

# SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ANTIBAKTERI

Almendo G. Lasera<sup>1</sup>, Henry F. Aritonang<sup>1\*</sup> dan Harry Koleangan<sup>1</sup>

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

## ABSTRAK

Nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Material yang telah disintesis, kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dan *Xray-Diffraction (XRD)* serta di uji aktifitasnya sebagai antibakteri dengan menggunakan bakteri *Staphylococcus aureus* (Gram positif) dan *Escherichia coli* (Gram negatif). Hasil citra SEM memperlihatkan morfologi nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  berbentuk persegi yang tidak beraturan. Difraktogram XRD menunjukkan bahwa ukuran sampel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  yang diperoleh adalah sebesar 20,136 nm. Uji aktifitas antibakteri yang telah dilakukan menunjukkan bahwa, nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  jauh lebih baik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* dibandingkan dengan bakteri *S. aureus*, masing-masing 24 mm dan 6,5 mm.

Kata kunci: Antibakteri,  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ , nanopartikel.

## ABSTRACT

$\text{CuFe}_2\text{O}_4$  nanoparticles were synthesized using the coprecipitation method. The synthesized material was then characterized using *Scanning Electron Microscopy (SEM)* and *Xray-Diffraction (XRD)* and tested as antibacterial activity using *Staphylococcus aureus* (Gram positive) and *Escherichia coli* (Gram negative) bacteria. SEM imaging showed morphology of  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  nanoparticles shaped like a rod. XRD diffractogram showed that the size of  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  nanoparticles that obtained at 20.13 nm. The antibacterial activity test that has been done shows,  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  nanoparticles are much better in inhibiting the growth of *E. coli* bacteria compared with *S. aureus* bacteria, 24 mm and 6,5 respectively.

Keywords: Antibacterial,  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ , nanoparticles.

## PENDAHULUAN

Material-material anorganik, seperti perak (Ag), tembaga (Cu), merkuri (Hg), besi (Fe) dan seng (Zn), telah diketahui bersifat antibakterial, dan memiliki kelebihan dibandingkan reagen organik yang telah digunakan secara tradisional. Kelebihan-kelebihan tersebut antara lain stabilitas kimia, ketahanan termal, keamanannya, penggunaan dalam jangka panjang, dapat dihasilkan dalam jumlah yang lebih besar dan lain-lain (Kumar dkk., 2008; Singh dkk., 2012; Michels dkk., 2009). Diantara logam tersebut, Ag memiliki aktifitas antibakteri yang paling kuat dan telah banyak digunakan sebagai bakterisida sejak dahulu kala karena spectrum antibakteri yang luas, stabil, dan daya tahannya. Selain itu, dibandingkan dengan logam lain, toksisitasnya rendah dalam tubuh manusia sehingga membuatnya menarik untuk diaplikasikan pada sistem pemurnian air, peralatan bedah, pembalut luka dan peralatan

medis seperti bahan implant tulang (Schneider dkk., 2008; Sureshkumar dkk., 2010; Huang dkk., 2013; Marambio-Jones dkk., 2012).

Diantara material magnetik, tembaga ferrite ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ) telah menjadi perhatian banyak peneliti karena sifat magnetik, optik dan penggunaan katalitiknya yang superior (Zhang dkk., 2007; Karunakaran dkk., 2013). Sejauh ini, komposit oksida logam-semikonduktor sangat menarik untuk diteliti karena meningkatnya efisiensi aktifitas fotokatalitiknya. Dilaporkan bahwa penambahan logam mulia seperti platina (Pt), emas (Au), rodium (Rh) pada  $\text{TiO}_2$  dapat meningkatkan efisiensi fotokatalitik secara keseluruhan (Hoffmann dkk., 1995).

