

## PENDEKATAN GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ DENGAN BANTUAN EKSTRAK DAUN GAMBIR DAN SIFAT ANTI BAKTERINYA

Suci Aulia Rahmi Elsyah<sup>1</sup>, Zulhadjri<sup>2</sup>, dan Syukri Arief<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Magister Kimia, Universitas Andalas  
Padang, Sumatera Barat

<sup>2</sup>Laboratorium Kimia Material, Universitas Andalas  
Kampus Limau Manis, Padang, Sumatera barat

*E-mail* : syukriarief@gmail.com

*Received* : 29 Juli 2019; *revised* : 5 Agustus 2019; *accepted* : 22 Agustus 2019

### ABSTRAK

**PENDEKATAN GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  DENGAN BANTUAN EKSTRAK DAUN GAMBIR DAN SIFAT ANTI BAKTERINYA.** Perkembangan nanoteknologi berkaitan dengan nanomaterial berfungsi untuk meningkatkan aktivitas antibakteri serta mengurangi pemakaian logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu, pH, dan waktu reaksi terhadap sifat nanopartikel tembaga ferit ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ), yang selanjutnya diaplikasikan sebagai agen antibakteri. Nanopartikel Tembaga Ferit (NTF) disintesis dengan memadukan metode *green* sintesis dan hidrotermal menggunakan ekstrak daun gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) sebagai *capping agent*. Hasil analisis *X-Ray Diffraction (XRD)* memberikan informasi bahwa NTF yang disintesis dengan penambahan ekstrak daun gambir dan NaOH serta dengan penambahan NaOH saja pada pH 12 dan suhu 180 °C selama 8 jam menghasilkan NTF dengan struktur kubik berpusat muka dengan grup ruang Fd3mZ sesuai dengan standar ICSD #153013. NTF yang disintesis dengan penambahan ekstrak daun gambir dan NaOH pada pH 12 suhu 180 °C selama 8 jam memiliki ukuran paling kecil yaitu 24 nm. Berdasarkan hasil *Scanning Electron Microscope (SEM)*, NTF yang disintesis dengan ekstrak daun gambir dan NaOH, serta NaOH saja pada suhu 180 °C selama 8 jam pada pH 12 berbentuk bulat dengan distribusi yang merata meskipun masih ada yang teraglomerasi. Nanopartikel tembaga ferit yang disintesis diaplikasikan pada bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan gram negatif (*Escherichia coli*) menggunakan metode difusi sumuran. NTF yang disintesis pada suhu 180 °C selama 8 jam pH 10 dan pH 12 efektif menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *S. aureus*.

Kata kunci : Nanopartikel, Tembaga ferit, *Green* sintesis, Gambir

### ABSTRACT

**GREEN SYNTHESIS APPROACH OF  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  NANOPARTICLES USING GAMBIR LEAF EXTRACT AND ITS ANTIBACTERIAL ACTIVITY.** The development of nanotechnology-related to the nanomaterial is served to improve the antibacterial activity and reduce the use of metal. This study aims to investigate the effect of temperature, pH, and reaction time on the characteristic of copper ferrite nanoparticles ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ), which were then applied as antibacterial agent. Copper ferrite nanoparticles (NTF) were synthesized by combining green synthesis and hydrothermal methods using gambir leaf extract (*Uncaria gambir* Roxb.) as a capping agent. The *X-Ray Diffraction (XRD)* analysis provided information that the NTF synthesized using the combination of gambir leaf extract and NaOH, and the addition of NaOH only at pH of 12 and temperature reaction of 180 °C for 8 hours resulting in a face center cubic structured of NTF with the space group of Fd3mZ related to ICSD #153013 standard. NTF synthesized using gambir leaf extract and NaOH at pH of 12 and temperature of 180 °C for 8 hours had the smallest size of 24 nm. Based on the *Scanning Electron Microscope (SEM)* photograph, it was found that NTF synthesized with combination of gambir leaf extract and NaOH, and NaOH only at 180 °C for 8 hours at pH of 12 were spherical in shape and well distributed, even though there was still agglomeration. The synthesized NTF was tested against gram positive (*Staphylococcus aureus*) and gram negative bacteria (*Escherichia coli*) using well diffusion method. NTF synthesized at 180 °C for 8 hours at pH 10 and pH of 12 were effective in inhibiting the growth of *E. coli* and *S. aureus* bacteria.

Keywords : Nanoparticles, Copper ferrite, *Green* synthesis, Gambir

## PENDAHULUAN

Peningkatan metode sintesis nanopartikel menjadi lebih efisien, sederhana, dan ramah lingkungan sedang menjadi tren nanoteknologi saat ini. Metode *green* sintesis menggunakan ekstrak tanaman dapat menjadi strategi sintesis yang ideal, karena ramah lingkungan, menggunakan reagen yang tidak beracun, dan *biocompatible*, serta menghasilkan material dengan sifat superior (Gingasu *et al.* 2016). Ekstrak tanaman juga memiliki cadangan yang luas, mudah diakses, dan terdistribusi secara luas dibandingkan ragi, jamur, dan bakteri (Schröfel *et al.* 2014). Reaktivitas ekstrak tanaman berasal dari komposisi kimianya, kombinasi biomolekul yang dimilikinya seperti polisakarida, karbohidrat, fenol, flavonoid, terpenoid, asam amino, dan lain-lain, yang dapat bertindak sebagai agen pereduksi dan *capping agent* (Chung *et al.* 2017).

Telah banyak ekstrak tanaman yang digunakan untuk sintesis nanopartikel, diantaranya ekstrak daun *Hibiscus rosa-sinensis* untuk sintesis nanopartikel tembaga ferit (Manikandan, Durka, dan Antony 2015), ekstrak tanaman *Abelmoschus esculentus* untuk sintesis nanopartikel kobalt ferit ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) (Kombaiah *et al.* 2018), dan ekstrak daun *Camelia sinensis* dalam sintesis nanopartikel Ag dan Pd.

