

## LAPORAN AKHIR RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT



### **GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ TERDOPING Ag MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN BINAHONG (*Anredera Cordifolia* (Ten.) Steenis) DAN APLIKASINYA SEBAGAI FOTOKATALIS**

**Dr. HENRY F. ARITONANG, S.Si., M.Si (Ketua)**  
**0007127103**

**Prof. Dr. Ir. JULIUS PONTOH, M.Sc. (Anggota)**  
**0013025104**

**Ir. AUDY D. WUNTU, M.Si (Anggota)**  
**0021126906**

**UNIVERSITAS SAM RATULANGI  
OKTOBER 2019**



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS SAM RATULANGI

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat : Kampus UNSRAT Manado

Telp : (0431) 827560. Fax : (0431) 827560

Email : lppm@unsrat.ac.id Laman : http://lppm.unsrat.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR  
RTUU

Judul Kegiatan : GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL  $CuFe_2O_4$  TERDOPING Ag MENGGUNAKAN EKSTRAK  
DAUN BINAHONG (*Anredera Cordifolia* (Ten.) Steenis) DAN APLIKASINYA SEBAGAI  
FOTOKATALIS

Ketua Peneliti

Nama Lengkap : HENRY FONDA ARITONANG  
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi  
NIP/NIK : 197112072000031001  
NIDN : 0007127103  
Jab. Fungsional : Lektor Kepala  
Unit Kerja : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Nomor HP :  
Alamat Email : henryantonang@unsrat.ac.id  
Usulan Biaya : 58.850.000  
Biaya Maksimum : 51.000.000  
Lama Penelitian : 2 bulan

Anggota Peneliti (1)


Nama Lengkap : JULIUS PONTOH  
NIP : 195102131978031001  
NIDN : 0013025104  
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : AUDY DENNY WAUNTU  
NIP : 196912211994021001  
NIDN : 0021126906  
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Mengetahui  
Dekan Fakultas MIPA Unsrat  
  
Prof. Dr. Benny Pinontoan, M.Sc.  
NIP 196606041985121906

Manado, 20 Oktober 2019  
Ketua Peneliti

  
HENRY FONDA ARITONANG  
NIP 197112072000031001

Mengetujui  
Kepala LPPM Universitas Sam Ratulangi  
  
Prof. Dr. Ir. Charles Lodewijk Kaunang, MS.  
NIP 195610181986031002

## RINGKASAN

Pengembangan ilmu pengetahuan tentang nanoteknologi semakin berkembang pesat. Nanoteknologi memiliki potensi yang besar dalam aplikasi untuk biomedis, nanodevices, fotokatalis/fotodegradasi, dan lain-lain (Weiwei *et al.*, 2008). Nanoteknologi adalah suatu teknologi yang melibatkan prekursor sebagai sumber material nano, ukuran dan bentuk partikel dalam skala nanometer sehingga mencapai keunikan sifat, yang dapat dimanipulasi sesuai kebutuhan yang diinginkan (Taleb *et al.*, 2005). Penelitian ini mensintesis nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dan Ag dengan menggunakan ekstrak daun Binahong (*Anredera Cordifolia* (Ten.) Steenis) sebagai reduktor dan penstabil partikel dan nanopartikel yang dihasilkan digunakan sebagai fotokatalis.

Tahapan penelitian yaitu pembuatan ekstrak daun Binahong, sintesis nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  terdoping Ag dan analisis aktivitasnya sebagai fotokatalis dalam mendegradasi zat warna sintetik *methylene blue* (MB). Pembuatan ekstrak dilakukan menggunakan daun yang masih segar dan direbus dengan air hingga larutan berwarna hijau kekuningan. Sintesis nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dan Ag menggunakan prekursor  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , dan  $\text{AgNO}_3$ . Pertama kali dilakukan sintesis  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dengan variabel penelitian yaitu perbandingan mol prekursor  $\text{Fe}^{3+}:\text{Cu}^{2+}$ , yaitu 2:1 dan 1:1 mol dan variabel jumlah ekstrak daun binahong: 5, 10, 15, dan 20 mL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kristal  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  berwarna coklat dan dapat ditarik oleh magnet eksternal. Massa kristal yang dihasilkan lebih banyak diperoleh dari perbandingan jumlah mol Fe yang lebih tinggi dan dari penggunaan volume ekstrak yang lebih banyak. Hal ini juga berlaku terhadap hasil sintesis nanopartikel Ag- $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ . Karakterisasi yang dilakukan terhadap nanopartikel Ag- $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  adalah SEM, XRD, dan uji fotokatalitik nanopartikel Ag- $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  terhadap *methylene blue*.

## PRAKATA

Dalam menjalankan tugasnya, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemristekdikti) Republik Indonesia memiliki tugas dan fungsi untuk membina sumber daya manusia Riset Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (SDM RIPTEK). Berbagai program penelitian telah dilaksanakan oleh Kemristekdikti untuk meningkatkan kapasitas SDM RIPTEK, diantaranya adalah Penelitian yang dibiayai oleh Universitas Sam Ratulangi melalui dana DIPA.

Pada tahun 2019 ini, peneliti diberi kesempatan oleh Universitas Sam Ratulangi untuk melakukan Riset Terapan Unggulan Unsrat (RTUU) dengan judul : ***Green Synthesis Nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Terdoping Ag Menggunakan Ekstrak Daun Binahong (Anredera Cordifolia (Ten.) Steenis) dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis***. Penelitian ini direncanakan selama satu tahun di Tahun 2019 ini. Hasil penelitian telah memperoleh nanopartikel Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, karakterisasinya dengan XRD, SEM, dan telah diuji aktivitasnya sebagai fotokatalis untuk mendegradasi *methylene blue*. Dengan demikian, peneliti berharap semoga penelitian ini bermanfaat, terima kasih.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	1
RINGKASAN.....	2
PRAKATA.....	3
DAFTAR ISI.....	4
DAFTAR TABEL.....	5
DAFTAR GAMBAR.....	6
DAFTAR LAMPIRAN.....	7
BAB 1. PENDAHULUAN.....	8
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	10
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	14
BAB 4. METODE PENELITIAN.....	15
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI.....	18
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN.....	29
DAFTAR PUSTAKA.....	30
LAMPIRAN.....	32

## DAFTAR TABEL

		<b>Halaman</b>
Tabel 1	Massa kristal nanopartikel $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ pada tiap variabel jumlah mol prekursor dan volume ekstrak.....	18
Tabel 2	Massa kristal nanopartikel $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$ pada tiap variabel jumlah mol prekursor dan volume ekstrak .....	19
Tabel 3	Pengaruh perbandingan mol prekursor Ag : Co : Fe terhadap ukuran kristalit nanopartikel $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$ .....	22

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1 Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD.....	12
Gambar 2 Citra SEM dari nanopartikel (a) CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> dan (b) CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -Ag	20
Gambar 3 Difraktogram nanopartikel CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -Ag.....	21
Gambar 4 Spektra absorpsi UV-Vis dari nanopartikel CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -Ag .....	23
Gambar 5 Pengaruh konsentrasi fotokatalis CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -Ag terhadap aktivitas fotodegradasi <i>methylene blue</i> .....	24
Gambar 6 Perubahan warna <i>methylene blue</i> dengan dan tanpa fotokatalis untuk waktu kontak.....	25
Gambar 7 Waktu kontak antara nanopartikel dengan <i>methylene blue</i> terhadap persen degradasinya.....	26

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran . Surat Tugas Penelitian .....	32



## BAB 1. PENDAHULUAN

Material-material anorganik, seperti perak (Ag), tembaga (Cu), merkuri (Hg), 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 *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2012; Hoffmann *et al.*, 2009). Diantara logam tersebut, Ag memiliki aktifitas antibakteri yang paling kuat dan telah banyak digunakan sebagai bakterisida sejak dahulu kala karena spektrum 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 (Sureshkumar *et al.*, 2010).

Pada penelitian sebelumnya, Ag dideposisikan pada berbagai material anorganik dan organik, seperti zeolit (De la Rosa-Gomez *et al.*, 2008; Inoue *et al.*, 2002; Pehlivan *et al.*, 2005), SiO<sub>2</sub> (Akhavan dan Ghaderi, 2009; Jeon *et al.*, 2003), titanium dioksida (Lee *et al.*, 2005), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, kitosan (Chen *et al.*, 2005; Niu *et al.*, 2009), sebagai material antibakteri yang telah dipelajari. Sebagai contoh, Ag dideposisikan pada kapas (Yuranova *et al.*, 2006) dan telah digunakan dalam industri tekstil. Untuk tujuan praktis, sangat diinginkan agar material antimikroba dapat didaur ulang karena material tersebut dimungkinkan untuk digunakan kembali sehingga dapat mengurangi biaya. Salah satu cara untuk mencapai tujuan tersebut adalah dengan menggunakan pembawa magnetik untuk memuat material antimikroba tersebut sehingga dimungkinkan material tersebut dapat dikumpulkan oleh gaya magnet dan dapat digunakan kembali.

