

Sintesis Nanopartikel Tembaga Dari Larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Dengan Menggunakan Ekstrak Getah Merkubung (*Macaranga gigantea*)

Warni¹, Restina Bemis², Diah Riski Gusti^{3*}

^{1,2,3} Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

Jl. Jambi- Ma Bulian KM 15 Mendalo Darat Jambi 36361

*diahgusti@unja.ac.id

Abstract — The synthesis of copper nanoparticles in this study used a reducing agent from the extract of mercurd gum with a solution of $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. The results of the synthesis of copper nanoparticles using the extract of mercurd gum resulted in the color of the solution becoming clear greenish. The reaction time greatly affects the formation of copper nanoparticles, it can be seen visually that after 5 minutes the reaction shows a color change from clear to clear greenish and a lot of precipitate is formed. As the reaction time increases, the solution gets darker. The color of the copper nanoparticle solution tends to be clear to clear greenish, the clear color will continue to increase with the length of reaction time. In XRD analysis of Cu which has been synthesized from 0.01 M mercury extract solution. It can be seen that Cu nanocrystals have been formed which are indicated by the appearance of peaks at 2θ : 18.76°, 22.24°, and 23.99, The results of the Scanning Electron Microscopy analysis, the results of the SEM analysis in the study show that the particle sizes produced are different from one another and the distribution of particles is uneven, there are many particles that accumulate into chunks larger than other particles so that the size is not uniform and to form agglomerations. This is because the particle growth is very fast and UV-vis Confirmation of the formation of nanoparticles can be known through UV-Vis spectrophotometer observations by measuring the absorbance value in time intervals.

Keywords — Bioreductants, Synthetic Kinetics, Mercury, Nanoparticles, Copper

I. PENDAHULUAN

Nanoteknologi menjadi bidang yang tumbuh paling cepat, dan berbagai aplikasi dalam sains dan teknologi dapat menciptakan material baru. Nanopartikel tembaga yang diaplikasikan secara umum adalah sebagai antibakteri [1], [2]. Kemajuan nanoteknologi telah berkembang beberapa tahun belakangan pada berbagai cabang ilmu sains dan memberikan pengaruh yang kuat pada berbagai bentuk kehidupan [3], [4]. Nanoteknologi merupakan suatu bidang sains yang berkaitan dengan produksi, manipulasi dan penggunaan material yang ukurannya nanometer [5]. Nano partikel telah memberikan banyak kemajuan yang signifikan dalam aplikasi yang luas seperti pada bidang bio-medis, sensor, antimikroba, katalis, elektronik, pertanian dan pada bidang lainnya salah satu yaitu nano partikel logam [6]

Beberapa metode sintesis telah dikembangkan untuk produksi nanopartikel yang meliputi reduksi sonokimia, deposisi termal, reduksi kimia, dan metode gelombang mikro. Semua metode sintesis ini melibatkan senyawa berbahaya, oleh karena itu, penelitian telah difokuskan pada sintesis hijau nanopartikel. Baru-baru ini, banyak peneliti melaporkan sintesis hijau seperti ekstrak *Curcuma* [7],

ekstrak *Uncaria gambir*, [8] ekstrak kulit manggis [9] dan sebagainya.

Oleh karena itu, bahan alami dalam pekerjaan ini digunakan untuk mensintesis nanopartikel tembaga (CuNps). *Macaranga gigantea* atau sering disebut dengan merkubung merupakan spesies *Macaranga* yang banyak terdapat di kawasan hujan tropis basah yang cukup luas. Tumbuhan *Macaranga gigantea* ini mempunyai berbagai manfaat, getahnya dapat digunakan sebagai obat sariawan dan obat tetes mata karena mengandung senyawa metabolit sekunder seperti tannin [10]

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan bahan

Bahan yang digunakan adalah ekstrak getah merkubung, Tembaga, Akuades dan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Alat yang digunakan adalah Gelas kimia, Labu bundar, Penangas air, Kertas Saring Whatman, Waterbath, Desikator, Kuvet kuarsa, UV-Vis, SEM, XRD, dan FTIR.

