

## **Ekstrak Daun Andalas sebagai Capping Agent dalam *Green Hydrothermal Synthesis* Nanopartikel Mangan Ferrit dan Aplikasinya sebagai Antibakteri**

Lusi Puspitasari<sup>1</sup>, Syukri Arief<sup>2,\*</sup>, Zulhadjri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Pascasarjana Kimia, Universitas Andalas, Sumatera Barat.

<sup>2</sup>Laboratorium Kimia Material, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

\*Penulis korespondensi: syukriarieff@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.24198/cna.v7.n1.19925>

**Abstrak:** Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis nanopartikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> secara hidrotermal menggunakan ekstrak daun andalas (*M. macroura* Miq.) sebagai capping agent. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH terhadap bentuk dan ukuran nanopartikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> EN10 dan MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> EN12 disintesis menggunakan ekstrak daun andalas dan NaOH dengan pH masing-masing 10 dan 12, sementara MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> N10 dan MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> N12 disintesis tanpa menggunakan ekstrak daun andalas hanya dengan penambahan NaOH pada pH 10 dan 12. Hasil analisis X-Ray Diffraction (XRD) menunjukkan karakteristik MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> spinel kubik dengan ukuran kristal 11-16 nm, sedangkan MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> E menunjukkan tidak terbentuknya spinel ferrit MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yang terbentuk hanya pengotor yaitu α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Hasil karakterisasi Scanning Electron Microscopy (SEM) menunjukkan bahwa morfologi nanopartikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> berbentuk spheric. Nanopartikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> diaplikasikan sebagai antibakteri terhadap bakteri *S. aureus* dan *E. coli* dengan metode sumur.

**Kata kunci:** MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, hidrotermal, daun andalas, *green synthesis*, antibakteri

**Abstract:** In this study hydrothermal synthesis of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles was carried out using andalas leaf extract (*M. macroura* Miq.) as capping agent. This study aims to determine the effect of pH on the shape and size of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> EN10 and MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> EN12 were synthesized using andalas leaf extract and NaOH with a pH of 10 and 12, respectively, while MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> N10 and MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> N12 were synthesized without using andalas leaf extract only by adding NaOH at pH 10 and 12. X-Ray Diffraction analysis results (XRD) shows the characteristics of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> cubic spinel with a crystal size of 11-16 nm, whereas MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> E shows no formation of spinel ferrite MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> which formed only impurities namely α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. The results of the characterization of Scanning Electron Microscopy (SEM) showed that the morphology of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles was spheric. MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles were applied as antibacterial to the bacteria *S. aureus* and *E. coli* with the well method.

**Keywords:** MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, hydrothermal, andalas leaves, *green synthesis*, antibacterial

### **PENDAHULUAN**

Nanopartikel spinel ferrit mempunyai rumus struktur MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (M= Mn<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>) dengan struktur kristal kubik spinel (Iranmanesh *et al.* 2017), memiliki rasio luas permukaan yang besar terhadap volume dan sifat magnetik yang unik seperti koersivitas tinggi, magnetisasi sedang, pemfilteran spin, dan efek domain tunggal. Aplikasi spinel ferrit dari jenis MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> telah menarik perhatian peneliti selama beberapa dekade, seperti perekaman magnetik, penyimpanan energi magnetik, katalisis, biomedis, dan pengolahan air limbah (Gingasu *et al.* 2016). Di antara nanopartikel magnetik, MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> adalah

kelompok bahan spinel ferrit lunak dengan luas permukaan yang tinggi, permeabilitas magnetik tinggi, dan ketahanan listrik tinggi (Kafshgari *et al.* 2018).

Nanopartikel superparamagnetik ferrit memiliki aktivitas antibakteri yang potensial (Jacintha *et al.* 2017). Penelitian sebelumnya telah melaporkan nanopartikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> PEG- chitosan yang disintesis menggunakan ekstrak *Carum copticum* memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan terutama terhadap bakteri gram negatif (Esmaeili & Ghobadanpuour 2016). Penelitian mengenai nanopartikel Mn yang disintesis dengan menggunakan ekstrak lemon sebagai reduktor, dan

kurkumin yang diekstraksi dari kunyit sebagai zat penstabil yang diaplikasikan untuk antibakteri menunjukkan aktivitas antibakteri terkuat melawan *S. aureus*, *E. coli* dan aktivitas sedang terhadap *S. bacillus* (Jayandran *et al.* 2015).