Diantara material-material magnetik, tembaga ferrite (CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) telah menjadi perhatian banyak peneliti karena sifat magnetik, optik dan penggunaan katalitiknya yang superior (Zhang *et al.*, 2007; Karunakaran *et al.*, 2013, 24). 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 TiO<sub>2</sub> dapat meningkatkan efisiensi fotokatalitik secara keseluruhan (Hoffmann *et al.*, 1995). Seperti halnya Ag yang telah terdeposisi pada tembaga ferrite (Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dapat meningkatkan kinerja fotokatalisnya (Surendra, 2018) dan dapat berfungsi sebagai antibakteri. Namun demikian, sintesis komposit Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yang digunakan sebagai

antibakteri masih sedikit dilaporkan. Lin *et al.* (2013) telah mensintesis komposit Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan menunjukkan aktifitas antibakteri terhadap *E. coli*, *S. typhi*, *S. aureus* and *V. parahaemolyticus*. Dalam hal ini, metode yang digunakan adalah metode prekursor-gel organik. Dalam metode tersebut, selain prekursor Ag, Cu dan Fe, penelitian tersebut menggunakan asam sitrat monohidrat dan sintesis Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dilakukan dalam empat tahap sehingga dianggap kurang ekonomis.

Melalui penelitian ini, akan disintesis nanopartikel Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> menggunakan metode kopresipitasi. Metode 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 *et al.*, 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 *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2012; Michels *et al.*, 2009). Nanopartikel Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yang dihasilkan akan dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffractometry* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) serta uji aktifitasnya sebagai antibakteri.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 1.1 Nanoteknologi

Nanoteknologi adalah bidang ilmu pengetahuan yang sedang berkembang dan termasuk didalamnya adalah pembahasan bagaimana proses sintesis serta pengembangan dari berbagai material berukuran nanopartikel dapat didefinisikan sebagai benda yang berukuran mulai dari 1-100 nm dan ukurannya berbeda dari bahan awalnya (material dasar). Saat ini, nanomaterial logam yang sering diproduksi adalah dengan menggunakan logam tembaga (Cu), seng (Zn), titanium (Ti), magnesium (Mg), emas (Au), dan perak (Ag). Nanopartikel dapat digunakan untuk berbagai tujuan antara lain dalam bidang perawatan medis, penggunaan di berbagai cabang industri produksi seperti solar dan oksida bahan bakar baterai untuk menyimpan energy, bahkan untuk proses pengolahan yang lebih luas, seperti kosmetik dan pakaian (Dubchak *et al.*, 2010). Perubahan karakteristik dari nanomaterial pada umumnya dipengaruhi oleh peningkatan fraksi atom pada permukaan jika dibandingkan dengan material berukuran bulk serta didominasi oleh adanya efek kuantum yang berkaitan dengan reduksi dari ukuran Kristal (Iqbal *et al.*, 2011).

### 1.2 Nanopartikel Ag/CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

Copper ferrite (CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) merupakan salah satu dari berbagai jenis nanopartikel magnetik. Beberapa metode yang digunakan untuk mensintesis nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> adalah reaksi keadaan padat (solid state reaction), proses sol-gel, pembakaran, metode hidrotermal, mikroemulsi, kopresipitasi, dan proses transformasi termal (Naseri *et al.*, 2014). Diantara metode tersebut, yang paling sederhana dan produktif adalah metode kopresipitasi. Metode ini merupakan salah satu metode sintesis senyawa anorganik yang didasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersama-sama ketika melewati titik jenuhnya. Kelebihan ini adalah prosesnya pada suhu kamar, waktu reaksi relatif singkat dan aquades sebagai pelarut (Nedkov *et al.*, 2006; Mizukoshi *et al.*, 2009).

Lin *et al* (2013), mensintesis CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan metode prekursor gel-organik. Dalam hal ini digunakan senyawa organik asam sitrat monohidrat. Dalam sintesis tersebut dilakukan dalam empat tahap. (1) Prekursoer dilarutkan dalam air dan distirer, kemudian ditambah ammonia tetes demi tetes. (2) Larutan distirer selama 20-24 jam pada suhu kamar, kemudian dirotari evaporasi pada 60-65°C selama 60-80 menit sehingga diperoleh cairan kental. (3)

Cairan kental ini dikeringkan dalam oven pada suhu 90°C selama 24 jam. (4) Selanjutnya dikalsinasi pada suhu 500-800°C selama 2 jam.

### **1.3 Metode Kopresipitasi**

Metode kopresipitasi merupakan salah satu metode sintesis senyawa anorganik yang didasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersama-sama ketika melewati titik jenuhnya. Metode kopresipitasi dilakukan dengan cara zat aktif dilarutkan ke dalam pelarut, lalu ditambahkan larutan lain yang bukan pelarut (anti-solvent). Hal ini menyebabkan larutan menjadi jenuh dan terjadi nukleasi yang cepat sehingga membentuk nanopartikel (Ramahdita, 2011). Kelebihan metode ini adalah prosesnya sederhana dan biaya rendah. Metode kopresipitasi dilakukan dengan mengendalikan kelarutan bahan di dalam larutan melalui perubahan pH, suhu, atau pelarut. Beberapa zat yang paling umum digunakan sebagai zat pengendap dalam kopresipitasi adalah hidroksida, karbonat, sulfat dan oksalat. Endapan yang dihasilkan dari kondisi sangat jenuh memiliki banyak partikel berukuran kecil. Kelebihan metode ini adalah dapat menghasilkan partikel lebih kecil dari 100 nm dan pemakaian energi sangat rendah. Bila suatu endapan memisah dari dalam suatu larutan, endapan itu tidak selalu murni hasilnya, kemungkinan mengandung berbagai jumlah zat pengotor, bergantung pada sifat endapan dan kondisi pengendapan. Kopresipitasi merupakan metode yang menjanjikan karena prosesnya menggunakan suhu rendah dan mudah untuk mengontrol ukuran partikel sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat (Ningsih, 2012).

### **1.4 *Scanning Electron Microscopy (SEM)***

Struktur mikro bahan diketahui dengan menggunakan peralatan SEM (Scanning Electron Microscopy). Teknik SEM pada hakekatnya merupakan pemeriksaan dan analisis permukaan. Data tampilan yang diperoleh adalah data permukaan atau lapisan dengan ketebalan sekitar  $20 \times 10^{-6}$  m dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh adalah gambar topografi permukaan dengan segala tonjolan dan lekukan permukaan. Prinsip kerja SEM mirip dengan mikroskop optik, hanya saja berbeda dalam perangkatnya. Pertama, berkas elektron disejajarkan dan difokuskan oleh magnet yang didesain khusus berfungsi sebagai lensa. Energi elektron biasanya 100 keV, yang menghasilkan panjang gelombang kira-kira 0,04 nm. Spesimen sasaran sangat tipis agar berkas yang dihantarkan tidak diperlambat atau

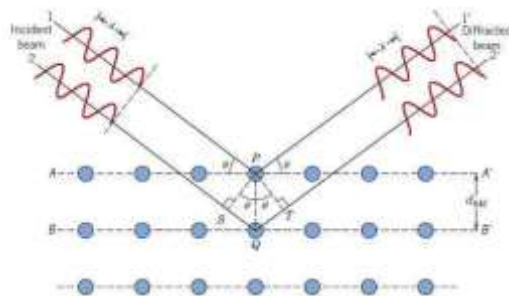
dihamburkan terlalu banyak. Bayangan akhir diproyeksikan ke dalam layar pendar atau film (Utomo, 2014).

## 1.5 Spektroskopi Ultra Violet-Visible

Spektrofotometri sinar tampak (UV-Vis) adalah metode analisa yang digunakan untuk mengkaji sifat absorbansi material dalam rentang panjang gelombang ultraviolet (200 nm – 400 nm) hingga mencakup panjang gelombang cahaya tampak atau *visible* (400 nm – 750 nm). Absorpsi cahaya ultraviolet maupun cahaya tampak mengakibatkan transisi elektron, yaitu perubahan elektron-elektron dari orbital dasar berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi tinggi. Penyerapan radiasi ultraviolet atau sinar tampak bergantung pada mudahnya transisi elektron. Molekul-molekul yang memerlukan lebih banyak energi untuk transisi elektron akan menyerap panjang gelombang yang lebih pendek. Molekul-molekul yang memerlukan energi lebih sedikit akan menyerap panjang gelombang yang lebih panjang (Fessenden & Fessenden., 2009).

## 1.6 X-Ray Diffraction (XRD)

XRD adalah metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristal dan material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Sinar-X merupakan salah satu bentuk radiasi elektromagnetik yang mempunyai energi antara 200 eV–1 MeV dengan panjang gelombang antara 0,5–2,5 Å. Panjang gelombangnya hampir sama dengan jarak antara atom dalam kristal, menyebabkan sinar-X menjadi salah satu teknik dalam analisa material (Suryanarayana dan Norton, 1998).



