



Kajian Literatur Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan Ekstrak Tanaman

Devina Ummul Agniya Ravana, Anggi Arumsari*

Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 4/4/2022

Revised : 3/7/2022

Published : 10/7/2022



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 2

No. : 1

Halaman : 59-65

Terbitan : Juli 2022

ABSTRAK

Dalam beberapa tahun terakhir, aplikasi nanopartikel emas telah banyak dipelajari diberbagai bidang. Oleh karena itu mulai dikembangkan metode sintesis yang tidak hanya efektif tapi sekaligus ramah lingkungan. Akhir-akhir ini sudah mulai banyak dilakukan penelitian sintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor dari berbagai ekstrak tanaman. Pada studi literatur ini akan dipelajari beberapa penelitian mengenai penggunaan berbagai ekstrak tanaman sebagai bioreduktor alami dan pengaruhnya terhadap karakteristik nanopartikel emas yang terbentuk. Selain itu dipelajari juga aktivitas antibakteri dari nanopartikel emas yang dihasilkan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Dari beberapa penelitian tersebut, diperoleh hasil bahwa penggunaan berbagai ekstrak tanaman sebagai bioreduktor menghasilkan karakteristik nanopartikel emas dan aktivitas antibakteri yang berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh faktor bioreduktor, metode ekstraksi dan sintesis, komposisi volume ekstrak dan prekursor, konsentrasi nanopartikel, suhu, bentuk dan ukuran nanopartikel serta jenis bakteri yang diujikan. Pada studi literatur ini juga diketahui bahwa aktivitas antibakteri paling optimal dihasilkan pada penggunaan bioreduktor ekstrak *Glycyrrhiza glabra* L karena dihasilkan zona hambat paling besar.

Kata Kunci : Bioreduktor tanaman; AuNPs; Antibakteri.

ABSTRACT

In recent years, the application of gold nanoparticles has been studied in various fields. Therefore, a synthesis method has to be developed becoming effective and environmentally friendly synthesis methods. So, gold nanoparticles synthesis research using bioreducers from various plant extracts. In this literature study, several studies will be observed based on various plant extracts as natural bioreducers and their effect on the characteristics of the gold nanoparticles formed. In addition, the antibacterial activity of the resulting gold nanoparticles and the factors influencing were also studied. From this study, it was found that the use of various plant extracts as bioreducers resulted in different characteristics of gold nanoparticles and antibacterial activity, this is influenced by bioreductor, extraction and synthetic methods, volume composition of extracts and precursors, concentration of nanoparticles, temperature, shape and size of nanoparticles also the type of tested bacteria. It was also known that the most optimal antibacterial activity was produced using *Glycyrrhiza glabra* L extract as bioreductor because it produced the largest inhibition zone.

Keywords : Plant Bioreductor; AuNPs; Antibacterial.

@ 2022 Jurnal Riset Farmasi Unisba Press. All rights reserved.

A. Pendahuluan

Pemanfaatan nanopartikel logam telah banyak menarik perhatian karena manfaatnya diberbagai bidang seperti biomedis, katalis, dll. Umumnya nanopartikel logam dihasilkan dari metode kimia. Namun karena cenderung menggunakan bahan kimia tidak aman, menghasilkan limbah berbahaya yang berakibat mencemari lingkungan [1], mulai dikembangkan alternatif metode lain yang lebih ramah lingkungan. Nanoteknologi menjadi bidang yang tumbuh paling cepat, dan berbagai aplikasi dalam sains dan teknologi dapat menciptakan material baru [2].

Metode *green synthesis* nanopartikel logam menggunakan ekstrak tumbuhan sebagai bioreduktor merupakan salah satu pendekatan yang menjanjikan untuk menghasilkan nanomaterial ramah lingkungan untuk aplikasi di berbagai bidang.

Di antara nanopartikel logam, nanopartikel emas merupakan salah satu yang paling menjanjikan karena keunikannya dan manfaatnya diberbagai bidang, seperti katalis, biosensor, optik [3], antikanker, antimikroba [4] dan pengembangan sistem penghantaran obat dan pelabelan DNA [5].

