

Uji Potensi Antifungi Koloid Perak Nanopartikel (AgNPs) terhadap *Aspergillus niger*

Witiyasti Imaningsih^{1*}, Ahmad Budi Junaidi², Imam Kurniawan¹

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714.

²Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714

*E-mail: witiyasti.imaningsih@gmail.com

ABSTRACT

Silver nanoparticles (AgNPs) antimicrobial activity has known to be more effective than any antibiotics. Diseases which caused by pathogenic fungi has increased because of the ability of pathogenic fungi to survive against antibiotic. Silver nanoparticles have the ability to inhibit the transport material from the environment around microorganisms. The aims of this study are to measure the value of Minimal Inhibitory Concentrations (MIC) and Minimal Fungicidal Concentrations (MFC) of colloidal AgNPs to *Aspergillus niger*. MIC and MBC are determined based on the correlation between concentration of colloidal AgNPs and biomass of *Aspergillus niger*. Measurement of *Aspergillus niger* biomass based on treatments of *Aspergillus niger* spore which was applied by various concentrations of the colloidal AgNPs. *Aspergillus niger* spores were incubated for 5 days at room temperature above orbital shaker. MIC of colloidal AgNPs was *Aspergillus niger* was $1,18 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. MFC of colloidal AgNPs to *Aspergillus niger* is $60,57 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Keywords: *Minimal Inhibitory Concentration (MIC)*, *Minimal Fungicidal Concentration (MFC)*.

PENDAHULUAN

Logam nanopartikel (MNPs) adalah salah satu bahan yang dapat dilapiskan pada tekstil. Logam yang telah dilapiskan pada kain dan produk medis masih memiliki sifat antibakteri dan antifungi. Reduksi ion Ag^+ dalam larutan akan membentuk koloid yang mengandung partikel

$\text{Ag}_{(s)}$ berukuran beberapa nanometer (Arora 2011). Beberapa jenis logam dapat memiliki sifat antibakteri karena mampu melepas ion yang mampu berikatan dengan dinding sel bakteri dan menghentikan transportasi elektron sel bakteri dengan lingkungan di sekitar sel. Logam yang dapat digunakan sebagai bahan

antibakteri diantaranya adalah tembaga (Cu), Perak (Ag) dan Emas (Au) (Talaro, 2008). Perak (Ag) adalah logam yang paling memungkinkan digunakan sebagai bahan antibakteri karena memiliki harga yang relatif murah dan tingkat toksisitas yang rendah (Thirumurungan & Dhanaraju, 2011).

Perak nanopartikel mampu membunuh bakteri dengan melepas ionnya yang bereaksi pada peptidoglikan. Perak nanopartikel akan mengalami deformasi secara perlahan dan melepas ion Ag^+ yang akan mengikat peptidoglikan pada dinding sel bakteri sehingga sel tidak dapat membentuk septum (Kohanski *et al.*, 2010). Perak nanopartikel juga mempunyai kemampuan sebagai fungisida, contoh logam antifungi yang umum digunakan adalah seng (Zn) dalam bentuk *Zinc Pyrrotyrox* (ZPTO) (Khaydarov *et al.*, 2009).

Bryaskova *et al.* (2010) menyatakan bahwa Ag nanopartikel mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus subtilis* pada konsentrasi 0,015 mg/mL. Selain menghambat pertumbuhan bakteri

perak nanopartikel juga mampu menghambat pertumbuhan fungi *Candida albicans*, *C. krusei*, *C. tropicalis*, *C. glabrata* dan *Aspergillus brasiliensis* pada konsentrasi yang berbeda.

Menurut Pulit *et al.* (2013), nanopartikel perak mampu menghambat fungi dengan cara menempel pada semua bagian fungi dari sporangiorpor, konidia dan spora. Perak nanopartikel yang telah menempel pada spora fungi menyebabkan fungi tidak dapat berkembang dan pertumbuhan fungi terhambat.

Fungi merupakan salah satu mikroorganisme penyebab penyakit, fungi bersifat eukariotik, memiliki dinding sel dengan struktur kitin, glukukan, mannan dan protein. Fungi berkembangbiak secara vegetatif dan generatif dengan berbagai macam spora. Spora *Aspergillus niger* dapat menyebar dan berkembang. Sifat-sifat ini menyebabkan fungi lebih sulit dikendalikan dibandingkan bakteri (Denning, 1991).

Penyakit yang disebabkan oleh strain fungi oportunistik telah meningkat akhir-akhir ini, sebagian besar terinfeksi fungi yang

disebabkan oleh spesies *Aspergillus* dan *Candida* (Brooks *et al.*, 2001). *Aspergillus niger* menghasilkan toksin yang dapat menyebabkan kematian bagi manusia dengan daya tahan tubuh rendah. Toksin yang terdapat pada *A. niger* dapat terhirup oleh manusia dan menyebabkan penyakit paru-paru yang dikenal sebagai *Aspergillosis* yang telah menginfeksi lebih dari 300.000 orang di seluruh dunia (Keir *et al.*, 2013).