**Gambar 1.** Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD

Sinar datang yang menumbuk pada titik pada bidang pertama dan dihamburkan oleh atom P. Sinar datang yang kedua menumbuk bidang berikutnya dan dihamburkan oleh atom Q, sinar ini menempuh jarak  $SQ + QT$  bila dua sinar tersebut paralel dan satu fasa (saling

menguatkan). Jarak tempuh ini merupakan kelipatan ( $n$ ) panjang gelombang ( $\lambda$ ), sehingga persamaan menjadi (hukum bragg):

$$n\lambda = 2d \sin \theta \dots\dots\dots(1)$$

Metode yang digunakan untuk menganalisa struktur kristal adalah metode Scherrer. Ukuran partikel ditentukan berdasarkan pelebaran puncak difraksi sinar X yang muncul. Berdasarkan metode ini, makin kecil ukuran partikel maka makin lebar puncak difraksi yang dihasilkan. Kristal yang berukuran besar dengan satu orientasi menghasilkan puncak difraksi yang mendekati sebuah garis vertikal. Partikel yang sangat kecil menghasilkan puncak difraksi yang sangat lebar (Grant, 1998). Lebar puncak difraksi tersebut memberikan informasi tentang ukuran partikel. Hubungan antara ukuran partikel dengan lebar puncak difraksi sinar X dapat dihitung dengan persamaan Scherrer.

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

Di mana  $\beta$  merupakan FWHM (*Full Width at Half Maximum*) dari garis difraksi skala  $2\theta$ ,  $\lambda$  merupakan panjang gelombang yang digunakan pada alat XRD yaitu 0,15406 Å dan  $k$  merupakan konstanta Scherrer yang nilainya 0,94 (Hutabarat, 2012).

## **BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

### **3.1. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui proses sintesis nanopartikel Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan memanfaatkan ekstrak daun Binahong
2. Mengetahui ukuran nanopartikel Ag dan CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> hasil sintesis
3. Mengetahui aktivitas fotokatalitik pada fotodegradasi zat warna *methylene blue* nanopartikel Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

### **3.2. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah dapat memberikan informasi ilmiah mengenai peranan ekstrak daun Binahong sebagai reduktor sekaligus sebagai penstabil nanopartikel Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Kemudian, memberikan informasi bahwa nanopartikel Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dapat berfungsi sebagai fotokatalis dalam mendegradasi zat warna sintetik *methylene blue*. Disamping itu, penelitian ini memberikan sumbangan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta dapat meningkatkan budaya meneliti di lingkungan perguruan tinggi (IPTEKS-SOSBUD). Keluaran riset ini akan disampaikan pada seminar internasional dan akan dipublikasi ke dalam jurnal internasional.

## **BAB 4. METODE PENELITIAN**

### **4.1. Waktu dan Tempat**

Penelitian ini telah dilaksanakan selama 8 bulan di tahun 2019 ini dan dikerjakan di Laboratorium Kimia Lanjut Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi Manado. Sementara itu, analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM) diuji di Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi di Institut Teknologi Bandung (ITB) dan *X-Ray Diffractometry* (XRD) diuji di Laboratorium Hidrogeologi dan Hidrogeokimia di ITB.

### **4.2. Alat dan Bahan**

#### **4.2.1. Alat**

Peralatan yang digunakan adalah alat-alat gelas (Iwaki Pyrex), Spektrofotometer UV-Vis (UV-1800 SHIMADZU), 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 (Mettler), Tanur (IND88), gunting, reaktor Fotodegradasi, lampu UV-A (Himawari T8 – 20 W).

#### **4.2.2. Bahan**

Daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis),  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{AgNO}_3$ , NaOH, urea, PVP (*polyvinyl pyrrolidone*), *methylene blue*, dan aquades.

### **4.3. Prosedur Kerja**

#### **4.3.1. Pembuatan ekstrak daun binahong**

Sebanyak 5 g daun segar binahong ditempatkan dalam 100 ml air suling dengan pengadukan. Campuran direbus selama 15 menit. Ekstraknya kemudian didinginkan pada suhu kamar dan disaring.

#### **4.3.2. Reaksi Basah Feritisasi, $\text{CuFe}_2\text{O}_4$**

Prekursor  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  dan  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  perbandingan mol ( $2 \text{ mol Fe}^{3+} : 1 \text{ mol Cu}^{2+}$ ) ditambahkan sambil diaduk ke dalam masing-masing ekstrak air daun binahong (5, 10, 15, dan 20 mL) dan pHnya dinaikkan hingga 10 dengan menambahkan 0,2 M NaOH. Endapan coklat gelap dipisahkan dan dipanaskan hingga  $80^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Setelah empat jam, endapan menjadi



magnetis. Selanjutnya, dimasukkan ke dalam tanur pada 800°C selama 1 jam. Hal yang sama dilakukan pada variasi konsentrasi mol 1 mol Fe<sup>3+</sup>: 1 mol Cu<sup>2+</sup>.

#### 4.3.3. Sintesis Nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag

Prosedur sintesis kobalt ferit-perak dilakukan dengan cara yang sama seperti untuk CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, yang telah dijelaskan di atas. Namun, perbandingan molnya adalah 2Fe<sup>3+</sup>: 0.9Cu<sup>2+</sup>: 0,1Ag<sup>+</sup> dan dengan variasi volume ekstrak binahong yang sama dengan di atas. Dengan cara yang sama dilakukan variasi perbandingan mol, yaitu 2Fe<sup>3+</sup>: 0.8Cu<sup>2+</sup>: 0,2Ag<sup>+</sup>.

#### 4.3.4. Uji Aktivitas Fotodegradasi Zat Warna *methylene blue* oleh Nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag dengan Variasi Waktu Lama Penyinaran

Zat warna dalam medium berukuran 500 mL dibuat dalam konsentrasi 40 ppm, kemudian larutan zat warna tersebut diambil 20 mL dan dimasukkan ke dalam botol serum yang telah disiapkan. Selanjutnya, nanokomposit ditimbang sebanyak 0,1 gram dimasukkan ke dalam masing-masing medium, dan diletakkan ke dalam reaktor dan diberi sumber sinar dari lampu UV dengan variasi waktu penyinaran yaitu 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120, dan 180 menit. Setelah 3 jam, medium disaring dengan menggunakan kertas saring dan disentrifugasi selama 30 menit. Konsentrasi zat warna dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis dalam panjang gelombang serapan maksimum. Sebagai pembanding, uji aktivitas fotodegradasi dengan variasi waktu lama penyinaran juga dilakukan menggunakan nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag dengan prosedur yang sama.

### 4.4. Karakterisasi

#### 4.4.1. X-Ray Detector (XRD)

Pola XRD dicatat pada difraktometer sinar-X (PW1710, Philips), menggunakan Radiasi Cu K $\alpha$  ( $\lambda = 0.154\ 056\ \text{nm}$ ) pada 40kV dan 30mA. Sudut difraksi berkisar antara 25° sampai 80°. Ukuran kristalit nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan Ag dihitung berdasarkan pengukuran difraksi sinar-X. Ukuran kristalit dihitung dari FWHM puncaknya dengan menggunakan rumus Scherrer (Monshi *et al.*, 2012)

$$L = \frac{k \lambda}{\beta \cos \theta}, \dots \dots \dots (3)$$

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

#### **4.4.2. 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 *et al.*, 2014).

## BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

### 5.1. Hasil

#### 5.1.1 Persiapan Ekstrak Daun Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis)

Sintesis nanopartikel Ag-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> didahului dengan mempersiapkan ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis) yang digunakan sebagai reduktor maupun *capping agent* atau agen penstabil yang berperan dalam pembentukan partikel menjadi berukuran nano. Ekstrak daun binahong dihasilkan dengan merebus 5 gram daun segar yang telah dipotong dan ditempatkan dalam 100 mL air suling. Pengadukan dilakukan selama 30 menit bertujuan untuk mempercepat kontak antara sampel dan pelarut. Setelah itu, campuran direbus selama 45 menit, yang bertujuan untuk mempercepat proses ekstraksi sekaligus akan meningkatkan jumlah zat-zat yang terkandung di dalam daun untuk dapat keluar dari daun dan bercampur ke dalam pelarut. Hasil perebusan ini menghasilkan larutan berwarna hijau kekuningan. Kemudian ekstrak didinginkan pada suhu kamar, disaring dan mendapatkan ekstrak berwarna hijau kekuningan.

#### 5.1.2 Sintesis Nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

Sintesis nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dilakukan dengan melarutkan prekursor Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O dan (Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O) dengan ekstrak daun binahong. Variabel jumlah mol prekursor yang digunakan adalah 2:1 mol dan 1:1 mol dan jumlah ekstrak yang digunakan, masing-masing adalah 5, 10, 15, dan 20 mL. Massa kristal nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yang dihasilkan tersaji pada Tabel 1 dan semua kristal dapat ditarik oleh magnet.

