

SINTESIS NANOPARTIKEL KOBALT FERRIT (CoFe_2O_4) MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN BINAHONG (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis) DAN APLIKASINYA SEBAGAI ANTIBAKTERI

Charissa L. Luntungan^{1*}, Henry F. Aritonang¹ dan Vanda S. Kamu¹

¹Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi
Jl. Kampus Unsrat, Kleak, Manado 95115 Sulawesi Utara

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai sintesis nanopartikel CoFe_2O_4 menggunakan ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis). dengan variasi perbandingan mol ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) : ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) = 1:1 dalam 15 mL. Nanopartikel tersebut dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM serta diuji aktivitas antibakterinya. Uji aktivitas antibakteri menggunakan bakteri *Staphylococcus aureus* (gram-positif) dan *Escherichia coli* (gram-negatif). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran nanopartikelnya adalah 37,52 nm. Kemudian aktivitas antibakteri diketahui berdasarkan luasnya zona bening yang terbentuk dengan hasil diperoleh sebesar 15 mm untuk bakteri *E.coli* dan 20 mm untuk bakteri *S.aureus*. Daun Binahong sendiri memiliki sifat sebagai antibakteri dengan hasil yang didapat adalah 8,25 mm untuk bakteri *E.coli* dan 10,25 mm untuk bakteri *S.aureus*. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel CoFe_2O_4 1 : 1 dalam 15 mL ekstrak dapat digunakan sebagai antibakteri

Kata kunci: Antibakteri, binahong, CoFe_2O_4 , nanopartikel

ABSTRACT

It has been done research on the synthesis of CoFe_2O_4 nanoparticles using binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis) leaf extract. With comparison mol variation of ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) : ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) = 1:1 in 15 mL extract. The nanoparticles were characterized using XRD and SEM and tested for their antibacterial activities. Test antibacterial activity using *Staphylococcus aureus* (gram-positive) bacteria and *Escherichia coli* (gram-negative). The results showed that the nanoparticle size was 37.52 nm. Antibacterial activity is known by the extent of the clear zone formed with the results obtained by 15 mm for the *E. coli* bacteria and 20 mm for the bacteria *S. aureus*. The leaf Binahong itself has a trait as an antibacterial with the results obtained is 8.25 mm for the bacteria *E. coli* and 10.25 mm for the *S.aureus* bacteria. This suggests that the CoFe_2O_4 nanoparticles 1:1 mol in 15 mL extract are used as antibacterial.

Keywords: Antibacterial, binahong, CoFe_2O_4 , nanoparticles

PENDAHULUAN

Nanopartikel magnetik telah banyak menarik minat bidang penelitian karena sifat fisik maupun kimianya yang unik dibanding dengan partikel ukuran besar (*bulk*). Telah dilaporkan bahwa nanopartikel magnetik memiliki sifat-sifat listrik dan magnet dan telah digunakan untuk sistem penyimpanan informasi, sistem pendingin, diagnose medis, *microwave*, media elektronik, komputer dan industri telepon dan katalis (Giri dkk., 2002; Issa dkk., 2013; Chomoucka dkk., 2010; Zheng dkk., 2014). Diantara nanopartikel magnetik tersebut, kobalt ferrit (CoFe_2O_4) merupakan material yang menjanjikan karena telah diaplikasikan dalam banyak bidang karena sifat-sifat uniknya yaitu magnetik, elektronik, optik, stabilitas kimia yang baik, stabilitas termal

yang baik dan lain-lain (Zheng dkk., 2014; Kohrrami., 2013; Andrade dkk., 2014). Li dkk. (2010) melaporkan bahwa CoFe_2O_4 memiliki potensi untuk diaplikasikan dalam bidang biomedis apabila memiliki distribusi ukuran yang sempit sehingga memiliki sifat kemagnetan relatif tinggi pada suhu kamar. Maka dari itu, kontrol ukuran butir beserta sifat kemagnetan nanopartikel CoFe_2O_4 menjadi hal menarik untuk diteliti.