Melalui penelitian ini, telah disintesis nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  menggunakan metode kopresipitasi. Metode penelitian ini merupakan metode yang relatif sederhana dan lebih mudah karena prosesnya menggunakan suhu rendah dan mudah mengontrol ukuran partikel sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat (Kim

\* Korespondensi:

Telepon: +62 812-4450-362

Email: henryaritonang@unsrat.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.35799/cp.12.2.2019.27312>

dkk., 2003). Selain itu, akan digunakan *polyvinyl pirolidon* (PVP) sebagai *caping agent*. Hal ini diperlukan sebagai penstabil partikel, sebagaimana halnya beberapa peneliti juga menggunakan *caping agent* tersebut (Kumar dkk., 2008; Singh dkk., 2012; Michels dkk., 2009). Nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  yang dihasilkan akan dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffractometry* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) serta uji aktifitasnya sebagai antibakteri. Tujuan penelitian ini adalah mensintesis nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dengan metode kopresipitasi, menentukan ukuran rata-rata nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dan menguji aktivitas antibakteri nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ .

## BAHAN DAN METODE

### Sintesis nanopartikel $\text{CuFe}_2\text{O}_4$

Nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  disiapkan menggunakan metode yang telah dilaporkan oleh Zhu dkk., (2013), yang dimodifikasi. Untuk mensintesis  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ , sebanyak 1,188 g  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , 1,979 gr  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , 10 mL akuades dan 6 mL PVP dicampurkan dalam kondisi pengadukan dengan cara disonikasi selama 30 menit dan sementara disonikasi, larutan ditetesi 0,2 M NaOH hingga pH larutan menjadi 12. Endapan 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 300 °C selama 2 jam. Kristal yang terbentuk dikarakterisasi dengan SEM, XRD, serta dilakukan uji aktifitas antibakteri.

### X-ray diffraction (XRD)

Pola XRD dicatat pada difraktometer sinar-X (PW1710, Philips), menggunakan radiasi  $\text{Cu K}\alpha$  ( $\lambda = 0.154\ 056\ \text{nm}$ ) pada 40kV dan 30 mA. Sudut difraksi berkisar antara 25° sampai 80°. Ukuran kristalit nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dihitung berdasarkan pengukuran difraksi sinar-X. Ukuran kristalit dihitung dari FWHM puncaknya dengan menggunakan rumus Scherrer (Monshi dkk., 2012).

$$D = \frac{k \lambda}{\beta \cos \theta} \dots \dots \dots (1)$$

dimana  $D$  adalah ukuran kristal rata-rata partikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ,  $K$  adalah konstanta yang bernilai 0,9,  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X,  $\beta$  adalah (FWHM) dalam radian, dan  $\theta$  adalah sudut difraksi (Aritonang dkk., 2014)

### Scanning electron microscopy (SEM)

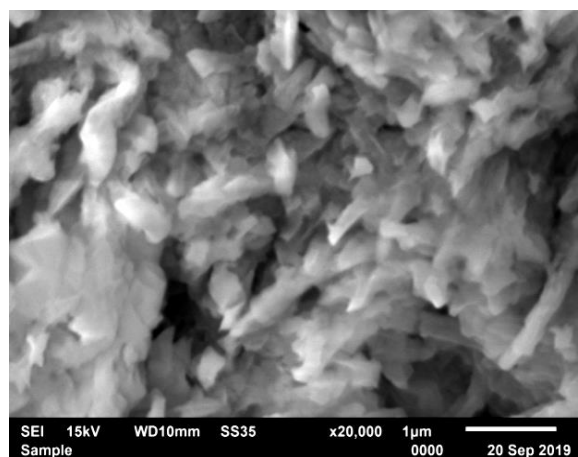
Morfologi permukaan dipelajari dengan menggunakan SEM. Sebelum dianalisis, membran diletakkan pada specimen holder dengan menggunakan pita perekat (carbon tape), kemudian disemprot dengan hand blower atau hand dryer untuk mengeluarkan pengotor. Selanjutnya dilapisi dengan lapisan tipis emas menggunakan alat coating *Fine Coat Ion Sputter JFC-1100* pada arus sebesar 35 mA selama 1 menit dan dicitrakan. Kondisi operasi dilakukan pada akselerasi tegangan sebesar 15 kV dan perbesaran 30.000 kali (Aritonang dkk., 2014).

### Pengujian aktifitas antibakteri

Metode uji antibakteri mengikuti prosedur Lay (1994).