Tabel 1. Massa kristal nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> pada tiap variabel jumlah mol prekursor dan volume ekstrak

Perbandingan mol Prekursor Fe:Cu	Volume ekstrak (mL)	Massa kristal CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)
2:1	5	0,513
	10	0,789
	15	0,854
	20	1,045
1:1	5	0,293
	10	0,498
	15	0,659
	20	0,778

Tabel di atas menunjukkan bahwa semakin banyak ekstrak digunakan, maka semakin banyak hasil kristal  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  yang dihasilkan. Disamping itu, jumlah kristal yang terbanyak diperoleh dari perbandingan mol prekursor Fe: Cu = 2:1 mol untuk tiap jumlah ekstrak yang ditambahkan.

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

Sintesis nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$  dilakukan dengan melarutkan prekursor  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$  dan  $\text{AgNO}_3$  dengan ekstrak daun binahong. Variabel jumlah mol prekursor yang digunakan adalah 2:0,8:0,2 mol dan 1:0,8:0,2 mol dan jumlah ekstrak yang digunakan, masing-masing adalah 5, 10, 15, dan 20 mL. Massa kristal nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$  yang dihasilkan tersaji pada Tabel 2 dan semua kristal dapat ditarik oleh magnet.

Tabel 2. Massa kristal nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$  pada tiap variabel jumlah mol prekursor dan volume ekstrak

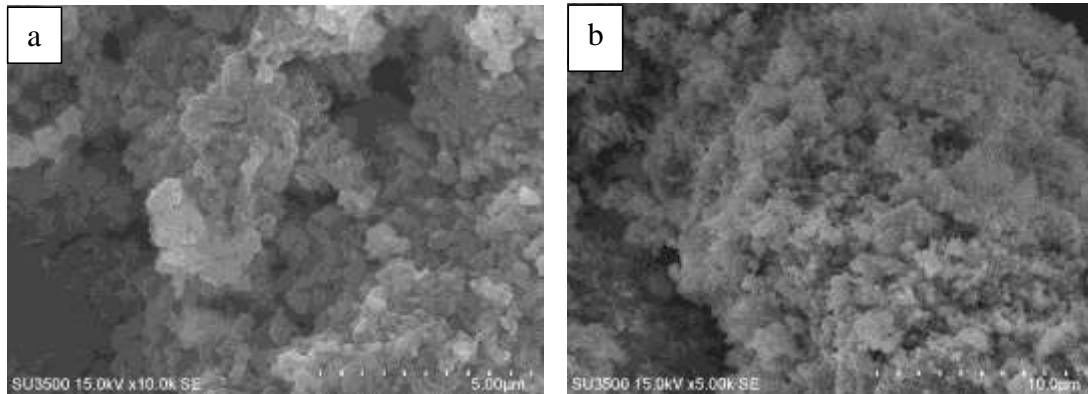
Perbandingan mol Prekursor Fe:Cu:Ag	Volume ekstrak (mL)	Massa kristal $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$ (g)
2:0,8:0,2	5	0,366
	10	0,587
	15	0,687
	20	1,04
1:0,8:0,2	5	0,273
	10	0,465
	15	0,496
	20	0,835

Tabel di atas menunjukkan bahwa semakin banyak ekstrak digunakan, maka semakin banyak hasil kristal  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  yang dihasilkan. Disamping itu, jumlah kristal yang terbanyak diperoleh dari perbandingan mol prekursor Fe:Cu:Ag = 2:0,8:0,2 mol.

## 5.2 Karakterisasi

### 5.2.1 Karakterisasi dengan Metode SEM

Pengamatan morfologi partikel-partikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dan Ag, dilakukan menggunakan SEM dengan perbesaran 5000 kali. Hasil karakterisasinya dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.

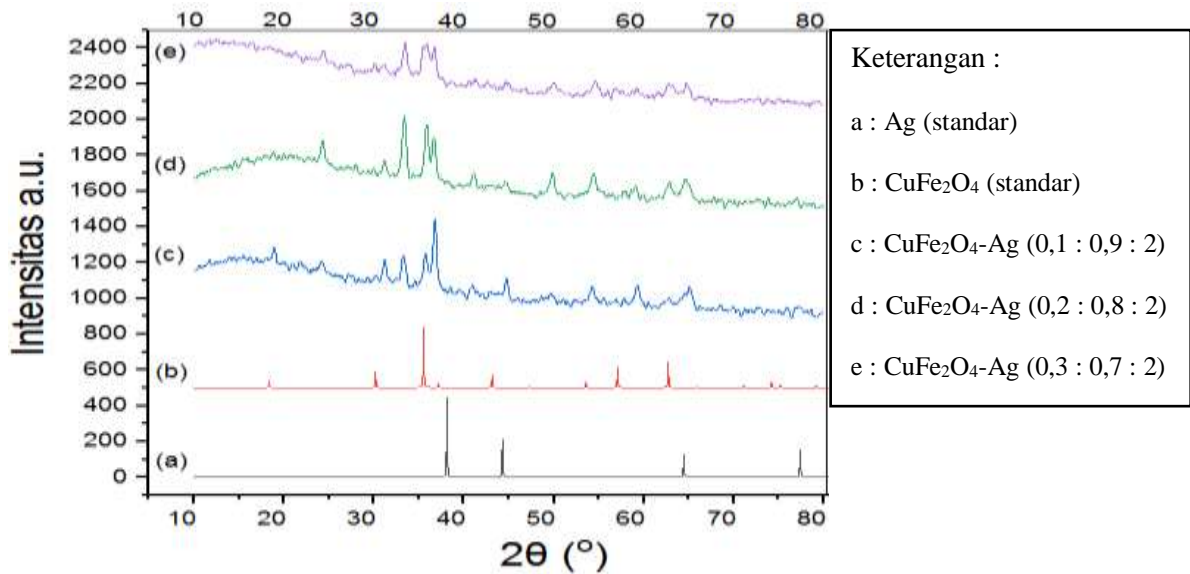


**Gambar 2.** Citra SEM dari nanopartikel (a)  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dan (b)  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$

Gambar di atas menunjukkan bahwa partikel-partikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  berbentuk batang (2a) yang saling tumpang tindih. Sementara itu, pada Gambar 2b, butiran-butiran Ag ini menempel pada permukaan  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  sehingga butiran  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  tidak tampak jelas lagi. Artinya, nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dan Ag saling bergabung dan membentuk aglomerasi. Akibat paduan kedua partikel tersebut, sehingga masing-masing bentuk partikel tidak terlihat jelas lagi.

### 5.2.2 Karakterisasi dengan XRD

Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui telah terbentuknya partikel-partikel Ag- $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dari sumber prekursoranya. Gambar 3 menunjukkan pola difraktogram sampel Ag- $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  yang dibandingkan dengan standarnya yaitu *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD) No.16-0059 untuk  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dan ICSD No. 64-994 untuk Ag.



**Gambar 3.** Difraktogram nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$

Tampak bahwa difraktogram sampel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  muncul pada daerah  $2\theta$   $18,32^\circ$ ;  $31,26^\circ$ ;  $35,76^\circ$ ;  $43,18^\circ$ ;  $54,28^\circ$ ;  $59,23^\circ$ ;  $62,7^\circ$ . Puncak ini mirip dengan puncak standar  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dari ICSD yaitu pada daerah  $2\theta$   $18,34^\circ$ ;  $30,16^\circ$ ;  $35,52^\circ$ ;  $35,66^\circ$ ;  $43,18^\circ$ ;  $53,56^\circ$ ;  $57,1^\circ$ ;  $62,7^\circ$ ;  $71,14^\circ$ ;  $74,18^\circ$ ;  $75,2^\circ$ ;  $79,16^\circ$ . Sementara itu, sampel Ag berada pada daerah  $2\theta$   $36,79^\circ$ ;  $44,74^\circ$ ;  $65,21^\circ$ ;  $77,4^\circ$  dan puncak ini mirip dengan puncak standar Ag dari ICSD yaitu pada daerah  $2\theta$   $38,12^\circ$ ;  $44,3^\circ$ ;  $64,44^\circ$ ;  $77,4^\circ$ . Hasil ini menunjukkan bahwa nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$  telah berhasil disintesis. Namun demikian, ada beberapa puncak pada daerah  $2\theta$  tertentu yang intensitas puncaknya rendah atau kemungkinan tidak muncul, yaitu pada daerah  $2\theta$   $18,34^\circ$  untuk sampel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$  (d) dan  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$  (e), demikian juga pada daerah  $2\theta$   $71,14^\circ$ ;  $74,18^\circ$ ;  $75,2^\circ$ ;  $79,16^\circ$  untuk ketiga sampel (c, d, e).

Dengan menggunakan Persamaan (2), ukuran kristalit nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$  dapat diperoleh dan tersaji pada Tabel 3 berikut.