Pengendalian fungi patogen sebagian besar masih dilakukan dengan antibiotik. Resistensi mikroorganisme terhadap antibiotik terjadi karena adanya adaptasi mikroorganisme terhadap senyawa antibiotik. Adaptasi tersebut dapat terjadi jika bahan antibiotik yang digunakan tidak sesuai dengan target mikroorganisme yang akan dilawan. Salah satu alternatif bahan yang dapat digunakan untuk menghindari resistensi mikrob terhadap antibiotik adalah penggunaan AgNPs. AgNPs memiliki beberapa mekanisme penghambatan terhadap mikroba sekaligus sehingga sulit untuk mikroba untuk beradaptasi (Chakrabarti, 2011). Junaidi *et al.* (2014) berhasil mensintesis AgNPs

dengan *capping agent* kitosan dan PEG. Hasil uji antibakteri terhadap *E. coli* dan *S. aureus* menunjukkan bahwa AgNPs tersebut memiliki sifat antibakteri yang baik. Koloid dengan reduktor glukosa adalah salah satu koloid terbaik berdasarkan hasil urutan ukuran nanopartikel dan kemampuan antibakterinya.

Berdasarkan hal tersebut koloid perak nanopartikel AgNPs reduktor glukosa dengan *capping agent* kitosan dan PEG dapat dimaksimalkan sebagai agen antifungi terutama terhadap *A. niger*. Oleh karena itu dilakukan pengujian tentang potensi koloid perak nanopartikel sebagai antifungi *A. niger* serta nilai *MIC* dan *MFC*.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Koloid Perak Nanopartikel

Pembuatan koloid dilakukan dengan mencampurkan larutan AgNO₃ 250 ppm dengan larutan *capping agent* (kitosan 1% dan PEG 1%). Campuran dipanaskan selama 1 jam sambil diaduk sehingga homogen. Campuran yang telah homogen ditambahkan dengan larutan reduktor. Reduktor yang digunakan

adalah glukosa dengan perbandingan antara AgNO₃ dengan glukosa 1:2.

Peremajaan dan Perbanyakan Isolat Uji

Peremajaan dan perbanyakan isolat fungi untuk pengujian dilakukan menggunakan medium PDA. *Aspergillus niger* diinokulasikan ke cawan berisi 15 mL PDA dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang.

Uji Aktivitas Antifungi Koloid Perak Nanopartikel (AgNPs) terhadap *Aspergillus niger*

Nilai pemberian konsentrasi perak nanopartikel berdasarkan pada penelitian Pulit *et al.* (2013) dengan modifikasi. Suspensi perak nanopartikel dengan berbagai macam konsentrasi $\mu\text{L/L}^{-1}$ menurut Brooks *et al.* (2001) yaitu (75,00, 37,5, 18,75, 9,37, 4,68, 2,34, 1,17). 0,1 ml suspensi spora (10^5 spora/ml) dimasukkan kedalam Suspensi koloid perak nanopartikel dengan berbagai macam konsentrasi (Pulit *et al.*, 2013) dengan modifikasi. Perhitungan jumlah spora yang akan diberikan pada medium PDA dan PDB dilakukan dibawah mikroskop menggunakan *Haemocytometer*

dengan rumus Gabriel & Riyanto (1989).

$$S = \frac{t \cdot d}{n \cdot 0,25} \times 10^6$$

- S : jumlah spora
 t : jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati
 d : tingkat pengenceran
 n : jumlah kotak sampel yang diamati

Koloid perak nanopartikel yang berisi campuran spora *A. niger* dituang sebanyak 0,1 ml di atas media PDA yang sebelumnya sudah dituang dicawan, diratakan menggunakan *Spridder* kemudian diinkubasi 28 °C. Diamati dan diukur luas pertumbuhannya setiap hari selama 5 hari.

Reduksi pertumbuhan *A. niger* diamati secara visual dengan membandingkan hasil jumlah reduksi dengan hasil pada kontrol. Perhitungan reduksi pertumbuhan dilakukan dengan membandingkan luas daerah pertumbuhan *A. niger* yang diberi perlakuan dengan kontrol dikalikan 100% (Pulit *et al.*, 2013).

Luas pertumbuhan koloni *Aspergillus niger* ditentukan dengan metode gravimetric menurut Sitompul dan Bambang Guritno (1995) dengan modifikasi. Caranya dengan membuat gambar lingkaran plastik(menyerupai

bentuk dasar cawan) yang berisi garis kotak-kotak dengan luas kotak 0,25 cm², lingkaran plastik ditempelkan dibawah cawan di atas *colony counter* . Perhitungan dilakukan dengan cara hanya menghitung kotak-kotak yang tidak ada tumbuhnya fungi. Persentase penghambatan dihitung dengan modifikasi menggunakan rumus (%P) (Pande *et al.*, 1982).

$$\%P = \frac{K - Pr}{K}$$

P : Penghambatan

K : Jumlah spora/luas koloni kontrol

Pr : Jumlah spora atau luas koloni perlakuan.