B. Prosedur Penelitian

1. Ekstraksi Getah *Macaranga gigantea*

Pembuatan Ekstrak Getah Merkubung (*Macaranga gigantea*) menggunakan getah merkubung (*Macaranga gigantea*) sebagai bagian tanaman yang akan diteliti yang diperoleh dari daerah Mendalo Kabupaten Muaro Jambi. Kulit batang dikelupas dari pohon merkubung dan dibersihkan dari kulit bagian luar. Kemudian diperas menggunakan mesin penggiling dan ditampung di dalam gelas kimia 500 mL. Sehingga diperoleh getah *Macaranga gigantea* sebanyak 1000 mL [11], [12]. Sebanyak 100 mL getah *Macaranga gigantea* dimasukkan kedalam labu bundar dan ditambahkan akuades sebanyak 3 sampai 4 kali berat getah *Macaranga gigantea*. Campuran direfluks selama 3 jam dengan penangas air pada 70 °C sampai 80 °C. Kemudian campuran disaring menggunakan kertas saring dan diambil filtratnya. Ampas atau residu dari getah *Macaranga gigantea* tersebut diekstrak ulang sampai dua kali dan hasil saringan dicampur dengan filtrat pertama. Setelah itu, filtrat diuapkan menggunakan waterbath pada suhu 70 °C sampai diperoleh tanin pekat [13], [14].

2. Sintesis Nanopartikel Tembaga

Sintesis Nanopartikel Tembaga Larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M dibuat dengan menimbang 0,6235 gram $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ didalam 250 ml air dengan menambahkan sejumlah bioreduktor. Bioreduktor digunakan perbandingan volume bioreduktor terhadap volume CuSO_4 adalah 1:2, jadi untuk 250 mL larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ digunakan 500 mL larutan bioreduktor. Selanjutnya campuran tersebut distirrer dengan variasi suhu 40, 50, 60, dan 70 dengan waktu 0, 5, 10, 15, 20, dan 25 menit. kemudian diambil endapan dan di sentrifugase hasil dari sentrifugase itu kemudian di oven dengan suhu 800 untuk selanjutnya dikarakterisasi dengan XRD, SEM, FTIR dan UV VIS [15].

3. Karakterisasi nanopartikel tembaga

Analisis Spektrofotometri UV-Vis. Hasil sintesis nanopartikel tembaga dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang mempunyai resolusi 1. Instrumen spektrofotometer UV-Vis distandarisasi menggunakan blanko. Blanko yang digunakan adalah larutan ekstrak getah merkubung yang tidak ditambahkan CuSO_4 . Larutan yang mengandung nanopartikel tembaga dimasukkan kedalam kuvet kuarsa kemudian dilakukan pengukuran pada panjang gelombang 485 nm [16].

Instrumen spektrofotometer UV-Vis distandarisasi dengan menggunakan blanko. Blanko yang digunakan adalah supernatan kultur yang tidak ditambahkan CuSO_4 . Larutan yang mengandung nanopartikel tembaga dimasukkan ke dalam kuvet kuarsa kemudian dilakukan

pengukuran pada panjang gelombang 485 nm. Pengukuran dilakukan setiap 5 menit sekali sampai menit ke 25 dan diambil 6 titik waktu reaksi (t_1, t_2, \dots, t_6), sehingga diperoleh nilai absorbansi lalu diolah untuk mendapatkan parameter kinetika reaksi yaitu ordo reaksi yang paling sesuai dan konstanta laju reaksi (k). Konstanta laju reaksi ditentukan dari kemiringan grafik atau gradien garis lurus antara nilai absorbansi dan waktu. Kisaran ukuran nanopartikel yang dihasilkan berdasarkan nilai panjang gelombang pada serapan maksimum [17].

