil spektrum UV-Vis pada koloid nanopartikel perak (Gambar 3 (b)) menunjukkan pada panjang gelombang 397,50 nm, 385 nm, 378 nm, dan 362 nm. Solomon *et al.* (2007: 322) menyatakan bahwa koloid nanopartikel perak dengan panjang gelombang 397,50 nm mempunyai ukuran partikel sebesar 10 sampai 14 nm dan Zielinska *et al.* (2009: 1565) menyatakan bahwa koloid nanopartikel perak berwarna kuning mempunyai ukuran partikel sebesar 12 nm.



(a)



(b)

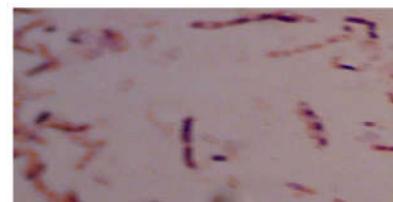
Gambar 3. Spektrum UV-Vis (a)Larutan  $\text{AgNO}_3$  0,006 M, (b)Nanopartikel Perak Hasil Preparasi

*C. glutamicum* FHCC-0062 mereduksi  $\text{Ag}^+$  menjadi  $\text{Ag}^0$  secara ekstraseluler (Li *et al.*, 2011: 4). Proses reduksi Ion  $\text{Ag}^+$  menjadi  $\text{Ag}^0$  melalui proses biosorpsi dan selanjutnya terjadi bioreduksi. Ion  $\text{Ag}^+$  tereduksi menjadi ion  $\text{Ag}^0$  karena dinding sel *C. glutamicum* FHCC-0062 terdiri atas senyawa kimia dalam bentuk polimer dengan gugus fungsi karboksilat, hidroksil, amida dan kelompok fosfat dalam dinding selnya cenderung bersifat anion (Sneha *et al.*, 2010: 991). Dengan demikian pada proses tersebut terjadi penyerapan ion  $\text{Ag}^+$  oleh *C. Glutamicum* FHCC-0062 dan terjadi proses reduksi oksidasi.

Kemampuan antibakteri bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak terhadap *S. aureus* ATCC 25924 (Gambar 4 (a)) dan *E. coli* ATCC 35218 (Gambar 4 (b)) ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat pada media *Nutrient Agar* (NA) seperti yang terlihat pada Gambar 5.

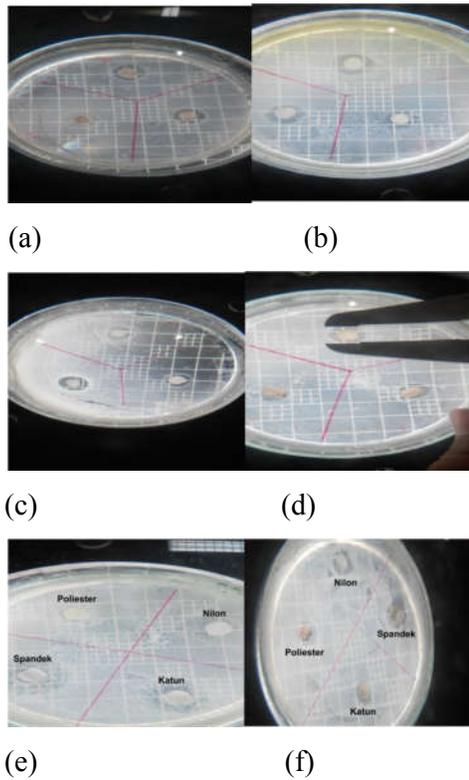


(a)

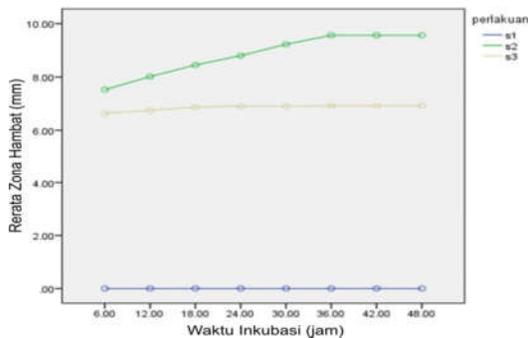


(b)