Pengaruh Koloid Perak Nanopartikel terhadap Biomassa *A. niger*

Koloid perak nanopartikel dengan *capping agent* kitosan dan PEG disiapkan dengan berbagai macam konsentrasi (µL/L⁻¹) menurut Brooks *et al.* (2001) (75,00, 37,5, 18,75, 9,37, 4,68, 2,34, 1,17). Koloid perak nanopartikel dengan berbagai macam konsentrasi dimasukkan dalam Labu Erlenmeyer berukuran 250 ml, kemudian sebanyak 62,5 ml PDB ditambahkan kedalamnya. Campuran Koloid + PDB kemudian ditambahkan 0,1 ml suspensi spora (10⁵ spora/ml). Selanjutnya diletakkan dalam *orbital shaker*

selama 5 hari dan diinkubasi pada suhu ruang.

Setelah 5 hari inkubasi, disiapkan untuk kertas saring dan corong untuk memisahkan endapan *A. niger* dengan cairan koloid perak nanopartikel bercampur medium PDB. Berat kertas saring ditimbang lalu dicatat beratnya, setelah semuanya disaring kemudian dimasukan kedalam oven pada suhu 77°C selama 4 jam. Setelah 4 jam semua kertas saring dengan endapan yang sudah kering ditimbang lalu dicatat. Berat biomassa fungi diperoleh dari berat kertas saring dengan endapan yang sudah kering dikurangi berat kertas saring.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Koloid Perak Nanopartikel (AgNPs)

Sintesis koloid perak nanopartikel dilakukan dengan reduksi kimia dengan glukosa sebagai reduktor. Agar ukuran perak nanopartikel stabil dan tidak mengalami penggumpalan maka digunakan *capping agent* yaitu kitosan dan polietilena glikol (PEG). Warna koloid AgNPs yang dihasilkan adalah kuning pekat dan tidak terlihat adanya partikel berwarna hitam.

Warna kuning menunjukkan terbentuknya AgNPs pada koloid. Warna kuning yang pekat mengindikasikan bahwa terbentuk banyak partikel AgNPs pada koloid. Koloid AgNPs hasil sintesis tidak menunjukkan endapan partikel hitam. Tidak adanya endapan mengindikasikan Ag yang terbentuk adalah nanopartikel (ukuran partikel <100 nm) bukan *bulk* (ukuran partikel >100 nm) (Junaidi *et al.*, 2014). Koloid dengan warna pekat dan tidak menunjukkan adanya partikel lain (pengotor maupun endapan komponen penyusun koloid) lebih stabil dan memiliki sebaran partikel yang merata (Van Phu *et al.*, 2014).

Uji Aktivitas Antifungi AgNPs terhadap Biomassa *A. niger*

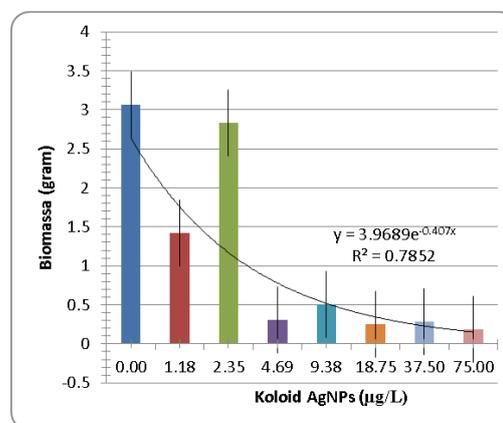
Berdasarkan pengamatan diketahui bahwa biomassa *A.niger* asal spora yang direndam koloid perak nanopartikel memiliki biomassa yang bervariasi (Tabel 1).

Terlihat adanya korelasi negatif antara konsentrasi koloid AgNPs yang ditambahkan dengan biomassa *A. niger*. Namun pada konsentrasi 2,35µg^b biomassa *A. niger* mengalami kenaikan dari perlakuan dengan konsentrasi 1,18 µg/L. Pada

Gambar 1 dapat dilihat hubungan antara konsentrasi koloid AgNPs yang ditambahkan dengan biomassa *A. niger* membentuk kurva eksponensial.

Tabel 1. Biomassa *A.niger* pada medium perlakuan konsentrasi koloid AgNPs dengan masa inkubasi 5 x 24 jam.

