Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)
Volume 13, Nomor 1, Mei 2025

FOTOKATALISIS METILEN BIRU DENGAN NANOPARTIKEL PERAK (NPAg) YANG DISINTESIS DENGAN EKSTRAK AIR DAUN KOPI ROBUSTA

Pande Made Intan Wahyuni, Iryanti Eka Suprihatin*, James Sibarani

Program Studi Magister Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana, Jl. PB.Sudirman, Denpasar, Indonesia

eka_suprihatin@unud.ac.id

ABSTRAK: Limbah cair metilen biru dari industri tekstil menimbulkan masalah bagi lingkungan dan kesehatan jika tidak ditangani dengan baik. Metode fotodegradasi berbasis fotokatalis yang lebih ekonomis dan efektif dapat menjadi pilihan untuk menanggulangi limbah tersebut. Nanopartikel perak yang disintesis secara ramah lingkungan dari ekstrak air daun kopi Robusta digunakan sebagai fotokatalis. Daun kopi robusta mengandung metabolit sekunder seperti kuersetin yang berperan sebagai bioreduksi dan *capping agent* dalam sintesis nanopartikel perak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik nanopartikel perak yang diperoleh, kondisi optimal fotodegradasi metilen biru, dan efektivitas nanopartikel perak sebagai fotokatalis pada proses fotodegradasi pewarna metilen biru. Nanopartikel perak terbaik diperoleh pada rasio volume ekstrak air daun kopi Robusta dan $AgNO_3$ 1 mM 1: 9 pada suhu sintesis 60°C. Nanopartikel tersebut berbentuk bulat dan menunjukkan serapan UV-Vis pada panjang gelombang 410,5 nm, serta berukuran 27,04 nm yang terdistribusi seragam (*monodisperse*) dengan nilai indeks polidispersitas (PdI) sebesar 0,3173. Potensial zeta NPAg sebesar -29,76 mV yang tergolong baik sehingga nanopartikel tidak mudah untuk teraglomerisasi. Kondisi optimal untuk fotokatalisis yakni volume NPAg 1 mL pada pH 10 selama 1 jam. Efisiensi degradasi diuji pada konsentrasi zat warna metilen biru 50 hingga 400 mg/L, dengan persentase tertinggi sebesar 57,10% pada konsentrasi 100 mg/L. Dapat disimpulkan bahwa 1 mL fotokatalis NPAg mampu mendegradasi metilen biru hingga 57,10% dalam waktu 1 jam.

Kata kunci: Ekstrak air daun kopi (*Coffea canephora*), fotodegradasi, metilen biru, nanopartikel perak.

ABSTRACT: Methylene blue effluent from the textile industry poses a problem to the environment and health if not handled properly. A more economical and effective photocatalyst-based photodegradation method can be an option to tackle the waste. Environmentally friendly silver nanoparticles synthesized from aqueous extract of Robusta coffee leaves were used as photocatalysts. Robusta coffee leaves contain secondary metabolites such as quercetine that act as bioreduction and capping agents in the synthesis of silver nanoparticles. The purpose of this study was to determine the characteristics of silver nanoparticles obtained, the optimal conditions for methylene blue photodegradation, and the effectiveness of silver nanoparticles as photocatalysts in the methylene blue dye photodegradation process. The best silver nanoparticles were obtained at a volume ratio of Robusta coffee leaf water extract and 1 mM $AgNO_3$ of 1:9 at temperature of 60°C. The nanoparticles were spherical in shape and showed UV-Vis absorption at a wavelength of 410.5 nm, and a size of 27.04 nm which was uniformly distributed (monodisperse) with an PdI value of 0.3173. The zeta potential of NPAg is -29.76 mV which is classified as good so that the nanoparticles are not easy to agglomerate. The optimal condition for photocatalysis is the volume of NPAg 1 mL at pH 10 for 1 hour. The degradation efficiency was tested at

methylene blue dye concentrations of 50 to 400 mg/L, with the highest percentage of 57.10% at a concentration of 100 mg/L. It can be concluded that 1 mL of NPAg photocatalyst is able to degrade methylene blue up to 57.10% within 1 hour.

Keywords: Aqua coffee leaves (*Coffea canephora*) extract, methylene blue, photodegradation, silver nanoparticles

1. PENDAHULUAN

Zat warna banyak digunakan untuk keperluan industri, seperti produksi kertas, percetakan, pewarnaan tekstil, dan sebagainya. Pertumbuhan industri tekstil akan menimbulkan masalah lingkungan yang serius jika tidak ditanggulangi dengan baik, seperti aliran Sungai Tukad Mati di Denpasar yang dilaporkan telah tercemar oleh limbah dari salah satu pengusaha sablon yang menyebabkan warna air sungai berubah menjadi merah [1]. Limbah tekstil terkandung 10-50% zat warna tekstil hasil proses produksi [2]. Limbah tersebut akan berdampak pada ekosistem akuatik dan kesehatan manusia. Air limbah dapat menghalangi penetrasi sinar matahari dan oksigen dalam air, serta adanya kandungan zat kimia dalam zat warna juga dapat meracuni kehidupan biota air [3].

Zat warna metilen biru merupakan salah satu pewarna yang paling banyak pemakaiannya dalam industri tekstil yang umumnya digunakan untuk mewarnai sutra, wol, katun, dan kertas [4]. Metilen biru dapat terdegradasi oleh sinar UV yang dihasilkan oleh cahaya matahari namun relative lambat, dikarenakan intensitas cahaya UV yang sampai ke permukaan bumi relatif rendah menyebabkan zat warna akan lebih cepat terakumulasi ke dasar perairan atau tanah, sehingga diperlukan suatu fotokatalis untuk mempercepat proses fotodegradasinya [5].