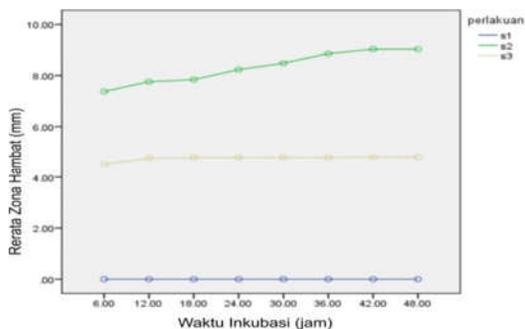
Gambar 4. Pengamatan Mikroskopik Perbesaran 1000x pada (a) *S. aureus* ATCC 25924 dan (b) *E. coli* ATCC 35218



Gambar 5. Uji zona hambat, (a) katun S2, (b) nilon S2, (c) poliester S2, (d) spandek S2, (e) semua kain S1, (f) semua kain S3.



Gambar 6. Grafik Zona Hambat Semua Perlakuan pada Bahan Tekstil terhadap *S. aureus* ATCC 25924 berdasarkan Jam Pengamatan.



Gambar 7. Grafik Zona Hambat Semua Perlakuan pada Bahan Tekstil terhadap *E.*

*coli* ATCC 35218 berdasarkan Jam Pengamatan.

Rerata diameter zona hambat keempat bahan tekstil antibakteri terhadap *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218 pada ketiga bahan uji (S1, S2, S3) memperlihatkan bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak mempunyai rerata zona hambat paling besar dibandingkan pada kontrol negatif maupun kontrol positif seperti terlihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Bahan tekstil tidak dilapisi apapun sebagai kontrol negatif tidak mempunyai aktivitas antibakteri, yang ditunjukkan dengan tidak adanya zona hambat pada semua sampel kain terhadap *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218. Bahan tekstil dilapisi kloramfenikol sebagai kontrol positif menunjukkan adanya zona hambat, tetapi rerata zona hambatnya masih di bawah rerata zona hambat bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak.

Berdasarkan Gambar 6 diketahui bahwa zona hambat bahan tekstil katun, nilon, poliester, spandek dilapisi nanopartikel perak terhadap *S. aureus* ATCC 25924 dari pengamatan jam ke-6 hingga jam ke-36 mengalami peningkatan dan jam ke-36 hingga jam ke-48 mengalami stagnasi. Berdasarkan Gambar 7 diketahui zona hambat bahan tekstil katun, nilon, poliester, spandek dilapisi nanopartikel perak terhadap *E. coli* ATCC 35218 dari pengamatan jam ke-6 hingga jam ke-42 mengalami peningkatan dan jam ke-48 mempunyai nilai sama dengan jam ke-42. Peningkatan diameter zona hambat merupakan aktivitas

eksponensial bakteri, sedangkan zona hambat mengalami stagnasi karena koloni bakteri sudah dalam posisi fase kematian (Kane dan Kandel, 2006: 385).

Hasil uji *one way* ANOVA dengan taraf 5% menunjukkan nilai Sig. = 0,000, karena nilai sig. < 0,05 maka berarti variasi bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap zona hambat pada bakteri uji *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218.

Tabel 1. Hasil uji lanjut LSD Semua Perlakuan pada Bahan Tekstil terhadap *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218

Perlakuan	Perbedaan Rerata Zona Hambat
S1 terhadap S2 dan S3	Signifikan
S2 terhadap S1 dan S3	Signifikan
S3 terhadap S1 dan S2	Signifikan

Berdasarkan uji lanjut LSD dengan taraf 5% pada semua perlakuan bahan tekstil terhadap *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218 dapat dilihat pada Tabel 1. Bahan tekstil yang tidak dilapisi mempunyai perbedaan rerata zona hambat yang signifikan terhadap bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak dan bahan tekstil dilapisi kloramfenikol begitupun sebaliknya. Hal tersebut bermakna bahwa bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak mempunyai pengaruh antibakteri yang nyata terhadap kedua bakteri uji tersebut.