Gambir merupakan tanaman tradisional Sumatera Barat. Ekstrak daun gambir mengandung katekin sebagai komponen utama serta beberapa komponen lain seperti asam kateku tanat, kuersetin, kateku merah, gambir flouresen, lemak, dan lilin (Yunarto, Elya, dan Konadi 2015). Menurut Arief *et al.* (2015) senyawa katekin, kateku tanat, dan kuarsetin merupakan senyawa *capping agent* yang baik terhadap nanopartikel perak. *Capping agent* adalah komponen dasar dalam sintesis nanopartikel logam, baik berupa ligan organik, polimer, surfaktan, dan lain-lain, untuk menghasilkan nanopartikel dengan ukuran terkontrol dan bentuk yang seragam (Campisi *et al.* 2016).

Diantara beragam nanopartikel, material magnetik spinel ferit telah menarik perhatian para peneliti selama beberapa tahun belakangan ini karena sifat magnetik, listrik, dan optiknya yang unik (Kurian dan Jacob Mathew 2017) serta memiliki aplikasi dalam berbagai bidang. Spinel ferit memiliki rumus umum  $\text{MFe}_2\text{O}_4$  (M= Cu, Mn, Mg, Zn, Ni, dan lain-lain) (Nishida *et al.* 2016). Nanopartikel Tembaga Ferit (NTF) merupakan salah satu jenis spinel ferit yang penting (Ghaani dan Saffari 2016). NTF memiliki dua struktur kristal yaitu tetragonal atau kubik tergantung pada metode sintesis yang digunakan (Kurian dan Jacob Mathew 2017).

NTF memiliki sifat magnet dan listrik yang menarik sehingga berpotensi diaplikasikan

dalam bidang biomedis (Thakare *et al.* 2018). NTF memiliki sifat antibakteri yang luar biasa, karena luas permukaannya besar dan reaktivitas lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran *bulk* (Thakare *et al.* 2018).

Beberapa metode telah digunakan untuk sintesis NTF, diantaranya adalah *sol gel* (Manikandan, Durka, dan Antony 2015), *microwave heating* (Manikandan, Durka, dan Antony 2015), metode pembakaran, dan kopresipitasi (Ghaani dan Saffari 2016). Diantara metode tersebut, metode hidrotermal banyak digunakan, karena ekonomis, tidak memerlukan suhu sangat tinggi atau rumit (Kurian dan Jacob Mathew 2017), dan menghasilkan partikel yang murni serta sangat halus dengan distribusi ukuran yang sempit (Rus *et al.* 2012).

Dalam penelitian ini, telah disintesis NTF dengan memadukan metode *green synthesis* dan hidrotermal menggunakan ekstrak daun gambir (*Uncaria gambir* Roxb) sebagai *capping agent*. Sejauh ini belum ada laporan penelitian yang menggunakan ekstrak daun gambir sebagai *capping agent* untuk NTF. NTF yang telah disintesis diaplikasikan pada bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* (*S.aureus*) dan bakteri gram negatif *Escherichia coli* (*E. coli*).

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk menambah wawasan dan pengetahuan tentang sintesis nanopartikel tembaga ferit yang memadukan metode *green* dan hidrotermal serta produk yang dihasilkan dapat dimanfaatkan pada bidang biomedis.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  sebagai penyedia ion  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  sebagai penyedia ion  $\text{Fe}^{3+}$ , daun gambir (*Uncaria gambir* Roxb) diperoleh dari daerah Tarantang, Kec. Harau, Kab. Lima Puluh Kota, Payakumbuh sebagai *capping agent*, natrium hidroksida (NaOH), etanol 70%, akuades, *nutrient agar*, bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), dan bakteri gram negatif *Escherichia coli* (*E.coli*).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, kertas saring, *magnetic stirrer*, timbangan analitik, oven, autoklaf, XRD (PAN Analytical), dan SEM (Hitachi TM-3000).

### Metode

Pada penelitian ini, peneliti menyelidiki bagaimana pengaruh pH, suhu, dan waktu sintesis terhadap bentuk dan ukuran NTF. NTF yang diperoleh dikarakterisasi dengan menggunakan XRD dan SEM dengan fungsinya

berturut-turut adalah untuk mengetahui struktur kristal, ukuran kristalit, dan untuk mempelajari morfologi serta ukuran partikel pada sampel.

Beberapa variabel yang telah dikerjakan pada penelitian ini diantaranya suhu hidrotermal (150 °C dan 180 °C), pH (pH 10 dan pH 12) dengan penambahan NaOH, dan waktu sintesis hidrotermal (3 jam dan 8 jam). Pemilihan suhu dan pH didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh *Atia et al* (2016) dan Kurian dan Mathew (2017). Dilakukan uji tarikan oleh magnet terhadap sampel yang telah disintesis untuk mengetahui sudah terbentuknya NTF.

#### Preparasi Ekstrak Daun Gambir

Daun gambir yang sudah dikeringkan di tempat yang terlindung dari sinar matahari dihaluskan sampai menjadi serbuk. Serbuk yang didapat, ditambahkan akuades dengan perbandingan volume 1:10 dan direbus selama kurang lebih 2 jam pada suhu 60 °C. Setelah itu, larutan disaring dan diambil filtratnya. Filtrat yang didapatkan, disimpan dalam wadah yang bersih dan dapat digunakan sebagai *capping agent*. Konsentrasi ekstrak daun gambir yang digunakan dalam sintesis NTF adalah 10 % (v/v).

#### Sintesis NTF + Ekstrak Daun Gambir

Sebanyak 5 mmol  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan 10 mmol  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam 50 mL larutan ekstrak daun gambir, diaduk dengan *magnetic stirrer* selama dua jam pada suhu kamar sampai diperoleh larutan yang homogen. Campuran dituangkan ke dalam teflon autoklaf dan dipanaskan dalam oven pada suhu dan waktu yang berbeda (Tabel 1). Produk yang terbentuk kemudian disaring dan dibilas tiga kali dengan akuades, dilanjutkan dengan etanol lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 105 °C selama 2 jam.