Konsentrasi koloid AgNPs (µL/L)	Rata-rata biomassa <i>A.niger</i> (g)
0,00	3,06
1,18	1,42
2,35	2,83
4,69	0,31
9,38	0,51
18,75	0,25
37,50	0,29
75,00	0,19



Gambar 1. Biomassa *A. niger* yang ditumbuhkan pada medium perlakuan berbagai konsentrasi koloid AgNPs.

Ketahanan Spora *A. niger* terhadap Perlakuan Koloid AgNPs

Pada Tabel 2 terlihat bahwa *A.niger* asal spora yang direndam koloid perak nanopartikel dengan konsentrasi 9,38 µg/L – 75,00 µg/L

Tabel 2. Rata rata luas koloni *A. niger* ditumbuhkan dari spora yang diberi perlakuan penambahan koloid AgNPs berbagai konsentrasi selama 20 menit.

Konsentrasi Koloid AgNPs (µg/L)	Rata-rata Luas Koloni <i>A.niger</i> (cm ²)/hari			
	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5
0,00	53,13	57,25	59,50	60,50
1,18	33,75	58,50	61,88	62,63
2,35	47,25	57,75	58,38	59,75
4,69	37,75	57,50	59,50	61,25
9,38	0,00	57,25	60,25	61,13
18,75	0,00	50,63	55,75	58,25
37,50	0,00	46,75	54,63	56,13
75,00	0,00	5,13	18,38	37,63

mengalami penghambatan pertumbuhan dibandingkan dengan perlakuan perendaman pada konsentrasi 0 µg/L-4,69 µg/L. Penghambatan pertumbuhan mulai terlihat pada hari ke-2 inkubasi. Hal tersebut terlihat dari rata-rata luas koloni *A. niger* pada hari ke-2 semakin tinggi konsentrasi yang diberikan semakin rendah luas rata-rata koloni *A. niger*.

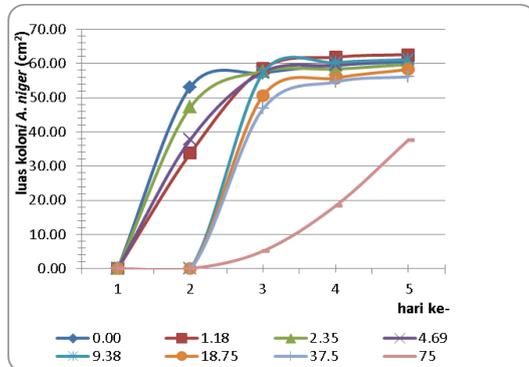
Rata-rata luas koloni *A. niger* pada hari ke-2 di konsentrasi 9,38 µg/L–75,00 µg/L pada Tabel 2 tertulis nilai 0,00, karena sebenarnya pada konsentrasi tersebut koloni *A. niger* terdapat pertumbuhan namun dengan koloni yang sangat tipis. Koloni tersebut akan terlihat jika koloni *A. niger* yang ada dicawan didekatkan dengan pengamatan yang sangat dekat, sedangkan untuk semua pengamatan dan perhitungan

dilakukan diatas alat *colony counter*. Pada pengamatan dengan *colony counter* mempunyai jarak standar dalam melakukan pengamatan dan perhitungan, jadi pada koloni yang tumbuh tipis dan hanya dapat terlihat dengan pengamatan diluar standar, maka dalam hasil pengamatan dan perhitungan tidak disertakan atau nilai nol.

Nilai nol yang tidak disertakan dalam hasil karena diluar standar pengamatan dapat dilihat pada pengamatan hari ke-3. Pengamatan hari ke-3 terlihat luas koloni mempunyai nilai yang hampir sama dengan konsentrasi-konsentrasi lain pada hari ke-3.

Secara umum, pada konsentrasi koloid perak nanopartikel sudah memberikan pengaruh penghambatan pertumbuhan hifa, meskipun pada hari berikutnya luas diameter koloni

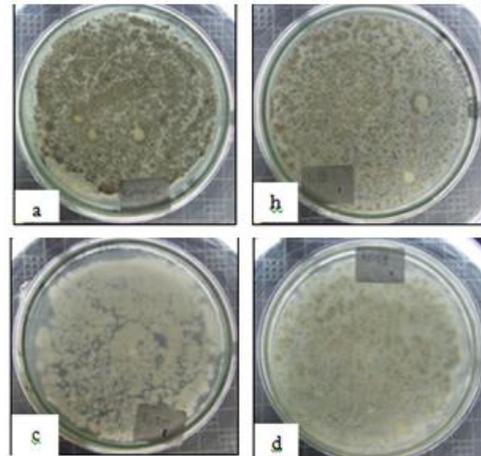
A. niger asal spora dengan perlakuan koloid tidak berbeda dengan 0 µg/L (tanpa pemberian koloid perak nanopartikel). Namun produksi sporanya terlihat terhambat (Gambar 3). Pada spora tanpa perlakuan, koloni yang tumbuh terlihat memproduksi spora dalam jumlah yang lebih banyak dengan koloid dari spora dengan perlakuan perendaman koloid.