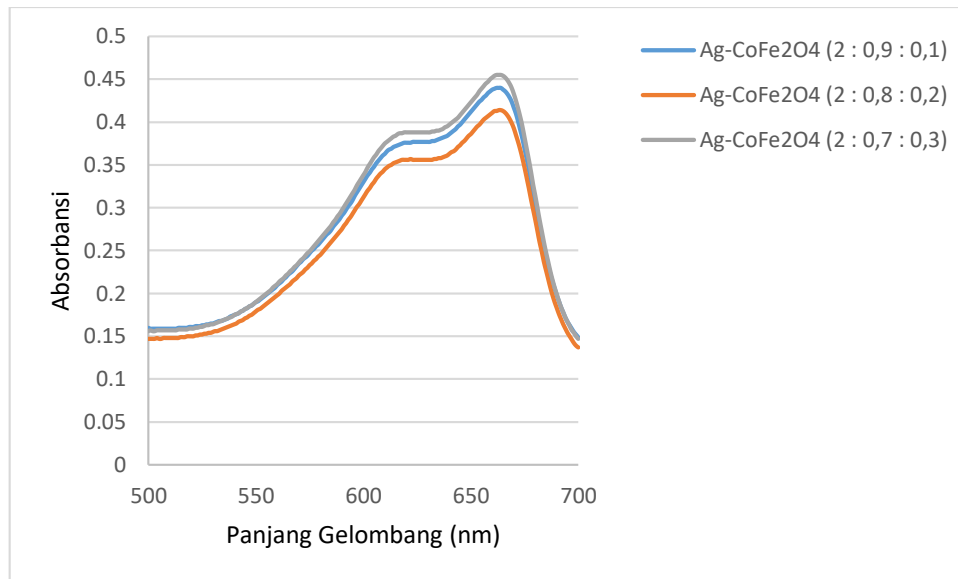
Tabel 3. Pengaruh perbandingan mol prekursor Ag : Co : Fe terhadap ukuran kristalit nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag.

Perbandingan mol prekursor Ag : Co : Fe	D (nm) Ag-CoFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
0,1 : 0,9 : 2	22,37549
0,2 : 0,8 : 2	13,78453
0,3 : 0,7 : 2	18,82792

Ukuran kristalit nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> sebesar 38,46743 nm, kemudian mengalami penurunan dengan adanya penambahan logam Ag. Ini disebabkan karena adanya penyatuan logam Ag ke dalam struktur nanopartikel CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, sehingga terhalangnya pertumbuhan butiran nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag yang dapat menyebabkan penurunan terhadap rata-rata ukuran butiran nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag, seperti yang telah dilaporkan oleh Labhane *et al.* (2015). Namun demikian, Tabel 3 menunjukkan penurunan ukuran kristalit nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag tidak linear, yaitu dari penambahan 0,1 mol prekursor Ag, ke 0,3 mol prekursor Ag. Ketika penambahan 0,1 mol prekursor Ag, ukuran kristalit sebesar 22,37549 nm dan ketika penambahan 0,2 mol prekursor Ag, ukuran kristalit turun menjadi 13,78453 nm. Namun demikian, ketika penambahan 0,3 mol prekursor Ag, ukuran kristalit nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag naik kembali menjadi 18,82792 nm.

### 5.2.3 Analisis Hasil Pengujian Spektroskopi UV-Vis

Larutan koloid yang transparan dari CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag yang dilarutkan dalam 10 mL *methylene blue* dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui karakteristik dari nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag yang terbentuk berdasarkan spektrum puncak absorbansinya. Karakterisasi nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada selang panjang gelombang 500–700 nm. Adapun profil spektra absorpsi dari masing-masing nanopartikel di dalam larutan koloidnya dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



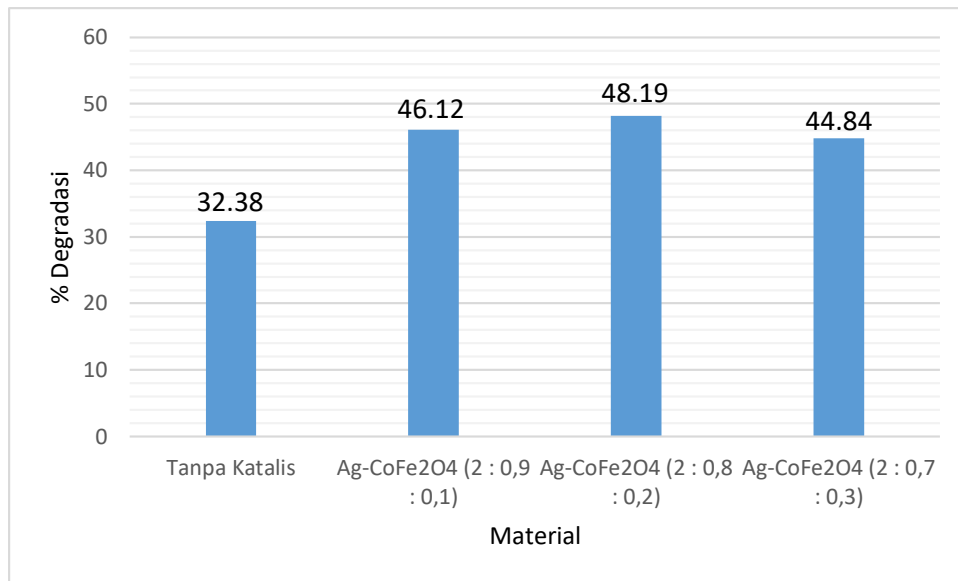
**Gambar 4.** Spektra absorpsi UV-Vis dari nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa absorbansi *methylene blue* setelah didegradasi dengan variasi Ag (0,1 ; 0,2 ; 0,3 mol) menunjukkan bahwa penambahan Ag dengan jumlah 0,1 mol sampai 0,2 mol mengalami penurunan absorbansi dari 0,44 menjadi 0,414 dan kembali naik pada saat penambahan 0,3 mol Ag menjadi 0,456. Hal ini menunjukkan kemampuan katalis  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  yang didoping dengan Ag dapat bekerja secara bersamaan dalam proses degradasi sampel. Pada penambahan doping 0,3 mol Ag, terlihat penurunan persentase degradasi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan Ag yang berlebih akan menyebabkan bagian sisi aktif dari katalis yang berkontak dengan sampel tidak mendapatkan penetrasi foton yang optimal dan memungkinkan akan terjadi rekombinasi elektron dan *hole* sebelum sampai pada permukaan. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penambahan doping Ag 0,2 mol merupakan jumlah mol doping Ag maksimum yang diperoleh dalam mendegradasi sampel *methylene blue*.

#### 5.2.4 Aktivitas Fotokatalis $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$

Uji aktivitas fotodegradasi dilakukan terhadap zat warna *methylene blue* menggunakan fotokatalis nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$ . Banyaknya (% degradasi) zat warna *methylene blue* yang terdegradasi oleh fotokatalis nanopartikel tersebut pada konsentrasi *methylene blue* 5 ppm disajikan dalam Gambar 5.





**Gambar 5.** Pengaruh konsentrasi fotokatalis  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$  terhadap aktivitas fotodegradasi *methylene blue*