Telah diketahui bahwa metode sintesis memiliki pengaruh penting pada komposisi, struktur, dan morfologi secara implisit, pada sifat-sifat nanopartikel spinel ferrit. Metode yang berbeda untuk sintesis nanopartikel spinel ferrit  $MFe_2O_4$ , seperti Co-presipitasi (Iranmanesh *et al.* 2010), metode hidrotermal (Phumying *et al.* 2013), metode sol-gel *auto-combustion* (Topkaya *et al.* 2013), dekomposisi termal (Gao *et al.* 2012), metode *solvo-thermal* (Chella *et al.* 2015), dan penelitian sebelumnya mengenai sintesis nanopartikel  $MnFe_2O_4$  digunakan *stabilizer* yang digunakan sebagai pelarut dan sebagai surfaktan untuk mengendalikan pertumbuhan partikel dan untuk mencegah agregasi partikel seperti *triethylene glycol* (TEG) (Günay *et al.* 2013), *polyvinylpyrrolidone* (PVP) (Topkaya *et al.* 2013) metode kimia ini memberikan efek yang negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, muncul metode produksi nanopartikel yang ramah lingkungan, hemat biaya serta aman bagi lingkungan dan makhluk hidup yang disebut dengan metode *green synthesis*.

Metode *green synthesis* merupakan metode yang ramah lingkungan tanpa penggunaan bahan kimia yang keras, beracun dan mahal. Dalam nanoteknologi hijau, berbagai sintesis nanopartikel logam telah dilaporkan menggunakan ragi, jamur, bakteri, ganggang, ekstrak tumbuhan. Penggunaan ekstrak tumbuhan dari daun, bunga, akar, atau biji-bijian menawarkan kemungkinan menyiapkan ferrit magnetik berstruktur nano. Ekstrak tumbuhan mengandung berbagai metabolit termasuk karbohidrat, polisakarida, fenol, asam amino, dan vitamin, yang dapat bertindak sebagai *capping agent*. Penggunaan ekstrak tumbuhan dalam sintesis dapat mempengaruhi ukuran, bentuk, dan morfologi nanopartikel (Gingas *et al.* 2016). Beberapa jenis tumbuhan yang telah digunakan dalam proses sintesis nanopartikel  $MnFe_2O_4$ , seperti tanaman lidah buaya (Phumying *et al.* 2013) dan *Carum copticum* (L) (Esmaeili & Ghobadanpoor 2016).

Penelitian kali ini menggunakan ekstrak daun andalas (*M. macroura* Miq.) sebagai pengganti *capping agent* bahan-bahan kimia yang digunakan sebelumnya untuk sintesis nanopartikel  $MnFe_2O_4$  menggunakan metode hidrotermal.  $MnFe_2O_4$  dikarakterisasi dengan XRD dan SEM, selanjutnya dilakukan uji antibakteri terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah,  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  (Merck KgaA, Germany)  $Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  (Merck KgaA, Germany),  $NaOH$

(Brataco), aquades, etanol (Brataco), dan daun andalas (Lingkungan Universitas Andalas).

### Pembuatan Ekstrak Daun Andalas

Tumbuhan yang digunakan untuk proses *green synthesis* yaitu daun andalas (*M. macroura* Miq.). Tumbuhan tersebut diperoleh di UNAND, Padang, Sumatera Barat. Bagian tumbuhan yang digunakan yaitu daun segar. Daun andalas dikeringangkan di tempat yang terlindungi dari sinar matahari langsung. Selanjutnya daun andalas dihaluskan menggunakan gerinda. Serbuk yang didapatkan kemudian disimpan dalam wadah yang bersih dan terlindung dari cahaya untuk mencegah terjadinya kerusakan dan penurunan mutu. Ekstrak tumbuhan diperoleh dengan cara menimbang serbuk tanaman sebanyak 10 g kemudian ditambah 100 mL aquades dan direbus pada suhu 60°C selama ± 2 jam. Setelah itu, larutan disaring dengan kertas saring dan diambil filtratnya. Filtrat yang dihasilkan lalu digunakan sebagai zat *capping agent*. Filtrat yang diambil sebanyak 5 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas dengan menggunakan aquades (Arief *et al.* 2015).