4. Skrining Fitokimia Ekstrak Getah Merkubung (*Macaranga gigantea*)

Skrining fitokimia mengacu pada Tiwari et al (2011) yang meliputi uji alkaloid, flavonoid, kuinon, saponin, steroid, tanin dan terpenoid. Uji alkaloid. 1 mL ekstrak dilarutkan dalam 2 mL HCl encer kemudian disaring dan filtratnya dibagi kedalam dua tabung reaksi. Filtrat a ditambahkan 3 tetes reagen Mayer (larutan merkuri dalam iodida). Terjadinya endapan putih mengindikasikan adanya senyawa alkaloid. Filtrat b ditambahkan 3 tetes reagen Dragendorff (larutan kalium bismut iodida). Terjadinya endapan merah bata mengindikasikan adanya senyawa alkaloid. [18], [19]

Uji flavonoid. 1 mL ekstrak dilarutkan dalam 3 mL akuades lalu dididihkan kemudian disaring. Filtrat ditambahkan $\frac{1}{2}$ sudip serbuk Mg. 1 mL HCl pekat, dan 2 mL etanol. Dikocok kuat dan dibiarkan terpisah. Terbentuknya warna merah, kuning atau jingga pada lapisan etanol menunjukkan adanya senyawa flavonoid. [20]

Uji fenolik. 1 mL ekstrak ditambahkan 3 tetes FeCl_3 1%. Terbentuknya warna biru kehitaman mengindikasikan adanya senyawa fenolik. Uji kuinon. 1 mL ekstrak ditambahkan 3 tetes NaOH 1M. Terbentuknya warna merah mengindikasikan adanya senyawa kuinon. Uji saponin. 1 mL ekstrak dilarutkan dalam 2 mL akuades kemudian dikocok selama 1 menit dan dibiarkan terpisah. Terbentuknya lapisan busa mengindikasikan adanya senyawa saponin.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Skrining Fitokimia Ekstrak Getah Merkubung (*Macaranga gigantea*)

Skrining fitokimia dilakukan untuk mengidentifikasi golongan senyawa metabolit

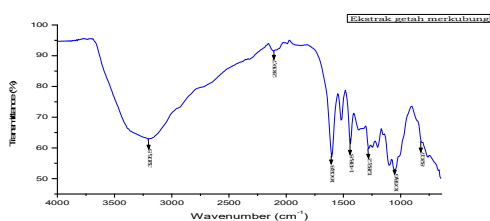
sekunder yang terkandung didalam ekstrak getah merkubung (*Macaranga gigantea*) seperti alkaloid, fenolik, flavonoid, kuinon, saponin, steroid, tanin dan terpenoid. Hasil uji fitokimia dari ekstrak getah merkubung (*Macaranga gigantea*) ditunjukkan pada tabel 1.

TABEL 1
HASIL UJI FITOKIMIA EKSTRAK GETAH MERKUBUNG
(*M. GIGANTEA*)

Metabolit sekunder	Pereaksi	Hasil
Alkaloid	Mayer	-/-
Fenolik	FeCl ₃ 1%	+
Flavonoid	Mg,HCL, dan Etanol	+
Kuinon	NaOH 1 N	+
Saponin	Akuades	+
Tanin	FeCl ₃ 1%	+
Steroid	Buchard	-

Keterangan: (+) terdapat senyawa metabolit sekunder
(-) tidak terdapat senyawa metabolit sekunder

B. Analisis Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR)



Gambar 1. Spektrum FTIR ekstrak getah merkubung (*macaranga gigantea*)

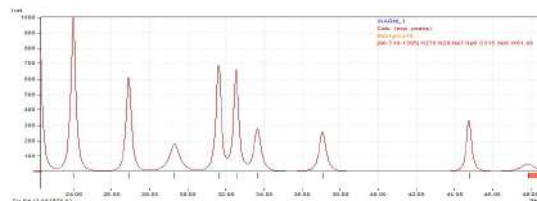
Gambar 1 menunjukkan bahwa adanya gugus -O-H pada bilangan gelombang 3205,5 cm⁻¹. Kehadiran gugus C=O pada bilangan gelombang 2109,7 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang 1602,8 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C=C (aromatik). Kehadiran gugus C-H (alkana) pada bilangan gelombang 1438,8 cm⁻¹. Kehadiran gugus C-N pada bilangan gelombang 1282,2 cm⁻¹. Kehadiran gugus C-O pada bilangan gelombang 1058,6 cm⁻¹ dan kehadiran gugus C-H (aromatik) pada bilangan gelombang 762,49 cm⁻¹. Senyawa yang dapat digunakan sebagai bioreduktor yang memiliki gugus fungsi hidroksil (-O-H), karbonil (-COOH), karbonil (C-O, C-H, C=C), amina (N-H) dan gugus fungsi lain yang memiliki pasangan elektron bebas.