Nanopartikel perak (NPAg) merupakan logam yang berukuran kurang dari 100 nm dan banyak dimanfaatkan di berbagai bidang misalnya sebagai fotokatalis. Sintesis nanopartikel secara biologi dapat dipilih, karena menggunakan organisme seperti mikroorganisme, enzim, jamur, tumbuhan atau ekstrak tumbuhan yang mengandung metabolit sekunder, sehingga sangat efektif menghasilkan nanopartikel logam yang stabil, tidak memerlukan waktu yang lama dalam proses pembentukannya, lebih murah dan tentunya ramah lingkungan [6,7].

Daun tumbuhan banyak dimanfaatkan untuk mensintesis nanopartikel, seperti ekstrak daun Aloe vera [8], daun kucing galak (*Acalypha indica*) [9], daun lotus (*Nelumbo nucifera*) [10], dll. Namun belum ada yang memanfaatkan ekstrak dari daun kopi robusta dalam mensisntesis nanopartikel perak. Daun kopi robusta (*Coffea canephora*) mengandung antioksidan seperti flavonoid, alkaloid, saponin, terpenoid, fenolik dan polifenol [11]. Pada penelitian ini daun kopi robusta digunakan sebagai bioreduktor sintesis nanopartikel perak yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui efektivitas nanopartikel perak dalam mendegradasi metilen biru.

2. PERCOBAAN

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah padatan perak nitrat ($AgNO_3$) p.a, padatan $FeCl_3$, serbuk Mg, padatan KI, padatan NaOH, HCl, Asetat anhidrida $(CH_3CO)_2O$, H_2SO_4, zat warna metilen biru, aquades dan kertas saring.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisau, blender, ayakan 60 mesh, oven, neraca analitik, pH meter, lampu UV B dengan panjang gelombang 280-320 nm, kotak irradiasi (kotak tertutup rapat yang dilengkapi lampu UV B). *Particle Size Analyzer* (PSA), *Transmission Electron Microscope* (TEM), Spektrofotometer UV-Vis.

 ISSN 2302-7274

2.2 Metode

Preparasi Sampel

Daun kopi robusta yang diperoleh dari Desa Pajahan Kecamatan Pupuan dibersihkan menggunakan aquades lalu dikeringanginkan selama ± 1 minggu. Daun kering dihaluskan menggunakan blender dan diayak. Sebanyak 5 gram sebuk daun kopi robusta dipanaskan dalam 100 mL aquades pada suhu 60°C selama 15 menit, kemudian disaring sehingga diperoleh ekstrak air daun kopi robusta.

Skrining Fitokimia

Ekstrak air daun kopi robusta digunakan untuk menguji kandungan senyawa Flavonoid, Alkaloid, Tanin, Saponin, Triterpenoid dan Steroid.

Sintesis Nanopartikel Perak (NPAg)

NPAg dibuat dengan cara mencampur ekstrak air daun kopi robusta dengan larutan $AgNO_3$ 1 mM pada variasi perbandingan 1:9 (A); 2:8 (B); 3:7 (C); 4:6 (D) dan 5:5 (E) (v/v). Masing-masing campuran tersebut dipanaskan pada variasi suhu 25, 40 dan 60°C pada pH 10 hingga berubah warna yang menandakan terbentuknya NPAg (kuning kecoklatan hingga merah kecoklatan) [12]. NPAg yang terbentuk dikarakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis dan PSA. NPAg terbaik selanjutnya dikarakterisasi dengan TEM.

Fotodegradasi Metilen Biru

Penentuan volume NPAg optimum

Kedalam 5 buah Erlenmeyer dituangkan 25 mL larutan metilen biru 100 mg/L, dan koloid NPAg sebanyak 0, 1, 2, 3, 4 dan 5 mL. Campuran diiradiasi dengan lampu UV sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam di dalam kotak irradiasi. Masing-masaing dilakukan tiga kali. Absorbansi masing-masing campuran diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang metilen biru 665 nm. Persentase degradasi dihitung dengan persamaan 1.

$$\%D = \frac{Abs_1 - Abs_0}{Abs_0} \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan:
Abs_1 : Nilai absorbansi setelah iradiasi
Abs_0 : Nilai absorbansi sebelum iradiasi

Penentuan kondisi pH optimum

Ke dalam 6 buah Erlenmeyer sebanyak 25 mL larutan metilen biru 100 mg/L dituang dan koloid NPAg dengan volume optimum. pH masing-masing campuran diatur pada pH 2, 4, 6, 8, 10 dan 12, kemudian diiradiasi dengan lampu UV sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam di dalam kotak irradiasi. Masing-masing dilakukan tiga kali. Absorbansi masing-masing campuran diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665 nm. Persentase degradasi dihitung dengan persamaan 1.

Penentuan waktu irradiasi optimum

5 buah Erlenmeyer dituangi 25 mL larutan metilen biru 100 mg/L dan koloid NPAg pada volume optimum dan pH optimum. Kemudian diiradiasi dengan lampu UV sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 0, 1, 3 dan 5 jam di dalam kotak irradiasi. Masing-masing dilakukan tiga kali. Absorbansi masing-masing campuran diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665 nm. Persentase degradasi dihitung dengan persamaan 1.

