Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)
Volume 12, Nomor 2, Oktober 2024

SINTESIS FOTOKATALIS NANOPARTIKEL PERAK (NPAg) DENGAN BIOREDUKTOR EKSTRAK DAUN SIRSAK (*Annona muricata L.*) DAN APLIKASINYA DALAM FOTODEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED*

A.A. Sagung Diah Saraswati[1*], Iryanti Eka Suprihatin [1.2], I Gusti Agung Gede Bawa[1.2]

[1)] Magister Kimia Terapan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Denpasar, Indonesia
[2)] Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana, Badung, Indonesia
*e-mail : gekdiahsaraswati@gmail.com

ABSTRAK: Pesatnya perkembangan industri tekstil telah banyak memberikan keuntungan, namun juga memunculkan dampak negatif terutama pada pencemaran lingkungan, sebagai akibat lemahnya pengelolaan limbahnya. Salah satu limbah zat warna yang sulit terdegradasi di alam, yaitu limbah zat warna *Congo Red*. Penelitian ini bertujuan untuk mensistesis nanopartikel perak menggunakan bioreduktor ekstrak daun sirsak yang akan digunakan untuk mendegradasi zat warna *Congo Red*. Sintesis NPAg dilakukan pada variasi volume ekstrak air daun sirsak dengan larutan $AgNO_3$, yaitu 1:9; 2:8; 3:7; 4:6; 5:5, pada suhu 40, 50, dan 60^oC. Identifikasi NPAg yang terbentuk menggunakan spektrofotometri UV-Vis dan *Particle Size Analyzer* (PSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa NPAg yang terbentuk pada rasio volume ekstrak air daun sirsak dengan larutan $AgNO_3$ 3:7 dengan suhu 40^oC memberikan hasil terbaik, karena memiliki panjang gelombang maksimum 433,40 nm, ukuran 49,30 nm, memiliki nilai Indeks Polidispersitas (IPd) sebesar 0,232, dan nilai zeta potensialnya sebesar -6,41 mV. Fotodegradasi *Congo Red* dengan NPAg dilakukan pada kondisi optimum, yaitu volume NPAg 1 mL, waktu degradasi 3 jam, dan pH 2 mampu mendegradasi zat warna *Congo Red* sebesar 98,70%.

Kata Kunci: Bioreduktor; *congo red*; daun sirsak (*Annona muricata* L.); fotodegradasi; nanopartikel perak.

ABSTRACT: The rapid development of the textile industry has provided many benefits, but also has a negative impact, especially on environmental pollution, as a result of poor waste management. One of the dye wastes that are difficult to degrade in nature is Congo Red dye waste. This study aims to synthesize silver nanoparticles using a bioreductant of soursop leaf extract which will be used to degrade Congo Red dye. The synthesis of NPAg was carried out on variations in the volume of soursop leaf aqueous extract with $AgNO_3$ solution, namely 1:9; 2:8; 3:7; 4:6; 5:5, and carried out at 40, 50, and 60°C. identification of NPAg formed using UV-Vis spectrophotometry and Particle Size Analyzer (PSA). The results showed that the NPAg formed at the ratio of the volume of soursop leaf water extract to $AgNO_3$ solution 3:7 at a temperature of 40°C gave the best results, because it has a maximum wavelength of 433.40 nm, size 49.30 nm, has a Polydispersity Index (IPd) value is 0.232, and the zeta potential value is -6.41 mV. Photodegradation of Congo Red with NPAg was carried out under optimum conditions, namely 1 mL of NPAg volume, 3 hours of degradation time, and pH 2 capable of degrading Congo Red dye by 98.70%.

Keywords: bioreductant; congo red; photodegradation; silver nanoparticles; soursop leaf (*Annona muricata* L.).

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan industri tekstil telah banyak memberikan keuntungan, namun juga memunculkan dampak negatif terutama pada pencemaran lingkungan, sebagai akibat lemahnya pengelolaan limbahnya. Bali terkenal dengan industri tenunnya. Salah satu industri tenun endek sikat Kabupaten Karangasem menggunakan pewarna sintetis contohnya *Congo Red* untuk mempercantik tampilan kain endek. Selain menghasilkan kain endek yang laku di pasaran, kegiatan industri tenun endek juga meninggalkan limbah cair yang dihasilkan dari residu pewarna.

