

Sintesis Pernis Nanopartikel Perak Anti Mikroba dengan Bioreduktor Daun Kelor (*Moringa Olifera*)

Synthesis of Antimicrobial Silver Nanoparticle Varnish using Moringa Leaf Bioreductor (Moringa Olifera)

Hamid Abdillah^{*1}, Muhammad Baharits², Rijal Abidin², dan Firdaus Rizki Biantoro²

¹²Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Sukoharjo 57169

* Corresponding Author: hamid@ums.ac.id

ABSTRAK : Nanopartikel perak memiliki sifat yang stabil dan aplikasi yang potensial khususnya sebagai agen anti-mikroba. Pertumbuhan jamur dan bakteri pada permukaan kayu dapat dihambat dengan pernis yang diberi bahan nanopartikel perak. Partikel nano-perak dibuat melalui sintesis perak nitrat konsentrasi 1, 3, dan 5 mM dengan bioreduktor daun kelor (*Moringa oleifera*). PVA (Polivinil Alkohol) sebagai stabilisator divariasikan pada kadar 0,5, 1, dan 2%. Pada pengujian UV-Vis, puncak gelombang berada pada rentang 395-515 nm yang sesuai dengan karakteristik nanopartikel perak. Penambahan PVA 1% pada nanopartikel perak memberikan kestabilan paling baik diantara keempat konsentrasi karena pergeseran panjang gelombang maksimal yang rendah. Pemeriksaan ukuran partikel menggunakan *Partikel Size Analyzer* (PSA) menunjukkan nanopartikel perak memiliki ukuran 75,6 nm. Selanjutnya larutan nanopartikel perak tersebut diaplikasikan pada pernis damar. Larutan nanopartikel perak berpengaruh terhadap sifat anti mikroba pada pernis damar, dibuktikan dengan tidak tumbuhnya jamur pada media yang ditambahkan nanopartikel perak.

Kata kunci: bioreduktor kelor, nanopartikel perak, pernis

ABSTRACT : Silver nanoparticles have stable properties and potential applications especially as anti-microbial agents. The growth of fungi and bacteria on the wood surface can be inhibited by varnishing with silver nanoparticles. The nano-silver particles were prepared by synthesizing silver nitrate at concentration of 1, 3, and 5 mM with *Moringa oleifera* as a bioreductant. PVA (Polyvinyl Alcohol) as a stabilizer was varied at the levels of 0.5%, 1%, and 2%. In the UV-Vis test, the wave peaks are in the range 395-515 nm, this is in accordance with the characteristics of silver nanoparticles. The addition of 1% PVA to silver nanoparticles provided the best stability among the four concentrations provided by evidence of low maximum wavelength shift after storing. Particle size examination using the Particle Size Analyzer (PSA) showed silver nanoparticles had a size of 75.6 nm. Then the silver nanoparticle solution was applied to the resin varnish. The solution of silver nanoparticles has an effect on the antimicrobial properties of resin varnish, as evidenced by the absence of mold growth in the media with silver nanoparticles added.

Keywords: *Moringa oleifera* bioreductor, silver nanoparticle, varnish

1. PENDAHULUAN

Kayu merupakan material struktural yang banyak diminati oleh masyarakat Indonesia. Terdapat beberapa masalah yang timbul pada kayu, di antaranya adalah tumbuhnya mikroba jamur. Kandungan air yang tinggi pada kayu akan menimbulkan

kerusakan kayu akibat jamur atau mikroba lain. Pernis berfungsi untuk melapisi permukaan kayu dengan lapisan film yang keras dan transparan sehingga kayu tidak terekspos langsung dengan air. Jika pernis rusak maka pelapisan pernis harus diulang. Penggunaan bahan antimikroba pada pernis

dapat membuat pernis sekaligus kayu menjadi lebih tahan lama. Nanopartikel perak sangat efektif dalam pengaplikasiannya sebagai anti mikroba jamur (Zhang *et al.*, 2016; Huda, 2017).