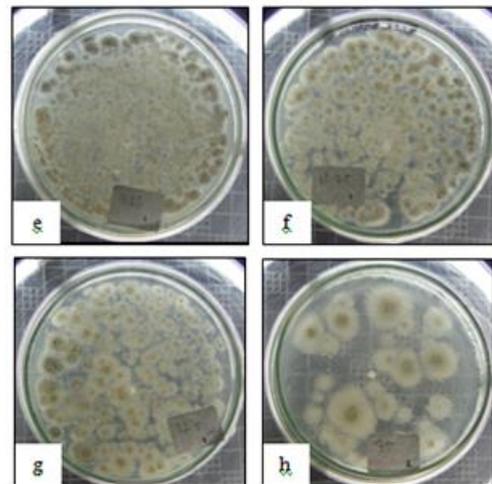
Gambar 2. Grafik pertumbuhan luas koloni *A. niger* yang ditumbuhkan dari spora dengan perlakuan perendaman berbagai konsentrasi koloid AgNPs selama 20 menit, legenda menunjukkan konsentrasi AgNPs (µg/L).

Pada Gambar 2 dapat terlihat koloid AgNPs dengan konsentrasi 75,00 µg/L mempunyai nilai luas koloni *A. niger* terendah dibandingkan dengan konsentrasi lainnya. Luas koloni *A. niger* dengan konsentrasi 75,00 µg/L dengan konsentrasi 75,00 µg/L pada hari ke-5 dengan cawan hanya 50 % dari luas

keseluruhan dari cawan, sedangkan pada konsentrasi-konsentrasi lain luas koloni yang terbentuk berkisar 95% dari luas cawan.



Gambar 3. Koloni *A. niger* asal spora yang direndam koloid perak nanopartikel pada konsentrasi : a. 0 µg/L, b. 1,18 µg/L, c. 2,35 µl/L, d. 4,69 µg/L pada medium PDA yang diinkubasi selama 5 x 24 jam dengan suhu 28°C.



Gambar 4. Koloni *A. niger* asal spora yang direndam koloid perak nanopartikel pada konsentrasi : e. 9,38 µg/L, f. 18,75 µg/L, g. 37,5 µg/L dan h. 75,00 µg/L, pada medium PDA yang diinkubasi selama 5 x 24 jam dengan suhu 28°C.

Pembahasan

Sintesis Koloid Perak Nanopartikel (AgNPs)

Koloid AgNPs disintesis melalui metode reduksi kimia, Sintesis dilakukan pada suhu 60°C dengan lama reaksi pembentukan 3 jam sesuai dengan prosedur sintesis. Partikel Ag yang terbentuk selama reaksi berinteraksi dengan gugus hidroksil pada kitosan dan PEG sehingga ukuran partikel tidak melebihi 100 nm. Partikel Ag dengan ukuran partikel >100 nm dapat terlihat di dasar larutan sebagai *bulk* yang tidak stabil dan mudah beraglomerasi (Junaidi *et al.*, 2014). Reduksi Ag⁺ terjadi dengan memanfaatkan reaksi oksidasi glukosa (oksidasi pembakaran). Glukosa pada temperatur 60°C akan mengalami oksidasi dan menghasilkan elektron yang diperlukan ion Ag⁺ untuk melengkapi pasangan elektron valensinya membentuk Ag⁰.

Joshi *et al.* (2008) menyebutkan AgNPs dengan diameter partikel 40-100 nm dapat menghamburkan cahaya optik karena adanya resonansi antara gelombang cahaya dengan elektron-elektron pada permukaan logam.

Osilasi gabungan dari resonansi antara gelombang cahaya optis dengan partikel-partikel AgNPs dikenal sebagai *localized surface plasmon resonance* (LPSR). Wahyudi (2015) menyatakan bahwa koloid AgNPs yang disintesis dengan reduktor glukosa dan *capping agent* kitosan memiliki puncak serapan gelombang pada λ 406 – 408 nm. Panjang gelombang tersebut setara dengan panjang gelombang kuning pada spektrum warna visual. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa AgNPs terbentuk pada reaksi yang telah dilakukan.