Penentuan Efektivitas Fotodegradasi Metilen Biru

Efektivitas fotodegradasi dilakukan dengan mendegradasi 25 mL metilen biru 50, 100, 200, 300 dan 400 mg/L pada kondisi optimum. Masing-masing dilakukan tiga kali. Masing-masing campuran diukur absorbansinya dengan

 ISSN 2302-7274

Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665 nm. Persentase degradasi dihitung dengan persamaan 1.

3. HASIL dan PEMBAHASAN

3.1 Skrining Fitokimia

Uji pendahuluan untuk mengetahui kandungan metabolit sekunder dalam ekstrak air daun kopi robusta. Ekstrak positif mengandung senyawa flavonoid, saponin, tanin dan triterpenoid yang selanjutnya berperan sebagai bioreduktor dan *capping agent* NPAg. Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji fitokimia ekstrak air daun kopi robusta

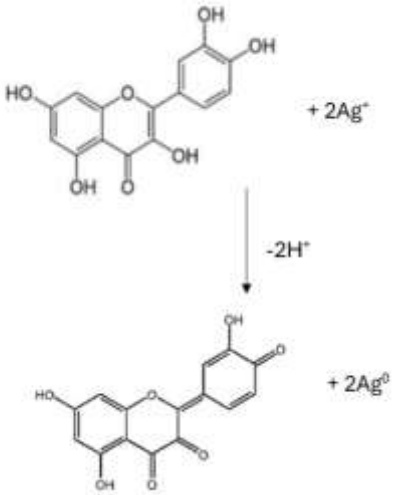
Uji Fitokimia	Hasil Pengujian
Flavonoid	+
Saponin	+
Tanin	+
Triterpenoid	+
Steroid	-
Alkaloid	-

(+): positif
(-) : negatif

3.2 Sintesis Nanopartikel Perak (NPAg)

Sintesis NPAg dilakukan menggunakan ekstrak air daun kopi robusta dan larutan $AgNO_3$ 1 mM pada kondisi pH 10. Kondisi pH 10 digunakan karena dinilai efektif meningkatkan laju reaksi, disebabkan oleh kondisi basa yang akan memfasilitasi pembentukkan nanopartikel [13]. Perubahan warna cokelat kemerahan menjadi tanda terbentuknya NPAg yang terjadi pada sampel A dan B.

Ekstrak air daun kopi robusta mengandung komponen aktif flavonoid yang berperan sebagai bioreduktor dan menstabilkan NPAg yang terbentuk [14]. Senyawa flavonoid memiliki gugus hidroksil yang akan mendonorkan elektron (reaksi reduksi) ke ion Ag^+ untuk menghasilkan Ag^0. Ekstrak air daun kopi robusta mengandung flavonoid jenis kuersetin, sehingga dapat dikatakan tipe flavonoid yang mungkin berperan dalam mereduksi adalah kuersetin [15]. Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi reduksi ion perak oleh kuersetin [16]

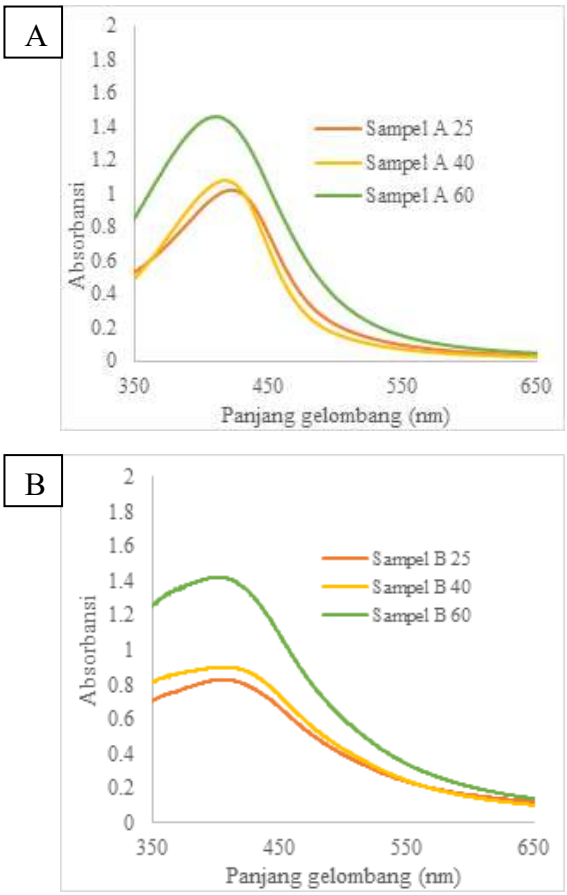
3.3 Karakterisasi Nanopartikel Perak (NPAg) dengan Spektrofotometer UV-Vis

NPAg yang terbentuk pada sampel dibuktikan oleh puncak serapan UV-Vis pada kisaran panjang gelombang 402,5 – 423 nm. Serapan ini merupakan karakteristik dari NPAg pada panjang gelombang 350-500 nm [17]. Puncak serapan UV-Vis dapat menandakan ukuran partikel, dimana partikel ukuran lebih besar cenderung memiliki puncak yang bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih panjang [18].