Senyawa ini tidak mudah terdegradasi, perlu waktu lama untuk terurai. Jika dibiarkan terlalu lama di lingkungan dapat menjadi sumber pencemaran karena bersifat karsinogenik dan mutagenik. Senyawa *Congo Red* terdegradasi sangat lambat dalam air, sehingga jumlah senyawa yang terakumulasi lebih besar dari jumlah senyawa yang terdegradasi.

Upaya penyelesaian masalah pencemaran zat warna tekstil telah dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan fotodegradasi. Fotodegradasi adalah reaksi dekomposisi yang terjadi secara bersamaan di bawah pengaruh cahaya dan katalis. Proses tersebut dipengaruhi oleh ukuran partikel katalis, waktu reaksi, dan rasio komposisi katalis. Hubungan antara ukuran partikel dan efektivitas degradasi menjadi alasan berkembangnya nanopartikel. Proses fotodegradasi memerlukan suatu fotokatalis penghasil radikal bebas untuk mendegradasi polutan (zat warna). Katalis berukuran partikel nano memiliki luas permukaan yang besar sehingga kontak yang terjadi juga besar [1].

Dalam perkembangannya, fotoegradasi menggunakan fotokatalis nanopartikel perak (NPAg) merupakan fotokatalis yang mulai banyak digunakan. Nanopartikel yang dibuat dengan bantuan ekstrak tumbuhan sebagai reduktor dikenal dengan *green chemical synthesis*. Sintesis kimia hijau melibatkan dua hal, pemilihan prekursor yang digunakan dan zat pereduksi. Untuk mengurangi pencemaran lingkungan, *green chemistry* atau sintesis nanoteknologi hijau berbasis tanaman sebagai bioreduktan banyak digunakan dalam sintesis nanopartikel logam mulia [2-4]. Metode tersebut menggunakan bahan pereduksi alami diantaranya ekstrak dari tumbuhan, jamur dan bakteri. Artikel ini melaporkan hasil penelitian tentang sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak air daun sirsak sebagai fotokatalis dalam degradasi zat warna *Congo red*.

2. PERCOBAAN

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan

Bubuk perak nitrat ($AgNO_3$), daun sirsak (*Annona muricata L.*), pewarna *Congo red*, dan aquades.

Peralatan

Blender, hot plate, pH meter, neraca analitik, gelas ukur, gelas beker, pipet volume, labu ukur, sudip, batang pengaduk, labu Erlenmeyer, kertas saring, spektrofotometer UV-Vis, *Particle Size Analysis* (PSA), dan kotak irradiasi dilengkapi dilengkapi lampu UV.

2.2 Metode Kerja

Pembuatan ekstrakdaun sirsak

Sebanyak 20 gram serbuk daun sirsak dipanaskan menggunakan 100 mL aquades selama 15 menit pada 60°C. Setelah dingin, disaring menggunakan kertas saring. Filtrat yang diperoleh digunakan mensintesis nanopartikel perak.

Uji fitokimia ekstrak air daun sirsak

Ekstrak air daun sirsak digunakan untuk menguji kandungan senyawa Flavonoid, Terpenoid dan Streoid, Alkaloid, Saponin, Tanin, dan Fenol.

Sintesis nanopartikel perak

Sintesis NPAg dilakukan dengan perbandingan variasi konsentrasi larutan

$AgNO_3$ dan ekstrak air daun sirsak pada suhu yang berbeda. Perbandingan yang digunakan adalah $AgNO_3$: ekstrak air daun sirsak yaitu 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5 (v/v). Variasi ini diberi perlakuan suhu pada 40, 50 dan 60°C

Penetuan ukuran nanopartikel perak dengan *Particle Size Analyser* (PSA), nilai potensial zeta, dan indeks polidispersitas

Sebanyak 1 mL larutan dimasukkan ke dalam kuvet kemudian dianalisis dengan instrument *Particle Size* dan *Zeta Potential Analyzer* (Delsa^{TM} Nano).