Nanoteknologi merupakan teknologi manipulasi ukuran zat pada skala nanometer, sehingga dapat meningkatkan fungsi zat. Salah satu bentuk nanoteknologi yang sedang berkembang yaitu nanopartikel perak. Penelitian tentang nanoteknologi saat ini sedang berkembang pesat karena dapat diaplikasikan secara luas seperti di dalam pertanian, otomotif, perawatan tubuh (pasta gigi, kosmetik), elektronik, lingkungan, makanan/obat, alat rumah tangga, perminyakan, percetakan, tekstil, dan sebagainya (Salata, 2004; Soutter, 2012; Arifani and Abraha, 2016; Coelho *et al.*, 2019).

Banyak metode yang digunakan untuk sintesis nanopartikel, seperti cara mekanik, reduksi kimia, fotokimia, sonokimia, kondensasi, pirolisis laser, dan sebagainya. Reduksi kimia menjadi metode yang sering digunakan untuk sintesis nanopartikel karena sangat mudah dilakukan oleh peneliti pemula. Metode ini hanya menggunakan suhu yang rendah, langkah kerjanya mudah, cepat, dan murah (Kah and Hofmann, 2014; Oktaviani, F. and Amrullah, 2015).

Dalam sintesis nanopartikel perak (NPP), prekursor yang sering digunakan adalah perak nitrat. Konsentrasi perak nitrat berpengaruh terhadap bentuk dan ukuran

NPP. Nanopartikel yang disintesis dengan metode reduksi cenderung mengalami agregasi membentuk ukuran yang lebih besar. Upaya pencegahan terjadinya agregasi antar nanopartikel dapat dilakukan dengan penambahan molekul pelapis partikel seperti polivinil alkohol (PVA) (Bae *et al.*, 2011; Prasetiowati, Prasetya and Wardani, 2018).

Aktivitas anti mikroba NPP perak dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu konsentrasi NPP, dan ukuran/bentuk NPP. Sedangkan ukuran NPP dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti temperatur larutan, agen pereduksi, konsentrasi, waktu pemberian bahan aktif dan waktu reaksi (Hasan, 2012; Iravani *et.al*, 2014).. Kestabilan nanopartikel dapat diperoleh dengan dua cara, yaitu stabilisasi elektrostatik dan stabilisasi sterik. Pada stabilisasi elektrostatik, ion teradsorpsi pada permukaan yang membentuk dua lapisan muatan listrik *electrical double layer* yang menghasilkan gaya tolak muatan antar partikel. Sedangkan stabilisasi sterik terjadi karena adsorpsi pada permukaan nanopartikel oleh molekul yang besar seperti polimer dan *surfactant* (Hasan, 2012).

Nanopartikel dapat dikarakterisasi dengan berbagai metode seperti pengukuran serapan ultraviolet-visible (UV-Vis), scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), dan particle size analyzer (PSA). Karakterisasi nanopartikel dengan UV-Vis dapat digunakan sebagai indikasi

terbentuknya nanopartikel (Mittal, Chisti and Banerjee, 2013).

Sintesis ramah lingkungan (*green synthesis*) merupakan sintesis yang menggunakan bahan kimia yang ramah lingkungan sehingga dapat menggantikan bahan yang merusak lingkungan. Pada penelitian ini kami berusaha meningkatkan sifat anti jamur pada pernis kayu dengan NPP yang disintesis secara sederhana serta ramah lingkungan menggunakan bioreduktor ekstrak daun kelor.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Spektrofotometer UV-Vis *Thermo Scientific Genesys 40*, *Particle Size Analyzer Horiba LA-960*, *hot plate* berpengaduk magnetik, cawan petri, dan jangka sorong

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun kelor, perak nitrat p.a. dari *ROFA*, PVA p.a. dari *Sigma Aldrich*, *Potato Dextrose Agar* (PDA) dari *Merck*, pernis damar dari *Daler-Rowney*, aquades, aquabides, kertas cakram antibiotik kosong dari *Macherey-Nagel*, kertas saring no. 42 dari *Whatman*.