Berbagai metode telah dikembangkan dalam mensintesis nanopartikel magnetik, di antaranya, metode kopresipitasi, dekomposisi termal, mikroemulsi dan hidrotermal (Lu dkk., 2007). Selain itu ada pula metode poliol (Shen dkk., 2009), sonokimia (Senapati dkk., 2011), dan metode lainnya. Di antara metode tersebut, metode

* Korespondensi:

Telepon: +62 812-4450-362

Email: charissa.levina19@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.35799/cp.12.1.2019.27302>

kopresipitasi merupakan metode yang cukup efektif dan relatif sederhana dibanding metode lainnya. Metode ini menghasilkan distribusi ukuran butir yang relatif sempit dan dapat dilakukan pada kondisi lingkungan normal (Ludk., 2007). Metode kopresipitasi termasuk metode kimia basah (*wet chemical method*). Metode ini umumnya menggunakan zat mengendap seperti hidroksida karbonat, sulfat dan oksalat (Movahedi dkk., 2015).

Sintesis dengan memanfaatkan ekstrak tumbuhan juga termasuk metode kopresipitasi karena biasanya menggunakan hidroksida. Sintesis ini dianggap sangat ekonomis karena memanfaatkan metabolit sekunder yang terkandung di dalam ekstrak tersebut. Metabolit sekunder ini berfungsi sebagai reduktor maupun agen penstabil (Gingasu dkk., 2016). Adapun metabolit sekunder tersebut seperti terpenoid dan flavonoid yang diduga berperan dalam proses sintesis. Nanopartikel CoFe_2O_4 juga dapat direduksi dengan menggunakan ekstrak tumbuhan, seperti tumbuhan Bendi/Okra (*Abelmoschus esculentus*) (Kombaiah dkk., 2018), ekstrak daun Mimba (*azadirachta indica A.Juss*) (Muhammad dkk., 2017), dan ekstrak akar jahe (Gingasu dkk., 2017). Ekstrak tanaman yang telah mengandung nanopartikel CoFe_2O_4 ini telah terbukti dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Untuk pengujian antibakteri dapat menggunakan *Staphylococcus aureus* Gram-positif dan *Escherichia coli* sebagai Gram-negatif (Kombaiah dkk., 2018; Gingasu dkk., 2016). Namun demikian, masih sedikit literatur yang melaporkan tentang aktifitas antibakteri dari CoFe_2O_4 (Kombaiah dkk., 2018) sehingga masih perlu dilakukan penelitian sintesis nanopartikel CoFe_2O_4 dengan memanfaatkan ekstrak tanaman lain dan diuji aktifitas anti bakterinya. Melalui penelitian ini, peneliti mencoba untuk mensintesis nanopartikel CoFe_2O_4 dengan memanfaatkan ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis) sebagai reduktor maupun penstabil partikel. Pemanfaatan daun binahong dalam penelitian ini adalah untuk meningkatkan nilai tambah dari tanaman binahong yang selama ini kebanyakan digunakan langsung untuk penyembuh luka luar (Samirana dkk., 2016). Kemudian, nanopartikel CoFe_2O_4 yang telah disintesis akan dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffractometry* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) sebagaimana umumnya beberapa penelitian yang telah mensintesis material-material nano (Abdullah dan Khairurrijal, 2009; Nurdila dkk., 2015).

Selanjutnya, ekstrak daun binahong yang mengandung nanopartikel CoFe_2O_4 akan diuji aktifitasnya sebagai antibakteri. Tujuan Penelitian ini adalah mensintesis dan menentukan ukuran nanopartikel CoFe_2O_4 menggunakan ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis) serta aplikasinya sebagai antibakteri.