#### Sintesis NTF + NaOH

Sebanyak 5 mmol  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan 10 mmol  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam 50 mL akuades, dicampur dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama dua jam pada suhu kamar sampai diperoleh larutan yang homogen. Larutan NaOH 4 M ditambahkan ke dalam campuran untuk mengatur nilai pH 10 dan pH 12, dilanjutkan pengadukan selama 45 menit. Campuran dituangkan ke dalam teflon autoklaf dan dipanaskan dalam oven pada suhu dan waktu yang berbeda (Tabel 1). Produk yang terbentuk

kemudian disaring dan dibilas tiga kali dengan akuades, dilanjutkan dengan etanol selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 105 °C selama 2 jam.

#### Sintesis NTF + Ekstrak Daun Gambir + NaOH

Sebanyak 5 mmol  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan 10 mmol  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam 50 mL larutan ekstrak daun gambir, dicampurkan dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama dua jam pada suhu kamar sampai diperoleh larutan yang homogen. Larutan NaOH 4 M ditambahkan ke dalam campuran untuk mengatur nilai pH 10 dan pH 12, dilanjutkan pengadukan selama 45 menit. Campuran dituangkan ke dalam teflon autoklaf dan dipanaskan dalam oven pada suhu dan waktu yang berbeda (Tabel 1). Produk yang terbentuk kemudian disaring dan dibilas tiga kali dengan akuades, dilanjutkan dengan etanol lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 105 °C selama 2 jam.

#### Karakterisasi

Untuk karakterisasi digunakan *X-Ray Diffraction (XRD)* dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Pengujian XRD dan SEM menggunakan sampel bubuk nanopartikel. Uji tarik magnet dilakukan dengan cara sederhana yaitu dengan mendekatkan magnet permanen kepada sampel.

#### Uji Aktivitas Antibakteri NTF

Sebanyak 10 gram media *nutrient* agar dilarutkan di dalam 500 mL akuades, dipanaskan hingga mendidih, lalu disterilkan dengan *autoclave* pada suhu 121 °C selama 20 menit. Selanjutnya cawan petri disterilkan pada suhu 170 °C selama 2 jam. Bakteri *S. aureus* dan *E. coli* sebanyak 2 ose dibiakkan di dalam 5 mL akuades yang sudah steril. Setelah cawan petri dan media *nutrient* agar steril, media didinginkan sampai suhu 45 °C. 0,5 mL bakteri ditambahkan ke dalam media *nutrient* agar dan dihomogenkan. Media *nutrient* agar yang telah berisi bakteri dituangkan ke dalam cawan petri steril dan dibiarkan mengeras. Pada media *nutrient* agar yang telah berisi bakteri dibuat sumur dengan diameter sumur = 1 mL dan dimasukkan sampel NTF sejumlah 50 µL. Selanjutnya, cawan petri disterilkan di inkubator pada suhu 37 °C selama 24 jam. Diamati dan diukur zona bening yang terbentuk dengan jangka sorong (*Jahangirian et al.* 2013).

Tabel 1. Kode sampel dan kondisi sintesis

Sampel	Suhu (°C)	Waktu (jam)
Kondisi-1	150	3
Kondisi-2	150	8
Kondisi-3	180	3
Kondisi-4	180	8

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sintesis NTF

Berdasarkan Tabel 2, sampel yang telah disintesis dengan ekstrak daun gambir tanpa penambahan NaOH hanya ditarik sedikit oleh magnet. Ini menandakan bahwa terbentuk NTF dengan sifat magnet yang masih kecil. Menurut Arts, Van De Putte, dan Hollman (2000) NTF memiliki sifat magnet dan Kanagesan *et al* (2016) juga telah menemukan bahwa serbuk NTF berwarna coklat.

Sampel yang disintesis dengan ekstrak daun gambir dan NaOH serta penambahan NaOH saja pH 12 pada suhu 180 °C selama 8 jam ditarik oleh magnet dan berwarna coklat, ini menandakan bahwa NTF telah terbentuk. Konsentrasi NaOH yang digunakan pada

penelitian ini adalah 4 mol/L. Zhang *et al.* (2013) telah mempelajari efek NaOH sebagai *mineralizer* terhadap ukuran nanopartikel  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dengan metode hidrotermal, menunjukkan bahwa perbandingan nukleasi kristal terhadap laju pertumbuhan kristal kobal ferit memiliki nilai maksimum ketika konsentrasi NaOH adalah 4 mol/L, yang menghasilkan ukuran partikel kobal ferit terkecil yaitu 25 nm.

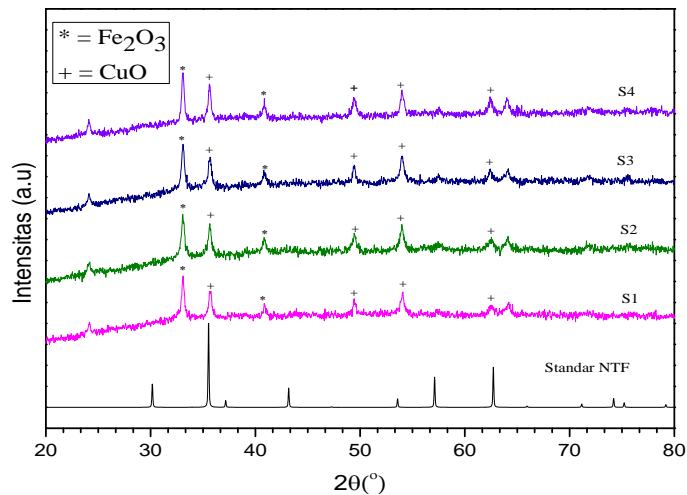
### Karakterisasi NTF dengan XRD

Hasil analisis XRD untuk sampel yang disintesis dengan penambahan ekstrak daun gambir (EDG) tanpa NaOH dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar 1 memberikan informasi bahwa puncak-puncak yang muncul pada sampel S1, S2, S3, dan S4 tidak memiliki kesesuaian dengan standar NTF (ICSD #153013).