Spektra UV-Vis juga dapat menunjukkan bentuk NPAg yang dihasilkan (Gambar 2). Nanopartikel bentuk bulat (*spherical*) dengan ukuran sekitar 25 nm merupakan bentuk yang mungkin diindikasikan oleh serapan pada rentang 380-420 nm [19]. Jumlah NPAg yang terbentuk juga dapat diketahui jumlahnya melalui nilai absorbansi. Pada data hasil pengujian, sampel NPAg 1:9 suhu 60°C memiliki nilai absorbansi tertinggi yang menunjukkan banyaknya

 ISSN 2302-7274

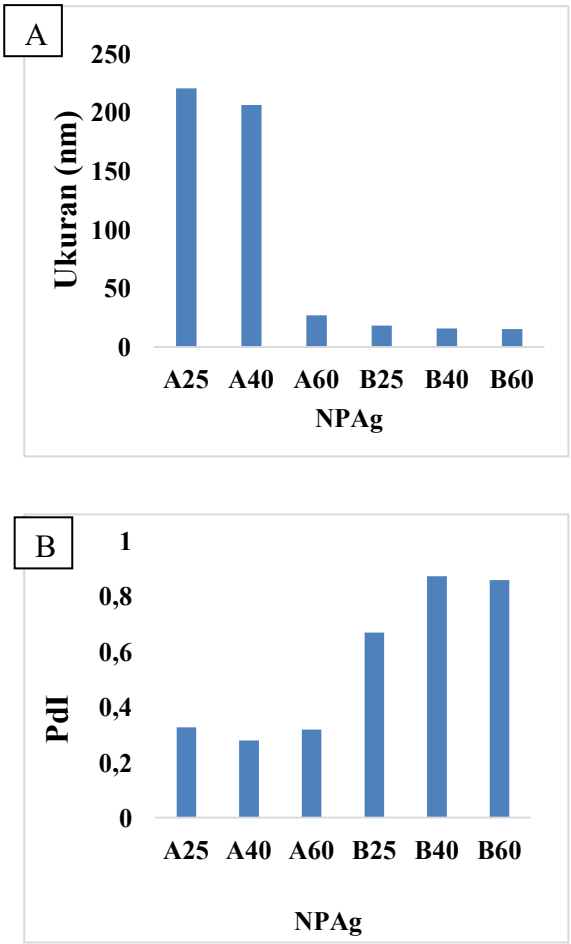
jumlah nanopartikel yang terbentuk. Hal ini sesuai dengan penelitian [20] tentang efek suhu pada sintesis nanopartikel perak, dimana sintesis efektif terjadi pada suhu 60-80°C karena meningkatnya suhu sintesis dapat meningkatkan laju pembentukkan dan pertumbuhan NPAg [21].



Gambar 2. Spektrum UV-Vis pada proses sintesis NPAg pada perbandingan volume larutan $AgNO_3$ 1 mM dengan volume ekstrak sebesar 1 : 9 (A) dan 2 : 8 (B).

3.4 Karakterisasi Nanopartikel Perak (NPAg) dengan PSA

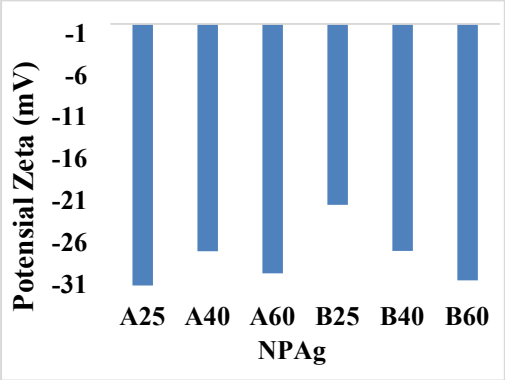
Karakterisasi NPAg menggunakan instrument *particle size analyzer* (PSA) bertujuan untuk mengetahui ukuran, keseragaman dan nilai potensial zeta dari partikel NPAg yang dihasilkan (Gambar 3). Jika dilihat dari ukurannya, sampel NPAg 1:9 suhu 25 dan 40°C tidak termasuk nanopartikel karena >100 nm. Namun, ukuran partikel yang diperoleh pada sampel tidak selalu berarti bahwa partikel tersebut bukan nanopartikel karena spektrum UV-Vis sudah menunjukkan nanopartikel ada, kemungkinan NPAg telah menggumpal ketika dianalisis, karena dibutuhkan waktu 21 hari antara pembuatan partikel dan analisisnya dengan PSA. Sampel NPAg 1:9 suhu 60, 2:8 suhu 25, 40 dan 60°C memiliki ukuran berturut-turut sebesar 27.04 nm, 18,40 nm, 15,98 nm dan 15,34 nm. Hasil analisis menunjukkan ukuran semakin kecil seiring bertambahnya suhu, karena peningkatan suhu umumnya mengakibatkan penurunan ukuran nanopartikel karena proses nukleasi yang lebih cepat dan mengurangi agregasi [22]. Ukuran nanopartikel perak dapat digunakan sebagai fotokatalis apabila memiliki ukuran 10-100 nm [23]. Maka NPAg 1:9 dan 2:8 dapat digunakan sebagai fotokatalis.



Gambar 3. Ukuran NPAg sebagai variasi suhu (A) dan polidispersitas NPAg (B).