BAHAN DAN METODE

Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan adalah alat-alat gelas (Iwaki Pyrex), alat uji SEM (JOEL JSM-6510 LA), dan XRD (Rigaku SmartLab 3kV), sonikator (Eyela), *magnetic stirrer*, sudip, kertas saring, *hot plate* (WiseStir MSH-20D, kertas pH universal (MERCK), neraca analitik (AE Adam), karet gelang, pipet tetes, Oven (Memmert), Tanur (IND88), gunting, cawan petri, kawat ose, incubatorincucell, autoclaf, pingset, pembakar spritus, mikropipet. Daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis), $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, Larutan NaOH 0.2 M, akuades, Larutan NaCl 0,9 %, tablet cypofoxasin, bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, *Nutrient Agar* (NA).

Persiapan ekstrak daun binahong

Persiapan ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis) mengikuti prosedur Gingasu dkk. (2016). Sebanyak 5 g daun segar dipotong dan dicampur dalam 100 mL air suling dengan pengadukan terus menerus selama 30 menit. Campuran direbus selama 45 menit hingga mendidih. Ekstrak didinginkan pada suhu kamar dan disaring. Selanjutnya ekstrak ini digunakan untuk mensintesis nanopartikel CoFe_2O_4 .

Sintesis nanopartikel CoFe_2O_4

Sintesis nanopartikel CoFe_2O_4 menggunakan metode Gingasu dkk. (2016), yang dimodifikasi. Nanopartikel CoFe_2O_4 disintesis menggunakan prekursor cobalt nitrat heksahidrat ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), besi nitrat nonahidrat ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), masing-masing sebagai sumber nanopartikel CoFe_2O_4 . Untuk mensintesis nanopartikel CoFe_2O_4 1:1 mol: 5 mL ekstrak diambil ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) : ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) masing-masing sebanyak 1,161 g ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) : 1,188 g ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), dimasukkan ke dalam gelas kimia yang telah berisi masing-masing 15 mL ekstrak. Selanjutnya, larutan disonikasi selama 30 menit dan sementara disonikasi, larutan ditetesi 0,2 M NaOH hingga pH larutan menjadi 12. Endapan coklat gelap yang

dihasilkan dipisahkan, kemudian endapan ini dipanaskan di dalam oven pada suhu 80 °C selama 4 jam. Selanjutnya, endapan tersebut dipanaskan dalam tanur pada suhu 800 °C selama 1 jam.

Karakterisasi nanokomposit hasil sintesis

X-Ray Diffraction (XRD)

Pola XRD dicatat pada difraktometer sinar-X (PW1710, Philips), menggunakan Radiasi Cu K α ($\lambda = 0.154\ 056\ \text{nm}$) pada 40kV dan 30mA. Sudut difraksi berkisar antara 25° sampai 80°. Ukuran kristalit nanopartikel CoFe₂O₄ dihitung berdasarkan pengukuran difraksi sinar-X. Ukuran kristal dihitung dari FWHM puncaknya dengan menggunakan rumus Scherrer (Monshi dkk., 2012).

$$D = \frac{k \lambda}{\beta \cos \theta}, \dots \dots \dots (2)$$

Di mana D adalah ukuran kristal rata-rata partikel CoFe₂O₄, K adalah konstanta yang bernilai 0,9, λ adalah panjang gelombang sinar-X, β adalah (FWHM) dalam radian, dan θ adalah sudut difraksi (Aritonang dkk., 2014).

Scanning electron microscopy (SEM)

Morfologi permukaan dipelajari dengan menggunakan SEM. Sebelum dianalisis, kristal diletakkan pada *specimen holder* dengan menggunakan pita perekat (*carbon tape*), kemudian disemprot dengan *hand blower* atau *hand dryer* untuk mengeluarkan pengotor. Selanjutnya dilapisi dengan lapisan tipis emas menggunakan alat *coating Fine Coat Ion Sputter JFC-1100* pada arus sebesar 35 mA selama 2 menit dan dicitrakan. Kondisi operasi dilakukan pada akselerasi tegangan sebesar 15 kV dan perbesaran 15.000 kali (Aritonang dkk., 2015).