Penentuan volume optimum fotokatalis NPAg

Kedalam erlemenyer 200 mL dituangkan 20 mL larutan *Congo red* 100 ppm dan koloid NPAg dari 0 sampai 5 mL. Selanjutnya larutan dimasukkan ke dalam kotak radiator. perlakuan tersebut diulangi 3x. Masing-masing campuran *Congo red* dan NPAg dalam gelas beaker diirradiasi dengan lampu UV selama 30 menit, disentrifus, dan supernatannya diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 501 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan regresi linier sehingga diperoleh konsentrasi *Congo red*. Nilai konsentrasi dari *Congo red* dimasukkan ke dalam persentase degradasi(%) dengan persamaan 1:

$$\text{Persentase degradasi (\%)} = \frac{(Co-Ct)}{Co} x\ 100\% \quad (1)$$

Keterangan:
Co = konsentrasi awal *Congo red*
Ct = konsentrasi akhir *Congo red* setelah degradasi

Penentuan waktu irradiasi optimum

Disiapkan Erlenmeyer 200 mL dan diisi 20 mL larutan *Congo red* 100 ppm. Selanjutnya, campuran diirradiasi sinar UV, diaduk selama 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 jam dan direplikasi sebanyak 3x. Absorbansi larutan setelah diirradiasi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 501 nm. Selanjutnya dihitung nilai persentase degradasi zat warna menggunakan persamaan 1.

Penentuan pH optimum

Disiapkan erlemenyer 200 mL diisi dengan 20 mL *Congo red*. Selanjutnya ke dalam Erlenmeyer tersebut ditambahkan NPAg dengan volume optimum dan pH larutan diatur masing-masing yaitu pH 2, 4, 6, 8, dan 10 dan diiradiasi pada waktu optimum. Absorbansi larutan zat warna setelah irradiasi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 501 nm. Hasil absrobansi yang diperoleh dimasukkan ke persamaan regresi linier dengan persamaan 1 untuk memperoleh konsentrasi larutan *Congo red*.

Penentuan efektivitas fotodegradasi *Congo Red*

Penentuan efektivitas fotodegradasi dilakukan pada kondisi optimum. Sebanyak 20 mL larutan congo red dengan konsentrasi 50, 100, 150, 200, dan 250 ppm dan NPAG dimasukkan ke dalam kotak erlenmyer dan diirradiasi selama waktu optimum dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 501 nm. Efektivitas fotodegradasi *Congo red* dengan menggunakan NPAg dapat ditentukan dengan menghitung persentase degradasi linier dengan persamaan 1.

Analisis Bahan Organik Total (BOT) dalam Uji Efektivitas Fotodegradasi *Congo Red*

Sebanyak 1 mL sampel zat warna dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 mL kemudian ditambah $K_2Cr_2O_7$ 1 N dan H_2SO_4 pekat masing-masing sebanyak 10 mL. Larutan tersebut didiamkan selama 30 menit kemudian ditambahkan 5 mL H_3PO_4 85%, 1 mL $C_{11}H_{12}N$ dan aquades sampai 50 mL. Selanjutnya dilakukan pengocokan larutan sampai homogen dan didiamkan selama 30 menit. Larutan jernih dipipet sebanyak 5 mL lalu dimasukkan ke

 ISSN 2302-7274

erlenmeyer yang telah diisi 15 mL aquades. Selanjutnya dilakukan pengocokan kembali lalu, dititrasi dengan $FeSO_4$ 1N sampai larutan berwarna hijau.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Skrining Fitokimia

Sampel mengandung senyawa steroid ditandai dengan perubahan warna menjadi biru karena kemampuan senyawa tersebut membentuk ikatan rangkap terkonjugasi dengan H_2SO_4 pekat dalam pelarut asetat anhidrida [5]. Perubahan dari coklat muda menjadi merah dengan pereaksi Willstater dalam uji flavonoid disebabkan oleh penambahan Mg merah dan HCl untuk membentuk garam onium kuning. Mg dan HCl pekat ditambahkan pada uji flavonoid metode Wilstater untuk menghidrolisis flavonoid menjadi aglikon, yaitu dengan menghidrolisis gugus O-glikosil. Karena sifat elektrofiliknya, gugus gula akan digantikan oleh H^+ dalam asam. Pengurangan konsentrasi Mg dan HCl menghasilkan senyawa merah dalam flavonol.