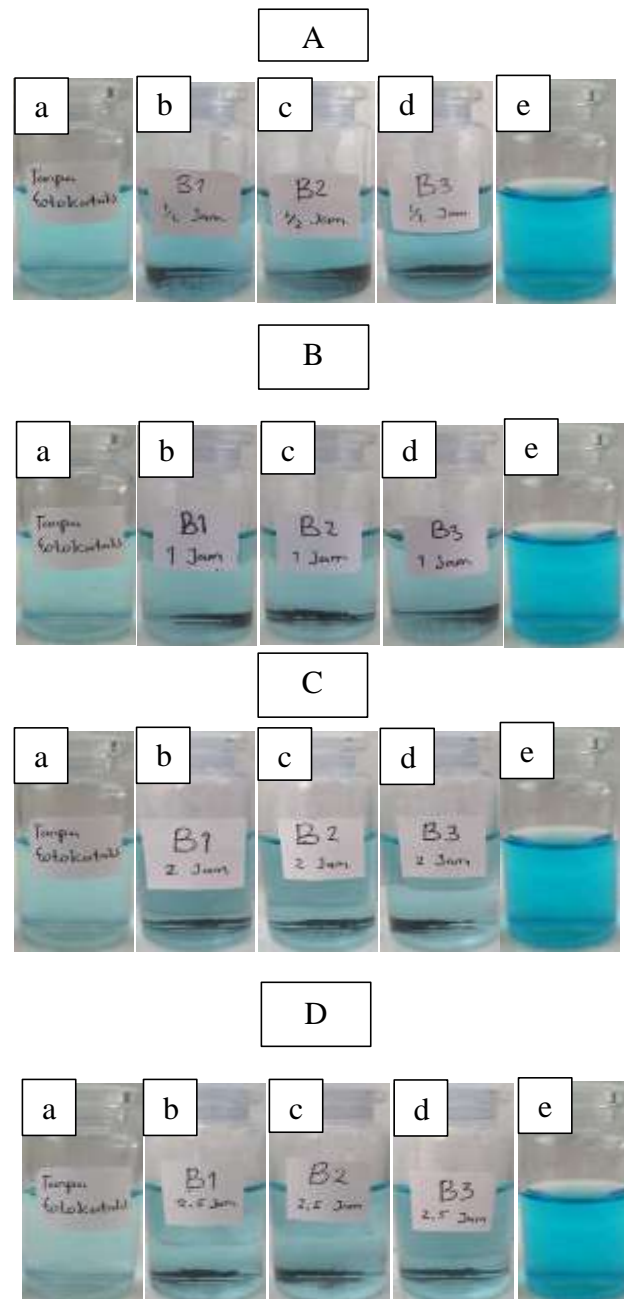
Dari Gambar 5 menunjukkan bahwa meningkatnya variasi jumlah mol Ag pada nanopartikel, juga diikuti dengan kenaikan persen degradasi *methylene blue*. persen degradasi *methylene blue* setelah didegradasi dengan tanpa katalis dan adanya katalis yang divariasi Ag (0,1 ; 0,2 ; 0,3 mol) menunjukkan bahwa kenaikan persen degradasi dari tanpa katalis sampai pada penambahan Ag dengan jumlah 0,1 mol sampai 0,2 mol mengalami kenaikan persen degradasi dari 32,38 menjadi 48,19 dan terjadi penurunan persen degradasi pada saat penambahan 0,3 mol Ag menjadi 44,84. Hal ini menunjukkan kemampuan katalis  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  yang didoping dengan Ag dapat bekerja secara bersamaan dalam proses degradasi sampel. Pada penambahan doping 0,3 mol Ag, terlihat penurunan persentase degradasi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan Ag yang berlebih akan menyebabkan bagian sisi aktif dari katalis yang berkontak dengan sampel tidak mendapatkan penetrasi foton yang optimal dan memungkinkan akan terjadi rekombinasi elektron dan *hole* sebelum sampai pada permukaan. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penambahan doping Ag 0,2 mol merupakan jumlah mol doping Ag maksimum yang diperoleh dalam mendegradasi sampel *methylene blue*.

### 5.2.5 Uji Aktivitas Fotodegradasi *Methylene Blue* oleh Nanopartikel $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ag}$ dengan Variasi Waktu Penyinaran

Aktivitas fotodegradasi dilakukan dalam suatu reaktor yang disinari oleh lampu UV, dengan variasi waktu penyinaran 30 menit, 60 menit, 120 menit dan 150 menit. Ini dilakukan

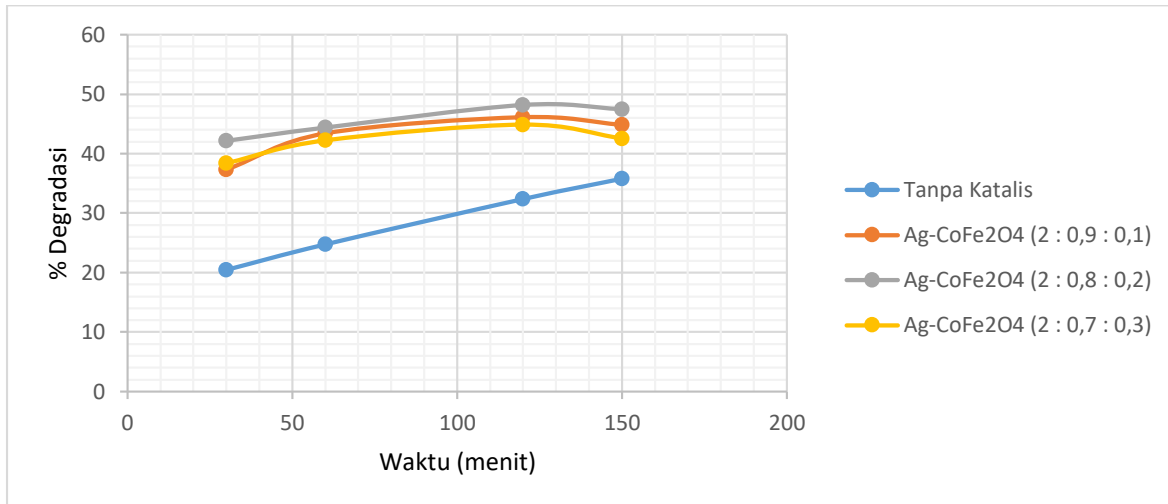
untuk menggambarkan lamanya interaksi (kontak) antara fotokatalis dengan sinar ( $h\nu$ ) dalam menghasilkan radikal OH dan kontak radikal OH dengan zat warna *methylene blue* dalam proses degradasi. Dalam penelitian ini, konsentrasi zat warna *methylene blue* yang digunakan adalah sebesar 5 ppm.

Adapun proses perubahan *methylene blue* dengan adanya fotokatalis dan dibandingkan dengan tanpa fotokatalis dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Perubahan warna *methylene blue* dengan dan tanpa fotokatalis untuk waktu kontak (A) 30 menit, (B) 60 menit, (C) 120 menit, (D) 150 menit : (a) tanpa fotokatalis, (b) B1 (CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag (2 mol : 0,8 mol : 0,2 mol)), (c) B2 (CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag (2 mol : 0,7 mol : 0,3 mol)), (d) B3 (CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag (2 mol : 0,9 mol : 0,1 mol)), (e) *methylene blue* sebelum didegradasi.

Spektrofotometri UV-Vis untuk memperoleh data absorbansinya. Kemudian, data tersebut digunakan untuk menghitung persen degradasi. Adapun profil waktu kontak antara nanopartikel dengan *methylene blue* terhadap persen degradasi dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



**Gambar 7.** Waktu kontak antara nanopartikel dengan *methylene blue* terhadap persen degradasinya.

Dari gambar di atas tampak bahwa zat warna *methylene blue* terdegradasi dengan sempurna. Pada saat waktu kontak dari 30 menit sampai 120 menit. Ini dapat dilihat dengan naiknya grafik. Persen degradasi yang terbaik yaitu dengan menggunakan nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag (2 mol : 0,8 mol : 0,2 mol).

Ketika waktu kontak naik hingga 120 menit terjadi perbedaan pola grafik. Terjadi penurunan persen degradasi. Terjadinya penurunan persen degradasi menandakan bahwa diatas waktu 120 menit nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Ag yang digunakan sudah tidak bekerja lagi untuk mendegradasi zat warna *methylene blue*.

Luaran yang akan dicapai adalah mendaftarkan Paten Sederhana dan telah mendaftarkan pada Seminar Internasional di Manado (“The 4<sup>th</sup> International Conference on Operations Research 2019”), yang akan dilaksanakan pada tanggal 19-20 September 2019 sebagai Pemakalah. Kemudian juga, telah mendaftarkan pada kegiatan Seminar Internasional di Bali (“Innovation in Polymer Science and Technology 2019”) yang akan dilaksanakan pada 16-19 Oktober 2019 sebagai Pemakalah.

## 5.3 Luaran Yang Dicapai

### 5.3.1 Pendaftaran Paten Sederhana

#### FORMULIR PERMOHONAN PENDAFTARAN PATEN INDONESIA APPLICATION FORM OF PATENT REGISTRATION OF INDONESIA

Data Permohonan (Application)			
Nomor Permohonan Number of Application	: P00201908327	Tanggal Permohonan Date of Submission	: 20-SEP-19
Jenis Permohonan Type of Application	: PATEN	Jumlah Klaim Total Claim	: 5
		Jumlah halaman Total page	: 6
Judul Title	: METODE SINTESIS NANOPARTIKEL CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> TERDOPING Ag MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN SEGAR BINAHONG (Anredera Cordifolia (Ten.) Steenis) DAN APLIKASINYA 5 SEBAGAI FOTOKATALIS		
Abstrak Abstract	: Tembaga ferrite (CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) merupakan material magnetik dan telah menjadi perhatian banyak penelitian karena sifat magnetik, optik dan penggunaan katalitiknya yang superior. Sejauh ini, penambahan logam mulia seperti perak (Ag) yang telah terdposisi pada tembaga ferrite (Ag-CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) dapat meningkatkan kinerja fotokatalisnya. Namun demikian, sintesis komposit Ag-CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> yang digunakan sebagai fotokatalitik masih sedikit dilaporkan. Umumnya, metode yang digunakan untuk mensintesis Ag-CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> adalah metode kimia dengan tahapan yang lebih panjang. Kini, digunakan metode sintesis yaitu kopersipitasi dengan memanfaatkan ekstrak daun binahong (Anredera Cordifolia (Ten.) Steenis) yang berfungsi sebagai reduktor dan agen penstabil. Metode ini relatif lebih singkat yaitu dua tahap. Pertama : tahap pembuatan ekstrak daun dan kedua : tahap kopersipitasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 5 gram daun segar dengan 100 mL akuades menghasilkan 58 mL ekstrak. Sebelum sintesis nanopartikel Ag-CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , dilakukan sintesis CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> dengan perbandingan mol prekursor Cu:Fe = 1:1; 1:2; dan 1:3 mol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa nanopartikel CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> yang dihasilkan 0,493, 0,898, dan 1,359 gram, masing-masing dari perbandingan mol prekursor tersebut. Nanopartikel yang dihasilkan ini bersifat magnet ketika didekatkan dengan magnet eksternal. Selanjutnya, sintesis Ag-CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> dilakukan dengan perbandingan mol prekursor Ag:Cu:Fe, yaitu 3,12x10 <sup>-4</sup> :1:1, 3,12x10 <sup>-4</sup> :1:2, dan 3,12x10 <sup>-4</sup> :1:3 mol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa nanopartikel Ag-CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> yang dihasilkan 0,736, 0,661, dan 0,860 gram, masing-masing dari perbandingan mol prekursor tersebut. Nanopartikel yang dihasilkan ini bersifat magnet ketika didekatkan dengan magnet eksternal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, nanopartikel Ag-CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> yang dihasilkan dapat berfungsi sebagai fotokatalis dalam mendegradasi zat warna methylene blue.		