2.2. Prosedur

2.2.1 Air rebusan daun kelor

Daun kelor diperoleh di daerah Sukoharjo, Jawa Tengah. Daun tersebut

dipetik kemudian dicuci hingga bersih dengan aquades lalu dikeringkan dengan diangin-anginkan pada tempat bertemperatur 35°C selama satu minggu (hingga beratnya konstan). Daun kelor ditimbang sebesar 10 gram, lalu direbus dengan 100 ml aquades dalam gelas beker hingga mendidih selama 5 menit. Setelah dingin, air rebusan disaring dengan kertas Whatman No. 42 ke dalam erlenmeyer (Shivashankar and Sisodia, 2012).

2.2.2 Larutan AgNO₃ (1, 3, 5) mM

AgNO₃ ditimbang seberat 0,017 gram, kemudian dilarutkan dengan aquabides ke dalam labu ukur 1000 ml, lalu dikocok hingga homogen.

2.2.3 Larutan PVA (0,5, 1, 2) % (b/v)

PVA sebanyak 2 gram ditimbang kemudian dilarutkan dengan aquades di dalam gelas beker 100 ml dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian larutan PVA diencerkan lagi sesuai dengan keperluan. Larutan dipanaskan dengan *hot plate* dengan suhu 50°C hingga homogen.

2.2.4 Larutan Media *Potato Dextrose Agar*

PDA ditimbang seberat 9,3 gram, kemudian dilarutkan dengan aquades 250 ml ke dalam gelas beker 500 ml. Larutan dipanaskan dengan *hot plate* berpengaduk magnetik hingga mendidih lalu diaduk hingga homogen. Setelah didiamkan hingga dingin dan mencapai suhu ruang, larutan disimpan pada botol kaca yang ditutup oleh kapas dan

kertas payung (Dwandaru, Putri and Yulianti, 2016).

2.2.5 Sintesis NPP

Air rebusan daun kelor dan perak nitrat dicampur dengan perbandingan 10:50 ml. Campuran tersebut diaduk dengan pengaduk magnetik selama 4 jam di *hot plate* pada suhu 30°C. Uji karakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis dilakukan setelah 1 jam, 4 jam, dan 24 jam pada suhu ruangan. Setelah 24 jam larutan NPP ditambahkan PVA dengan perbandingan 60:18 ml, larutan kembali diaduk selama 2 jam dengan pengaduk magnetik.

2.2.6 Karakterisasi pertumbuhan NPP

Karakterisasi dilakukan dengan pengamatan visual dan pengujian spektrum absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis dengan selang 250 – 550 nm. Pengujian UV-Vis dilakukan setelah 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 24 jam setelah pencampuran.

2.2.7 Uji kestabilan NPP

Pengujian kestabilan NPP dilakukan dengan cara larutan NPP dikarakterisasi secara periodik dengan spektrofotometer UV-Vis selama beberapa hari hingga 30 hari setelah pencampuran.

2.2.8 Pengujian sifat antijamur

Langkah awal yang harus dilakukan yaitu sterilisasi alat dan bahan yang terkontak langsung dengan jamur. Meliputi cawan petri, botol kaca yang berisi media PDA, alat

dan bahan tersebut dimasukan ke dalam *autoclave* pada suhu 121°C selama 30 menit pada tekanan kukus jenuh. Langkah selanjutnya yaitu menyiapkan dua cawan petri dan mengisikan media PDA kedalamnya. Media akan mengeras setelah 10 menit. Pada penelitian ini terdapat dua sampel uji. Sampel pertama yaitu sampel pernis damar tanpa dicampur dengan larutan NPP, dan sampel kedua pernis damar yang ditambahkan dengan larutan NPP terbaik dengan dengan rasio 20:1 tetes (pernis:larutan NPP). Larutan terbaik ditentukan berdasarkan spektrum hasil pengujian UV-Vis terhadap waktu dan ukuran partikel Ag dari uji PSA). Kertas cakram diambil menggunakan penjepit dicelupkan ke dalam pernis damar dan diletakkan ke dalam cawan petri yang telah berisi media PDA. Kedua sampel diinkubasi selama 24 jam dan diamati pertumbuhan jamur yang terbentuk.