Uji Aktivitas Antifungi Koloid (AgNPs) terhadap Biomassa *A. niger*

Berdasarkan hasil pengukuran biomassa fungi seperti terlihat pada Tabel 1, didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi koloid perak nanopartikel yang diberikan maka semakin rendah biomasanya. Pada konsentrasi 0 µl/L, berat biomassa *A. niger* yaitu 3,06 gram lalu mengalami penurunan biomassa dari konsentrasi 1, 18 µl/L, 4,69 µl/L, 9,38 µl/L, 18.75 µl/L, 37.5 µg/L dan 75,00 µl/L. Namun

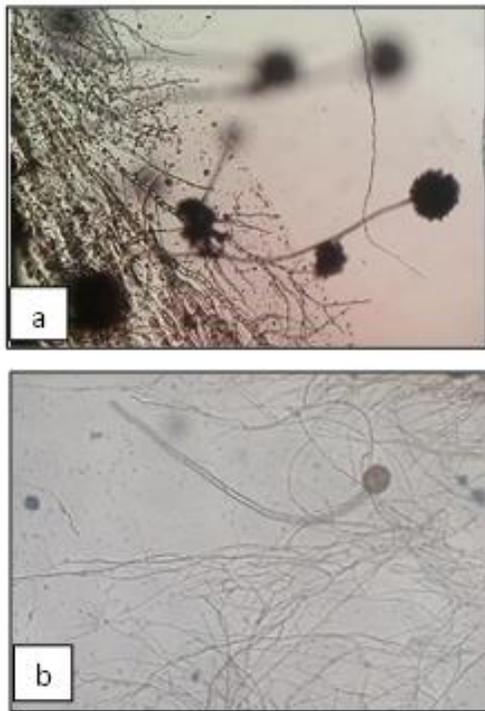
pada konsentrasi 2,35 µg/L, mengalami peningkatan biomassa dari pemberian AgNPs konsentrasi 1, 18 µg/L dengan berat 1,42 gram menjadi 2,83 gram. Peningkatan berat biomassa pada perlakuan koloid AgNPs dengan konsentrasi 2,35 µg/L diperkirakan dipengaruhi oleh kitosan yang terdapat dalam koloid AgNPs, diduga pada konsentrasi tersebut jumlah kitosan yang terkandung dalam koloid AgNPs merupakan jumlah yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan fungi. Menurut Palma *et al.* (2007), kitosan pada konsentrasi 0,01-1 mg ml⁻¹ mampu mendukung pertumbuhan spora pada beberapa jenis fungi. Efek kitosan pada fungi berbeda-beda tergantung dari jenis dan sumber fungi itu berasal.

Kitosan yang terkandung dalam konsentrasi 2,35 µg/L adalah 0,005 g artinya kitosan pada konsentrasi tersebut mampu mendukung pertumbuhan fungi. Pada konsentrasi koloid AgNPs 4,69 µg/L, terkandung kitosan 0,01 g. Sementara itu, kandungan kitosan termasuk kedalam konsentrasi untuk mendukung pertumbuhan fungi, meskipun

biomassa yang didapatkan hanya 0,31 g. Hal itu terjadi karena jumlah perak nanopartikel lebih banyak daripada pada koloid dengan konsentrasi 2,35 µg/L, sehingga efek kitosan yang membantu pertumbuhan fungi tidak efektif. Kitosan dalam jumlah yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme bisa menjadi agen antifungi dan antibakteri.

Pengaruh Koloid Perak Nanopartikel Terhadap Spora *A. niger*

Perak nanopartikel menghambat kemampuan *A. niger* dalam mengabsorpsi nutrisi disekitar fungi untuk pertumbuhannya, hal tersebut membuat spora yang telah direndam dalam cairan koloid perak nanopartikel mampu tumbuh tapi tidak dapat berkembang. Bagian-bagian *A. niger* mampu tumbuh namun tidak dapat menghasilkan spora (Gambar 5a). *A. niger* yang tanpa diberikan koloid perak nanopartikel sporanya sangat terlihat jelas (Gambar 5b).



Gambar 5. Struktur *A. niger* tanpa pemberian koloid AgNPs (a) dan dengan pemberian koloid AgNPs (b).

Pada pengamatan dan perhitungan luas koloni, warna spora dengan pemberian koloid perak nanopartikel terlihat berwarna putih dan pembentukan sporanya terhambat (Gambar 5a & b). Warna putih pada koloni *A. niger* disebabkan kemampuan fungi yang dapat menghasilkan spora terganggu karena koloid perak nanopartikel (Gambar 5b). Donescu *et al.* (2012) menguji aktivitas antifungi AgNPs terhadap beberapa spesies fungi. Hasil pengujian menunjukkan AgNPs hasil

sintesis mampu menghambat pertumbuhan fungi pada masa inkubasi 1-3 hari. Pada masa inkubasi 4-7 hari pertumbuhan misellium mulai tampak tapi dengan koloni yang tipis. Pola hambatan pertumbuhan tersebut serupa dengan pola penghambatan pada perlakuan perendaman spora *A. niger* dalam koloid berbagai konsentrasi. Perlakuan pada koloid konsentrasi rendah menunjukkan pertumbuhan *A. niger*. Penghambatan *A. niger* dalam menghasilkan spora karena perak nanopartikel menghambat pada bagian fungi yang memiliki jumlah protein yang lebih sedikit. Pada bagian sporangiopor merupakan bagian fungi yang memiliki jumlah protein yang sedikit, sehingga saat diberikan perak nanopartikel bagian fungi tersebut merupakan bagian yang paling dirusak perak nanopartikel.