Kehadiran senyawa fenol ditandai terjadinya perubahan dari coklat muda menjadi merah pekat. Penambahan $FeCl_3$ 1% menimbulkan warna merah pekat yang kuat. Terbentuknya warna merah pekat karena fenol bereaksi dengan ion Fe^{3+} membentuk senyawa kompleks $[C_6H_5OFeCl_2]$. Hasil uji fitokimia saponin ditandai dengan terbentuknya busa, hal ini disebabkan oleh adanya gugus hidrofil pada saat digojok membentuk buih yang berikatan dengan air sedangkan hidrofob akan berikatan dengan udara.

Karakterisasi Nanopartikel

Nanopartikel perak yang disintesis pada suhu 40°, 50°, dan 60°C dengan perbandingan volume larutan $AgNO_3$ dan ekstrak air daun sirsak yaitu 1:9, 2:8, 3:7, 4:6. 5:5 (v/v). Pada hasil analisis sampel A, B, C, D, dan E terjadi perubahan warna seiring bertambahnya suhu sintesis. Warna kecoklatan menandakan terbentuknya nanopartikel perak. Pada Gambar 1. terlihat bahwa pada sampel A terbentuk nanopartikel perak dan sampel E tidak, karena perubahan warna suspensi menjadi coklat pekat yang mengindikasikan tidak terdapatnya nanopartikel perak.

Gambar 1. Hasil sintesis nanopartikel perak sampel A (kiri) dan Sampel E (kanan)

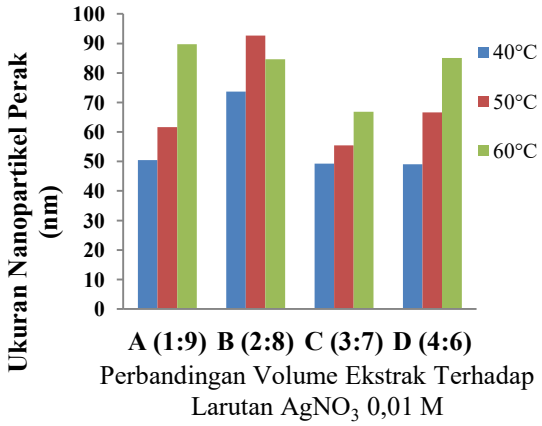
Sintesis nanopartikel perak pada penelitian ini menggunakan reduktor ekstrak air daun sirsak dengan $AgNO_3$. Daun sirsak yang diteliti mengandung senyawa flavonoid, tanin, saponin yang diperkirakan membantu proses pembentukan nanopartikel perak [6]. Flavonoid dan tanin memiliki gugus hidroksil dan karbonil yang dapat mengikat logam untuk menghasilkan Ag^0 dengan menyumbangkan elektron ke ion Ag^+ dan bertindak sebagai stabilisator untuk mencegah caking dalam media berair.

Karakterisasi NPAg dengn *Particle Size Analyzer* (PSA), Indeks Polidispersitas (IPd), dan Potensial Zeta

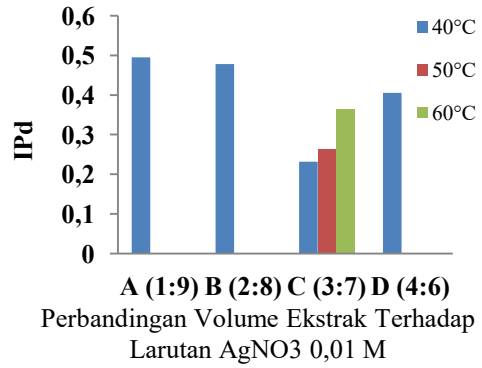
Konfirmasi terbentuknya NPAg juga dipastikan dengan menggunakan alat *particle size analyzer* (PSA). Hasil analisis menunjukkan peningkatan ukuran partikel dari sampel A sampai dengan sampel D dalam suhu sintesis yang semakin meningkat, karena terjadi agregasi pada nanopartikel ketika suhu pada proses sintesis ditingkatkan (Gambar 2). Pada sampel C tidak terjadi peningkatkan ukuran nanopartikel yang signifikan diperkirakan karena stabilitator dari ekstrak daun sirsak mampu meredam agregasi seiring bertambahnya suhu saat proses sintesis nanopartikel.