Permohonan PCT (PCT Application)			
Nomor PCT PCT Number	:	Nomor Publikasi Publication Number	:
Tanggal PCT PCT Date	:	Tanggal Publikasi Publication Date	:

Pemohon (Applicant)		
Nama (Name)	Alamat (Address)	Surel/Telp (Email/Phone)
Sentra KI Universitas Sam Ratulangi	Jl. Kampus Unsrat, Manado	085341940978 sentraki@unsrat.ac.id

Penemu (Inventor)		
Nama (Name)	Alamat (Address)	Surel/Telp. (Email/Phone)
Henry F. Aritonang	Lingkungan IV, RW 004, Kelurahan Singkil Dua, Kecamatan Singkil	henryaritonang@unsrat.ac.id 08124450362

### 5.3.2 Notification of Abstract Acceptance

**HPI International Conference on  
Innovation in Polymer Science and Technology 2019**  
In conjunction with The 7<sup>th</sup> International Conference on  
Fuel Cell & Hydrogen Technology 2019  
Bali – Indonesia, 16 – 19 October 2019



Serpong, June 17<sup>th</sup> 2019

#### ACCEPTANCE LETTER OF ABSTRACT

Dear Dr. Henry Fonda Aritonang,

Thank you for your abstract submission for presentation at the conference. We are excited and very pleased to inform you that we would like to invite you to prepare your POSTER presentation with code PPA001 for the following abstract titled:

***Biotemplated Synthesis of ZnO/Ag Nanoparticles-Bacterial Cellulose Nanofiber Nanocomposites for Photocatalysis Application***

Please note that the conference registration has also been started to get benefit from early-bird (before June 1, 2019) registration opportunities. Presenters who do not register and pay in full by 30 September 2019 will not be included in the schedule and their abstract will not be printed in the abstract Book. If you are no longer planning to attend the Conference, or no longer wish to present this abstract, please advise the conference secretariat in writing via email on [ipst2019@hpi-polimer.org](mailto:ipst2019@hpi-polimer.org) as soon as possible.

Please do not hesitate to contact us if you have any inquiry and thank you very much for the contribution in IPST 2019.

Respectfully Yours,

A handwritten signature in black ink is written over the IPST 2019 logo. The signature appears to be 'Yenny Meliana'.

**Dr. Yenny Meliana**  
Chair of Organizing Committee IPST 2019

#### **Secretariat:**

Research Center for Chemistry, Indonesian Institute of Sciences - LIPI  
Kawasan PUSPIPTEK Serpong, South Tangerang, Banten Province 15314  
Tel. +62 21 7560929 | Fax. +62 21 7560549 | Email: [ipst2019@hpi-polimer.org](mailto:ipst2019@hpi-polimer.org) | Website: <http://hpi-polimer.org/ipst-2019>



## BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

- a. Nanopartikel Ag/CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dapat disintesis menggunakan metode kopresipitasi dan berat yang diperoleh yaitu 0,493; 0,898; dan 1,359 gram, masing-masing dari perbandingan mol perkusor Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.3H<sub>2</sub>O : Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.9H<sub>2</sub>O = 1 : 1; 1 : 2; dan 1 : 3 mol.
- b. Ukuran rata-rata nanopartikel Ag/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yang dihasilkan yaitu 20,136; 31,809; dan 22,294 nm, masing-masing dari perbandingan mol perkusor Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.3H<sub>2</sub>O : Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.9H<sub>2</sub>O = 1 : 1; 1 : 2; dan 1 : 3 mol.
- c. Nanokomposit yang memiliki aktifitas antibakteri yang terbaik adalah Ag/CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 1:3 mol dengan rata-rata daya hambat yang di peroleh adalah sebesar 26,5 mm.

### 6.2 Saran

Penelitian mengenai sintesis nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> terdoping Ag dengan memanfaatkan ekstrak daun segar binahong, sebaiknya dilakukan lagi untuk aplikasi anti bakteri. Hal ini karena mengingat nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> terdoping Ag memiliki sifat antibakteri. Disamping itu, nanopartikel yang dihasilkan memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga fungsinya lebih efektif, baik sebagai fotokatalis maupun sebagai antibakteri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhavan, O., & Ghaderi, E. 2009. Bactericidal effects of Ag nanoparticles immobilized on surface of SiO<sub>2</sub> thin film with high concentration. *Current Applied Physics*. **9**: 1381–1385
- Aritonang, H. F., Onggo, D., Ciptati, C., & Radiman, C. L. 2014. Synthesis of Platinum Nanoparticles from K<sub>2</sub>PtCl<sub>4</sub> Solution using Bacterial Cellulose Matrix. *Journal of Nanoparticles*, **20**: 1-6
- Chen, S. P., Wu, G. Z., & Zeng, H. Y. 2005. Preparation of high antimicrobial activity thiourea chitosan–Ag<sup>+</sup> complex Shuiping. *Carbohydr. Polym.* **60**: 33–38
- De la Rosa, G. I., Olgun, M. T., & Alcantara, D. 2008. Bacterial inactivation in water by means of a combined process of pulsed dielectric barrier discharge and silver-modified natural zeolite. *Appl. Clay Sci.* **40**: 45–53.
- Dubchak, S., Ogar, A., Mietelski, J.W., and Turnau, K. 2010. Influence of Silver and Titanium Nanoparticles on Arbuscular Mycorrhiza Colonization and Accumulation of Radiocaesium in Helianthus annuus. *Spanish Journal of Agricultural Research*. **8**. 103-108.
- Fessenden, R.J., & Fessenden, J.S. 1999. *Kimia Organik*, Edisi Ketiga. Erlangga: Jakarta
- Grant, N. M. 1998. *X-Ray Diffraction: A Practical Approach*. New York: Press.
- Hoffmann, M.R., Martin, S. T., Choi, W & Bahnemann, D. W. 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chem. Rev.* **95**: 69-96
- Hutabarat, R. 2012. *Sintesis dan Karakteristik Fotokatalis Fe<sup>2+</sup>-ZnO Berbasis Zeolit Alam*. [Skripsi]. FTUI. Depok
- Inoue, Y., Hoshino, M., Takahashi, H., Noguchi, T., Murata, T., Kanzaki, Y., Hamashima, H., & Sasatsu, M. 2002. Bactericidal activity of Ag–zeolite mediated by reactive oxygen species under aerated conditions. *Journal of Inorganic Biochemistry*. **92**: 37–42
- Iqbal, M. J., Yaqub, N., Sepiol, B., & Ismail, B. 2011. A study of The Influence of Crystallite Size On The Electrical and Magnetic Properties Of CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. *Material Research Bulletin*, **46**: 1837-1842
- Jeon, H., Yi, S., & Oh, S. 2003. Preparation and antibacterial effects of Ag–SiO<sub>2</sub> thin films by sol–gel method. *Biomaterials*. **24**: 4921–4928
- Karunakaran, C., Sakthi Raadha, S., Gomathisankar, P., & Vinayagamorthy, P. 2013. Nanostructures and optical, electrical, magnetic, and photocatalytic properties of hydrothermally and sonochemically prepared CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/SnO<sub>2</sub>. *RSC Adv.* **3**: 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. *Biotechnol. Lett.* **25**: 541–545.
- Kumar, A., Vemula, P. K., Ajayan, P. M & John, G. 2008. Silver-Nanoparticle-Embedded Antimicrobial Paints Based On Vegetable Oil. *Nature Materials*. **7**: 236-241
- Lee, M. S., Hong, S. S., & Mohseni, M. 2005. Synthesis of photocatalytic nanosized TiO<sub>2</sub>–Ag particles with sol–gel method using reduction agent. *J. Mol. Catal. A: Chem.* **242**: 135–140.
- 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*. **1**: 2719–2723
- 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. **49**: 191-195.