2.3 Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengujian spektrum UV-Vis diplot terhadap waktu, kestabilan dari nanopartikel dianalisis. Sedangkan hasil uji PSA dapat dilihat langsung dari grafik yang dihasilkan oleh alat.

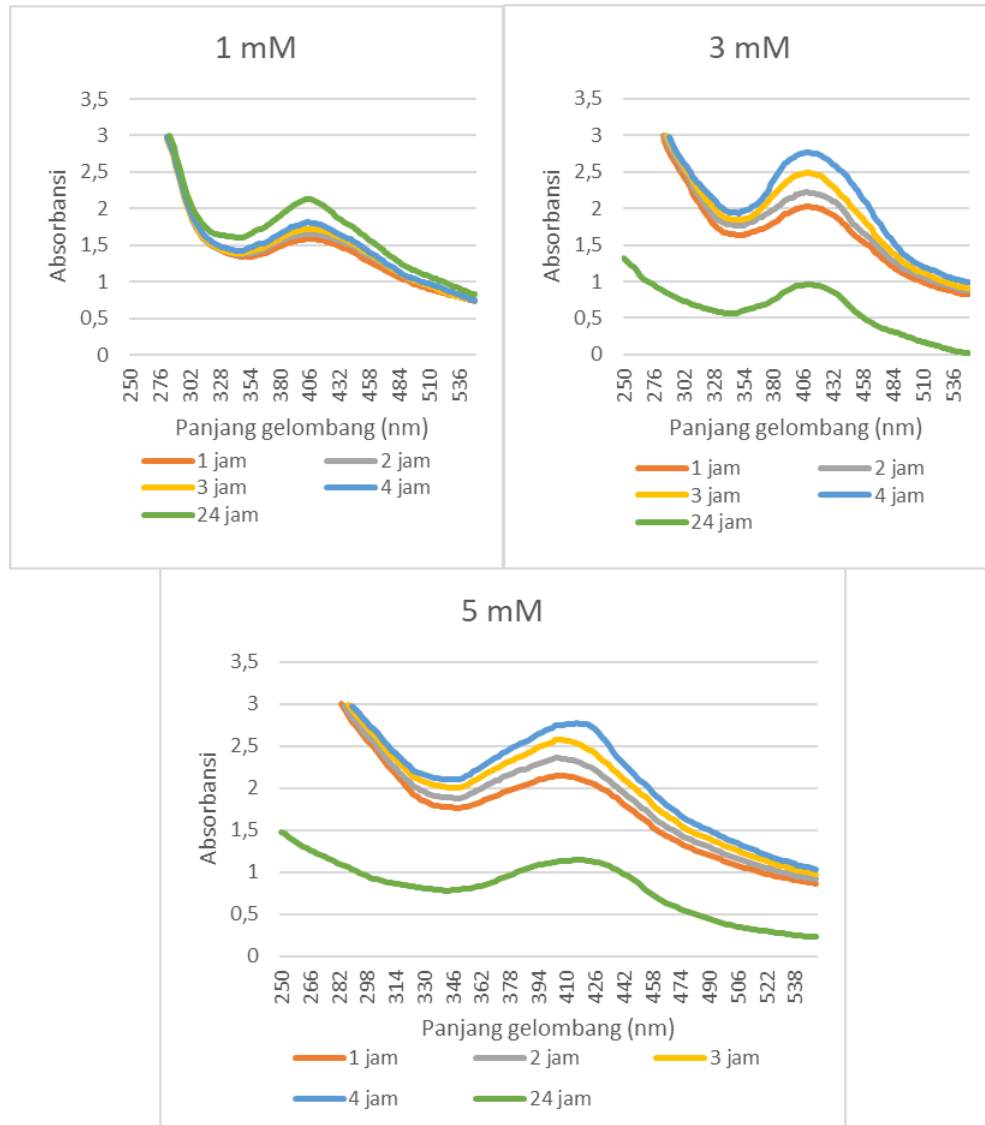
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 SINTESIS RAMAH LINGKUNGAN (GREEN SYNTHESIS) NPP

Pertumbuhan NPP dapat diketahui melalui karakterisasi puncak absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Perbedaan konsentrasi awal perak nitrat dan lama waktu pengadukan dilakukan untuk mengetahui pola pertumbuhan NPP. Secara umum, spektrofotometri UV-Vis digunakan

untuk menentukan puncak gelombang absorbansi. Hasil karakterisasi UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik perbandingan panjang gelombang terhadap absorbansi.