### Pembuatan stok variabel nanopartikel

Variabel yang digunakan pada pengujian ini sebanyak 1 variabel, yaitu berupa nanokomposit  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ , kontrol negatif berupa air, serta kontrol positif berupa *Cyprofloxacin* yang merupakan antibiotik (antibiotik yang bekerja pada dua kelompok bakteri utama: *Staphylococcus aureus* sebagai gram positif dan *Escherichia coli* sebagai gram negatif), sehingga tepat untuk menghambat pertumbuhan bakteri gram positif maupun negatif. Kontrol positif dibuat dengan cara melarutkan 0.05 gr tablet *Cyprofloxacin* dalam 50 mL aquades. Selanjutnya diambil 1 mL larutan *Cyprofloxacin* tersebut kemudian dimasukkan dalam labu ukur 10 mL, ditambahkan aquades sampai tanda tera. Kemudian diambil 0,1 mL dimasukkan pada *blank disk*, yaitu cawan petri yang telah berisi NA. Pembuatan kontrol negatif disiapkan aquades 10 mL setelah itu diambil 0,1 mL dan dimasukkan pada *blank disk* yang disiapkan.



Gambar 1. Citra SEM dari nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ .

### Kultur bakteri

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

### Pembuatan media tumbuh NA dan sterilisasi

Sebanyak 8,2 g NA dilarutkan dalam 300 mL aquades, kemudian larutan NA yang telah dibuat, 12 cawan petri dan alat-alat gelas yang 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.

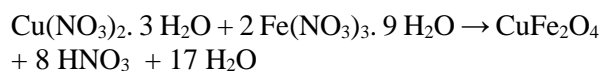
### Uji daya hambat bakteri

Sebanyak 20 mL larutan NA dimasukan ke dalam cawan petri kemudian didiamkan selama 15 menit sampai larutan NA mengeras. Kemudian sebanyak 0,2 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 masing-masing sebanyak 0,1 g. 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.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mensintesis nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ , pertama-tama disiapkan prekursor  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 1,188 g dan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 1,979 g, dimasukan ke dalam gelas kimia yang telah berisi aquades 10 mL dan PVP 6 mL. Digunakan larutan PVP dengan tujuan agar dapat menstabilkan partikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ . Pembentukan partikel-partikel tersebut dengan penambahan basa berupa NaOH, sehingga terbentuk endapan berwarna hijau tua didasar wadah. Selanjutnya endapan tersebut di panaskan dalam tanur pada suhu 300 °C selama 2 jam untuk menghasilkan kristal berwarna coklat. Kristal yang didapat setelah ditanur yaitu, 0,493 g. Kedua

prekursor ini dapat menghasilkan  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  seperti pada persamaan berikut:

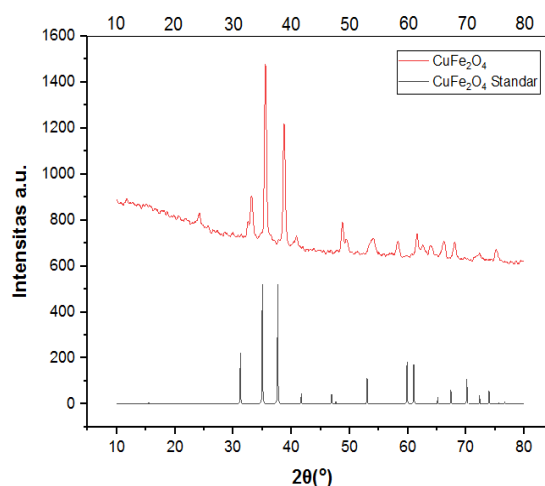


### Hasil analisis pengujian SEM

Pengamatan morfologi nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  hasil sintesis, dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan perbesaran 20.000 kali. Hasil karakterisasi SEM dapat dilihat pada Gambar 1 Pengamatan morfologi permukaan nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Morfologi dari nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  hasil penelitian ini mirip dengan yang telah dilaporkan oleh Zhang dkk (2019), yaitu bentuk partikel-partikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  tampak berbentuk batang

### Hasil analisis pengujian XRD

Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui telah terbentuknya partikel-partikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dari sumber prekursornya. Gambar 2 menunjukkan pola difraktogram sampel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  yang dibandingkan dengan standarnya yaitu *Inorganic Crystal Structure Database* ICSD No. 66-546.