Tabel 2. Uji tarik magnet terhadap sampel yang disintesis

Perlakuan	Suhu (°C)	pH	Waktu (jam)	Ditarik magnet
Ekstrak	150	-	3	
	150	-	8	
	180	-	3	△
	180	-	8	△
Ekstrak + NaOH	150	10	3	
	150	10	8	
	150	12	3	
	150	12	8	
	180	10	3	△
	180	10	8	
	180	12	3	△
	180	12	8	
NaOH	150	10	3	
	150	10	8	
	150	12	3	
	150	12	8	
	180	10	3	△
	180	10	8	
	180	12	3	△
	180	12	8	

Keterangan : = ditarik kuat magnet, △ = ditarik sedikit, = tidak ditarik



Gambar 1. Pola XRD sampel yang disintesis dengan ekstrak daun gambir tanpa penambahan NaOH

Puncak yang muncul pada sampel merupakan puncak-puncak pengotor CuO (*tenorite*) dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (*hematite*). Sampel S1 adalah sampel pada suhu 150 °C selama 3 jam, S2 adalah sampel pada suhu 150 °C selama 8 jam, S3 adalah sampel pada suhu 180 °C selama 3 jam, dan S4 adalah sampel pada suhu 180 °C selama 8 jam.

Keberadaan CuO berkaitan dengan pH, dimana pada keadaan pH yang lebih rendah terjadi pembentukan CuO (Jayandran, Muhamed Haneefa, dan Balasubramanian 2015). Hal ini terkait dengan reaktivitas ion yang lebih tinggi dan konsentrasi besi nitrat lebih banyak dibandingkan dengan tembaga nitrat (Naseri *et al.* 2013).

Menurut Pu *et al* (2010), pada nilai pH yang rendah, ketidak larutan tembaga (II) hidroksida dapat membentuk besi (II) dan besi (III) hidroksida berlebih dalam reaksi. Dekomposisi dari besi (III) hidroksida akan membentuk Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Gambar 2 merupakan nanopartikel tembaga ferit yang disintesis pada suhu 180 °C selama 8 jam. Gambar 2 memberikan informasi bahwa sampel NTF1, NTF2, dan NTF4 merupakan spinel tembaga ferit dengan fase kubik, dimana puncak yang muncul pada sampel sama dengan standar NTF (ICSD No.153013) yaitu puncak bidang (220), (311), (511), dan (440), namun masih terdapat fase pengotor CuO dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada sampel. Pada sampel NTF3 tidak terbentuk NTF, yang terbentuk adalah

CuO. Sampel NTF1 adalah NTF yang disintesis dengan ekstrak gambir dan NaOH pH 10, NTF2 adalah NTF yang disintesis dengan ekstrak gambir dan NaOH pH 12, NTF3 adalah NTF yang disintesis dengan NaOH saja pH 10, dan NTF4 adalah NTF yang disintesis dengan NaOH saja pH 12.

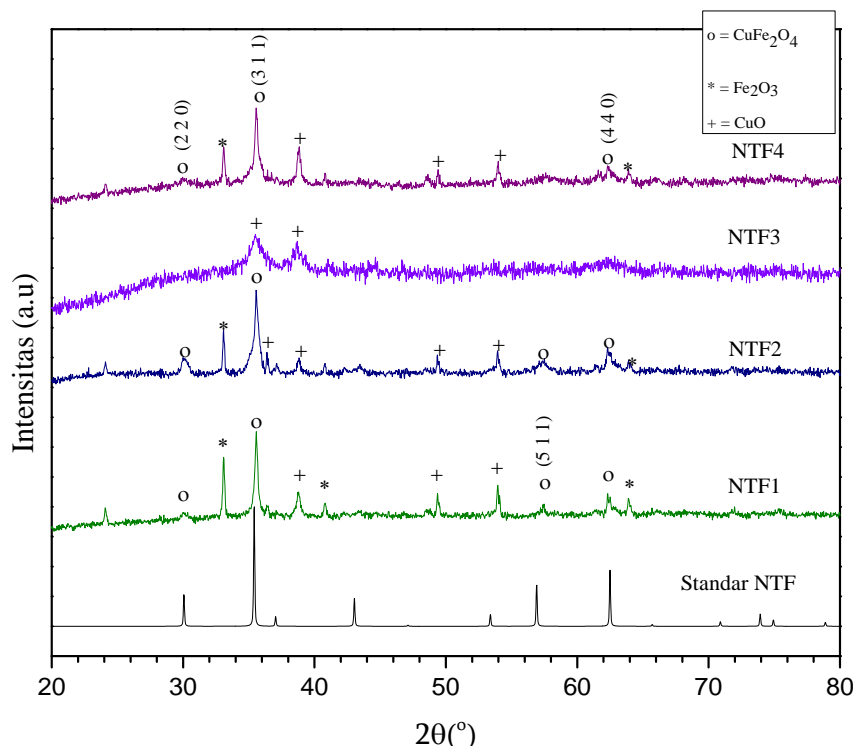
Ukuran sampel kristalit rata-rata dihitung menggunakan persamaan *Debye - Scherrer* :

$$D = \frac{k}{\beta} \quad (1)$$

dengan D adalah ukuran rata-rata kristal, k adalah konstanta *Scherrer* bernilai 0.89, adalah panjang gelombang sinar X (1, 5406 Å),

adalah lebar setengah puncak maksimum difraksi atau *Full Width Half Maximum* (FWHM), dan adalah sudut *Bragg* bidang (311). Ukuran kristalit NTF untuk sampel NTF1, NTF2, dan NTF4 berturut-turut adalah 33 nm, 24 nm, dan 31 nm. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya pH maka ukuran kristalit berkurang.