C. Sintesis Nanopartikel Dari CuSO₄.5H₂O Dengan Ekstrak Getah Merkubung

Sintesis nanopartikel pada penelitian ini menggunakan reduktor dari ekstrak getah merkubung dengan larutan CuSO₄.5H₂O. Perlakuan yang diuji adalah memvariasikan konsentrasi larutan CuSO₄.5H₂O yakni 0,01M dengan ekstrak getah merkubung dalam 250 ml. Kemudian campuran larutan tersebut dipanaskan dengan variasi suhu 40, 50, 60, dan 70 0C, disertai dengan pengadukan menggunakan magnetik stirrer. Salah satu indikator terbentuknya nanopartikel tembaga dalam larutan ini ditandai dengan adanya perubahan warna dari hijau muda hingga hijau pekat seiring bertambahnya waktu.

D. X-Ray Diffraction (XRD)

Salah satu teknik yang digunakan untuk menentukan struktur suatu padatan kristalin adalah dengan menggunakan metode difraksi sinarX serbuk (*Xray powder diffraction*). Analisis pola difraksi sinar-x dilakukan untuk mengetahui struktur dan ukuran partikel dari material kristalin, sesuai pada gambar 2.



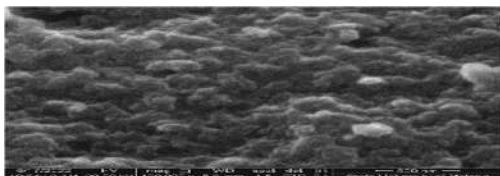
Gambar 2. Hasil XRD dari larutan CuSO₄.5H₂O dan ekstrak getah merkubung

Gambar 3 diatas dapat dilihat ada beberapa puncak yang terdeteksi pada 2 yaitu 18,76°, 32,55°, 37,09° dan 47,86°. Menurut Derun 2014 melaporkan bahwa CuSO₄ standar terdapat pada puncak 18,74°, 16,46° dan 48,47°. Dan puncak CuO standar terdapat pada puncak 33,190 , 35,11° ,38,6° , 53,83°.

Berdasarkan difraktogram XRD pada gambar 7 diperkirakan bahwa terdapat CuSO₄, dan CuO beserta logam-logam lain yang tidak diketahui, hal ini di sebabkan bahwa tidak semua CuSO₄ bereaksi dengan ekstrak getah merkubung sehingga masih tersisa Cu dari CuSO₄. Dan logam-logam lain yang tidak terdeteksi diperkirakan berupa pengotor dari senyawa CuSO₄ dan ekstrak getah merkubung. Dari pengukuran ukuran kristal dari puncak 18,76°, 32,55°, 37,09° dan 47,86° didapatkan hasil yaitu 0,09792 nm, 47,69677 nm, 0,157485 nm, dan 59,95741 nm.

E. Scanning Electron Microscop (SEM)

Karakterisasi menggunakan SEM bertujuan untuk menunjukkan gambaran morfologi partikel.

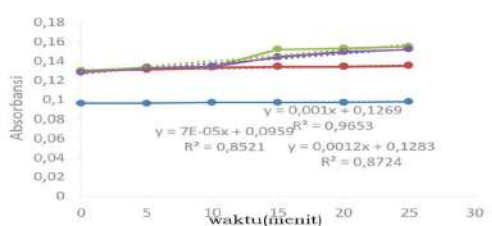


Gambar 3. Hasil SEM dari sintesis CuSO₄.5H₂O dan ekstrak getah merkubung.

Hasil analisis SEM pada gambar 3 terlihat bahwa ukuran partikel yang dihasilkan berbeda antara satu dengan yang lain dan distribusi partikel tidak merata, terlihat banyak partikel yang menumpuk menjadi bongkahan yang lebih besar dari partikel lainnya sehingga ukurannya tidak seragam dan membentuk aglomerasi (penggabungan). Hal ini disebabkan karena pertumbuhan partikel yang sangat cepat.