Nanopartikel perak yang disintesis memiliki Indeks Polidispersitas yang berbeda-beda seperti terlihat pada Gambar 3. Nilai IPd lebih dari 0,500 menunjukkan heterogenitas tinggi, sedangkan nilai IPd kurang dari 0,500 atau mendekati 0 menunjukkan ukuran partikel seragam

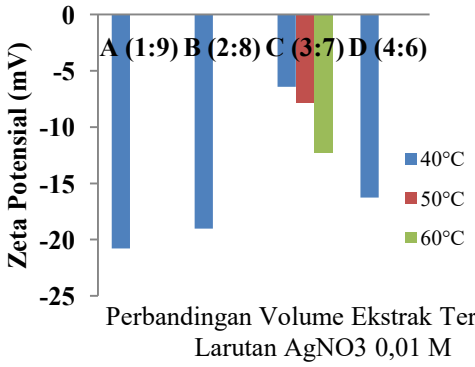
 ISSN 2302-7274



Gambar 2. Pengaruh perbandingan volume terhadap ukuran NPAg pada suhu 40, 50 dan 60°C.



Gambar 3. Pengaruh perbandingan volume terhadap IPd pada suhu 40, 50 dan 60°C.

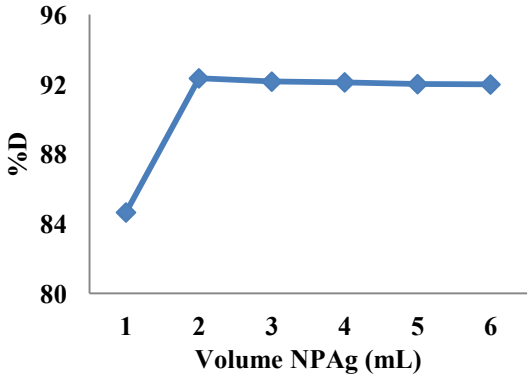


Gambar 4. Pengaruh perbandingan volume terhadap Zeta Potensial pada suhu 40, 50 dan 60°C.

Potensial zeta menunjukkan muatan partikel yang menyebabkan partikel mengalami kecendrungan agregasi. Nilai zeta potensial yang diharapkan +30 mV atau -30 mV. Nilai zeta potensial yang diharapkan +30 mV atau -30 mV. Nilai zeta potensial pada sampel A40, B40, C40, C50, C60 dan D40 berturut-turut yaitu -20,79; -19,03; -6,41; -7,88; -12,30; dan -16,26 mV yang dapat dilihat pada Gambar 4. Nanopartikel perak yang disintesis pada suhu 40, 50 dan 60°C memiliki ukuran lebih kecil dari 100 nm. Dari hasil penelitian ini, ukuran nanopartikel makin besar seiring bertambahnya suhu. Hal ini mungkin disebabkan karena pada suhu yang lebih tinggi sebagian dari senyawa penstabil mengalami kerusakan.

Penentuan Volume Larutan NPAg Optimum untuk Fotodegradasi *Congo Red*

Hasil optimasi volume fotokatalis menunjukkan terjadinya kenaikan persentase degradasi dari 84,65 menjadi 92,35 % seiring dengan kenaikan volume fotokatalis yang digunakan dari 1 mL ke 2 mL. Penggunaan fotokatalis lebih dari 2 mL tidak signifikan menaikkan persen degradasi (Gambar 5). Berdasarkan data hasil optimasi volume, volume fotokatalis 2 mL dipilih sebagai volume optimum karena memberikan persentase degradasi yang lebih tinggi sebesar 92,35% dengan menggunakan volume fotokatalis yang sedikit. Proses fotodegradasi menyebabkan larutan *congo red* berubah warna dari merah pekat menjadi merah pudar hingga tidak berwarna.