### Sintesis Nanopartikel $MnFe_2O_4$ + Ekstrak Daun Andalas ( $MnFe_2O_4$ E)

Sebanyak 5 mmol  $Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  dan 10 mmol  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  dicampurkan dalam 50 mL larutan ekstrak daun andalas dan diaduk dengan stirrer pada suhu kamar selama 1 jam. Campuran dituangkan ke dalam tabung autoklaf dan dipanaskan pada suhu 200°C selama 2, 7, dan 12 jam. Produk yang terbentuk kemudian disaring dan dibilas tiga kali dengan aquades dilanjutkan dengan etanol selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam (Phumying *et al.* 2013).

### Sintesis Nanopartikel $MnFe_2O_4$ + $NaOH$ + Ekstrak Daun Andalas ( $MnFe_2O_4$ EN)

Sebanyak 5 mmol  $Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  dan 10 mmol  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  dicampurkan dalam 50 mL larutan ekstrak daun andalas dan diaduk dengan stirrer pada suhu kamar selama 1 jam. Larutan  $NaOH$  4 M ditambahkan ke dalam campuran untuk mengatur nilai pH 10 dan 12 dilanjutkan pengadukan selama 45 menit (Kurian & Mathew 2017). Campuran dituangkan kedalam tabung autoklaf dan dipanaskan pada suhu 200°C selama 2, 7, dan 12 jam. Produk yang terbentuk kemudian disaring dan dibilas tiga kali dengan aquades dilanjutkan dengan etanol selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam.

### Sintesis Nanopartikel $MnFe_2O_4$ + $NaOH$ ( $MnFe_2O_4$ N)

Sebanyak 5 mmol  $Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  dan 10 mmol  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  dicampurkan dalam 50 mL aquades dan diaduk dengan stirrer pada suhu kamar selama 1 jam. Larutan  $NaOH$  4M ditambahkan ke dalam

campuran untuk mengatur nilai pH 10 dan 12 dilanjutkan pengadukan selama 45 menit. Campuran dituangkan kedalam tabung autoklaf dan dipanaskan pada suhu 200°C selama 2, 7 dan 12 jam. Produk yang terbentuk kemudian disaring dan dibilas tiga kali dengan aquades dilanjutkan dengan etanol selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Ekstrak Daun Andalas

Daun andalas yang sudah dikeringkan selama 7 hari kemudian dihaluskan dengan gerinda menjadi serbuk halus. Hasil gerinda dari daun andalas dapat dilihat pada Gambar 1. Serbuk daun andalas berwarna hijau.



**Gambar 1.** Serbuk daun andalas yang sudah dikeringkan

Setelah diuji fitokimianya daun andalas mengandung alkaloid, saponin dan flavonoid. Menurut Wu *et al.* (2003) daun andalas mengandung alkaloida, saponin dan polifenol. Dari kandungan tersebut daun andalas dapat digunakan sebagai *capping agent* dalam proses sintesis nanopartikel. Ekstrak daun andalas yang dihasilkan berwarna coklat kehitaman yang dapat dilihat pada Gambar 2.



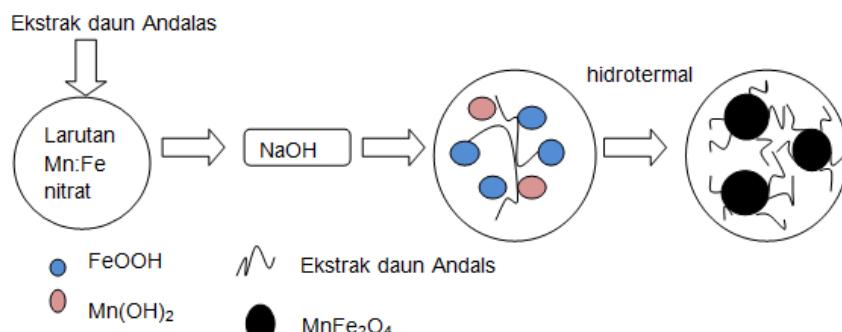
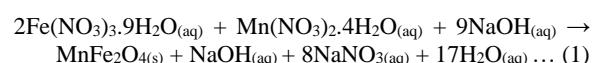
**Gambar 2.** Ekstrak daun andalas

### Nanopartikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

Pada penelitian ini telah disintesis nanopartikel mangan ferrit (MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dengan metode hidrotermal menggunakan ekstrak daun andalas sebagai capping agent. Beberapa variabel telah dilakukan pada penelitian ini diantaranya pH 10 dan 12 dengan penambahan NaOH, dan waktu sintesis hidrotermal.