Pengujian aktifitas anti bakteri

Metode uji antibakteri mengikuti prosedur Lay (1994).

Pembuatan stok variabel nanokomposit

Variable yang digunakan pada penelitian ini adalah nanokomposit CoFe₂O₄, 1:1 dengan kontrol negatif berupa air, serta kontrol positif berupa cakram *Cyprofoxasin* yang merupakan antibiotik spektrum luas sehingga tepat untuk menghambat pertumbuhan bakteri gam-positif maupun gam-negatif. Kontrol positif dibuat dengan cara melarutkan 0.05 gam tablet *Cyprofoxasin* dalam 50 mL aquades. Selanjutnya diambil 1 mL larutan *Cyprofoxasin* tersebut kemudian dimasukkan

dalam labu ukur 10 mL, ditambahkan aquades sampai tanda tera. Larutan tersebut kemudian dimasukkan pada *blank disk*, yaitu cawan petri yang telah berisi NA. Pembuatan kontrol negatif dilakukan dengan cara menambahkan 10 mL aquades pada *blank disk* yang disiapkan.

Kultur bakteri

Pembuatan stok bakteri ini dilakukan untuk memperbanyak dan meremajakan bakteri, dengan cara menginokulasikan 1 ose biakan murni bakteri *E. coli* dan *S. aureus* ke dalam nutrient agar, kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam di dalam inkubator.

Pembuatan media tumbuh nutrient agar (NA) dan sterilisasi alat

Sebanyak 8.2 gam NA dilarutkan dalam 300 mL aquades, kemudian larutan NA yang telah dibuat beserta 8 cawan petri dan alat-alat gelas yang akan digunakan dalam pengujian ini dimasukkan ke dalam otoklaf pada suhu 121 °C selama 30 menit untuk disterilisasi

Pembuatan bakteri uji

Bakteri diencerkan dengan mencampurkan masing-masing 1 ose suspensi bakteri *S. aureus* dan *E. coli* ke dalam tabung reaksi yang telah berisi 5 mL larutan NaCl 0,9 %. Kemudian dihomogenkan menggunakan vortex hingga menjadi keruh.

Uji daya hambat bakteri

Sebanyak 20 mL larutan NA dimasukkan ke dalam cawan petri kemudian didiamkan selama 15 menit sampai larutan NA mengeras. Kemudian sebanyak 0.1 mL larutan bakteri yang telah dibuat tadi, dioleskan pada media tumbuh NA. Setelah itu, diletakkan kontrol negatif sebanyak 0,1 mL, kontrol positif sebanyak 0,1 mL, dan sampel sebanyak 0,1 gram (2 ulangan). Media yang telah dibuat, diinkubasi ke dalam inkubator dengan suhu 37 °C selama 24 jam, dan diukur pada keesokan harinya dengan mengamati diameter zona bening (*clear zone*) yang terbentuk dengan menggunakan jangka sorong.

Persiapan ekstrak daun binahong

Nanopartikel CoFe₂O₄ disintesis dengan cara memanfaatkan ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis) yang telah dipersiapkan terlebih dahulu, Dimana ekstrak daun binahong tersebut berfungsi sebagai reduktor maupun *capping agen* atau agan penstabil yang berguna untuk membentuk nanopartikel. Ekstrak

binahong dihasilkan dengan cara merebus 5 g daun binahong segar yang sudah ditambahkan dengan 100 mL aquades dalam gelas beker kemudian dipanaskan di atas *hot plate* dengan pengadukan secara terus menerus selama 30 menit yang bertujuan untuk mempercepat reaksi kontak antara sampel dan pelarut. Setelah itu, sampel selanjutnya direbus selama 45 menit guna untuk mempercepat proses ekstraksi dan juga untuk meningkatkan zat-zat yang ada didalam daun tersebut agar dapat keluar dan bercampur dengan pelarut. Hasil yang didapatkan dari perebusan ini adalah larutan hijau kekuningan. Selanjutnya larutan tersebut dibiarkan dingin pada suhu kamar, disaring dan mendapatkan hasil hijau kekuningan yang bening