 ISSN 2302-7274

Nilai PdI sampel NPAg 1:9 suhu 25, 40 dan 60°C menyatakan sampel tersebut memiliki distribusi ukuran partikel yang seragam (*monodisperse*) karena nilai PdI yang mendekati 0 (nol), sedangkan pada sampel NPAg 2:8 suhu 25, 40 dan 60°C distribusinya bervariasi (*polydisperse*) karena nilai PdI nya yang mendekati 1. Pada sampel NPAg 2:8, volume ekstrak air daun kopi robustanya lebih besar dibandingkan sampel NPAg 1:9. Kelebihan bioreduktor dari kondisi optimalnya dapat menghasilkan tingkat reduksi yang lebih cepat, yang dapat menghasilkan rentang ukuran partikel yang lebih luas sehingga menyebabkan distribusi partikel yang kurang seragam. Bioreduktor dalam ekstrak juga berperan sebagai *capping agent* pada nanopartikel. Jika *capping agent* yang diberikan berlebih dari tingkat optimalnya maka akan menyebabkan hambatan sterik yang dapat menghambat pertumbuhan nanopartikel perak [24, 25].

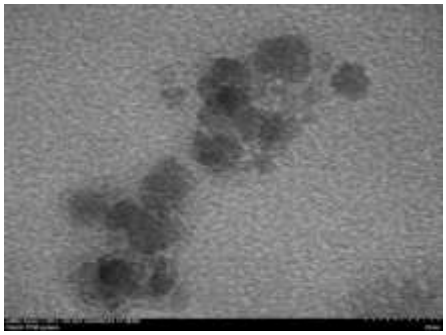


Gambar 4. Nilai potensial zeta NPAg

Nilai potensial zeta suatu nanopartikel menunjukkan kecenderungan partikel untuk mudah teragregasi atau tidak. Nilai potensial zeta lebih besar dari +30 mV atau kurang dari -30 mV menunjukkan stabilitas nanopartikel yang baik dalam suatu koloid [26]. Seluruh sampel NPAg memiliki nilai potensial zeta yang baik dari -21,58 mV hingga -31,18 mV. Potensial zeta dengan nilai negatif menunjukkan bahwa NPAg yang dihasilkan memiliki muatan permukaan negatif (Gambar 4), hal ini disebabkan oleh adanya *capping agent* yakni senyawa kuersetin. Senyawa tersebut menstabilkan dan memberikan muatan negatif terhadap NPAg karena memiliki gugus -OH yang berinteraksi secara elektrostatis pada permukaannya [27, 28]. Sampel NPAg 1:9 suhu 60°C dipilih sebagai NPAg terbaik karena berukuran nano, distribusi ukurannya seragam, nilai potensial zeta yang baik serta memiliki absorbansi yang paling tinggi diantara NPAg lainnya.

3.5 Morfologi Nanopartikel Perak (NPAg)

Morfologi dari NPAg yang dihasilkan dapat dilihat menggunakan TEM (Gambar 5). Sampel NPAg 1:9 suhu 60°C yang dipilih sebagai yang terbaik diuji menggunakan TEM menunjukkan bentuk menyerupai bulatan (*spherical*) dengan ukuran 20 nm. Umumnya, nanopartikel yang disintesis dari tanaman memiliki bentuk bulat [29, 30]. Nanopartikel bulat lebih disukai karena luas permukaannya yang lebih tinggi dan memiliki efisiensi energi. Luas permukaan yang besar menunjukkan aktivitas katalitik yang tinggi sehingga dapat meningkatkan laju reaksi [31, 32]. Tingkat pH yang lebih tinggi, seperti dari 6 hingga 11,5, cenderung menghasilkan lebih banyak nanopartikel bulat, dengan ukuran menurun dari 73 menjadi 31 nm saat pH meningkat [33].

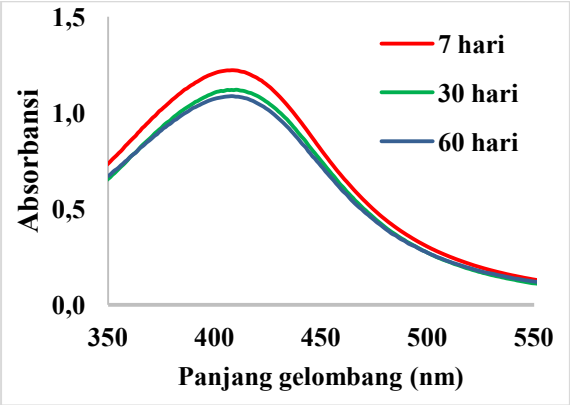


Gambar 5. Morfologi NPAg A60 dengan TEM

 ISSN 2302-7274

3.6 Kestabilan Nanopartikel Perak (NPAg)

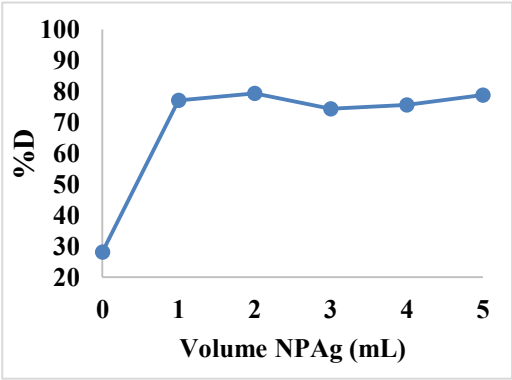
Sampel 1:9 suhu 60°C diuji stabilitasnya hingga 60 hari dengan Spektrofotometer UV-Vis yang ditunjukkan pada Gambar 6. Panjang gelombang bergeser ke arah kanan dan nilai absorbansi juga menurun seiring bertambahnya umur sampel, menunjukkan ukuran nanopartikel yang semakin membesar dan kuantitas NPAg dalam koloid telah berkurang [22]. Dapat dikatakan kestabilan sampel NPAg A60 dapat bertahan hingga 60 hari dengan perubahan yang tidak signifikan. Faktor yang mungkin mempengaruhi stabilitas nanopartikel yakni kehadiran kontaminan, paparan cahaya dan suhu penyimpanan [34].