Menurut Song *et al.* (2006: 58), mekanisme antibakteri dapat dijelaskan melalui interaksi nanopartikel perak mendekati pada membran sel bakteri uji selama proses difusi sel berjalan dan masuk ke dalam sel bakteri. Nanopartikel perak

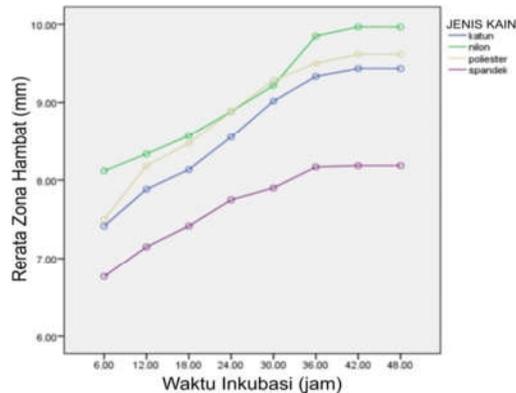
berinteraksi dengan membran sel bakteri yang mengandung protein dengan gugus fungsi sulfhidril sebagai komponen utamanya, kemudian senyawa perak menyerang rantai metabolisme bakteri, dan juga berinteraksi dengan molekul DNA hingga pada akhirnya sel bakteri mengalami kerusakan dan mengalami kematian.

Aktivitas antibakteri bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak terhadap *S. aureus* ATCC 25924 menunjukkan rerata zona hambat lebih besar dibandingkan dengan *E. coli* ATCC 35218. Hal tersebut menurut M. H. Anshari (2011: 46) *S. aureus* hanya mempunyai membran plasma tunggal dan *E. coli* memiliki sistem membran ganda, dimana membran plasmanya diselubungi oleh membran luar permeabel. Dengan demikian partikel nanopartikel perak lebih mudah melakukan difusi pada *S. aureus* karena mempunyai hambatan lebih kecil.

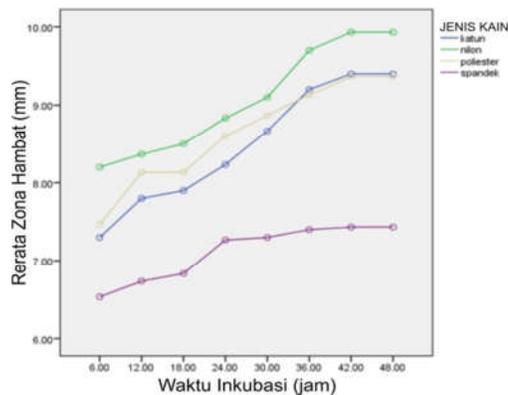
Berdasarkan deskripsi tersebut diketahui bahwa aktivitas antibakteri bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak termasuk dalam aktivitas bakteriosidal berspektrum luas. Aktivitas bakteriosidal berspektrum luas adalah aktivitas antibakteri yang membunuh bakteri patogen dari golongan gram positif maupun gram negatif (Sylvia T. Pratiwi, 2008: 154). Aktivitas bakteriosidal berspektrum luas pada bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak dipengaruhi oleh ukuran partikel nano, dalam penelitian ini nano yang digunakan dimungkinkan berukuran 12 nm. Menurut Agus Haryono dan Sri Budi Harmami (2010: 4), aktivitas antibakteri pada nanopartikel perak didukung oleh luas

permukaan partikel besar, sehingga memungkinkan terjadinya kontak sangat baik dengan mikroorganisme.

Perbedaan aktivitas antibakteri di antara kain katun, nilon, poliester, dan spandek yang dilapisi nanopartikel perak terhadap *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218 dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Grafik Zona Hambat Bahan Tekstil dilapisi Nanopartikel Perak terhadap *S. aureus* ATCC 25924 berdasarkan Jenis Bahan Tekstil.