Posisi puncak gelombang absorbansi NPP berada pada panjang gelombang 404, 410 dan 406 nm untuk masing-masing konsentrasi awal perak nitrat 1, 3, dan 5 mM. Meningkatnya puncak absorbansi dapat dihubungkan dengan peningkatan jumlah

partikel dalam medium reaksi (Irwan, Zakir and Budi, 2016). Puncak gelombang absorbansi yang khas pada daerah 395-515 nm sesuai untuk karakteristik NPP (Masakke and Rasyid, 2015). Hal ini

mengindikasikan adanya pertumbuhan NPP.

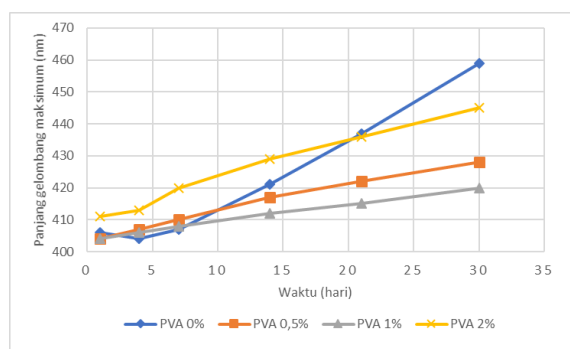
Pada Gambar 1, 2, dan 3, puncak

Absorbansi dengan intensitas serapan yang lebih tinggi pada konsentrasi awal perak nitrat 3 dan 5 mM setelah waktu pengadukan 1 jam menggambarkan pertumbuhan NPP yang relatif lebih cepat dibanding NPP yang disintesis dengan perak nitrat 1 mM.

Stabilitas nanopartikel dapat diketahui dari serapan puncak gelombang absorbansi. Untuk mengetahui kestabilan koloid perak, puncak absorbansi NPP diukur berdasarkan perbedaan waktu inkubasi. Adanya penurunan puncak absorbansi setelah waktu ke-24 jam untuk NPP dengan konsentrasi awal perak nitrat 3 mM dan berpindahnya puncak absorbansi untuk NPP dengan konsentrasi awal perak nitrat 5 mM memberikan indikasi ketidakstabilan NPP akibat aglomerasi. Ketidakstabilan NPP juga terlihat pada munculnya endapan di dasar wadah penyimpanan pada konsentrasi awal perak nitrat 3 dan 5 mM. Hal ini berbeda untuk NPP yang disintesis menggunakan perak nitrat 1 mM yang tidak ada penurunan puncak absorbansi dan tidak ada pergeseran puncak absorbansi sampai waktu ke-24 jam. Hal ini menggambarkan kestabilan NPP yang dihasilkan. Kestabilan ini dapat dilihat dari perubahan warna larutan dari kuning kecoklatan menjadi coklat yang konsisten selama waktu inkubasi tanpa adanya endapan akibat penggumpalan material.

3.2 KESTABILAN NPP

Pengujian kestabilan NPP yang ditambahkan larutan PVA dilakukan dengan cara mengukur spektrum UV-Vis NPP dengan berbagai variasi konsentrasi (0%, 0,5%, 1%, 2%) dengan selang 3 hingga sembilan hari selama 30 hari. Gambar 3. menunjukkan bagaimana pengaruh penambahan PVA pada larutan NPP terhadap kestabilan NPP. Panjang gelombang maksimum NPP mengalami pergeseran setiap hari hingga pengukuran pada hari ke 30. Hal ini terjadi karena ketidakstabilan dari partikel dalam cairan. Partikel cenderung untuk mengalami penggabungan partikel yang mengakibatkan panjang gelombang spektrum UV-Vis berubah.