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis nanopartikel CoFe_2O_4

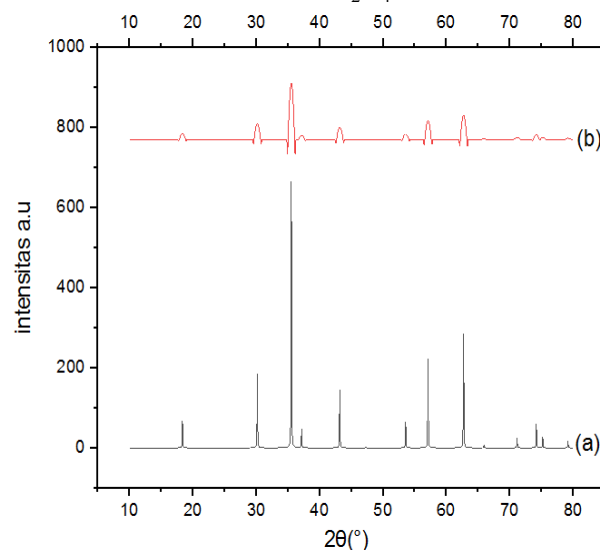
Sintesis nanopartikel CoFe_2O_4 dilakukan dengan cara menyiapkan $(\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ sebanyak 1,161 g dan $(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})$ sebanyak 1,188 g, dimasukkan ke dalam gelas kimia yang telah berisi 15 mL ekstrak. Penambahan ekstrak bertujuan untuk mereduksi prekursor Co dan Fe agar dapat menghasilkan nanopartikel CoFe_2O_4 .

Pembentukan nanopartikel tersebut disempurnakan dengan menambahkan larutan NaOH 0,2 M sehingga terbentuk endapan berwarna coklat tua yang mengendap didasar wadah. Endapan tersebut selanjutnya dimasukan ke dalam oven pada suhu 80°C selama 4 jam yang bertujuan agar kadar air dalam sampel tersebut berkurang sehingga ketika akan dimasukan ke dalam tanur sampel tersebut tidak akan tumpah. Sampel dimasukan kembali kedalam tanur pada suhu 800°C untuk mendapatkan Kristal, menurut hasil penelitian menunjukkan bahwa berat yang didapat dari kristal hasil adalah 0,69 g. Selain itu, ternyata CoFe_2O_4 juga dapat di tarik oleh magnet. Menurut Venkatesan dkk. (2015) reaksi antara $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ menghasilkan CoFe_2O_4 seperti reaksi berikut ini: $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CoFe}_2\text{O}_4 + 8\text{HNO}_3 + 20\text{H}_2\text{O}$

Karakterisasi nanopartikel CoFe_2O_4 Analisis hasil pengujian XRD

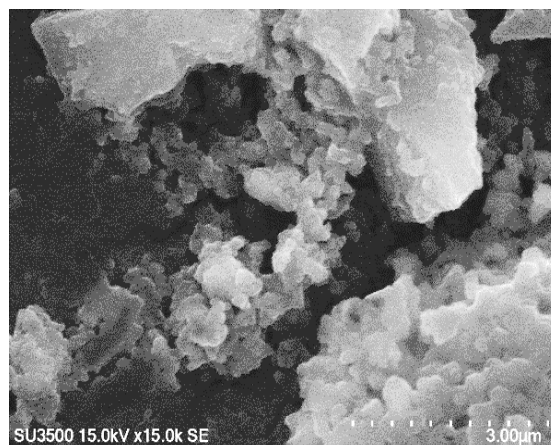
Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui telah terbentuknya partikel-partikel CoFe_2O_4 dari sumber prekursoranya. Gambar 1 menunjukkan pola difraktogram sampel CoFe_2O_4 yang dibandingkan dengan standarnya yaitu

International Centre for Diffraction Data (ICDD) No.00-001-1121 untuk CoFe_2O_4



Gambar 1. Difraktogram nanopartikel CoFe_2O_4 , (a). standar CoFe_2O_4 , (b). CoFe_2O_4 1 : 1 : 15mL.