Salah satu manfaat dari nanopartikel emas yang banyak dikembangkan yaitu aktivitas antimikroba, lebih khususnya antibakteri. Nanopartikel emas merupakan salah satu agen antibakteri yang dianggap ampuh dalam menunjukkan efek bakterisidal terhadap mikroorganisme. Salah satu fakta pendukung yaitu pada tahun 2021, Radadi melaporkan aktivitas antibakteri nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak *Glycyrrhiza glabra* L menghasilkan zona hambat > 20 mm pada bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif.

B. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan metode studi literatur. Dilakukan pencarian jurnal pada situs jurnal nasional maupun internasional dalam rentang waktu 10 tahun terakhir (2011-2021) yang telah terakreditasi SINTA dan terindeks SCOPUS. Kata kunci yang digunakan dalam mencari jurnal yaitu: "Sintesis nanopartikel emas", "Karakterisasi nanopartikel emas", "Hal-hal yang mempengaruhi karakteristik nanopartikel", "Green synthesis gold nanoparticle", "Green synthesis gold nanoparticle from extract", "synthesis of gold nanoparticle using plant extract", dan "Antimicrobial gold nanoparticle". Setelah muncul beberapa jurnal dari kata kunci yang diberikan, didapat 20 jurnal masuk kriteria jurnal yang akan dijadikan sebagai sumber utama studi literatur. Selanjutnya dilakukan pengkajian jurnal meliputi bioreduktor yang digunakan, metode ekstraksinya, metode sintesisnya, bagaimana karakteristiknya dan bagaimana aktivitas antibakterinya.

C. Hasil dan Pembahasan

Pada beberapa penelitian ini diamati penggunaan berbagai macam bioreduktor ekstrak tanaman untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik nanopartikel emas dan aktivitas antibakterinya. Dari beberapa penelitian yang telah dikaji, diketahui bahwa penggunaan berbagai jenis bioreduktor menghasilkan karakteristik nanopartikel emas mulai dari bentuk, ukuran nanopartikel dan SPR serta aktivitas antibakteri yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi karena perlakuan berbeda seperti jenis bioreduktor yang digunakan, metode ekstraksi dan sintesis nanopartikel emas, komposisi volume ekstrak dan prekursor, suhu, konsentrasi prekursor dan adanya penambahan zat penstabil.

Pada pengujian aktivitas antibakteri dari nanopartikel emas menggunakan ekstrak tanaman hampir semua pengujian menunjukkan aktivitas antibakterinya. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel emas memiliki aktivitas antibakteri. Aktivitas antibakteri yang dihasilkan pun beragam, ada yang lebih efektif menghambat bakteri Gram positif, ada yang lebih efektif menghambat bakteri Gram negatif, ada yang efektif menghambat keduanya dan bahkan ada yang tidak ditemukan zona hambat sama sekali seperti pada penelitian [6], [7]. Terkait perbedaan efektifitas antibakteri bisa disebabkan karena perlakuan yang berbeda seperti bioreduktor yang digunakan, metode sintesis nanopartikel emas, ukuran dan bentuk nanopartikel, konsentrasi nanopartikel dan jenis bakteri yang diujikan. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, terlihat bahwa aktivitas antibakteri nanopartikel emas yang dihasilkan berbeda-beda tergantung dari perlakuan yang diberikan seperti bioreduktor yang digunakan, metode sintesis, volume ekstrak dan prekursor yang ditambahkan serta jenis bakteri yang diujikan.