Gambar 3. Grafik perbandingan umur NPP terhadap puncak panjang gelombang dari absorbansi.

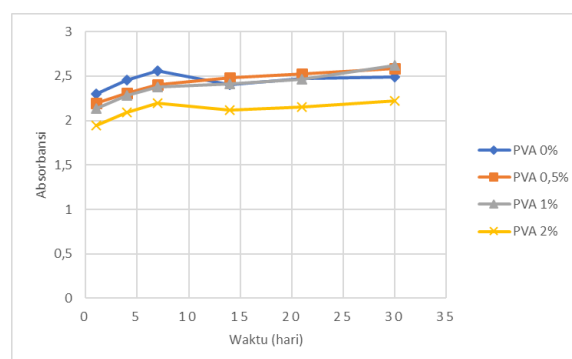
Dari Gambar 3. NPP dengan penambahan PVA 0,5% memberikan hasil pengukuran panjang gelombang maksimum dengan pergeseran 404 nm, 417 nm, dan

428 nm. Sedangkan pada penambahan PVA 1% memberikan hasil pergeseran gelombang 404 nm, 412 nm, dan 420 nm. Akan tetapi pada penambahan PVA 2% memberikan pergeseran yang cukup tinggi yaitu 411 nm, 429 nm, dan 445 nm yang juga dialami oleh NPP tanpa PVA yang memiliki kestabilan yang buruk yaitu 406 nm, 421 nm, dan 459 nm serta terjadinya endapan pada hari ke 30.

Penambahan PVA 1% pada NPP memberikan kestabilan yang paling baik di antara keempat konsentrasi karena pergeseran panjang gelombang maksimum yang rendah. Penambahan PVA 0,5% memiliki hasil yang cukup bagus karena pergeserannya tidak terlalu tinggi. Sedangkan penambahan PVA 2% menghasilkan nanopartikel yang kurang stabil yang ditandai oleh pergeseran panjang gelombang maksimum yang cukup besar (411 nm, 429 nm, dan 445 nm).

Gambar 4. menunjukkan bahwa nilai absorbansi NPP meningkat dalam 7 hari pertama lalu cenderung stabil pada hari-hari selanjutnya. Nilai absorbansi berkorelasi dengan jumlah NPP yang terbentuk. Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa penambahan PVA 2% memberikan hasil yang kurang bagus, terlalu banyak konsentrasi PVA membuat reaksi reduksi menjadi terhambat. Larutan PVA 1% merupakan konsentrasi yang paling optimum pada biosintesis NPP dengan ekstrak daun kelor karena menghasilkan NPP dengan spektrum UV-Vis stabil. Hal ini sesuai

dengan penelitian yang telah dilakukan (Zhao *et al.*, 2010) bahwa penggunaan stabilisator dapat mengontrol ukuran NPP tetap stabil dalam konsentrasi yang optimum. Jika konsentrasi stabilisator melebihi konsentrasi optimum dapat mengganggu stabilitas NPP dikarenakan viskositas larutan meningkat secara dramatis. Peningkatan viskositas membuat atom Ag sulit untuk berdifusi dalam sistem. Pada penelitian yang telah dilakukan, penambahan larutan PVA 1% merupakan konsentrasi yang paling optimum pada biosintesis NPP dengan ekstrak daun kelor karena menghasilkan NPP dengan spektrum UV-Vis stabil. Oleh karena itu, NPP dengan penambahan PVA 1% diuji menggunakan Particle Size Analyzer (PSA) untuk memperkuat data yang diperoleh dari spektrofotometer UV-Vis bahwa nanopartikel benar terbentuk (Gambar 5.).