F. Kinetika Sintesis Nanopartikel CuSO₄.5H₂O Dengan Ekstrak Getah Merkubung.

Konfirmasi terbentuknya nanopartikel dapat diketahui melalui pengamatan spektrofotometer UV-Vis dengan mengukur nilai absorbansi dalam interval waktu.



Gambar 4. Grafik uv-vis hubungan waktu terhadap absorbansi dari kompleks Cu dan EGM pada suhu 40^o, 50^o, 60^o dan 70^o.

Pengukuran diatur pada panjang gelombang 485 nm dimana serapan tersebut maksimal untuk kompleks Cu ekstrak getah merkubung. Besarnya nilai absorbansi menunjukkan kecepatan reaksi dan pembentukan kompleks Cu seiring dengan bertambah waktu.

Berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa jumlah nanopartikel yang terbentuk pada panjang gelombang 485 nm dipengaruhi oleh waktu dan suhu sangat berpengaruh dalam reaksi CuSO₄.5H₂O dengan ekstrak getah merkubung. Terlihat pada Gambar 6 dimana Grafik menunjukkan nilai R² yang berbeda yaitu 0,8521, 0,9653 dan 0,8724. Pengamatan suhu reaksi sintesis nanopartikel diamati pada suhu 40, 50,60 dan 70 °C. Semakin tinggi suhu reaksi sintesis nanopartikel diamati pada suhu 40, 50,60 dan 70 °C. Semakin tinggi suhu reaksi maka pembentukan nanopartikel semakin cepat Lebih lanjut dinyatakan suhu reaksi dapat mempengaruhi laju pembentukan,

bentuk, ukuran dan distribusi ukuran nanopartikel yang dihasilkan.

G. Orde Reaksi

TABEL 2
NILAI ORDE REAKSI DARI EKSTRAK GETAH MERKUBUNG DAN LARUTAN CUSO₄.5H₂O

Suhu (k)	K	Parameter	A vs t	
			Orde 0	In A vs t Orde 1
313	0,01	Slope	0,00008	0,00008
		R2	0,8521	0,8526
323	0,01	Slope	0,0002	0,0017
		R2	0,9292	0,0997
333	0,01	Slope	0,0012	0,0081
		R2	0,8724	0,8731
343	0,01	Slope	0,0009	0,0064
		R2	0,9653	0,9961

Pada Tabel 2 terlihat bahwa berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian ini, reaksi pembentukan nanopartikel dari tembaga sulfat dengan ekstrak getah merkubung bisa dijelaskan dengan model reaksi orde satu.

Reaksi orde 1 adalah reaksi-reaksi yang lajunya berbanding langsung hanya dengan konsentrasi satu senyawa Dengan memperoleh nilai k pada berbagai suhu reaksi, maka bisa dihitung besarnya energi aktivasi. Dan dapat dilihat bahwa pada suhu 40^o didapatkan nilai slope yaitu 0,0008, pada suhu 50^o 0,0017, suhu 60^o,0081 dan suhu 70^o,0064. Dari hasil diatas dilihat bahwa reaksinya orde satu karena nilai R² nya mendekati 1. Reaksi orde satu dapat ditentukan dengan memplotkan -ln (1-X_α) dengan t. Nilai dari tetapan laju reaksi didapatkan dari slope.

H. Energi Aktivasi

Energi aktivasi merupakan sebagai suatu energi minimum yang diperlukan dalam membentuk produk.

TABEL 3
NILAI ENERGI AKTIVASI

Suhu (k)	K	Ln k	1/T	Ea(joule)
313	0,008	-4,82831	0,003195	0,22032
323	0,017	-4,07454	0,003096	0,21366
333	0,081	-2,51331	0,003003	0,20701
343	0,064	-2,74887	0,002915	0,20119

Berdasarkan tabel 3 menunjukkan bahwa nilai energi aktivasi semakin menurun seiring bertambahnya suhu. Pada tabel 2 menunjukkan bahwa nilai energi aktivasi (Ea*) bernilai positif bisa dilihat pada suhu 400 didapatkan energi aktivasi sebesar 0,22032, pada suhu 50^o 0,21366, suhu 60^o 0,20701 dan suhu 70^o sebesar 0,20119. Pada suhu 40-60 nilai konstanta laju reaksi semakin tinggi dan pada suhu 70 menurun, hal ini menunjukkan bahwa semakin lama suhu maka semakin rendah energi yang dibutuhkan untuk terjadinya proses pembentukan nanopartikel.