Tampak bahwa difraktogram sampel CoFe_2O_4 muncul pada daerah 2θ $18,35^\circ$; $30,19^\circ$; $35,59^\circ$; $35,64^\circ$; $43,18^\circ$; $54,65^\circ$; $57,21^\circ$; $62,78^\circ$. Puncak ini mirip dengan puncak standar CoFe_2O_4 dari ICDD yaitu pada daerah 2θ $18,34^\circ$; $30,16^\circ$; $35,52^\circ$; $35,66^\circ$; $43,18^\circ$; $53,56^\circ$; $57,1^\circ$; $62,7^\circ$; $74,18^\circ$. Daerah 2θ hasil penelitian ini mirip dengan yang telah dilaporkan oleh Yadavalli dkk. (2016). Dengan menggunakan Persamaan (2), ukuran kristalit nanopartikel CoFe_2O_4 dapat diperoleh sebagai berikut. CoFe_2O_4 1:1 mol: 15 mL ekstrak mendapatkan hasil ukuran diameter 37,52 nm.



Gambar 2. Citra SEM dari nanopartikel CoFe_2O_4 (1:2 10 mL).

Analisis hasil pengujian SEM

Pengamatan morfologi partikel-partikel CoFe_2O_4 dilakukan menggunakan SEM dengan perbesaran 15.000 kali. Hasil karakterisasinya

dapat dilihat pada Gambar 2. Menurut pengamatan morfologi permukaan dari nanopartikel CoFe_2O_4 . Menunjukkan bahwa bentuk partikel-partikel berukuran besar dan ada juga yang berbentuk persegi, persegi panjang dan kotak-kotak. Morfologi partikel CoFe_2O_4 hasil penelitian ini mirip dengan yang telah dilaporkan oleh Sathishkumar dkk (2013), di mana bentuk dari partikel-partikel CoFe_2O_4 juga seperti bentuk persegi atau kotak-kotak.

Uji aktivitas antibakteri nanopartikel CoFe_2O_4

Kristal hasil sintesis nanopartikel CoFe_2O_4 selanjutnya di uji antibakterinya, yaitu terhadap bakteri Gram-negatif (*E.coli*) dan Gram-positif (*S.aureus*) dengan control positif berupa cyprofoxasin yang aktif terhadap gram-positif maupun gram-negatif, (BPOM, 2008). Uji aktivitas antibakteri diukur berdasarkan daya hambat pertumbuhan bakteri (Bonang, 1992). Data daya hambat pertumbuhan bakteri tersaji pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, hasil uji aktivitas antibakteri pada ekstrak daun binahong memiliki daya hambat sebesar 8.25 untuk bakteri *E. coli* dan 10.25 untuk bakteri *S. aureus*. Hal tersebut menunjukkan bahwa daun binahong itu sendiri memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Sementara itu ketika di tambahkan dengan nanopartikel CoFe_2O_4 , daya hambat tersebut semakin meningkat sehingga mencapai 15 mm untuk bakteri *E.coli* dan 20 mm untuk bakteri *S.aureus*. Pada dasarnya nanopartikel menempel pada dinding sel bakteri dan menembus membran selnya. Hal ini dapat terjadi karena ukuran bakteri sekitar 0,7-1,2 μm untuk bakteri *S.aureus* dan sekitar 1,1 μm dengan diameter 0,7 μm untuk bakteri *E.coli* (McCaig dkk., 2006; Jawetz dkk., 2012) atau 700-1200 nm dan 1100 nm.

Tabel 2. Aktivitas antibakteri dari nanokomposit terhadap bakteri *E.coli* dan *S.aureus*.