Hasil pengamatan luas dan kepadatan tutupan *A. niger* terhadap medium dalam cawan yang diberi perlakuan perak nanopartikel dipengaruhi oleh konsentrasi koloid perak nanopartikel, diamati luas dan kepadatan koloninya. Pada Konsentrasi 1,18 $\mu\text{g/L}$ -4,69 $\mu\text{g/L}$

koloni *A. niger* yang tumbuh tebal dan luas serta koloninya menyebar rapat di permukaan cawan (Gambar 3b, c, d). Pada konsentrasi 9,38 µg/L-37,5 µg/L koloni *A. niger* yang tumbuh tetap menyebar tapi dengan jarak pada setiap koloninya lebih renggang dibandingkan konsentrasi 1,18 µg/L-4,69 µg/L (Gambar 4e, f, g).

Pada konsentrasi 75,00 µg/L, koloni *A. niger* yang tumbuh menyebar namun hanya beberapa koloni saja, tiap 1 koloninya yang tumbuh lebih luas dibandingkan dengan koloni yang tumbuh pada perlakuan konsentrasi-konsentrasi yang lain (Gambar 4h). Konsentrasi 0 µg/L pada perhitungan luas koloni *A. niger* merupakan standar pengamatan dari semua perlakuan *A. niger* dengan pemberian koloid perak nanopartikel (Gambar 3a).

Nilai *Minimum Inhibitory Concentration (MIC)* dan Nilai *Minimal Fungicidal Concentration (MFC)*

Untuk penentuan nilai *MIC* dan *MFC* perak nanopartikel terhadap *A. niger*, diukur dengan melihat jumlah perak nanopartikel pada masing-

masing konsentrasi koloid yang digunakan. Nilai *MIC* yang diperoleh yaitu yaitu 1,149 µg/L. Nilai *MFC* yang diperoleh yaitu 38,461 µg/L. Untuk perhitungan nilai *MIC* perak nanopartikel terhadap *A. niger* dan *MFC* perak nanopartikel terhadap *A. niger* dapat dilihat pada Lampiran 3.

Pulit *et al.* (2013) menggunakan perak nanopartikel dengan berbagai macam konsentrasi yaitu 0,00 µg/L, 6,25 µg/L, 12,5 µg/L, 25 µg/L dan 50 µg/L dalam menghambat pertumbuhan fungi. Pada konsentrasi perak nanopartikel terendah telah memberikan hambatan pertumbuhan *A. niger* sebesar 10 % dengan perbandingan fungi tanpa pemberian perak nano partikel (0,00 µg/L). Nilai konsentrasi terendah perak nanopartikel yang memberikan hambatan adalah nilai *MIC* yang dapat diaplikasikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kementerian Kesehatan melalui RISBINIPTEKDOK.

DAFTAR PUSTAKA

- Arora A. 2011. *Problems in Mole Concepts and gaseous State*. Discovery Publishing House Pvt. Ltd. : India
- Barnett HI, Hunter BB. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Fourth Edition. St. Paul, Minn. : APS Press,
- Bryaskova R, Pencheva D, Kale GM, Lad U & Kantardjiev T. 2010. Synthesis, characterization and antibacterial activity of PVA/TEOS/Ag-Np hybrid thin films. *J. Colloid Interface Sci.* **349**, 77-85.
- Brooks GF, Butel JS, Morse SA. 2001. *Adelbergs Medical Microbiology (22nd Edition) Appleton and Lange*, New York.
- Chakrabarti A. 2011. Drug resistance in fungi – an emerging problem. *Regional Health Forum.* **15**: 97-104.
- Denning DW. 1991. Epidemiology and pathogenesis of systemic fungal infections in the immunocompromised host, *Journal of antimicrobial chemotherapy.* **28**, 1-16.
- Di Y, Qiyang L, Xujian Z. 2012. Antibacterial Filming of Tencel/Cotton Nonwoven Fabric using Ag Nanoparticles-Chitin Composite. *Journal of Enginered Fibers and Fabrics.* **7**, 2.
- Duran N, Marcato PD, Alves O, Souza G. 2005. Mechanistic aspects of biosynthesis of silver nanoparticles by several *Fusarium oxysporum* strains. *J Nanotechnol.* **3**: 203-208
- Gabriel BP & Riyatno. 1989. *Metarhizium anisopliae (Metsch) Sor. Taksonomi, Patologi, Produksi, dan Aplikasinya*. Proyek Perkembangan Perlindungan Tanaman Perkebunan. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Guzman MG, Jean D, & Stephan G. 2009. Synthesis of silver nanoparticles by chemical reduction method and their antibacterial activity. *International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering* **2**, 104-112.
- Halewyn A. 2014. *Aspergillus niger*. <http://www.inspq.qc.ca/english/mould-compendium/aspergillus-niger>. Diakses pada tanggal 6 Februari 2015
- Handayani W & Haribowo AS. 2008. *Hematologi*. Salemba Medika. Jakarta.
- Helper LG. 1964. *Chemical principles*. Blaisdell Publishing.co : United Kingdom.
- Helshop RB, & Robinson PL. 1961. *Inorganic Chemistry, A Guide to Advanced Study*. Elsevier Publishing Company: London.
- Jawetz E, Melvick JL, & Adelberg, EA. 1995. *Mikrobiologi Untuk Profesi Kesehatan edisi 16*. Terjemahan oleh Dr. H. Fohng Penerbit Buku Kedokteran EGC : Jakarta.
- Junaidi AB, Imaningsih W & Umaningrum D. 2014. *Green Synthesis Perak Nanopartikel sebagai Agen Antibakteri pada Medical Textile*. Laporan Akhir Penelitian Risbin Iptekdok. Tidak dipublikasikan. FMIPA Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Kee JL & Hayes ER. 1996. *Farmakologi Pendekatan Proses Keperawatan*. Jakarta : EGC. h.358.
- Keir G J, Garfield B, Hansell DM, Loebinger MR, Wilson R, Renzoni