Gambar 9. Grafik Zona Hambat Bahan Tekstil dilapisi Nanopartikel Perak terhadap *E. coli* ATCC 35218 berdasarkan Jenis Bahan Tekstil.

Berdasarkan grafik pada Gambar 8 dan 9 diketahui bahwa bahan tekstil yang mempunyai daya hambat paling besar terhadap *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218 adalah kain nilon, kemudian poliester, katun, dan yang terkecil adalah

kain spandek. Perbedaan zona hambat pada keempat kain terhadap *S. aureus* ATCC 25924 dan *E. coli* ATCC 35218 disebabkan oleh perbedaan banyak sedikitnya celah pada serat kait. Semakin banyak celah maka nanopartikel perak yang tertempel semakin banyak. Selain itu, disebabkan ada tidaknya pasangan elektron bebas pada gugus fungsi polimer bahan tekstil katun, nilon, poliester, dan spandek. Pasangan elektron bebas tersebut akan berikatan kovalen kordinasi dengan nanopartikel perak. Ikatan kovalen kordinasi terjadi dengan cara pemakaian bersama pasangan elektron yang berasal dari salah satu atom pasangan elektron bebas pada kain, sedangkan nanopartikel perak ( $Ag^0$ ) hanya menyediakan orbital kosong yang menerima pasangan elektron yang dan digunakan bersama (Wulan Yunianingsih dan Suyono, 2013: 4).

Bahan tekstil nilon mempunyai struktur kimia berupa rantai senyawa panjang poliamida sintetik dengan gugus berulang -CONH. Gugus -CONH mempunyai pasangan elektron bebas pada atom O dan N, sehingga kemungkinan mengikat nanopartikel perak lebih banyak. Selain itu, serat poliamida mempunyai penampang melintang paling umum adalah bentuk trilobal dan bulat yang menyebabkan banyaknya celah antar serat pada kain nilon (Noerati dkk., 2013: 19), sehingga nanopartikel perak banyak menempel pada celah antar kain nilon. Berdasarkan Gambar 8 dan 9 bahwa zona hambat kain nilon lebih besar dari pada poliester, katun, dan spandek. Hal tersebut karena nilon

mempunyai pasangan elektron bebas pada atom O dan N, sedangkan poliester dan katun hanya mempunyai pasangan elektron bebas pada atom O serta spandek tidak mempunyai pasangan elektron bebas.

Poliester tersusun atas gugus fungsi –COO. Gugus –COO mempunyai pasangan elektron bebas pada atom O yang berinteraksi dengan nanopartikel perak membentuk ikatan –OAg. Secara umum serat poliester berbentuk silinder lurus untuk penampang membujur dan bulat untuk penampang melintang yang menyebabkan banyaknya celah antar serat pada kain poliester (Noerati dkk., 2013: 17), sehingga nanopartikel perak banyak yang menempel pada celah antar kain poliester. Berdasarkan Gambar 8 dan 9 diketahui bahwa zona hambat poliester lebih kecil dari pada nilon, akan tetapi perbedaan itu tidak signifikan. Perbedaan yang tidak signifikan dikarenakan kain nilon dan poliester sama-sama mempunyai celah antar serat yang banyak.

Katun memiliki gugus berupa –OH, yang mempunyai pasangan elektron bebas pada atom O yang dapat berinteraksi dengan nanopartikel perak membentuk ikatan –OAg. Serat kapas mempunyai bentuk seperti pita terpilin pada penampang membujur dan pada penampang melintang seperti ginjal dengan lubang ditengah disebut lumen yang menyebabkan banyaknya celah antar serat pada kain katun (Noerati dkk., 2013: 7). Berdasarkan Gambar 8 dan 9 diketahui bahwa katun mempunyai rerata zona hambat lebih rendah dari nilon dan poliester. Hal

tersebut karena katun mempunyai permukaan serat yang luas dan katun bersifat hidrofilik, sehingga menjadikan katun sebagai media yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme (Agus Haryono dan Sri Budi Harmami, 2010: 5).