Hasil sintesis nanopartikel dengan menambahkan ekstrak daun andalas tanpa penambahan NaOH pada umumnya berwarna merah bata. Sedangkan hasil sintesis nanopartikel dengan penambahan ekstrak dan NaOH nanopartikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> terbentuk dengan warna hitam. Fungsi dari NaOH dalam reaksi ini adalah sebagai mineralizer. Mineralizer adalah zat aditif anorganik atau organik yang digunakan untuk mengontrol pH dan juga mempercepat kelarutan (Prabhakaran *et al.* 2018). Penambahan mineralizer dapat mempercepat laju kristalisasi dan menurunkan suhu reaksi dengan mengkatalisis reaksi dehidrasi dari campuran logam hidroksida (Riman *et al.* 2002). Proses yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 3.

Menurut Allaedini *et al.* (2015), reaksi pembentukan nanopartikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ditunjukkan pada persamaan (1).



**Gambar 3.** Pembentukan dan interaksi antara nanopartikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan *capping agent* (Prabhakaran *et al.* 2018)

### Hasil Analisis X-ray Diffraction (XRD)

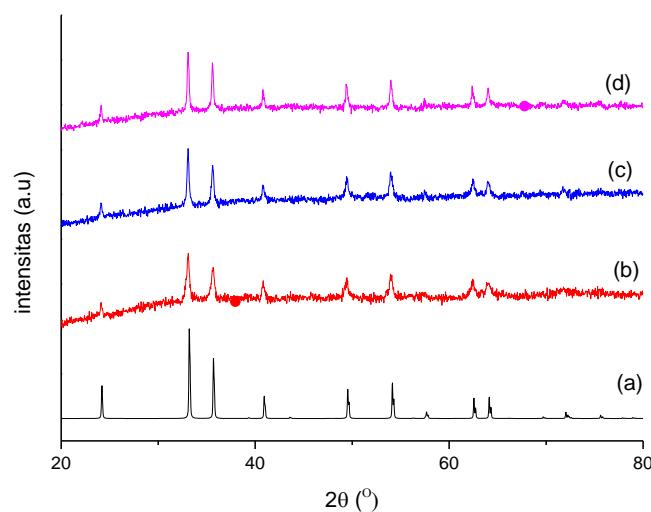
Analisis XRD bertujuan untuk mengetahui fase yang terkandung dalam sampel dan ukuran kristal. Pola hasil XRD nanopartikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yang disintesis dengan metode hidrotermal pada suhu 200°C selama 2, 7, dan 12 jam dapat dilihat pada Gambar 4.

Pola difraksi yang terbentuk menunjukkan tidak terbentuknya fase MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, yang terbentuk hanya Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Sampel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> E tanpa penambahan NaOH pada umumnya berwarna merah bata, dengan pH larutannya sekitar 1, dan tidak mempunyai sifat magnet, pada saat serbuk didekatkan dengan magnet tidak tertarik.

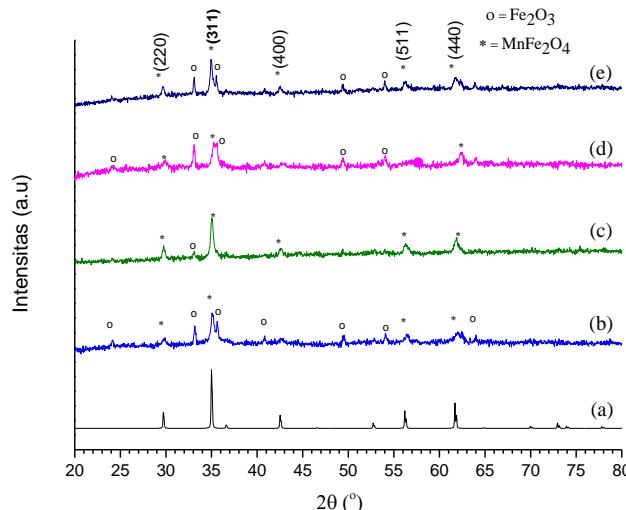
Hal ini seperti yang dinyatakan Lafta (2017) yang menyintesis nanopartikel nikel ferrit dengan metode hidrotermal pada pH 1.5, 4, 7, 10 dan 13 bahwa sampel pada pH 1.5 pola XRD nya tidak ada fase spinel dan pola yang ada adalah α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ketika

nilai pH meningkat menjadi 4, pola XRD sampel mulai berubah dari fase α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menjadi fase spinel.