Jenis bioreduktor dan bagian tanaman yang digunakan mempengaruhi karakteristik dan aktivitas antibakteri nanopartikel karena pengaruh perbedaan senyawa yang dikandung. Hal ini berhubungan juga dengan pemilihan metode ekstraksi yang sesuai untuk mengangkat senyawa tersebut. Metode sintesis yang digunakan mempengaruhi karakteristik dan aktivitas antibakteri nanopartikel karena bisa mempengaruhi ukuran nanopartikel yang terbentuk seperti pada penelitian [8]. Komposisi volume ekstrak dan prekursor mempengaruhi karakteristik dan aktivitas antibakteri nanopartikel dari segi SPR dan jumlah nanopartikel yang dihasilkan. Secara teori semakin banyak volume ekstrak yang ditambah, semakin lebar pita SPR yang dihasilkan. Semakin banyak volume prekursor yang ditambah, semakin banyak logam emas yang tereduksi oleh ekstrak. Semakin banyak nanopartikel yang dihasilkan, semakin besar pula aktivitas antibakteri yang dihasilkan. Pemanasan saat sintesis nanopartikel bisa mempengaruhi karakteristik dan aktivitas antibakteri nanopartikel karena bisa mempercepat pertumbuhan menjadi ukuran nano. Penambahan zat penstabil bisa mempengaruhi karakteristik dan aktivitas antibakteri nanopartikel karena bisa mencegah terjadinya aglomerasi ketika nanopartikel sudah terbentuk. Jenis bakteri yang digunakan mempengaruhi aktivitas antibakteri nanopartikel dari segi kemampuan menembus dinding sel bakteri. Biasanya nanopartikel lebih mudah menembus bakteri Gram negatif dibanding bakteri Gram positif karena bakteri Gram negatif memiliki peptidoglikan lebih tipis [9]. Namun pada beberapa penelitian, dijumpai efektifitas antibakteri nanopartikel lebih besar pada bakteri Gram positif seperti pada penelitian [10]. Hal ini bisa terjadi karena nanopartikel emas yang dihasilkan dari bioreduktor ekstrak daun *Croton sparsiflorus* memiliki efektifitas antibakteri lebih tinggi pada bakteri Gram positif.

Tabel 1. Ringkasan karakteristik AuNPs dari berbagai bioreduktor dan aktivitas antibakterinya

Bioreduktor	Senyawa pereduksi	Bentuk	d (nm)	SPR (nm)	Aktivitas antibakteri		Referensi
					bakteri	zona hambat (mm)	
Ekstrak bunga <i>Clitoria ternatea</i>	Flavonol, antosianin	TD	Ultrasonik: 10-50 Refluks: 20-80	550	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Ultrasonik: 16 ± 0,5 Refluks 9 + 0,2	Fatimah, et al., 2020
					<i>Escherichia coli</i>	Ultrasonik: 11 ± 0,5 Refluks: 11 + 0,2	
					<i>Staphylococcus aureus</i>	Ultrasonik: 18 ± 0,5 Refluks 15 ± 0,2	
					<i>Streptococcus pyogenes</i>	Ultrasonik: 18 ± 0,2 Refluks 15 ± 0,2	
Kurkumin dari <i>Curcuma pseudomontana</i>	Kurkumin	Bulat	20	542	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	300 µg/mL: 23 100 µg/mL: 13	Muniyapan et al., 2021
					<i>Staphylococcus aureus</i>	300 µg/mL: 25 100 µg/mL: 11	
					<i>Bacillus subtilis</i>	300 µg/mL: 26 100 µg/mL: 11	
					<i>Escherichia coli</i>	300 µg/mL: 28 100 µg/mL: 12	
Ekstrak daun <i>Malva verticillata</i>	Asam galat, kuersetin	Bulat	10	540	<i>Aeromonas hydrophila</i>	-	Ismail et al., 2020
					<i>Aeromonas salmonicida</i>	-	
Ekstrak <i>Sargassum plagiophyllum</i>	Tanin	TD	50-90	532	<i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella typhi</i>	Pengamatan dengan mikroskop epifluoresen dan atomik: bakteri mati	Dhas et al., 2020

Tabel 1. Lanjutan Ringkasan karakteristik AuNPs dari berbagai bioreduktor dan aktivitas antibakterinya