IV. KESIMPULAN

Hasil dari sintesis nanopartikel tembaga menggunakan ekstrak getah merkubung menghasilkan warna larutan menjadi bening kehijauan. Waktu reaksi sangat mempengaruhi pembentukan nanopartikel tembaga, hal ini dapat dilihat secara visual bahwa setelah 5 (lima) menit reaksi memperlihatkan perubahan warna dari bening sampai bening kehijauan dan banyak endapan yang terbentuk. Pada analisis XRD dari Cu yang telah disintesis dari larutan ekstrak getah merkubung 0,01 M. Dapat dilihat bahwa telah terbentuk nanokristal Cu ditandai dengan munculnya puncak pada 2θ : $18,76^\circ$, $22,24^\circ$, dan $23,99^\circ$,

Hasil analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM), Hasil analisis SEM pada penelitian terlihat bahwa ukuran partikel yang dihasilkan berbeda antara satu dengan yang lain dan distribusi partikel tidak merata, terlihat banyak partikel yang menumpuk menjadi bongkahan yang lebih besar dari partikel lainnya sehingga ukurannya tidak seragam dan membentuk aglomerasi (penggabungan). Hal ini disebabkan karena pertumbuhan partikel yang sangat cepat dan uv vis konfirmasi terbentuknya nanopartikel dapat diketahui melalui pengamatan spektrofotometer UV-Vis dengan mengukur nilai absorbansi dalam interval waktu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Kimia Universitas Negeri Jambi yang telah memfasilitasi pengerjaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Arief and) Khadijah, "BIOSINTESIS NANOPARTIKEL LOGAM MENGGUNAKAN MEDIA EKSTRAK TANAMAN 1) Muliadi, 2)." *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, vol. 12, no. 1, 2017, doi: 10.23955/rkl.v12i1.5197.
- [2] W. D. Pita Rengga, W. P. Hapsari, and D. W. Ardianto, "sintesis nanopartikel tembaga dari larutan CuNO₃ menggunakan ekstrak cengkeh (*Syzygium aromaticum*)," *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, vol. 12, no. 1, 2017, doi: 10.23955/rkl.v12i1.5197.
- [3] M. I. HASAN, "MODIFIKASI NANOPARTIKEL PERAK DENGAN POLIVINIL ALKOHOL UNTUK MENINGKATKAN SELEKTIVITAS DAN STABILITAS INDIKATOR LOGAM TEMBAGA (Cu): Uji COBA PADA MAKROALGA MERAH (*Kappaphycus alvarezii*)," *Skrripsi, Universitas Indonesia*, 2012.
- [4] Fitra Perdana, Plasidus Vipar Zones Laia, and Tegar, "Studi Awal Sintesis Nanopartikel Tembaga Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*)," *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*, vol. 12, no. 1, 2021, doi: 10.37859/jp.v12i1.3264.
- [5] N. Fajri, L. F. A. Putri, M. R. Prasetio, N. Azizah, Y. Pratama, and N. C. A. Susanto, "Potensi Batang Pisang (*Musa paradisiaca*) sebagai bioreduktor dalam Green Sintesis Ag nanopartikel," *Jurnal Penelitian Sains*, vol. 24, no. 1, p. 33, May 2022, doi: 10.56064/jps.v24i1.668.
- [6] L. Rahmidar, H. al Fatih, and A. Sulastri, "Pemanfaatan Nanopartikel Logam Mulia untuk Mengukur Kadar Logam Berat dalam Berbagai Sampel Cair," *PENDIPA Journal of Science Education*, vol. 4, no. 3, 2020, doi: 10.33369/pendipa.4.3.70-74.
- [7] N. Jayarambabu, A. Akshaykranth, T. Venkatappa Rao, K. Venkateswara Rao, and R. Rakesh Kumar, "Green synthesis of Cu nanoparticles using *Curcuma longa* extract and their application in antimicrobial activity," *Mater Lett*, vol. 259, p. 126813, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.MATLET.2019.126813.