Spandek merupakan serat buatan berpolimer yang mempunyai ciri khas adanya gugus fungsi uretan (-NHCOO-) dalam rantai utama polimer. Gugus -NHCOO tidak mempunyai pasangan elektron bebas. Hal tersebut terjadi karena adanya interaksi di antara rantai polimer pada spandek. Spandek mempunyai penampang membujur silinder lurus dan penampang melintang berbentuk tulang anjing, ketika dibuat benang permukaan antar serat cenderung menempel satu sama lain, sehingga menyebabkan jumlah celah antar serat sedikit (Noerati, dkk., 2013: 23). Berdasarkan Gambar 8 dan 9 diketahui spandek mempunyai rerata zona hambat paling rendah di antara nilon, poliester, dan katun. Hal tersebut karena permukaan antar serat spandek cenderung menempel satu sama lain menyebabkan sedikitnya celah antar serat dan tidak adanya pasangan elektron bebas pada gugus fungsi uretan, sehingga nanopartikel perak yang menempel pada serat kain spandek lebih sedikit dari nilon, poliester, dan katun.

Tabel 2. Hasil uji lanjut LSD Zona Hambat Bahan Tekstil dilapisi Nanopartikel Perak terhadap *S. aureus* ATCC 2592 dan *E. coli* ATCC 35218

Bahan Tekstil	Perbedaan Rerata Zona Hambat
Katun terhadap Nilon	Tidak signifikan
Katun terhadap Poliester	Tidak signifikan
Katun terhadap Spandek	Signifikan
Nilon terhadap Katun	Tidak signifikan
Nilon terhadap Poliester	Tidak signifikan
Nilon terhadap Spandek	Signifikan
Poliester terhadap Katun	Tidak signifikan
Poliester terhadap Nilon	Tidak signifikan
Poliester terhadap Spandek	Signifikan
Spandek terhadap Katun	Signifikan
Spandek terhadap Nilon	Signifikan
Spandek terhadap Poliester	Signifikan

Katun, nilon, dan poliester dilapisi nanopartikel perak mempunyai perbedaan rerata zona hambat yang signifikan terhadap kain spandek dilapisi nanopartikel perak begitupun sebaliknya, sedangkan di antara kain katun, kain nilon, dan kain poliester dilapisi nanopartikel perak perbedaan zona hambatnya tidak signifikan seperti terlihat pada Tabel 2. Katun, nilon, poliester menunjukkan hasil uji perbedaan zona hambat tidak signifikan dikarenakan jenis kain tersebut mempunyai gugus fungsi bersifat elektronegativitas yang terdapat pasangan elektron bebas dan sama-sama mempunyai banyak celah antar seratnya. Spandek menunjukkan perbedaan rerata zona hambat signifikan di antara katun, nilon, poliester karena spandek tidak mempunyai pasangan elektron bebas dalam gugus fungsinya dan mempunyai sedikit celah antar seratnya.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. *Corynebacterium glutamicum* FHCC-0062 dapat mereduksi perak nitrat menjadi nanopartikel perak
2. Bahan tekstil dilapisi nanopartikel perak mempunyai sifat antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25924 dan *Escherichia coli* ATCC 35218
3. Terdapat perbedaan aktivitas antibakteri di antara kain katun, nilon, poliester, dan spandek dilapisi Nanopartikel Perak terhadap *S. aureus* ATCC 25924

4. Terdapat perbedaan aktivitas antibakteri di antara kain katun, nilon, poliester, dan spandek yang dilapisi Nanopartikel Perak terhadap *E. coli* ATCC 35218.