Gambar 6. Spektrum UV-Vis kestabilan NPAg A60

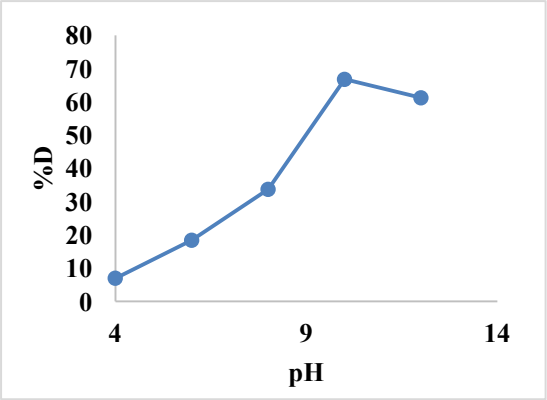
3.7 Kondisi Optimum Fotodegradasi Metilen Biru (MB)

Penentuan kondisi optimum meliputi, volume fotokatalis NPAg, kondisi pH dan lama waktu iradiasi optimum. Volume NPAg optimum terjadi pada 1 mL NPAg dengan persentase degradasi 77,07% karena memberikan persentase degradasi yang tinggi dengan menggunakan volume fotokatalis yang terkecil (Gambar 7). Kondisi pH optimum terjadi pada pH 10 dengan persentase degradasi sebesar 66,79% yang grafiknya dapat dilihat pada Gambar 8. Kondisi pH mempengaruhi muatan permukaan katalis, sehingga untuk menyerap MB yang bersifat kationik, katalis dengan muatan permukaan negatif disebabkan oleh kondisi pH basa yang akan lebih efektif dibandingkan pada pH asam, karena meningkatkan interaksi gaya tarik elektrostatik antara MB dan NPAg [33]. Selain itu jika pada pH yang asam, nilai potensial zeta akan mendekati titik isoelektrik (pzc) dan akan mengganggu kestabilan NPAg [26]. Waktu iradiasi optimum terjadi pada 1 jam iradiasi dengan persentase degradasi sebesar 49,33%. Persentase degradasi meningkat hingga waktu irradiasi 5 jam dan menurun di waktu 7 jam, disebabkan karena semakin lama waktu iradiasi, semakin lama juga kontak antara katalis dan zat warna seiring bertambahnya durasi irradiasi, sehingga semakin banyak ion radikal yang terbentuk dan bereaksi dengan MB [35]. Penurunan persentase degradasi pada waktu 7 jam, mungkin disebabkan MB pertama kali diserang oleh ion radikal dengan jumlah yang banyak, namun seiring bertambahnya waktu irradiasi jumlah ion radikal pengoksidasi dalam larutan berkurang sehingga memperlambat laju degradasi [36]. Grafik pengaruh waktu irradiasi terhadap persen degradasi metilen biru dapat dilihat pada Gambar 9.

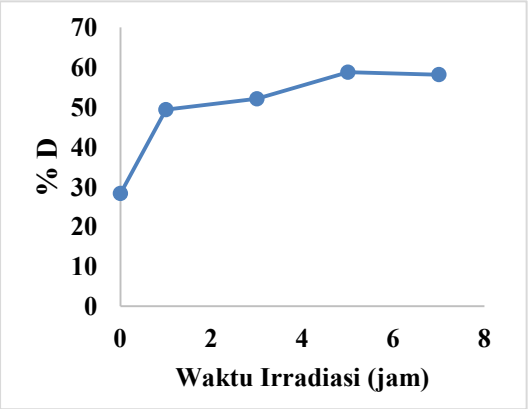


Gambar 7. Pengaruh volume NPAg (A60) terhadap persentasi fotodegradasi metilen biru 100 ppm dengan waktu irradiasi selama 1 jam.

 ISSN 2302-7274



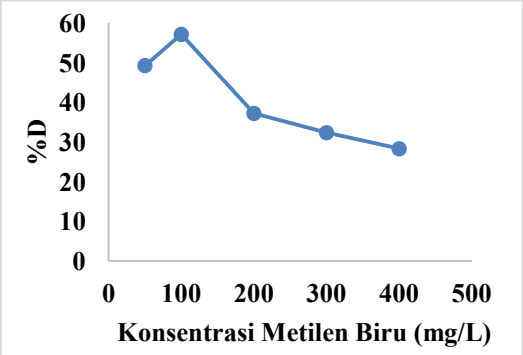
Gambar 8. Pengaruh pH terhadap persentasi fotodegradasi metilen biru 100 ppm dengan waktu irradiasi selama 1 jam menggunakan volume NPAg A60 sebanyak 1 mL. .



Gambar 9. Pengaruh waktu irradiasi terhadap persentasi fotodegradasi metilen biru 100 ppm dengan waktu irradiasi selama 1 jam menggunakan volume NPAg A60 sebanyak 1 mL pada pH 10.