Gambar 2. Difraktogram nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ .

Sampel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  muncul pada daerah  $2\theta$  33.18° ; 35.52° ; 39° ; 54.02° ; 59.91° ; 61.57° Puncak ini mirip dengan puncak standar  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dari ICSD yaitu pada daerah  $2\theta$  32.02° ; 35° ; 38° ; 54° ; 60.02° ; 61° ; 70.14°. Hasil penelitian ini mirip dengan yang telah dilaporkan Lin dkk (2013). Oleh karena itu, berdasarkan data XRD maka dapat dikatakan bahwa sintesis  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  telah

berhasil disintesis. Dengan menggunakan Persamaan (1), ukuran kristalit nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  yang diperoleh adalah 20,13 nm.

#### Aktifitas antibakteri nanokomposit $\text{CuFe}_2\text{O}_4$

Nanokomposit yang dihasilkan dalam penelitian ini, diuji aktifitas antibakterinya, yaitu terhadap bakteri Gram-negatif (*E. coli*) dan Gram positif (*S.aureus*) diuji dengan metode sumuran. Uji aktifitas antibakteri diuji berdasarkan daya hambat pertumbuhan bakteri. Daya hambat pertumbuhan bakteri tersaji pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Aktivitas antibakteri dari nanokomposit  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*

	<i>E. coli</i> mm	<i>S. aureus</i> mm
$\text{CuFe}_2\text{O}_4$	24	6,5
Positif	18,16	23,5
Negatif	0	0

Uji aktifitas antibakteri nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  diawali dengan bakteri *E. coli*. Ketika nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  digunakan, daya hambat rata-rata yang diperoleh adalah sebesar 24 mm, sementara untuk  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  terhadap bakteri *S.aureus* daya hambat rata-rata yang diperoleh adalah sebesar 6,5 mm. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa, nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  jauh lebih baik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* dibandingkan dengan bakteri *S.aureus* karena daya hambat terhadap bakteri *E. coli* jauh lebih besar dibandingkan dengan daya hambat terhadap bakteri *S.aureus*.

Kemampuan antibakteri nanopartikel antara lain merusak dinding sel bakteri, mengganggu metabolisme sel, dan menghambat sintesis sel bakteri. Nanopartikel mempunyai aktivitas antibakteri karena luas permukaan yang besar yang memungkinkan untuk kontak yang sangat baik dengan mikroorganisme. Nanopartikel mendekati pada membran sel bakteri dan melakukan penetrasi ke dalam bakteri. Selanjutnya nanopartikel melakukan difusi dan menyerang rantai pernapasan bakteri, hingga pada akhirnya sel tersebut mati. Mekanisme lain yang diusulkan adalah keterlibatan interaksi partikel nano dengan makromolekul biologis seperti enzim dan DNA melalui mekanisme pelepasan elektron. Nanopartikel melekat pada membran sel dan menembus di dalam bakteri. Membran bakteri mengandung belerang yang mengandung protein dan nanopartikel berinteraksi dengan protein ini di dalam sel dengan fosfor yang mengandung

senyawa seperti DNA. Interaksi yang terjadi dapat menyebabkan kerusakan pada DNA dan protein yang mengakibatkan kematian sel (Sirajudin dkk., 2016).