Ekstrak daun <i>Petroselinum crispum</i>	Flavonoid, fenolat	(a)bulat	AuNPs (a) 17 AuNPs (b) 20-40	547; 572; 627; 585	<i>Escherichia coli</i>	(a) 6,4	El Boradi <i>et al.</i> , 2020
		(b)bulat			(b) 4		
		aglomerasi			(c) 3,2		
		(d)bulat			(d) -		
Ekstrak <i>Glycyrrhiza glabra</i> L	Flavonoid, fenolat	(c)seperti	AuNPs (c) 50 AuNPs (d) 80	549	<i>Enterobacter ludwigii</i>	(a) - (b) 2 (c) 5 (d) 6,4	Radadi, 2021
		batang			-		
		(d)bulat			-		
		aglomerasi			-		
Ekstrak daun <i>Alternanthera bettzickiana</i>	Fenol, flavonoid, tanin, antosianin	Bulat	80-120	530	<i>Bacillus subtilis</i>	25 ± 0,15	Nagalingam <i>et al.</i> , 2018
					<i>Staphylococcus aureus</i>	26 ± 0,29	
					<i>Escherichia coli</i>	29 ± 0,35	
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	25 ± 0,17	
Ekstrak air daun <i>Cressa cretica</i>	Flavonoid, polifenolat	Segienam, segilima, bulat, batang	15-22	539	<i>Salmonella typhi</i>	26 ± 0,15	Balasubramani <i>et al.</i> , 2019
					<i>Bacillus subtilis</i>	16 ± 0,23	
					<i>Staphylococcus aureus</i>	19 ± 0,33	
					<i>Salmonella typhi</i>	16 ± 0,88	
Ekstrak air kulit buah <i>Solanum melongena</i> L	Antosianin	Bulat	29	550 jadi 558	<i>Pseudomonas fuorescens</i>	16 ± 0,44	Das <i>et al.</i> , 2019
					<i>Micrococcus luteus</i>	14 ± 0,58	
					<i>Enterobacter aerogenes</i>	22 ± 0,44	
					<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	-	
Ekstrak kulit kayu <i>Pterocarpus santalinus</i> L	Alkaloid, saponin, terpenoid, steroid, glikosida, fenol, flavonoid, tanin, antosianin	Bulat	13-26	545	<i>Streptococcus pyogenes</i>	12	Keshavamurthy <i>et al.</i> , 2017
					<i>Staphylococcus aureus</i>	8	
					<i>Escherichia coli</i>	10	
					<i>Klebsiella pneumoniae</i>	7	
Ekstrak daun <i>Ziziphus zizypus</i>	Fenolat, flavonoid, asam askorbat, sterol, triterpen, alkaloid, glukosa	Bulat	30-50	527-535	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	7	Aljabali <i>et al.</i> , 2018
					<i>Escherichia coli</i>	0,5	
					<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	10	
					<i>Candida albicans</i>	0,3	

Tabel 1. Lanjutan Ringkasan karakteristik AuNPs dari berbagai bioreduktor dan aktivitas antibakterinya

Ekstrak daun <i>Vitex negundo</i>	Alkaloid, asam ursolat, asam benzoat, nishindine	Bulat	20-70	540	<i>Salmonella typhimurium</i>	23,7 ± 0,6	Veena <i>et al.</i> , 2019
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	22 ± 1	
					<i>Bacillus subtilis</i>	20 ± 0	
					<i>Staphylococcus aureus</i>	19,7 ± 0,6	
					<i>Escherichia coli</i>	17,7 ± 0,6	
					<i>Streptococcus pyogenes</i>	17,3 ± 1,2	
Ekstrak daun <i>Bauhinia purpurea</i>	Glikosida, saponin, fenolat, tanin, flavonoid	Segitiga, segienam, bulat	TD	560	<i>Staphylococcus aureus</i>	8	Vijayan <i>et al.</i> , 2019
					<i>Bacillus subtilis</i>	10	
					<i>Escherichia coli</i>	12	
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	11	
Ekstrak <i>Pistacia atlanta</i>	Flavonoid, fenolat	Bulat	40-50	530	<i>Escherichia coli</i>	21	Hamelian <i>et al.</i> , 2018
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	23	
					<i>Staphylococcus aureus</i>	20	
					<i>Bacillus subtilis</i>	20	
Ekstrak daun <i>Croton sparsiflorus</i>	Flavonoid, fenolat	Bulat	17	532	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	30	Boomi <i>et al.</i> , 2020
					<i>Escherichia coli</i>	26	
Ekstrak daun <i>Tragopon dubius</i>	Flavonoid, fenolat	TD	30	560	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	13,86 ± 0,2	Ghaleshsoukht eh <i>et al.</i> , 2018
					<i>Escherichia coli</i>	12,53 ± 0,3	
					<i>Staphylococcus aureus</i>	26,47 ± 0,4	
					<i>Bacillus cereus</i>	25,21 ± 0,2	
Ekstrak daun <i>Peganum harmala</i> L	Polifenol, alkohol	Bulat	Isotropik: 43,44 Anisotropik: 52,04	530; 578	<i>Escherichia coli</i>	200 µg/mL: 25 150 µg/mL: 16	Moustafa <i>et al.</i> , 2019
					<i>Staphylococcus aureus</i>	200 µg/mL: 30 150 µg/mL: 12	
Ekstrak bunga <i>Musa acuminata-colla</i>	Alkaloid, steroid, glikosida, polifenol, karotenoid	Bulat	10,1-15,6	540	<i>Enterococcus faecalis</i>	11	Valsalam <i>et al.</i> , 2019
					<i>Staphylococcus aureus</i>	-	
					<i>Klebsiella pneumoniae</i>	10	
					<i>Salmonella typhi</i>	9	
					<i>Echerichia coli</i>	7	
					<i>Proteus mirabilis</i>	8	
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9	