Gambar 5 merupakan hasil XRD nanopartikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yang disintesis dengan metode hidrotermal pada suhu 200°C selama 12 jam. Analisis dengan menggunakan software origin, berdasarkan data yang diperoleh pada Gambar 5 terdapat kesesuaian antara kurva yang dihasilkan dengan pola difraksi standar (ICSD) 170910 untuk MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan sistem kristal spinel kubik. Pola difraksi yang terbentuk menunjukkan indikasi terbentuknya fase MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan puncak utamanya muncul pada sudut 2θ disekitar sudut 35° yang merupakan puncak bidang (311) dari MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yang berbentuk spinel kubik. Analisis ini diperkuat dengan kemunculan puncak-puncak lain yang juga merupakan karakteristik dari MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yaitu puncak bidang (220), (400), (511), dan (440).



**Gambar 4.** Pola difraksi dari sampel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> E : (a) Standar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, (b) 2 jam, (c) 7 jam, (d) 12 jam



**Gambar 5.** Pola difraksi : (a) Standar MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, (b) MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> EN10, (c) MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> EN12, (d) MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> N10, (e) MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>,N12

Ukuran kristal dihitung dengan menggunakan persamaan Scherrer seperti ditunjukkan pada persamaan (2).

$$L = \frac{K \times \lambda}{B \cdot \cos \theta} \quad \dots (2)$$

Dengan:

- $\lambda$  = panjang gelombang radiasi sinar-X
- $\theta$  = sudut difraksi
- B = lebar penuh pada setengah maksimum (FWHM)

Dari perhitungan, didapatkan ukuran berturut-turut pada sampel (b), (c), (d), dan (e) yaitu 15,7586 nm, 11,0564 nm, 16,5865 nm dan 11,7179 nm.

Dari hasil variasi pH dan dengan penambahan ekstrak diperoleh ukuran kristal pada pH 12 lebih kecil dibandingkan pH 10. Pembentukan MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan penambahan ekstrak daun andalas berfungsi sebagai capping agent. Keberadaan capping agent dalam reaksi akan mengubah proses kinetika pertumbuhan kristal sehingga dapat mengontrol ukuran nanopartikel (Prabhakaran *et al.* 2018).

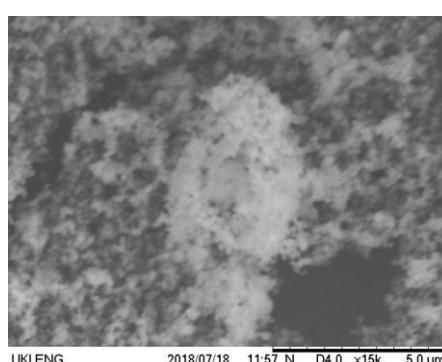
Telah diketahui bahwa selama proses hidrotermal, ukuran produk sangat tergantung pada proses nukleasi dan pertumbuhan kristal. Jadi, dapat disimpulkan bahwa ketika larutan NaOH sebagai

mineralizer, pelarutan ion OH<sup>-</sup> dalam cairan hidrotermal secara jelas mempercepat baik nukleasi kristal dan laju pertumbuhan kristal. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan Zhang *et al.* (2018) bahwa konsentrasi NaOH 4 mol/L menghasilkan ukuran kristal nanopartikel CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 25 nm. Ini juga menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH merupakan faktor penting untuk mengontrol ukuran partikel serbuk CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

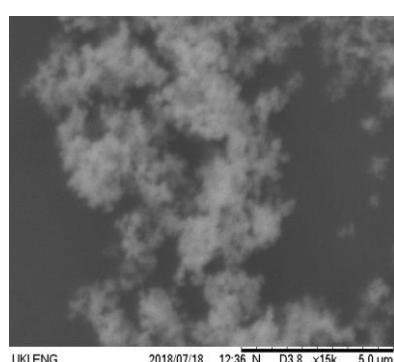
### Hasil Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisis SEM digunakan untuk mengetahui morfologi dan ukuran suatu partikel sampel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Gambar 6 merupakan foto morfologi dari partikel (a) MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> EN12 dan (b) MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> N12. Pada Gambar 6, morfologi dari MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yang dihasilkan menunjukkan bentuk partikel yang homogen. Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa partikel memiliki bentuk spheric dan MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> teraglomerasi.

Untuk mengetahui distribusi ukuran partikel dapat dilakukan dengan pengolahan data menggunakan aplikasi image-J. Berdasarkan grafik distribusi partikel yang dihasilkan pada Gambar 7 dan Gambar 8 didapatkan diameter rata-rata partikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> N12 dan MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> EN12 yaitu 0,938 dan 0,161 μm.