#### KESIMPULAN

Nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dapat disintesis menggunakan metode kopresipitasi dan berat yang diperoleh yaitu 0,493 g. Ukuran rata-rata nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  yang dihasilkan yaitu 20,13 nm, dari perkursor  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ :  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ . Nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  lebih baik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* dibandingkan terhadap bakteri *S.aureus*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang, H.F., Onggo, D., Ciptati, C. & Radiman, C.L. 2014. Synthesis of platinum nanoparticles from  $\text{K}_2\text{PtCl}_4$  Solution using Bacterial Cellulose Matrix. *Journal of Nanoparticles*. 20, 1-6.
- Hoffmann, M.R., Martin, S.T., Choi, W. & Bahnemann, D.W. 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chemical Reviews*. 95(1), 69-96.
- Huang, Z., Guan, S., Wang, Y., Shi, G., Cao, L., Gao, Y., Dong, Z., Xu, J., Luo, Q. & Liu, J. 2013. Self-assembly of amphiphilic peptides into biofunctionalized nanotubes: a novel hydrolase model. *Journal of Material Chemistry B*. 1(17), 2297-2304.
- Kumar, A., Vemula, P.K., Ajayan, P.M & John, G. 2008. Silver-nanoparticle-embedded antimicrobial paints based on vegetable oil. *Nature Materials*. 7(3), 236-241.
- Karunakaran, C., SakthiRaadha, S., Gomathisankar, P. & Vinayagamorthy, P. 2013. Nanostructures and optical, electrical, magnetic, and photocatalytic properties of hydrothermally and sonochemically prepared  $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{SnO}_2$ . *RSC Advances*. 3(37), 16728-16738.
- Kim, B.H., Chang, I.S., Gil, G.C., Park, H.S. & Kim, H.J., 2003. Novel BOD sensor using mediator-less microbial fuel cell. *Biotechnology Letter*. 25(7), 541-545
- Lay, B.W. 1994. *Analisa mikroba di laboratorium*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Lin, L., Cui, H., Zeng, G., Chen, M., Zhang, H., Xu, M., Shen, X., Bortolini, C. & Dong, M. 2013. Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> magnetic hollow fibers

- for recyclable antibacterial materials. *Journal of Materials Chemistry B*. 1(21), 2719-2723
- Marambio-Jones, C., Eric, M. & Hoek, V. 2010. A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment. *Journal of Nanoparticles Research*. 12(5), 1531-1551
- Michels, H.T., Noyce, J.O. & Keevil, C.W. 2009. Effects of temperature and humidity on the efficacy of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* challenged antimicrobial materials containing silver and copper. *Journal of Material Chemistry*. 4(9), 191-195
- Monshi, A., Forouhu, M.R. & Monshi, M.R. 2012. Modified Scherrer equation to estimate more accurately nano-crystallite size using XRD. *World Journal of Nano Science and Engineering*. 2(3), 54-160.
- Schneider, O.D., Loher, S., Brunner, T.J., Schmidlin, P. & Stark, W.J. 2008. Flexible, silver containing nanocomposites for the repair of bone defects: antimicrobial effect against *E. coli* infection and comparison to tetracycline containing scaffolds. *Journal of Material Chemistry*. 18(23), 2679-2684.
- Singh, A.K., Singh, P., Mishra, S & Shahi, V.K. 2012. Anti-biofouling organic-inorganic hybrid membrane for water treatment. *Journal of Material Chemistry*. 22(5), 1834.
- Sirajudin, A. & Rahmanisa, S. 2016. Nanopartikel perak sebagai penatalaksanaan penyakit infeksi saluran kemih. *Jurnal Penelitian. MAJORITY*. 5 (4), 1-5.
- Sureshkumar, M., Siswanto, D.Y. & Lee, C. 2010. Magnetic antimicrobial nanocomposite based on bacterial cellulose and silver Nanoparticles. *Journal of Material Chemistry*. 20(33), 6948-6955
- Zhang, G., Qua, J., Liu, H., Cooper, A.T. & Wu, R. 2007. CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/activated carbon composite: A novel magnetic adsorbent for the removal of acid orange II and catalytic regeneration. *Chemosphere*. 6(8), 1058-1066
- Zhang, X-G., Guan, D-L., Niu, C-G., Cao, Z., Liang, C., Tang, N., Zhang, L., Wen, X-J. & Zeng, G-M. 2019. Constructing magnetic and high-efficiency AgI/CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> photocatalysts for inactivation of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* under visible light: Inactivation performance and mechanism analysis. *Science of The Total Environment*. 10(668), 730-742
- Zhu, Z., Li, X., Zhao, Q., Li, Y., Sun, C. & Cao, Y. 2013. Photocatalytic performances and activities of Ag-doped CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. *Materials Research Bulletin*. 12(48), 2927-2933