Tabel 1. Lanjutan Ringkasan karakteristik AuNPs dari berbagai bioreduktor dan aktivitas antibakterinya

Ekstrak daun <i>Clerodendrum inerm</i>	Flavonoid, fenolat	Bulat	5,82	534	<i>Bacillus subtilis</i>	14	Khan <i>et al.</i> , 2020
					<i>Staphylococcus aureus</i>	13	
					<i>Klebsiella pnumoniae</i>	19	
					<i>Escherichia coli</i>	16	
Fraksi etil asetat daun <i>Terminalia catappa</i>	Flavonoid, triterpenoid, alkaloid, tanin, triterpenoid	Bentuk kristal: kubik	17,13	Konsentrasi 0,5 mM: 540 Konsentrasi 1 mM: 587	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Bacillus subtilis</i>	-	Hafid, dkk., 2015

keterangan:

- = tidak dihasilkan zona hambat

TD = tidak ada data

Dari penelitian-penelitian tersebut, diketahui aktivitas antibakteri yang paling optimal diperoleh pada penelitian [11] karena dihasilkan zona hambat terbesar. Hal ini bisa terjadi karena penelitian tersebut menghasilkan bentuk bulat dengan ukuran nanopartikel emas terkecil dengan kisaran 2,647-16,25 nm. Hal ini sejalan dengan [12] yang menyatakan semakin kecil ukuran nanopartikel yang dihasilkan, maka akan semakin besar aktivitas antibakteri yang dihasilkan. Selain itu, dengan melihat terdapatnya zona hambat pada semua bakteri yang diujikan baik itu bakteri Gram positif maupun negatif ditambah metode ekstraksi yang sederhana, penggunaan bioreduktor ekstrak *Glycyrrhiza glabra* L dengan metode sintesis mencampurkan 10-3 M H₂AuCl₄.3H₂O dengan ekstrak efektif dalam menghasilkan aktivitas antibakteri yang optimal

D. Kesimpulan

Dari pengkajian studi literatur diatas diketahui bahwa:1) Diatas seluruh tanaman dapat menjadi bioreduktor sintesis nanopartikel tembaga dan memiliki potensi aktivitas antioksidan. 2) Karakteristik dari *Cissus arnottiana* ukuran rata-rata nanopartikel tembaga berada dalam 60 hingga 90 nm monodispersi berbentuk bola, *Cissus vitiginea* menunjukkan nanopartikel tembaga bulat hasil pengukuran kisaran 10 hingga 20 nm, *Eclipta prostrata* bentuk bulat-heksagonal dan kubik mulai dari 28 hingga 105 nm, *Abutilon indicum* memiliki strukturnya berbentuk seperti bola, *Borreria hispida* ukuran diameter rata-rata adalah 84 hingga 158 nm, *Falcia vulgaris* morfologi hampir bulat tanpa aglomerasi memiliki ukuran 20 hingga 25 nm, *Allium saralicum* bentuk nanopartikel tembaga bulat dengan diameter berkisar 45 hingga 50 nm. Dari tanaman yang disintesis menjadi nanopartikel tembaga yang memiliki aktivitas antioksidan paling tinggi adalah *Eclipta prostrata* dengan IC₅₀ bernilai 530.000 µg/mL.