NTF yang disintesis dengan ekstrak daun gambir dan NaOH pH 12 pada suhu 180 °C selama 8 jam (NTF 2) memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan NTF yang disintesis dengan NaOH saja (NTF 4). Ini berarti bahwa ekstrak daun gambir dapat berfungsi sebagai *capping agent*. Keberadaan *capping agent* dalam reaksi akan mengubah proses kinetika pertumbuhan kristal sehingga dapat mengontrol ukuran nanopartikel (Kaur dan Srivastava 2013).



Gambar 2. Pola XRD sampel yang disintesis pada suhu 180 °C selama 8 jam

Gambar 3 memberikan informasi mengenai mekanisme pembentukan dan interaksi antara NTF dengan ekstrak daun gambir sebagai *capping agent*. Penambahan natrium hidroksida tetes demi tetes ke dalam larutan campuran logam nitrat dan *capping agent* menginisiasi proses nukleasi sehingga terbentuk  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  dan  $\text{FeOOH}$ . Suspensi yang diendapkan diaduk selama 2 jam. Dalam proses hidrotermal, terjadi nukleasi dan mencapai kejenuhan karena distribusi panas yang seragam dalam tabung autoklaf.

Semakin lama waktu hidrotermal, meningkatkan pertumbuhan kristal, dan pembentukan tembaga ferit satu fase. Namun, interaksi antara *capping agent* dan kristal menghambat proses pertumbuhan kristal, mempertahankan bentuk yang hampir sama, dan distribusi ukuran yang sempit. Hal ini karena sifat hidrofilik yang kuat dari gugus hidroksil, kemungkinan dari senyawa katekin dan asam kateku tanat menahan migrasi serta adsorpsi ion tembaga hidrat dan ion besi pada permukaan inti kristal. *Capping agent* menutupi permukaan tertentu dari kristal yang sedang tumbuh dan menghambat pertumbuhan di sekitar permukaan tertentu. *Capping agent* menempel pada permukaan tertentu karena adanya gaya elektrostatik antara permukaan yang tumbuh dan aditif (Prabhakaran *et al.* 2018).

#### Karakterisasi NTF dengan SEM

NTF yang disintesis pada suhu 180 °C selama 8 jam dengan penambahan ekstrak daun gambir dan NaOH serta dengan penambahan NaOH saja berbentuk *spheric* dan mempunyai distribusi ukuran partikel yang seragam, namun

masih ada yang teraglomerasi seperti pada Gambar 4.

Distribusi ukuran rata-rata partikel dianalisis menggunakan *software imageJ* dan diperoleh diagram seperti pada Gambar 5. Distribusi ukuran rata-rata partikel NTF dengan ekstrak daun gambir dan NaOH pH 12 serta penambahan NaOH saja sampai pH 12 adalah 100 nm.

#### Aplikasi NTF pada Aktivitas Antibakteri

Aktivitas antibakteri NTF yang disintesis dengan ekstrak daun gambir ditambah NaOH pH 10 dan ekstrak daun gambir ditambah NaOH pH 12 (Gambar 6), serta NaOH saja pH 10 dan NaOH pH 12 (Gambar 7) pada suhu 180 °C selama 8 jam sudah diaplikasikan pada bakteri *S. aureus* (bakteri gram positif) dan *E. coli* (bakteri gram negatif) dengan akuades sebagai kontrol negatif. Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan menggunakan metode difusi sumuran.

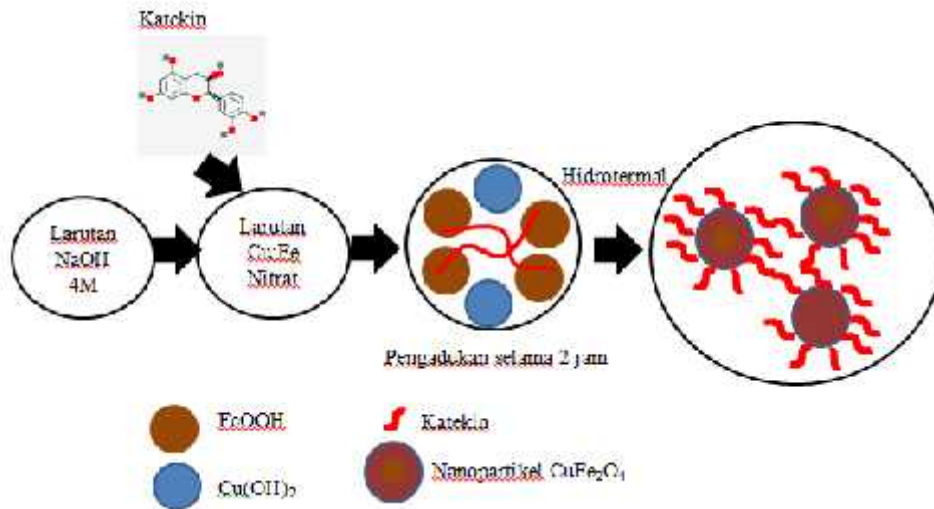
Zona inhibisi NTF terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* diperoleh dari selisih antara diameter total dengan diameter sumur, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 memberikan informasi bahwa NTF efektif untuk menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. Dilihat dari zona inhibisinya, kemampuan penghambatan NTF terhadap *E. coli* (bakteri gram negatif) lebih tinggi dibandingkan *S. aureus* (bakteri gram positif). Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan struktur dinding sel dari bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Bakteri gram positif dan bakteri gram negatif memiliki struktur internal yang sama, tetapi struktur eksternalnya sangat berbeda. Bakteri gram positif memiliki lapisan peptidoglikan tebal yang tersusun dari