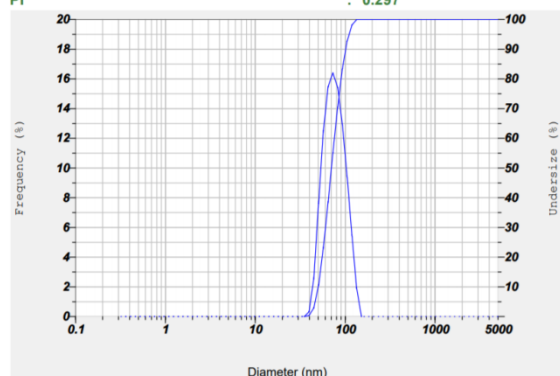
Gambar 4. Grafik perbandingan umur NPP terhadap absorbansi

Calculation Results

Peak No.	S.P.Area Ratio	Mean	S. D.	Mode
1	1.00	73.2 nm	19.5 nm	68.5 nm
2	---	---	---	---
3	---	---	---	---
Total	1.00	73.2 nm	19.5 nm	68.5 nm

Cumulant Operations

Z-Average : 75.6 nm
PI : 0.297

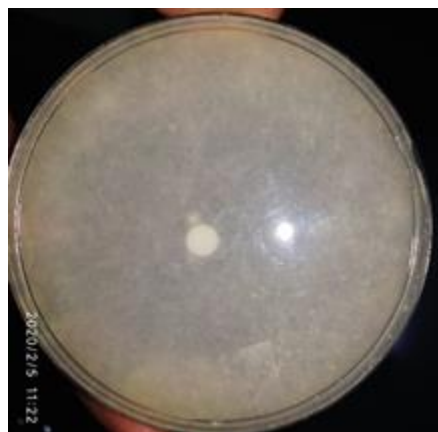


Gambar 5. Hasil uji Particle Size Analyzer pada sampel PVA 1%

Hasil uji PSA menunjukkan bahwa NPP dengan penambahan PVA 1% mempunyai ukuran rata-rata NPP yaitu 75,6 nm dengan modus pada 68,5 nm. Partikel yang dihasilkan memiliki ukuran di bawah 100 nm, hal ini membuktikan bahwa metode penelitian berhasil membentuk NPP (Elzey, 2010).

3.3 APLIKASI NPP PADA PERNIS DAMAR

Pada pengujian ini pernis damar dicampurkan dengan NPP kemudian diletakkan di media PDA pada cawan petri lalu pertumbuhannya diamati. Dibuat sampel pembandingan pernis damar tanpa diberi NPP.



Gambar 6. Sampel pernis damar tanpa diberi NPP.

Gambar 6. merupakan sampel pernis damar tanpa diberi NPP, setelah 24 jam sampel diletakkan di media, pertumbuhan jamur cukup merata. Seluruh bagian cawan petri terlihat penuh dengan jamur, tidak terlihat adanya daerah bening di sekitar kertas cakram yang ditanam.



Gambar 7. Sampel pernis damar dengan NPP.

Gambar 7 merupakan sampel pernis damar yang telah diberi NPP. Daerah bening pada cawan petri tersebut terukur 1,27 cm. Dapat dilihat terdapat daerah bening pada sampel pernis damar yang telah ditambah NPP. Daerah bening adalah daerah yang

tidak dapat ditumbuhi jamur. Hal ini mengindikasikan NPP berperan aktif sebagai bahan antijamur pada pernis damar.