Daftar Pustaka

- [1] Y. W. Fazrin, E. I., Naviardianti, A. I., Wyantuti, S., Gaffar, S., Hartati, "Review: Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Emas (AuNP) Serta Konjugasi AuNP Dengan DNA Dalam Aplikasi Biosensor Elektrokimia," *Jotnal Sci. Educ. Univ. Pandjajaran, Sumedang*, vol. 4, no. 2, pp. 21–39, 2020.
- [2] Ivan Fadillah and Anggi Arumsari, "Kajian Literatur Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Reduktor Kimia dan Biologi serta Uji Aktivitas Antibakteri," *J. Ris. Farm.*, vol. 1, no. 2, pp. 141–149, Feb. 2022, doi: 10.29313/jrf.v1i2.569.

- [3] and U. J. J. Babayi, H., Kolo, I., Okogun, J.I., Ijah, "The antimicrobial Activities of Methanolic Extract of *Eucalyptus camaldulensis* and *Terminalia catappa* Against some Pathogenic Microorganisms," *An Int. J. Niger. Soc. Exp. Bio.*, vol. 16, no. 2, pp. 106–111, 2004.
- [4] G. Balalakshmi, C., Gopinan, K., Govindarajan, M., Lokesh, R., Arumugam, A., Kadaikunna, S., Khaled, J.M., Benelli, "Green Synthesis of Gold Nanoparticles using a Cheap *Sphaeranthus indicus* Extract: Impact on Plant Cells and The Aquatic Crustacean *Artemia nauplii*," *J. Photochem. Photobiol. B Biol.*, 2017, doi: S1011-1344(17)30731-5.
- [5] T. S. Aprilia, "Preparasi dan Karakterisasi Nanopartikel Emas Ekstrak Daun Singkong Karet (*Manihot glazovii*) dengan Proses Biosintesis HighEnergy," 2018.
- [6] S. Hafid, S., Zakir, M., Dali, "Pemanfaatan Fraksi Etil Asetat Daun Ketapang (*Terminalia Catappa*) Sebagai Bioreduktor Dalam Sintesis Nanopartikel Emas dan Analisis Sifat Antibakterinya," *Kim. FMIPA*, 2015.
- [7] D. Das, R. K., Bhuyan, "microwave mediated green synthesis of gold and silver nanoparticles from fruit peel aqueous extract of *Solanum melongena* L. and study of antimicrobial property of silver nanoparticles," *Nanotechnol. Environ. Eng.*, vol. 4, no. 5, 2019.
- [8] Tika Siti Fatimah and Lanny Mulqie, "Studi Literatur Aktivitas Antibakteri dari Tanaman Famili Malvaceae," *J. Ris. Farm.*, vol. 1, no. 2, pp. 106–113, Dec. 2021, doi: 10.29313/jrf.v1i2.454.
- [9] et al. Zhou, Y., Y. Kong, S. Kundu, "Antibacterial activities of gold and silver nanoparticles against *Escherichia coli* and *Bacillus Calmette-Guérin*," *J Nanobiotechnology*, vol. 10, no. 19, 2012.
- [10] G. Boomi, P., Poorani, G. P., Selvam, S., Palanisamy, S., Jegatheeswaran, S., Anand K., Balakumar, C., Premkumar, K., Prabu, H., "Green biosynthesis of gold nanoparticles using *Croton sparsiflorus* leaves extract and evaluation of UV protection, antibacterial and anticancer applications," 2019.
- [11] N. Radadi, "Facile one-step green synthesis of gold nanoparticles (AuNp) using licorice root extract: Antimicrobial and anticancer study against HepG2 cell line," *Arab. Journall Chem.*, 2021.
- [12] R. Rahmawati, N. H., Islam, A. I., Kurniawati, "Smart Biosensor Berbasis Emas-Nanopartikel Sebagai Teknologi Mutakhir Deteksi Penyakit Triple Burden Disease," *ournal Indones. Sci. Soc.*, vol. 1, no. 1, 2020.