- EA & Maher TM. 2013. Cyclical caspofungin for chronic pulmonary aspergillosis in sarcoidosis. *Thorax, thoraxjnl*-2013.
- Khaydarov RA, Khaydarov RR, Gapurova O. 2009. Electrochemical method of synthesis of silver nanoparticles. *J Nanopart Res* **11(5)**, 1193-1200.
- Kim SSH, Lee HS, Ryu DS, Choi SJ & Lee DS. 2011. Antibacterial Activity of Silver nanoparticles Against Staphylococcus aureus And Escherichia coli. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*. **39(1)**, 77-85.
- Kohanski MAm, Daniel JD & James JC. 2010. How Antibiotics Kill Bacteria. *Nature Reviews Microbiology*, MacMillan Publishers ltd.
- Lamont RJ, Burne RA, Lantz MS & Leblanc DJ. 2006. *Oral Microbiology and Immunology*. ASM Press Washington.p 415-9.
- Landage SM & Wasif AI. 2012. Nanosilver An Effective Antimicrobial Agent For Finishing Of Textiles.. *D.K.T.E. Society's, Textile & Engineering Institute, Ichalkaranji, Maharashtra, India*. **4**, 66-78.
- Madigan MT, Martinko JM & Brock TD. 2009. *Brock Biology of Microorganisms*. Pearson Prentice Hall. New Jersey
- Menhan VK. 1987. The aflatoxin contamination problem in groundnut control with emphasis on host plant resistance. *The Regional plant protection group meeting horate Zimbabwe. February*. Pp. 12-15.
- Mohanan K, Nirmala DS & Murukan B.2006. Complexes of copper(II) with thiophene containing different counter anions. *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic and Nano-Metal Chemistry*. **36**, 441
- Palma J.Guerro H, Jansson B, Salinas J & Lopez-Llorca LV. 2007. *Effect of chitosan on hyphal growth and spore germination of plant pathogenic and biocontrol fungi*. Multidisciplinary Institute for Environmental Studies (MIES), Spain. 541-553
- Pande MB, Talpada PM, Patel ZN, Purohit LP & Shukla PC. 1982. Note on processed babul feeding to mature Kankrej bullocka. *Indian Journal of Animal Science* **52**, 798-799.
- Peterson RL, Massicotte BH & Melville LH. 2004. *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology*. Ottawa: NRC Research Press.
- Pulit J, Banach M, Zielina M, Laskowska B & Kurleto K . 2013. Raspberry extract as both a stabilizer and a reducing agent in environmentally friendly process of receiving colloidal silver. *J Nanomater*. **60**, 795–798
- Sondi I & Salopek-Sondi B. 2004. Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E. coli as a model for Gram-negative bacteria. *Journal of Colloid and Interface Science*, **275(1)**, 177–182.
- Sugiyarto KH. 2012. *Dasar Dasar Kimia Anorganik Transisi*. Graha Ilmu : Yogyakarta
- Samson RA, Hoekstra ES & Oorschot CAN. 1996, Introduction to Food Borne Fungi. *Centra Albureau for Schimmcl Cultures*, Netherland, **03**, 90-248.

- Sitompul SM & Guritno B. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Syamsuri I. 2004. *Biologi*. Erlangga. Jakarta
- Talaro KP. 2008. *Foundations in Microbiology 6th edition*. McGraw Hill International Edition : USA.
- Thirumurungan G & Dhanaraju MD. 2011. Silver nanoparticles : Real Antibacterial Bullets. *GIET School of Pharmacy, Research Lab*.