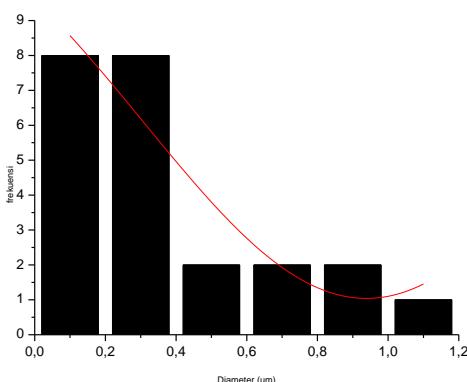


(a)

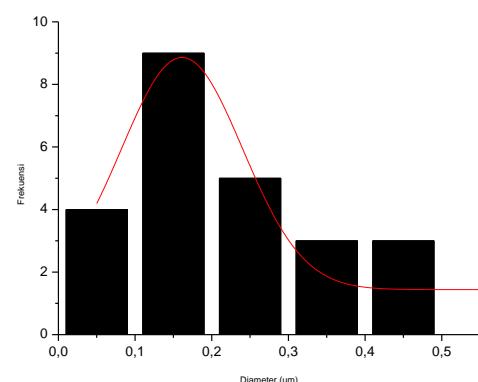


(b)

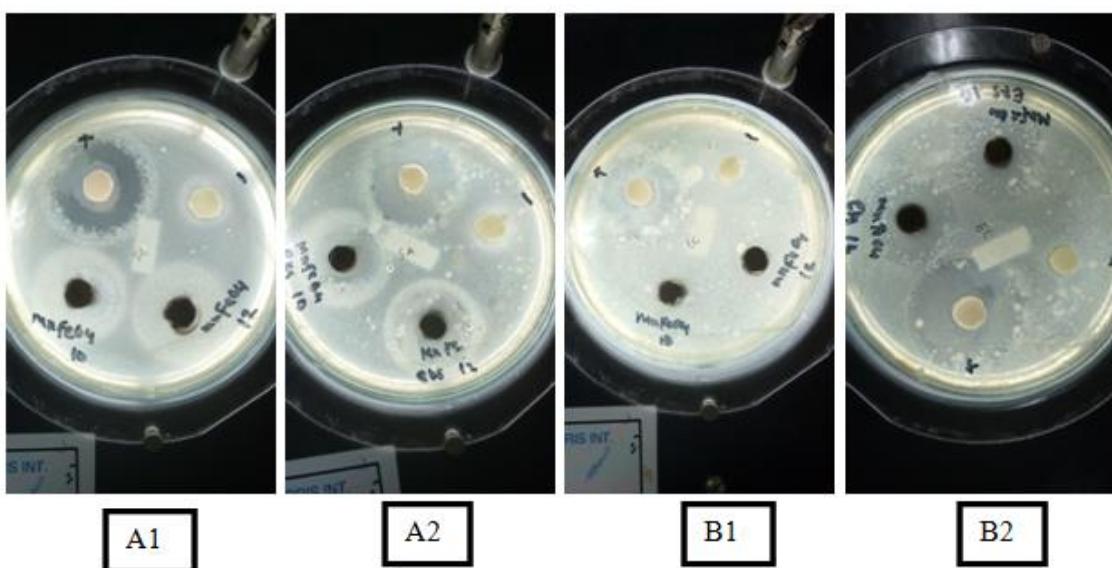
**Gambar 6.** Hasil analisis dengan SEM terhadap morfologi permukaan dari (a) MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> EN12 dan (b) MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> N12



**Gambar 7.** Kurva diameter rata-rata partikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> N12



**Gambar 8.** Kurva diameter rata-rata partikel MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> EN12



**Gambar 9.** Uji aktivitas antibakteri nanopartikel (A1) ( $MnFe_2O_4$  N10 dan  $MnFe_2O_4$  N12), (A2) ( $MnFe_2O_4$  EN10 dan  $MnFe_2O_4$  EN12) terhadap *S. aureus* dan (B1) nanopartikel ( $MnFe_2O_4$  N10 dan  $MnFe_2O_4$  N12), (B2) ( $MnFe_2O_4$  EN10 dan  $MnFe_2O_4$  EN12) terhadap *E. coli*.