3.8 Efektivitas Fotodegradasi Metilen Biru (MB)

Persentase degradasi meningkat pada konsentrasi MB dari 50 mg/L ke 100 mg/L dengan persentase degradasi dari 49,25% menjadi 57,10%. Konsentrasi metilen biru lebih dari 100 mg/L mengalami penurunan hingga sebesar 28,30% pada konsentrasi 400 mg/L (Gambar 10). Hal ini karena radikal hidroksil yang dihasilkan konstan, sedangkan jumlah molekul metilen biru meningkat seiring peningkatan konsentrasi. Selain itu, pada konsentrasi metilen biru yang lebih tinggi, terlalu banyaknya molekul metilen biru yang terikat pada permukaan fotokatalis NPAg menyebabkan terhambatnya penetrasi cahaya ke permukaan fotokatalis sehingga mengurangi aktivitas fotokatalitiknya [37].



Gambar 10. Efektivitas fotodegradasi MB oleh NPAg A60

4. KESIMPULAN

Sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak air daun kopi robusta telah berhasil dilakukan. Hasil karakterisasi fotokatalis nanopartikel perak terbaik adalah pada sampel NPAg 1:9 suhu 60°C dengan ukuran partikel nano, memiliki bentuk bulat, distribusi ukuran yang seragam dan tergolong nanopartikel yang stabil. Kondisi optimum fotodegradasi terjadi dengan volume 1 mL fotokatalis, pH 10 dalam 1 jam irradiasi. Nanopartikel perak mampu mendegradasi metilen biru hingga 57,10% dalam waktu 1 jam.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Ibu Wiji Rahayu dari PT. DKSH Indonesia, Jakarta yang telah membantu dalam pengukuran *ζ-potential* dan ukuran nanopartikel perak.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Radar Bali. 2022. Sungai di Denpasar Berwarna Merah, Biang Kerok Pengusaha Sablon. https://radarbali.jawapos.com/bali/denpasar-badung/08/04/2022/sungai-di-denpasar-berwarna-merah-biang-kerok-pengusaha-sablon/. Diakses pada tanggal 15 Oktober 2022

[2] Camargo, V. dan Morales, M. 2013. Azo Dyes: Characterization and Toxicity- A Review. Textiles and Light Industrial Science and Technology. 2(2): 85-103

[3] Madrakian, T., Abbas A., and Mazaher A. 2012. Adsorption and Kinetic Studies of Seven Different Organic Dyes onto Magnetite Nanoparticles Loaded Tea Waste and Removal of Them from Wastewater Samples. Spechtrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 99: 102-109.

[4] Khan, I., Khalid, S., Ivar, Z., Baoliang, Z., Abdulmajeed, H., Ashfaq, A., Shujaat, A., Noor, A., Luqman, A., Tariq, S., dan Ibrahim, K. 2022. Review on Methylene Blue: Its Properties, Uses, Toxicity, and Photodegradation. Water. 14(242): 1-30.

[5] Gunlazuardi, J. dan Tjahjanto, R. T. 2001. Preparasi Lapisan Tipis TiO2 sebagai Fotokatalis: Keterkaitan antara Ketebalan dan Aktivitas Fotokatalisis. *Makara Jurnal Penelitian Universitas Indonesia*. Vol. 5 (2): 81-91

[6] Akhtar, M.S., Panwar, J. dan Yun, Y.S. 2013. Biogenic Synthesis of Metallic Nanoparticles by Plant Extracts. ACS Sustainable Chem Eng. 1: 591–602.

[7] Shrestha, S. dan Sarwendra, A. 2017. Size Dependent Optical Properties of Silver Nanoparticles Synthesized from Fruit Extract of Malus pumila. J. Nepal Chem. Soc. 37: 1-6

[8] Chandran, S.P., Chaundhary, M., Pasricha, R., Ahmad, A., Sastry, M. 2008. Synthesis of Gold Nanotriangles and Silver Nanoparticles Using Aloe vera Plant Extract. *Biotechnol Prog*. 22: 577-83

[9] Krishnaraj, C., Jagan, E., Rajasekar, S., Selvakumar, P., Kalaichelvan, P., Mohan, N. 2010. Synthesis of Silver Nanoparticles Using Acalypha Indica Leaf Extract and Its Antibacterial Activity Against Water Borne Pathogens. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 76: 50-6

[10] Santhoshkumar, T., Rahuman, A., Rajakumar, G., Marimuthu, S., Bagavan, A., Jayaseelan, C. Synthesis of Sliver Nanoparticles Using *Nelumbo nucifera* Leaf Extract and Its Larvicidal Activity Against Malaria and Filariasis Vectors. *Parasitol Res*. 108: 693-702

[11] Kurniawan, Y. dan Unsyura, D. 2018. Uji Aktivitas Ekstrak Etanol 70% Daun Kopi Robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehn) Terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti* Instar III. *Indonesia Natural Research Pharmaceutical Journal*. 3(1): 74-82

[12] Lestari, G.A., Iryanti, E., dan James, S. 2020. Efektivitas Nanopartikel Perak (NPAg) untuk Fotodegradasi Zat Warna Indigosol Blue. *Cakra Kimia*. 8(1): 34-40

[13] Ibrahim, N., Gharib, M., Noura, H. dan Marwa, M. 2024. Green Synthesis Of Silver Nanoparticles And Its Environmental Sensor Ability To Some Heavy Metals. BMC Chem. 18(1)

[14] Marslin G., Siram K., Maqbool, Q. 2018. Secondary metabolites in the green synthesis of metallic nanoparticles. Materials. 11(6): 940

[15] Khairani, I., Jeane, S., Rahel, N. dan Elisa, N. 2024. Quantitative Analysis of Phytochemical Compounds and Antihyperglycemic Potential of Robusta Coffee from West Lampung. *Jurnal Sumberdaya Hayati*. 10(1): 1-6

[16] Oktavia. I. dan Suyatno. S. 2021. Review Artikel: Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Tumbuhan Sebagai Bahan Antioksidan. *UNESA Journal of Chemistry*. 10(1): 9-43.