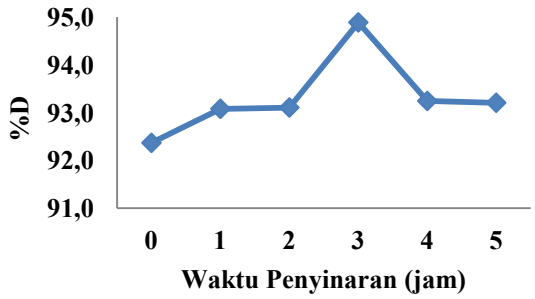


Gambar 5. Pengaruh volume fotokatalis terhadap persentase degradasi dengan lampu UV selama 30 menit

Penentuan Waktu Penyinaran Optimum

Waktu penyinaran optimum adalah waktu terendah yang dibutuhkan oleh fotokatalis NPAg C40 untuk memberikan persentase degradasi *Congo red* tertinggi. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka waktu penyinaran selama 3 jam dengan

 ISSN 2302-7274



Gambar 6. Pengaruh lama penyinaran terhadap persentase degredasi *Congo Red*

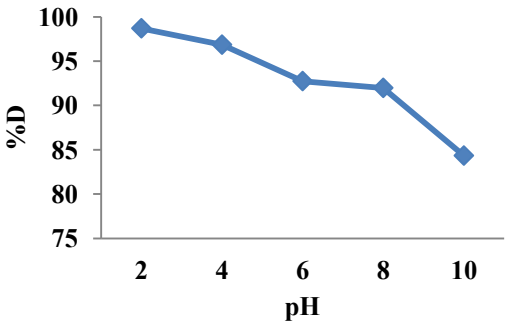
persentase degradasi sebesar 94,90% dipilih sebagai waktu irradiasi optimum untuk proses fotodegradasi Congo red dengan fotokatalis NPAg C40. Kenaikan persentase degradasi dengan waktu penyinaran berhubungan dengan intensitas cahaya yang diberikan pada sistem. Apabila intensitas cahaya yang diberikan pada sistem cukup rendah (0-20 mW/cm^2), maka reaksi fotodegradasi akan bergantung pada pembentukan hole elektron. Hal ini berarti, semakin besar intensitas cahaya yang diberikan, maka persentasi degradasi dan dekolorisasi akan semakin tinggi [7].

Penentuan pH Larutan Optimum

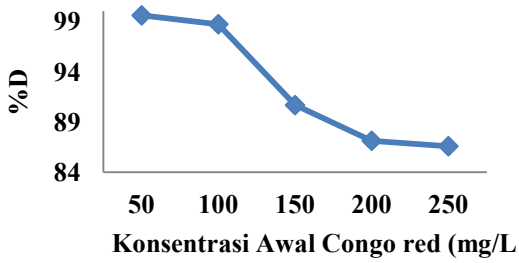
Nilai pH optimum merupakan kondisi pH larutan yang dibutuhkan untuk memberikan persentase degradasi terbaik pada reaksi fotodegradasi Congo Red oleh fotokatalis NPAg (Gambar 7). Berdasarkan kurva tersebut menunjukkan bahwa Congo Red relatif lebih mudah terdegradasi pada pH asam dari pada pH basa. Persentase degradasi mengalami penurunan mulai dari pH 2 hingga pH 10. Lestari *et.al* [4] memperoleh hasil serupa yakni persentase optimum senyawa Congo Red sebesar 94,75% pada pH 3, sedangkan Widiantini *et. al* [8] memperoleh degradasi optimum Congo Red menggunakan zeolit ZnO arang aktif sebesar 94% pada pH 5.

Efektivitas Fotodegradasi

Efektivitas fotodegrdasi *Congo red* dilakukan dengan variasi konsentrasi *Congo red* seperti terlihat pada Gambar 8. Persentase degradasi terbesar 99,58% pada konsentrasi larutan Congo Red 50 mg/L dan persentase degradasi terkecil sebesar 86,59% pada konsentrasi larutan *Congo Red* 250 mg/L. Tingginya konsentrasi *Congo Red* yang mengalami fotodegradasi sampai dengan 250 mg/L atau dengan kata lain katalis mampu bekerja secara efektif dari 50 sampai 250 mg/L. Jumlah *Congo Red* yang terdegradasi maksimal adalah 216 mg/L. Semakin tinggi konsentrasi zat warna congo red maka semakin banyak jumlah zat warna congo red yang terdegradasi. Nanopartikel perak mampu mendegradasi zat wrna congo red hingga 216 mg/L dari konsentrasi awal 250 mg/L, dengan persentase sebesar 86,59% dalam waktu 3 jam. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak efektif dalam mendegradasi zat warna congo red.