CoFe_2O_4 : Vol. Ekstrak	<i>E. coli</i> (mm)	<i>S. aureus</i> (mm)
Ekstrak	8,25	10,25
1 : 1 : 15 mL	15	20
Control positif	26,37	29,25
Control negatif	0	0

Akibat masuknya partikel ini, dinding sel bakteri yang tebal dan kasar menjadi rusak sehingga mengakibatkan degradasi serta hilangnya sitoplasma dan karena itu menyebabkan kematian sel (Samavati & Ismail, 2016; Kooti dkk., 2014). Wan dkk (2012), melaporkan bahwa ion-ion yang

dilepaskan dari nanopartikel mengakibatkan stress oksidatif pada sel-sel akhirnya mengalami kerusakan DNA. Perbandingan yang lain yang dapat dilihat adalah aktivitas antibakteri nanokomposit ternyata lebih besar terhadap bakteri *S.aureus* dari pada *E.coli* dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang, H. F., Kamu, V. S., Ciptati. C., Onggo. D. & Radiman, C.L. 2017. Performance of platinum nanoparticles/multiwalled carbon nanotubes/bacterial cellulose composite as anode catalyst for proton exchange membrane fuel cells. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis*, 12(2), 287-292.
- Aritonang, H.F., Koleangan, H., & Wuntu, A.D. 2019. Synthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of medicinal plants' (*Impatiens balsamina* and *Lantana camara*) fresh leaves and analysis of antimicrobial activity. *International Journal of Microbiology*. 1(2019), 1-8.
- Bar, H., Bhui, D.K., Sahoo, G.P., Sarkar, P., De, S.P. & Misra, A. 2009. Green synthesis of silver nanoparticles using latex of *Jatropha curcas*. *Colloids and Surfaces A: physicochemical and engineering aspects*, 339(2009), 134-139
- Briceno S., Sanchez, Y., Escamilla, W.B., Silvaa, P., Rodriguez, J. P., Ramos, M.A. & Plaza, E. 2013. Estudio comparativo de Los Metodos de preparacion de nanoparticulas de ferritas CoFe_2O_4 . *Acta Microscopica*, 22(1), 62-68.
- BPOM, 2008. *Informasi obat Nasional Indonesia*. Badan Pengawas Obat dan Makanan, Jakarta.
- Chomoucka, J., Drbohlavova, J., Huska, D., Adam, V., Kizek, R. & Hubalek, J. 2010. Magnetic nanoparticles and targeted drug delivering. *Pharmacological Research*. 62(2), 144-149.
- Giri, A.K., Kirkpatrick, E.M., Moongkhamklang, P. & Majetich, S.A. 2002. Photomagnetism and structure in cobalt ferrite nanoparticles. *Physics Letters*. 80(13), 2341-2343.
- Gingas, D., Mindru, I.L., Patron, J.M.C., Moreno, O.C., Mocioiu, S., Preda, N., Stanica, S., Nita, N., Dobre, M., Popa, G., Gadisteanu & Chifiriuc. M.C. 2016. Green synthesis methods of CoFe_2O_4 and Ag-