- [8] A. Rauf, Rahmawaty, and A. Z. Siregar, "The Condition of Uncaria Gambir Roxb. as One of Important Medicinal Plants in North Sumatra Indonesia," *Procedia Chem*, vol. 14, pp. 3–10, Jan. 2015, doi: 10.1016/J.PROCHE.2015.03.002.
- [9] N. Ningsih, S. Yasni, and S. Yuliani, "SINTESIS NANOPARTIKEL EKSTRAK KULIT MANGGIS MERAH DAN KAJIAN SIFAT FUNGSIONAL PRODUK ENKAPSULASINYA," *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, vol. 28, no. 1, pp. 27–35, Jun. 2017, doi: 10.6066/jtip.2017.28.1.27.
- [10] E. Suhesti *et al.*, "Potensi dan Peluang Pengembangan Hasil Hutan Bukan Kayu di KPHP Model Minas Tahura Provinsi Riau," 2017.
- [11] M. Muhaimin, Y. Yusnair, W. Syahri, M. Latief, and A. Y. Chaerunisaa, "Microencapsulation of macaranga gigantea leaf extracts: Production and characterization," *Pharmacognosy Journal*, vol. 12, no. 4, 2020, doi: 10.5530/pj.2020.12.104.
- [12] "Potensi Pemanfaatan Macaranga".
- [13] J. B. Akcaya *et al.*, "KEMAMPUAN EKSTRAK KULIT KAYU DUA SPESIES MACARANGA DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI ENTEROCOCCUS FAECALIS THE ABILITY OF TWO SPECIES OF MACARANGA WOOD BARK EXTRACTS TO INHIBIT THE GROWTH OF BACTERIA ENTEROCOCCUS FAECALIS," vol. 5, no. 2, pp. 95–109, 2019.
- [14] N. Asfalza Abdullah, P. Sannasi Abdullah, M. Faiz Mohd Amin, and N. Azah Zainol, "Preparation and characterization of a new biocarbon material derived from Macaranga gigantea (giant 'Mahang') leaf biomass as precursor," *Mater Today Proc*, vol. 5, no. 10, pp. 21888–21896, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.MATPR.2018.07.047.
- [15] E. Suarso, "Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Cdse Quantum Dots (QDs)," *Jurnal Fisika FLUX*, vol. 10, 2013.
- [16] S. Husain, E. Suarso, A. Maddu, and Sugianto, "Karakterisasi Kandungan Bijih Besi Alam Sebagai Bahan Baku Magnetit Nanopartikel," *Simposium Fisika Nasional*, no. November, 2016.
- [17] E. Permana, I. Cristine, S. D. S. Murti, and F. M. Yanti, "PREPARASI DAN KARAKTERISASI KATALIS Cu / ZnO DENGAN SUPPORT KARBON AKTIF MENGGUNAKAN AKTIVATOR H₃PO₄ DAN ZnCl₂," *J Teknol*, vol. 13, no. 1, 2020.
- [18] N. Aifah Tun Nisa, D. Eka Pratiwi, M. Jurusan Kimia, F. Universitas Negeri Makassar Jl Dg Tata Raya, and P. Tambung, "Pengaruh Penambahan Poli Vinil Alkohol (PVA) terhadap Karakteristik Nanopartikel Perak Hasil Sintesis Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Jurnal Chemica Vo."
- [19] F. T. Şenberber, A. S. Kıpçak, and S. Pişkin, "The optimization of copper sulfate and tinalconite molar ratios on the hydrothermal synthesis of copper borates," 2014. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/284300815>
- [20] M. Musdalifah, A. Khumaidi, and I. N. Suwastika, "Uji Daya Hambat Dan Skrining Fitokimia Ekstrak Daun Macaranga tanarius (L.) Mull. Arg Sebagai Antibakteri Salmonella typhi," *Natural Science: Journal of Science and Technology*, vol. 6, no. 3, 2017, doi: 10.22487/25411969.2017.v6.i3.9194.