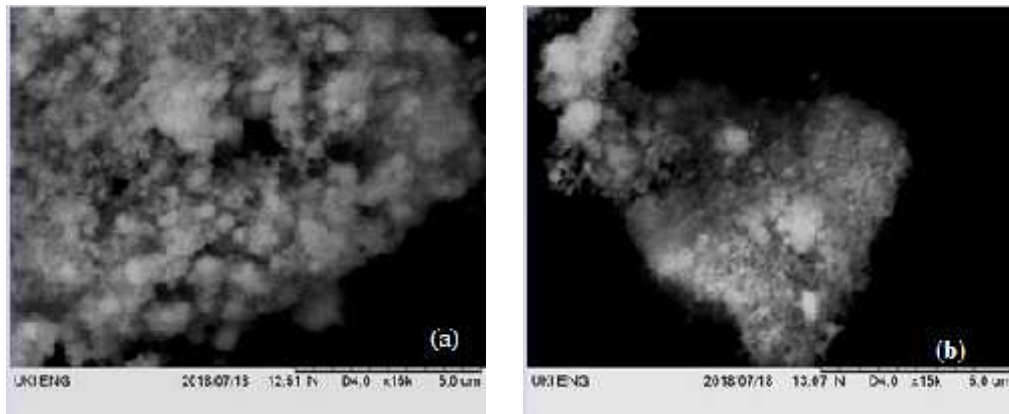
asam *teichoic* dan *lipoteichoic*, sedangkan bakteri gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan tipis yang tersusun dari lipopolisakarida, fosfolipid, dan protein. Jadi proses perusakan metabolisme sel bakteri tidak hanya dipengaruhi oleh ketebalan dinding sel, tetapi juga morfologi sel yang menyelimuti dan resistansi membran luar terhadap oksigen reaktif yang dihasilkan pada permukaan nanopartikel (Kaur dan Srivastava 2013). Selain itu, kematian sel-sel bakteri disebabkan oleh produksi oksigen aktif seperti  $H_2O_2$  karena adanya nanopartikel

$CuFe_2O_4$  dan adesi permukaan membran sel yang mengakibatkan gangguan dalam respirasi dan interaksi dengan enzim-enzim dari rantai respirasi bakteri sehingga menyebabkan kematian sel (Amininezhad *et al.* 2015)

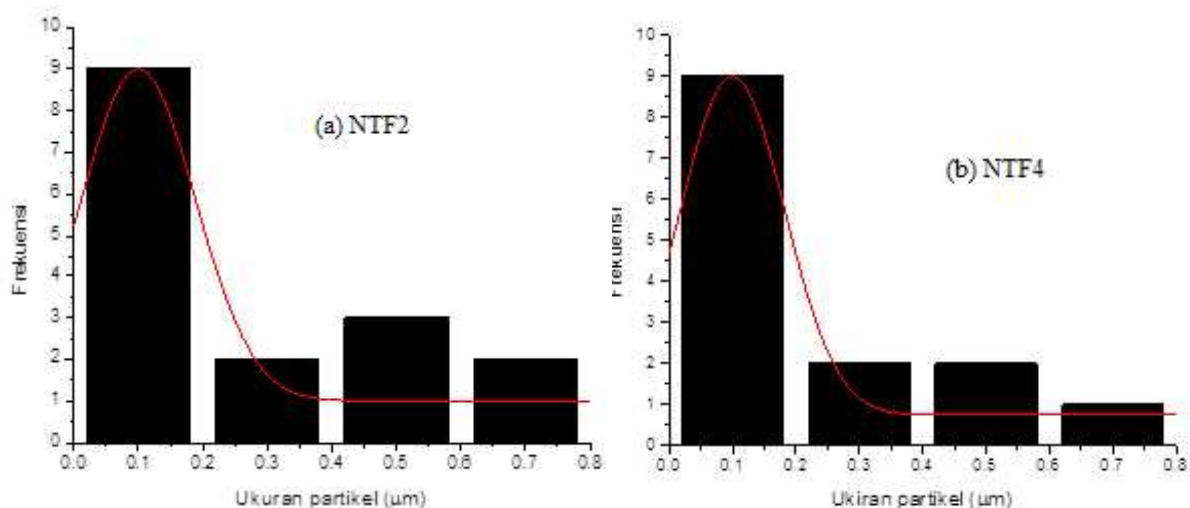
NTF yang disintesis dengan ekstrak daun gambir dan NaOH pH 12 sangat efektif menghambat pertumbuhan bakteri *E.coli* dan *S. aureus*, karena ukuran partikelnya paling kecil. Menurut Jones *et al* (2008) sifat penghambaan yang signifikan karena ukuran partikel yang lebih kecil dengan luas permukaan yang tinggi.



Gambar 3. Ilustrasi pembentukan dan interaksi antara NTF dan *capping agent*



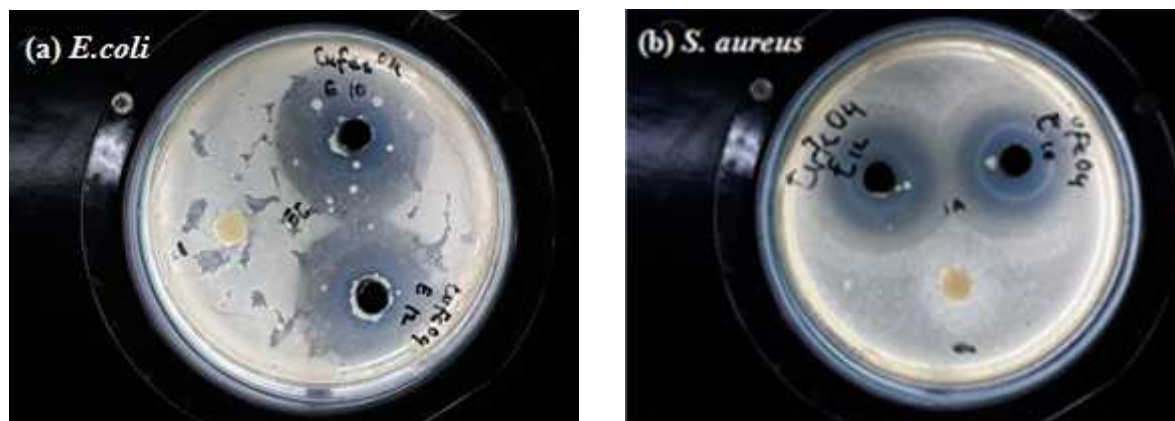
Gambar 4. (a) Mikrograf NTF2, (b) NTF4



Gambar 5. (a) Diagram distribusi ukuran rata-rata partikel NTF dengan penambahan ekstrak daun gambir dan NaOH pH 12 pada suhu 180 °C selama 8 jam, (b) Diagram distribusi ukuran rata-rata partikel NTF dengan penambahan NaOH pH 12 pada suhu 180 °C selama 8 jam