- Mizukoshi, Y., Shuto, T., Masahashi, N., & Tanabe, S. 2009, Preparation of superparamagnetic magnetite nanoparticles by reverse precipitation method: contribution of sonochemically generated oxidants. *Ultrasonic Sonochemistry*, 16: 525-531
- Monshi, A., Forouhu, M. R., and Monshi, M. R. 2012. Modified Scherrer Equation to Estimate more Accurately Nano-Crystallite size using XRD. *World Journal of Nano Science and Engineering*. 2. 154–160.
- Naseri, M.G., Saion, E.B., Ahangar, H.A., & Shaari, A.H. 2013. Fabrication, characterization, and magnetic properties of copper ferrite nanoparticles prepared by a simple, thermal-treatment method, *Material Research Bulletin*, 48: 1439-1446.
- Nedkov, I., Merodiiska, T., Slavov, L., Vandenberghe, R.E., Kusano, Y., & Takada, J. 2006. Surface oxidation, size and shape of nano-sized magnetite obtained by co-precipitation, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 300: 358-367.
- Ningsih, T. S. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis Ni<sup>2+</sup>-ZnO berbasis Zeolit Alam.[Skripsi]. FT UI, Depok
- Niu, M., Liu, X. G., Dai, J. M., Jia, H. S., Wei, L. Q., & Xu, B. S. 2009. Antibacterial activity of chitosan coated Ag-loaded nano-SiO<sub>2</sub> composites *Carbohydr. Polym.* 78: 54–59
- Pehlivan, H., Balkose, D., Ulku, S & Tihminlioglu, F. 2005. Characterization of pure and silver exchanged natural zeolite filled polypropylene composite films. *Composites Science and Technology*. 65: 2049–2058
- Ramahdita, G. 2011. Karakterisasi nanopartikel ZnO hasil sintesis dengan metode presipitasi dan perlakuan prahidrotermal.[Skripsi]. FT UI, Depok.
- Singh, A. K., Singh, P., Mishra, S & Shahi, V. K. 2012. Anti-biofouling organic-inorganic hybrid membrane for water treatment. *J. Mater. Chem.* 22: 1834
- Singh, C., Bansal, S., Kumar, V., Tikoo, K.B., Singhal, S. 2015. Encrustation of cobalt doped copper ferrite nanoparticles on solid scaffold CNTs and their comparison with corresponding ferrite nanoparticles: a study of structural, optical, magnetic and photocatalytic properties. *RSC Adv*, 5: 39052–39061.
- Surendra, B. S. 2018. Green engineered synthesis of Ag-doped CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: Characterization, cyclic voltammetry and photocatalytic studies. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*. 1-7.
- Sureshkumar, M., Siswanto, D. Y & Lee, C. 2010. Magnetic antimicrobial nanocomposite based on bacterial cellulose and silver Nanoparticles. *J. Mater. Chem.* 20: 6948–6955
- Suryanarayana, C., & Norton, M.G. 1998. *X-ray Diffraction*. Plenum Press: New York.
- Utomo, J. 2014. *Struktur dan Komposisi Kimia Bahan Semikonduktor Sn(S<sub>0.2</sub>Te<sub>0.8</sub>) Lapisan Tipis Hasil Preparasi Teknik Vakum Evaporasi untuk Aplikasi Sel Surya*. [Skripsi]. FT UNY, Yogyakarta
- Yuranova, T., Rincon, A. G., Pulgarin, C., Laub, D., Xantopoulos, N., Mathieu, H. J., & Kiwi, J. 2006. Performance and characterization of Ag–cotton and Ag/TiO<sub>2</sub> loaded textiles during the abatement of *E. coli*. *J. Photochem. Photobiol., A*. 181: 363–369
- 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*. 68: 1058–1066



*Lampiran :*

**Surat Tugas Penelitian**



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS SAM RATULANGI  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat : Kampus UNSRAT Manado  
Telp. (0431) 827560, Fax. (0431) 827560  
Email : [lpdm@unsrat.ac.id](mailto:lpdm@unsrat.ac.id) Laman : <http://lpdm.unsrat.ac.id>

**SURAT TUGAS**

Nomor : 1663 /UN12.13/LT/2019

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado, dengan ini menugaskan kepada :

1. Nama : HENRY FONDA ARITONANG (Ketua)  
NIP : 197112072000031001  
Pangkat Gol : Pembina / IVa  
Jabatan : Lektor Kepala
2. Nama : JULIUS PONTOH (Anggota)  
NIP : 195102131976031001  
Pangkat Gol : Pembina Utama Muda / IVc  
Jabatan : Profesor
3. Nama : AUDY DENNY WUNTU (Anggota)  
NIP : 196912211994021001  
Pangkat Gol : Pembina / IVa  
Jabatan : Lektor Kepala

Untuk melaksanakan Penelitian Skim RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT, yang di danai oleh dana Institusi tahun 2019 dengan judul : "GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> TERDOPING Ag MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN BINAHONG (*Anredera Cordifolia* (Ten.) Steenis) DAN APLIKASINYA SEBAGAI FOTOKATALIS".

Demikian surat tugas ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Manado, 03 Mei 2019

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian  
Kepada Masyarakat



Prof. Dr. Ir. Charles Lodewijk Kaunang, MS  
NIP : 195910181986031002

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN  
PENDIDIKAN TINGGI  
SEKRETARIAT /DIREKTORAT/  
INSPEKTORAT JENDERAL  
DIREKTORAT JENDERAL  
PENDIDIKAN TINGGI

Lembar ke .....


Kode Nomor .....

Nomor : 1003 /UN12.13/LT/2019

**SURAT PERINTAH PERJALANAN DINAS**

1.	Pejabat berwenang yang memberi perintah	KETUA LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS SAM RATULANGI
2.	Nama Pegawai Yang diperintah NIP	HENRY FONDA ARITONANG 197112072000031001
3.	a. Pangkat dan Golongan menurut PP No.6 tahun 1997 b. Jabatan c. Gaji Pokok d. Tingkat menurut Peraturan Perjalanan Dinas	a. Pembina / IVa  b. Lektor Kepala c. d.
4.	Maksud Perjalanan Dinas	Untuk melaksanakan penelitian skim Riset TERAPAN UNGGULAN UNSRAT, yang didanai oleh dana Institusi tahun 2019 dengan judul "GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL CuFe2O4 TERDOPING Ag MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN BINAHONG (Anredera Cordifolia (Ten.) Steenis) DAN APLIKASINYA SEBAGAI FOTOKATALIS".
5.	Alat angkut yang diperlukan	
6.	a. Tempat Berangkat b. Tempat Tujuan	a. b.
7.	a. Lama perjalanan Dinas b. Tanggal Berangkat c. Tanggal harus kembali	a. b. c.
8.	Pengikut : Nama : 1. JULIUS PONTOH 2. AUDY DENNY WUNTU Umur :	Hubungan Keluarga/Keterangan Anggota Tim
9.	Pembebanan Anggaran : a. Instansi b. Mata Anggaran	a. Dibebankan pada anggaran yang tersedia b.
10.	Keterangan Lain	

Dikeluarkan di Manado  
Pada Tanggal 03 Mei 2019  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian  
Kepada Masyarakat

  
Prof. Dr. Ir. Charles Lodewijk Kaunang, MS  
NIP. 195910181986031002

I		Berangkat dari : Manado (tempat kedudukan) Pada tanggal : Ke Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi,  Prof. Dr. Ir. Charles Lodewijk Kaunang, MS NIP : 195910181986031002
II	Tiba : Pada tanggal : Kepala : Edi Sasmita, SE, MM. 19650408 19890301002	Berangkat dari : Pada tanggal : Kepala : 
III	Tiba : Pada tanggal : Kepala : MELATI, SETIYANTI, MT. 198909212015022001	Berangkat dari : Pada tanggal : Kepala : 
IV	Tiba : Pada tanggal : Kepala :	Berangkat dari : Pada tanggal : Kepala :
V	Tiba : Pada tanggal : Kepala :	Berangkat dari : Pada tanggal : Kepala :
VI	Tiba : Pada tanggal : Kepala :	Telah diperiksa, dengan keterangan bahwa perjalanan tersebut diatas benar dilakukan atas perintahnya  Ketua Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi,  Prof. Dr. Ir. Charles Lodewijk Kaunang, MS. NIP 195910181986031002

**PERHATIAN :**

Pejabat yang berwenang menerbitkan SKPD, pegawai yang melakukan perjalanan dinas, para pejabat yang mengesahkan tanggal berangkat/tiba serta bendaharawan bertanggung jawab berdasarkan peraturan-peraturan keuangan Negara apabila Negara menderita kerugian akibat kesalahan, kelalaian dan kealpaan, angka 8 lampiran edaran Menteri keuangan tanggal 3 April 1979, No. S.247/MK.03/1979.