4. KESIMPULAN

NPP dapat disintesis secara ramah lingkungan dengan bioreduktor ekstrak daun kelor. Berdasarkan data nilai absorbansi panjang gelombang maksimum maka konsentrasi perak nitrat dan konsentrasi PVA yang disarankan adalah 1mM dan 1%. Dengan kombinasi ini, NPP dapat bertahan hingga 30 hari. Penambahan NPP pada pengaplikasian pernis damar dapat meningkatkan sifat anti jamur pada pernis damar.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifani, T. and Abraha, K. (2016) 'Kajian Pengaruh Penambahan Nanopartikel Perak (AgNPs) Terhadap Respon Instrumen Sensing Berbasis Surface Plasmon Resonance (SPR)', *Indonesian Journal of Applied Physics*, 3(01), p. 47. doi:10.13057/ijap.v3i01.1214.
- Bae, E. et al. (2011) 'Effect of chemical stabilizers in silver nanoparticle suspensions on nanotoxicity', *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 32(2), pp. 613–619. doi:10.5012/bkcs.2011.32.2.613.
- Coelho, C.C. et al. (2019) 'Nano-hydroxyapatite in oral care cosmetics: characterization and cytotoxicity assessment', *Scientific Reports*, 9(1), pp. 1–10. doi:10.1038/s41598-019-47491-z.
- Dwandaru, W.S.B., Putri, Z.M.C. and Yulianti, E. (2016) 'Pengaruh Variasi Konsentrasi Bahan Aditif Larutan Nanopartikel Perak terhadap Sifat Anti-jamur Cat Dinding sebagai Aplikasi Teknologi Nano dalam Industri Cat Dinding', *Inotek*, 20(1), pp. 1–18.
- Elzey, S.R. (2010) *Applications and physicochemical characterization of nanomaterials in environmental, health, and safety studies, Theses and Dissertations*. University of Iowa. doi:10.17077/etd.l1uc5e5i.
- Hasan, M.I. (2012) *Modifikasi Nanopartikel Perak dengan Polivinil Alkohol untuk Meningkatkan Selektivitas dan Stabilitas Indikator Logam Tembaga (Cu): Uji Coba pada Makroalga Merah (Kappaphycus alvarezii)*. Universitas Indonesia.
- Huda, M.F.N. (2017) *Tinjauan Kuat Lentur Balok Kayu dengan Penambahan Plat Baja pada Sisi Serat Tarik*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Iravani, S., Korbekandi, H., Mirmohammadi, S.V. and Zolfaghari, B. (2014), 'Synthesis of Silver Nanoparticles: Chemical, Physical and Biological Methods', *Research in Pharmaceutical*, 9(6): 385-406
- Irwan, R., Zakir, M. and Budi, P. (2016) 'Effect of AgNO₃ Concentration and Synthesis Temperature on Surface Plasmon Resonance (SPR) of Silver Nanoparticle', 4(1), pp. 356–361.
- Kah, M. and Hofmann, T. (2014) 'Nanopesticide research: Current trends and future priorities', *Environment International*, 63, pp. 224–235. doi:10.1016/j.envint.2013.11.015.
- Masakke, Y. and Rasyid, M. (2015) 'Biosintesis Partikel-nano Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Manggis (Garcinia mangostana L.)', *Jurnal Sainsmat*, IV(1), pp. 28–41.
- Mittal, A.K., Chisti, Y. and Banerjee, U.C. (2013) 'Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts', *Biotechnology Advances*, 31(2), pp. 346–356.

- doi:10.1016/j.biotechadv.2013.01.003.
- Oktaviani, D.T., F., D.C. and Amrullah, A. (2015) 'Sintesis Nano Ag Dengan Metode Reduksi Kimia', *Jurnal Sains dan Teknologi*, 13(2), pp. 101–114.
- Prasetiowati, A.L., Prasetya, A.T. and Wardani, S. (2018) 'Sintesis Nanopartikel Perak dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.) sebagai Antibakteri', *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2), pp. 160–166.
- Salata, O. (2004) 'Applications of nanoparticles in biology and medicine', *Journal of Nanobiotechnology*, 2(3), pp. 3–5. doi:10.1186/1477-3155-5-11.
- Shivashankar, M. and Sisodia, G. (2012) 'Obtained From Plant Extracts', *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*, 1(3), pp. 182–185.
- Soutter, W. (2012) *Nanotechnology in the Automotive Industry*. Available at: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3031> (Accessed: 1 June 2020).
- Zhang, X.F. et al. (2016) 'Silver nanoparticles: Synthesis, characterization, properties, applications, and therapeutic approaches', *International Journal of Molecular Sciences*, 17(9), pp. 1–34. doi:10.3390/ijms17091534.
- Zhao, T. et al. (2010) 'Size-controlled preparation of silver nanoparticles by a modified polyol method', *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 366(1–3), pp. 197–202. doi:10.1016/j.colsurfa.2010.06.005.