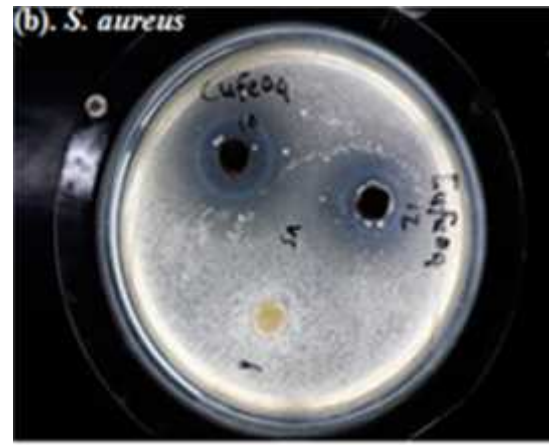
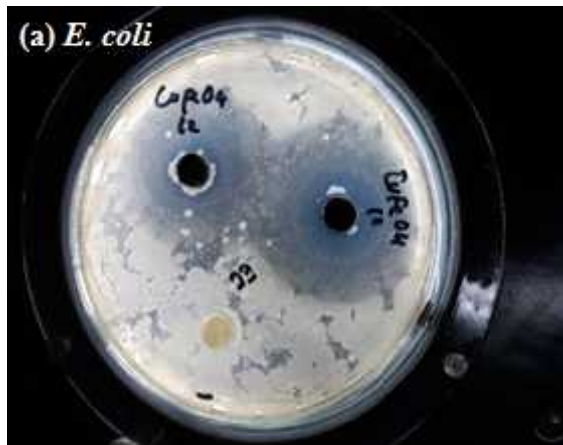
Tabel 3. Zona penghambatan Nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*

Nanopartikel	Zona inhibisi (mm)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> E10	31,3	30,7
CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> E12	35	32,1
CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 10	33,2	15,7
CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 12	39,2	16,8
Akuades	-	-



Gambar 6. Aktivitas antibakteri NTF, CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> E10 = NTF + ekstrak daun gambir & NaOH pH 10, CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> E12 = NTF + ekstrak daun gambir & NaOH pH 12





Gambar 7. Aktivitas antibakteri NTF,  $\text{CuFe}_2\text{O}_410 = \text{NTF} + \text{NaOH pH } 10$ ,  $\text{CuFe}_2\text{O}_412 = \text{NTF} + \text{NaOH pH } 12$

## KESIMPULAN

NTF telah berhasil disintesis dengan memadukan metode *green synthesis* dan hidrotermal pada suhu  $180\text{ }^\circ\text{C}$  selama 8 jam menggunakan *capping agent* ekstrak daun gambir dan NaOH sebagai *mineralizer*. Ukuran kristalit NTF yang disintesis menggunakan *capping* ekstrak daun gambir dan NaOH pH 12 paling kecil yaitu 24 nm. NTF yang disintesis pada suhu  $180\text{ }^\circ\text{C}$  selama 8 jam efektif menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *S. aureus*.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada analis dan teknisi Laboratorium Kimia Material UNAND, Laboratorium Bioteknologi THP UNAND, dan Laboratorium Instrumen Fisika UNP yang telah membantu data dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amininezhad, S. M., A. Rezvani, M. Amouheidari, S. M. Amininejad, and S. Rakhshani. 2015. "The Antibacterial Activity of  $\text{SnO}_2$  Nanoparticles Against Escherichia Coli and Staphylococcus Aureus." *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences* 17 (9). doi:10.17795/zjrms-1053.
- Arief, S., V. Gustia, D. V. Z. Wellia, T. Ban, and Y. Ohya. 2015. "Hydrothermal Synthesized Ag Nanoparticles Using Bioreductor of Gambier Leaf Extract (*Uncaria Gambier Roxb*)." *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7 (9): 189–92.
- Arts, I. C. W., B. Van De Putte, and P. C. H. Hollman. 2000. "Catechin Contents of Foods Commonly Consumed in The

Netherlands." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48 (5): 1752–57. doi:10.1021/jf000026+.

- Atia, T. A., P. Altimari, E. Moscardini, I. Pettiti, L. Toro, and F. Pagnanelli. 2016. "Synthesis and Characterization of Copper Ferrite Magnetic Nanoparticles by Hydrothermal Route." *Chemical Engineering Transactions* 47: 151–56. doi:10.3303/CET1647026.
- Campisi, S., M. Schiavoni, C. Chan-Thaw, and A. Villa. 2016. "Untangling the Role of the Capping Agent in Nanocatalysis: Recent Advances and Perspectives." *Catalysts* 6 (12): 185. doi:10.3390/catal6120185.
- Chung, I. M., A. A. Rahuman, S. Marimuthu, A. V. Kirthi, K. Anbarasan, P. Padmini, and G. Rajakumar. 2017. "Green Synthesis of Copper Nanoparticles Using Eclipta Prostrata Leaves Extract and Their Antioxidant and Cytotoxic Activities." *Experimental and Therapeutic Medicine* 14 (1): 18–24. doi:10.3892/etm.2017.4466.
- Ghaani, M., and J. Saffari. 2016. "Synthesis of  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  Nanoparticles by a New Co-Precipitation Method and Using Them as Efficient Catalyst for One-Pot Synthesis of Naphthoxazinones." *Journal Of Nanostructures* 6 (2): 172–78. doi:10.7508/jns.2016.02.010.
- Gingas, D., I. Mindru, L. Patron, J. M. Calderon-Moreno, O. C. Mocioiu, S. Preda, N. Stanica, et al. 2016. "Green Synthesis Methods of  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  And  $\text{Ag-CoFe}_2\text{O}_4$  Nanoparticles Using Hibiscus Extracts and Their Antimicrobial Potential." *Journal of Nanomaterials* 2016: 1–12. doi:10.1155/2016/2106756.
- Jahangirian, H., M. D. J. Haron, M. H. S. Ismail, R. R. Moghaddam, L. A. Hejri, Y. Abdollahi, M. Rezayi, and N. Vafaei. 2013. "Well Diffusion Method For Evaluation Of