[17] Ider, M., Kamal, A., Adil, E. dan Said, O. 2017. Silver Metallic Nanoparticles with Surface Plasmon Resonance: Synthesis and Characterizations. Journal of Cluster Science. 28(3)

[18] Paramelle, D., Anton, S., Sergey, G., David, G. dan Paul, F. 2014. Rapid Method To Estimate The Concentration Of Citrate Capped Silver Nanoparticles From UV-Visible Light Spectra. Research Gate. 1-3

[19] Velgosová, O., Lívia M. dan Vladimír M. 2022. Influence of Reagents on the Synthesis Process and Shape of Silver Nanoparticles. Materials. 15(6829): 1-10

[20] Stavinskaya, O., Iryana, L., Tetiana, F. dan Marina, K. 2019. Effect Of Temperature on Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Vitex Agnus-Castus Extract. Chemistry Journal of Moldova. 14(2): 117-121

[21] Solomon, S.D., M. Bahadory, A.V. Jeyarajasingam, S.A. Rutkowsky, and C. Boritz, Lorraine, M. 2007. *Journal of Chemical Education*. 84(2): 322-325

[22] Bahareh, K. dan Hamid, R. 2019. Synthesis of silver nanoparticles with different shapes. Arabian Journal of Chemistry. 12(8):1823-1838

[23] Abdullah. M. 2008. Pengantar Nanosains. FMIPA ITB. Bandung

[24] Roldan, G., Liliana, M., Jesus, A., Luis, F., Rodolfo, P. dan Lina, M. 2018. Production of polycaprolactone nanoparticles with low polydispersity index in a tubular recirculating system by using a multifactorial design of experiments. Springer Netherlands. 20(3).

[25] Santana, P. dan Noralvis, F. The Use of Capping Agents in the Stabilization and Functionalization of Metallic Nanoparticles for Biomedical Applications. *Particle and Particle System Characterization*. 40.

[26] Ghasemi, S., Sara, Faezeh , K., Diba, E., Mehran, N., Sina, M., Ehsan, Z. dan Fatemeh. 2024. Process optimization for green synthesis of silver nanoparticles using Rubus discolor leaves extract and its biological activities against multi-drug resistant bacteria and cancer cells. Scientific Reports. 14(4130)

[27] Malvern. 2015. Zeta Potential-An Introduction in 30 minute. Malvern Instrument Limited. Groovewood

[28] Routh, H., Pamela, C., Lailla, d., Gabriela, P., Bruno, S., Giovani, P., Denise, C., Romano, E., Virginia, C. dan Wlliam, L. 2022. Silver Nanoparticles From Residual Biomass: Biosynthesis, Characterization And Antimicrobial Activity. Journal of Biotechnology. 343: 47-51

[29] Iravani, S. 2011. Green Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants. Green Chemistry, 13(10): 2638

[30] Mikhailov, O. dan Mikhailova. E. 2019. Elemental Silver Nanoparticles: Biosynthesis And Bio Applications. Materials. 12(19): 3177

[31] Meshram, R., Sakshi, S. dan Utpal, D. 2024. Green Method Synthesis Of Silver Nanoparticles From Ficus Religiosa Plant Leaves Extract And Their Evaluation For Anti-Cancer Activity In Human Lung Adenocarcinoma A549 Cells. Research Journal of Biotechnology

[32] Kastner, C. dan Andreas, F. 2016. Catalytic Reduction of 4-Nitrophenol Using Silver Nanoparticles with Adjustable Activity. ACS Publications. 32(29): 7383-7391

[33] Nguyen T., Tran Quang, Nguyen V., Nguyen M., Le T. 2016. Synthesis,

 ISSN 2302-7274

Characterisation, And Effect Of Ph On Degradation Of Dyes Of Copper-Doped TiO2 . J. Exp. Nanosci. 11: 226–238

[34] Apriandanu. Wahyuni. S., Hadisaputro. S., dan Harjono. 2014. Sintesis Nanopartikel Perak Mengunakan Metode Poliol dengan Agen Stabilisator Polivinilalkohol (PVA). *Jurnal MIPA*. 37(1): 92–104.

[35] Sari, D.N. dan Azmalaeni, R. 2023. Pengaruh Waktu Degradasi Terhadap Fotodegradasi Zat Warna Fenol Red Menggunakan Katalis TiO2-Ag. Jurnal Riset Multidisiplin. 1(3): 100-104

[36] Bagade, A., Praktik, A., Arvind, V., Shankar, R. dan Sangita, N. 2023. Light-induced Photocatalytic Degradation of Methylene Blue observed using Mg-Cu-Cd Ferrite Nanoparticles. Oriental Journal of Chemistry. 39(2): 490-496

[37] Diantariani, P., I., Kartini, A., Kuncaka dan E. T. Wahyuni. 2020. ZnO Incorporated on Natural Zeolite for Photodegradation of Methylene Blue. *Rasayan J. Chem*. 13(1): 747-756