### Saran

1. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui mekanisme biosintesis nanopartikel perak oleh *Corynebacterium glutamicum* FHCC-0062
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai ukuran nanopartikel paling efektif untuk digunakan sebagai agen antibakteri
3. Perlu dilakukan penelitian mengenai mekanisme antibakteri nanopartikel perak terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agus Haryono dan Sri Budi Harmami. 2010. Aplikasi Nanopartikel Perak Pada Serat Katun Sebagai Produk Jadi Tekstil Antimikroba. *Jurnal Kimia Indonesia*. 5 (1): 1-6.
- Duran, N., Marcato, P. D., Souza, G. I. H. D., Alves, O. L., Esposito E. 2007. Antibacterial Effect of Silver Nanoparticles Produced by Fungal Process on Textile Fabrics dan Their Effluent Treatment. *Journal of Biomedical Nanotechnology*. Vol.3, 203-208.
- Dwidjoseputro. 2008. Aktivitas Antimikroba Bumbu Masakan Tradisional Hasil Olahan Industri Terhadap Bakteri Patogen Dan Perusak. *Jurnal Teknologi Pangan*. Vol XI No.2. Jakarta: ISSN.
- Elumalai, E.K., Prasad, P.C. Nagajyothi dan E. David. 2011. A Bird's eye view on Biogenic Silver nanoparticles dan Their Application. *Pelagia Research Library*, 2(2): 88-97.
- Kane, Mc. dan Kandel. 2006. *Basic Food Microbiology*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Li, X., Xu, H., Chen, Z. S., Chen, G. 2011. Biosynthesis of Nanoparticles by Microorganisms dan Their Applications. *Journal of Nanomaterials*. ID 270974: 1-16.

- M. H. Anshari. 2011. Pengaruh Penambahan Senyawa Polisiloksan pada Komposit Katun dan Poliester dengan Nanosilver terhadap Stabilitas Antibakteri. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Margareta Dian Purnomosari. 2015. Sintesis Antibakteri Nanopartikel Perak menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle linn*) dengan Irradiasi Microwave. *Skripsi*. Semarang: UNNES.
- Maria Ulfa, Praptining Rahayu, Lussana Rossita Dewi. 2013. Konsep Pengetahuan Lingkungan Green Chemistry pada Program Studi Pendidikan Biologi. *Prosiding Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS*. 10 (3).
- Michael, T., Martinko, J., Paul, D., Clark. 2009. *Biology of Microorganisms*. Twelfth Edition. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.
- Noerati, Gunawan, M. Ichwan, Atin, S. 2013. Teknologi Tekstil. *Bahan Ajar Pendidikan dan Latihan Profesi Guru (PLPG)*. Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil: Bandung.
- Sileikaite, A., Prosycevas, I., Puiso, J., Juraitis, A., Guobiene, A. 2006. Analysis of Silver Nanoparticles Produced by Chemical Reduction of Silver Salt Solution. *ISSN Materials Science*. 12 (4): 1392–1320.
- Sneha, K., Sathishkumar, S., Mao, J., Kwak, I. S., Yun, Y. S. 2010. Corynebacterium glutamicum-mediated crystallization of silver ions through sorption and reduction processes. *Journal of Chemical Engineering*. Vol. 162 (989–996).
- Solomon, S. D., Bahadory, M., Jeyarajasingam, V., Rutkowsky, S. A., dan Boritz, C. 2007. Synthesis and Study of Silver Nanoparticles. *Journal of Chemical Education*. 84 (2): 322-325.
- Song, H. Y., Ko, K., OH, I., Lee, B. T. 2006. Fabrications of Silver Nanoparticles and their Antimicrobial Mechanisms. *European Cells dan Materials*. 11 (1): 58.
- Sylvia T. Pratiwi. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta: Erlangga.
- Wulan Yunianingsih dan Suyono. 2013. Tingkat Keterampilan Berpikir Siswa Saling Bergantung (Dependen) dengan Tingkat Penguasaan Konsep Siswa pada IKatan Kimia. *Journal of Chemical Education*. 2 (1): 1-10.
- Zielinska, A., Skwarek, E., Zaleska, A., Gazda, A., Hupka, J. 2009. Preparation of silver nanoparticles with controlled particle size. *Procedia Chemistry*. 1: 1560–1566.