- Antibacterial Activity." *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures* 8 (3): 1263–70.
- Jayandran, M., M. Haneefa, and V. Balasubramanian. 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): 105–10. doi:10.7324/JAPS.2015.501218.
- Jones, N., B. Ray, K. T. Ranjit, and A. C. Manna. 2008. "Antibacterial Activity of ZnO Nanoparticle Suspensions on a Broad Spectrum of Microorganisms." *FEMS Microbiology Letters* 279 (1): 71–76. doi:10.1111/j.1574-6968.2007.01012.x.
- Kanagesan, S., M. Hashim, S. AB Aziz, I. Ismail, S. Tamilselvan, N. Alitheen, M. Swamy, and B. Purna Chandra Rao. 2016. "Evaluation of Antioxidant and Cytotoxicity Activities of Copper Ferrite (CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) and Zinc Ferrite (ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) Nanoparticles Synthesized by Sol-Gel Self-Combustion Method." *Applied Sciences* 6 (9): 184. doi:10.3390/app6090184.
- Kaur, T., and A. K. Srivastava. 2013. "Effect of pH on The Magnetic and Microstructure Properties of Barium Hexaferrite." *International Journal of Research in Mechanical Engineering & Technology* 14 (3): 173–78.
- Kombaiyah, K., J. J. Vijaya, L. J. Kennedy, M. Bououdina, R. J. Ramalingam, and H. A. Al-Lohedan. 2018. "Okra Extract-Assisted Green Synthesis of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles and Their Optical, Magnetic, and Antimicrobial Properties." *Materials Chemistry and Physics* 204. Elsevier B.V.: 410–19. doi:10.1016/j.matchemphys.2017.10.077.
- Kurian, J., and M. Mathew. 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. Elsevier: 204–12. doi:10.1016/j.jmmm.2016.12.027.
- Manikandan, A., M. Durka, and S. A. Antony. 2015. "Hibiscus Rosa-Sinensis Leaf Extracted Green Methods, Magneto-Optical and Catalytic Properties of Spinel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nano- and Microstructures." *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials* 25 (5): 1019–31. doi:10.1007/s10904-015-0203-8.
- Naseri, M. G., E. B. Saion, H. A. Ahangar, and A. H. Shaari. 2013. "Fabrication, Characterization, and Magnetic Properties of Copper Ferrite Nanoparticles Prepared by A Simple, Thermal-Treatment Method." *Materials Research Bulletin* 48 (4). Elsevier Ltd: 1439–46. doi:10.1016/j.materresbull.2012.12.039.
- Nishida, N., S. Amagasa, Y. Kobayashi, and Y. Yamada. 2016. "One-Pot Production of Copper Ferrite Nanoparticles Using a Chemical Method." *Hyperfine Interactions* 237 (1). Hyperfine Interactions: 1–5. doi:10.1007/s10751-016-1321-6.
- Prabhakaran, T., R. V. Mangalaraja, J. C. Denardin, and K. Varaprasad. 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). Springer US: 11774–82. doi:10.1007/s10854-018-9276-9.
- Pu, Y., X. Tao, J. Zhai, and J. F. Chen. 2010. "Hydrothermal Synthesis and Magnetic Properties of Co<sub>0.2</sub>Cu<sub>0.03</sub>Fe<sub>2.77</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles." *Materials Research Bulletin* 45 (5). Elsevier Ltd: 616–20. doi:10.1016/j.materresbull.2010.01.008.
- Rus, S. F., P. Vlazan, S. Novaconi, P. Sfirloaga, and I. Grozescu. 2012. "Synthesis and Characterization CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles Prepared by The Hydrothermal Ultrasonic Assisted Method." *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* 14 (3–4): 293–97. doi:10.1111/ajag.12465.
- Schröfel, A., G. Kratošová, I. Šafa ík, M. Šafa íková, I. Raška, and L. M. Šor. 2014. "Applications of Biosynthesized Metallic Nanoparticles - A Review." *Acta Biomaterialia* 10 (10): 4023–42. doi:10.1016/j.actbio.2014.05.022.
- Thakare, P. S., P. R. Padole, A. B. Bodade, P. S. Thakare, P. R. Padole, A. B. Bodade, and G. N. Chaudhari. 2018. "Microstructural And Antifungal Properties Of Silver Substituted Copper Ferrite Nanopowder Synthesized By Sol-Gel Method." *Indo American Journal of Pharmaceutical Science* 5 (1): 52–63.
- Yunarto, N., B. Elya, and L. Konadi. 2015. "Potensi Fraksi Etil Asetat Ekstrak Daun Gambir ( Uncaria Gambir Roxb .) Sebagai Antihiperlipidemia." *Jurnal Kefarmasian Indonesia* 5 (1): 1–10.
- Zhang, F., R. L. Su, L. Z. Shi, Y. Liu, Y. N. Chen, and Z. J. Wang. 2013. "Hydrothermal Synthesis of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles And Their Magnetic Properties." *Advanced Materials Research* 821–822 (3): 1358–61. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.821-822.1358.