- CoFe₂O₄ nanoparticles using hibiscus extracts and their antimicrobial potential. *Journal of Nanomaterials*, 1(2016), 1-12.
- Gingasu, D., Midru, I., Preda, S., Calderon-Moreno, J. M., Culita, D.C., Patron, L. & Diamandescu, L. 2017. Green synthesis of cobalt ferrite nanoparticles using plant extracts. *Romanian Journal of Chemistry*, 26(8-9), 645-653.
- Jha, A.K., Prasad, L., Prasad & Kulkarni, A.R. 2009. Plant system. Nature's nanofactory. *Colloids and Surface B: Biointerfaces*, 73(2), 219-223.
- Kavitha, K.S., Baker, S., Rakshith, D., Kavitha, H. U., Yashwantha, R.H.C., Harini, B.P. & S. Satish. 2013. Plants as green source towards synthesis of nanoparticles. *International Research Journal of Biological Sciences*, 2(6), 66-76.
- Kuzma, J. & Verhage. 2006. *Nanotechnology in agriculture and food production. Anticipated application*. Woodrow Wilson International Center for Scholar.
- Lay, B.W. 1994. *Analisa mikroba di Laboratorium*. Raja Gafindo Persada: Jakarta.
- Li, X. H., Xu C. L., Han, X. H., Qiao, L., Wang, T. & Li, F.S. 2010. Synthesis and magnetic properties of nearly monodisperse CoFe₂O₄ nanoparticles through a simple hydrothermal condition. *Nanoscale Research Letters*. 5(6), 1039-1044.
- Lu, A.H., Salabas, E.L. & Schüth F. 2007. Magnetic nanoparticles; synthesis, protection, functionalization and application, *Angew. Chemistry International Ed., Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim*. 46(8), 1222-1244.
- Mayasari R.D., Nuryadi, R., Suharyadi, E. & Abraha K. 2016. Kajian pengaruh lapisan nanopartikel cobalt ferrite (CoFe₂O₄) terhadap pergeseran sudut surface plasmon resonance (SPR) menggunakan konfigurasi Kretschmann-perak termodifikasi di bawah pengaruh medan magnet luar. *Jurnal Fisika Indonesia*. 20(1), 19-23.
- Muhammad, S., Asim, M., Muhammad, H., Aziz, A., Atta, U. & Muhammad, A. 2017. Green synthesis of CoFe₂O₄ and investigation of its catalytic efficiency for degradation of dyes in aqueous medium. *Journal Physics Chemistry*. 232(3), 359-371.
- Pauline, S. & Amaliya, A.P. 2011. Synthesis and characterization of highly monodisperse CoFe₂O₄ magnetic nanoparticles by hydrothermal chemical route. *Archives of Applied Science Research*. 3(5), 213-223.
- Pratapa, S. 2010. *Workshop difraksi sinar-X. Pusat penelitian ilmu bahan dan ilmu-ilmu dasar*, LP ITS Surabaya, Indonesia.
- Ravindra, A.V., Padhan, P. & Prellier, W. 2012. Electronic structure and optical band gap of CoFe₂O₄ thin films. *Applied Physics Letters*. 101(16), 1-4
- Senapati, K.K., Borgohain, C., & Phukan, P. 2011. Synthesis of highly stable CoFe₂O₄ nanoparticles and their use as magnetically separable catalyst for Knoevenagel reaction in aqueous medium. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. 339(1-2), 24-31.
- Smallman, R. & Bishop, R. 1999. *Modern physics metallurgy and materials engineering*. Butterworth-Heinemann: Oxford
- Sathishkumar, P., Mangalaraja, R. V., Anandana, S. & Ashokkumar M. 2013. Fe₂O₃/CoFe₂O₄/TiO₂ nanocatalysts for the photocatalytic degradation of Reactive Red 120 in aqueous solutions in the presence and absence of electron acceptors. *Chemical Engineering Journal*. 220(2013), 302-310.
- Shen, Y.F., Tang, J., Nie, Z.H., Wang, Y.D., Ren, Y. & Zuo, L. 2009. Tailoring size and structural distortion of Fe₃O₄ nanoparticles for the purification of contaminated water, *Bioresource Technology*. 100(18), 4139-4146.
- Yadavalli, T., Jain, H., Chandrasekharan, G. & Chennakesavulu, R. 2016. Magnetic hyperthermia heating of cobalt ferrite nanoparticles prepared by low temperature ferrous sulfate based method. *AIP Advances*, 6(5), 1-7
- Zhang, S., Zhang, Y. & Bi, G. 2014. Mussel-inspired polydopamine biopolymer decorated with magnetic nanoparticles for multiple pollutants removal, *Journal of Hazardous Materials*, 15(270), 27-34,
- Zheng, X.F. & Lian, Q. 2014. Synthesis and evaluation of CoFe₂O₄-chitosan nanoparticles in enhanced oil recovery. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 36(2), 245-251.