#### Aktivitas Antibakteri Nanopartikel $MnFe_2O_4$

Aktivitas antibakteri dari nanopartikel  $MnFe_2O_4$  EN10,  $MnFe_2O_4$  EN12,  $MnFe_2O_4$  N10,  $MnFe_2O_4$  N12 dilakukan terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* diuji dengan metode sumur. Kemampuan suatu nanopartikel  $MnFe_2O_4$  EN10,  $MnFe_2O_4$  EN12,  $MnFe_2O_4$  N10,  $MnFe_2O_4$  N12 untuk membunuh bakteri dapat diamati dengan menghitung luas zona bening yang terbentuk, yaitu dengan mengukur diameter inhibisi.

Pada sampel nanopartikel  $MnFe_2O_4$  EN10 dan  $MnFe_2O_4$  EN12 menunjukkan adanya aktivitas antibakteri terhadap bakteri *S. aureus* maupun bakteri *E. coli* yang ditandai dengan adanya zona bening di sekitar sumur. Zona inhibisi pada nanopartikel  $MnFe_2O_4$  EN12 lebih besar dibandingkan  $MnFe_2O_4$  EN10. Sedangkan pada sampel  $MnFe_2O_4$  N10 dan  $MnFe_2O_4$  N12 tidak menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri *S. aureus* maupun bakteri *E. coli*. Hal ini sesuai dengan penelitian Jacintha *et al.* (2017) dan Aswhini *et al.* (2017),  $MnFe_2O_4$  tidak menunjukkan aktivitas antibakteri. Alasan aktif untuk penghambatan pertumbuhan bakteri bisa pada struktur fisik dari nanopartikel  $MnFe_2O_4$  yang gagal untuk merusak membran sel bakteri. Ion logam yang dilepaskan dari permukaan nanomaterial ini tidak akan menimbulkan sifat antibakteri. Juga radikal bebas memainkan peran penting dalam aktivitas antibakteri dari nanopartikel mana pun yang tidak akan dilepaskan oleh  $MnFe_2O_4$  ketika berhadapan dengan spesies bakteri.  $MnFe_2O_4$  yang disiapkan memiliki luas permukaan yang lebih kecil. Luas zona bening dari masing bakteri ditunjukkan oleh Tabel 1.

#### KESIMPULAN

Nanopartikel  $MnFe_2O_4$  telah berhasil disintesis dengan metode hidrotermal menggunakan ekstrak daun andalas sebagai capping agent dengan penambahan NaOH. Parameter pH mempengaruhi kemurnian dan ukuran kristal dari nanopartikel yang dihasilkan, pada pH 12 sedikit pengotor  $Fe_2O_3$ .

Hasil karakterisasi XRD menunjukkan terbentuknya nanopartikel  $MnFe_2O_4$  berstruktur spinel kubik dengan ukuran kristal 11-16 nm. Ekstrak daun andalas dapat digunakan sebagai capping agent dalam menyintesis nanopartikel  $MnFe_2O_4$  yang menghasilkan ukuran partikel terkecil yaitu 11 nm. Dari hasil analisis SEM menunjukkan distribusi ukuran partikel  $MnFe_2O_4$  yang seragam namun masih ada yang teraglomerasi.