Gambar 7. Pengaruh pH terhadap persentase degradasi *Congo Red*



Gambar 8. Persentase fotodegradasi *Congo Red* pada kondisi optimum

Bahan Organik Total (BOT)

Bahan organik total pada sampel sesudah fotodegradasi *congo red* dianalisis untuk menentukan persentase penurunan sebagai indikasi terjadinya remineralisasi.. Setelah irradiasi sinar tampak selama 3 jam terhadap air limbah artifisial dicapai penyisihan BOT pada konsentrasi zat warna 50, 100, 150, 150 dan 250 mg/L berturut-turut sebesar 99,58; 98,70; 90,67; 87,13 dan 86,59%. Hasil akhir demineralisasi sempurna terhadap produk-produk samping ini adalah CO_2 dan H_2O.

4. SIMPULAN

Ekstrak air daun sirsak mampu mereduksi AgNO3 $1x10^{-3}$ M dengan rasio ekstrak air daun sirsak : AgNO3 (3:7) (v/v) menjadi nanopartikel perak dengan suhu sintesis 40°C. Nanopartkel perak sampel C40 (3:7) (v/v) dengan suhu sintesis 40°C menunjukkan serapan maksimum pada panjang gelombang 433,40 nm, dengan ukuran partikel 49,30 nm, Indeks Polidispersitas (IPd) sebesar 0,232 dan potensial zeta -6,41 mV. Satu mL nanopartikel perak mampu mendegradasi 25 mL zat warna congo red 100 mg/L pada pH 2 dengan waktu iradiasi sinar UV selama 3 jam. Nanopartikel perak mendegradasi zat warna congo red sampai konsentrasi 250 mg/L dengan persen degradasi sebesar 86,59%. Ditinjau dari konsentrasi *congo red* yang tersisa, yang paling efektif adalah konsentrasi 50 mg/L dan 100% terdegradasi dimana tidak ada sisa congo red yang terbuang ke lingkungan.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Kulkarni, A., and Bhanage, B. M. 2014. Ag@AgCl Nanomaterial Synthesis Using Sugar Cane Juice and Its Application in Degradation of Azo Dyes. *ACS Sustainable Chem Eng*. 2014. 2.

[2] Singh, A., Shalinee, J., Garima, S., Preeti, S., and Prerana, G. 2013. Silver Nanoparticles As Fluorescent Probes: New Approach For Bioimaging. *Scientific and Technology Research*, 2 (11) : 1-6.

[3] Suprihatin, I. E., Lestari, G. A. D., Mardhani, R., and Edoway, V. 2020. Silver Nanoparticles (AgNPs) as Photocatalyst in The Photodegradation of Rhemazol Brilliant Blue. Joint Conference on Chemistry: *Materials Science and Engineering*, 959 : 1-6.

[4] Lestari, G. A. D., Suprihatin, I. E., and Sibarani, J. 2019. Sintesis Nanopartikel Perak (NPAg) Menggunakan Ekstrak Air Buah Andaliman (Zanthoxylum acanthopodium DC.) dan Aplikasinya Pada Fotodegradasi Indigosol Blue. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 22 (5) : 200-205.

[5] Sangi, M.S., Momuat, L.I. dan Kumaunang, M. 2013. Uji Toksisitas dan Skrining Fitokimia Tepung Gabah Pelepah Aren (Arange pinnata). Manado : Universitas Sam Ratulangi.

[6] Angelina, M., Turnip, M., Khotimah, S. 2015. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Kemangi(Ocimum Sanctum L.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Escherichia Coli dan Staphylococcus Aureus. *Protobiont* 4(1): 184-189.

[7] Kumar, S. and Pandey, A. K. 2013. Chemistry amd biological activities of flavonoid:An overview. *The Scientific World Journal.* 2013. 1-16.

[8] Widiantini, N.L.P, Sibarani, J., Manurung, M. 2013. Studi Fotodegradasi Congo Red Menggunakan UV/ZnO/Reagen Fenton. *Jurnal Kimia*, 7 (1). 82-90.