Nanopartikel  $MnFe_2O_4$  EN10 dan  $MnFe_2O_4$  EN12 menunjukkan adanya aktivitas antibakteri terhadap bakteri *S. aureus* maupun bakteri *E. coli* yang ditandai dengan adanya zona bening di sekitar sumur. Sedangkan pada sampel  $MnFe_2O_4$  N10 dan  $MnFe_2O_4$  N12 tidak menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri *S. aureus* maupun bakteri *E. coli*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada analis dan teknisi Laboratorium Kimia Material UNAND, Laboratorium Bioteknologi THP UNAND, Laboratorium Instrumen XRD Fisika UNP, dan Laboratorium Instrumen SEM Fakultas Teknik UKI, serta seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian dan penyusunan jurnal penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allaedini, G., Tasirin, S.M. & Aminayi, P. (2015). Magnetic properties of cobalt ferrite synthesized by hydrothermal method. *International Nano Letters*. 5(4): 183-186.
- Arief, S., Gustia, V., Wellia, D.V., Zulhadjri., Ban, T. & Ohya, Y. (2015). Hydrothermal synthesized Ag nanoparticles using bioreductor of gambier leaf extract (*Uncaria gambier Roxb*). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 7(9S): 189-192.
- Chella, S., Kollu, P., Komarala, E.V.P., Doshi, S., Saranya, M., Felix, S., Ramachandran, R., Saravanan, P., Koneru, V.L., Venugopal, V. & Jeong, S.K. (2015). Solvothermal synthesis of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-graphene composite—Investigation of its adsorption and antimicrobial properties. *Applied Surface Science*. 327: 27-36.
- Esmaili, A. & Ghobadianpour, S. (2016). Antibacterial activity of *Carum copticum* extract loaded MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles coated with PEGylated chitosan. *Industrial Crops and Products*. 91: 44-48.
- Wu, F., Sun, S.G. & Chen, R.Y. (2003). Studies on chemical constituents from the bark of *Morus macroura*. *China Journal of Chinese Materia Medica*. 28(2): 141-143.
- Gao, R.R., Zhang, Y., Yu, W., Xiong, R. & Shi, J. (2012). Superparamagnetism and spin-glass like state for the MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nano-particles synthesized by the thermal decomposition method. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 324(16): 2534-2538.
- Gingasu, D., Mindru, I., Patron, L., Calderon-Moreno, J.M., Mocioiu, O.C., Preda, S., Stanica, N., Nita, S., Dobre, N., Popa, M. & Gradisteanu, G. (2016). Green synthesis methods of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and Ag-CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles using hibiscus extracts and their antimicrobial potential. *Journal of Nanomaterials*. 2016: 2106756.
- Günay, M., Erdemi, H., Baykal, A., Sözeri, H. & Toprak, M.S. (2013). Triethylene glycol stabilized MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticle: Synthesis, magnetic and electrical characterization. *Materials Research Bulletin*. 48(3): 1057-1064.
- Iranmanesh, P., Saeednia, S., Mehran, M. & Dafeh, S.R. (2017). Modified structural and magnetic properties of nanocrystalline MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> by pH in capping agent free co-precipitation method. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 425: 31-36.
- Jacintha, A.M., Umapathy, V., Neeraja, P. & Rajkumar, S.R.J. (2017). Synthesis and comparative studies of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles with different natural polymers by sol-gel method: structural, morphological, optical, magnetic, catalytic and biological activities. *Journal of Nanostructure in Chemistry*. 7(4): 375-387.
- Jayandran, M., Haneefa, M.M. & Balasubramanian, V. (2015). Green synthesis and characterization of manganese nanoparticles using natural plant extracts and its evaluation of antimicrobial activity. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 5(12): 105-110.
- Kafshgari, L.A., Ghorbani, M. & Azizi, A. (2018). Synthesis and characterization of manganese ferrite nanostructure by co-precipitation, sol-gel, and hydrothermal methods. *Particulate Science and Technology*. 2018: 1-7.
- Kurian, J. & Mathew, M.J. (2017). A facile approach to the elucidation of magnetic parameters of CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles synthesized by hydrothermal route. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 428: 204-212.
- Lafta, S.H. (2017). Effect of pH on structural, magnetic and FMR properties of hydrothermally prepared nano Ni ferrite. *Open Chemistry*. 15(1): 53-60.
- Phumying, S., Labuayai, S., Swatsitang, E., Amornkitbamrung, V. & Maensiri, S. (2013). Nanocrystalline spinel ferrite (MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, M= Ni, Co, Mn, Mg, Zn) powders prepared by a simple aloe vera plant-extracted solution hydrothermal route. *Materials Research Bulletin*. 48(6): 2060-2065.
- Prabhakaran, T., Mangalaraja, R.V., Denardin, J.C. & Varaprasad, K. (2018). The effect of capping agents on the structural and magnetic properties of cobalt ferrite nanoparticles. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. 29(14): 11774-11782.
- Riman, R.E., Suchanek, W.L. & Lencka, M.M. (2002). Hydrothermal crystallization of ceramics. *Annales de Chimie Science des Materiaux*. 27(6): 15-36.
- Topkaya, R., Kurtan, U., Baykal, A. & Toprak, M.S. (2013). Polyvinylpyrrolidone (PVP)/MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanocomposite: Sol-Gel autocombustion synthesis and its magnetic characterization. *Ceramics International*. 39(5): 5651-5658.
- Zhang, J., Huang, K., Yuan, L. & Feng, S. (2018). Mineralizer effect on facet-controllable hydrothermal crystallization of perovskite structure YbFeO<sub>3</sub> crystals. *CrystEngComm*. 20(4): 470-476.