

Metabolit Sekunder Ekstrak Etil Asetat dari Batang Terminalia Mantaly sebagai Agen Antibakteri

Yenny Febriani Yun^{1*}, Nurul Sausan Zahra¹, Adilfi Risma Nurhadianti¹, Lilis Siti Aisyah¹, Hernandi Sujono¹, Sari Purbaya¹, Dewi Meliati Agustini¹

¹Program Studi Kimia, Universitas Jenderal Achmad Yani, Kota Cimahi, Jawa Barat 40525

ABSTRAK

Terminalia merupakan salah satu genus pohon besar dalam keluarga *Combretaceae*. Salah satu spesies dari genus *Terminalia* yaitu *Terminalia mantaly*. Memiliki kandungan senyawa kimia yang terdiri dari tanin, flavonoid, terpenoid, lignan, fenol, glikosida, dan poliol yang sering digunakan sebagai obat-obatan. *Terminalia* memiliki 250 spesies dan 41 spesies yang baru dikaji, 2 diantaranya berasal dari spesies *T.mantaly*. Pada bagian batang *T.mantaly* terdapat senyawa yang bersifat semi polar dan belum banyak dieksplorasi maka penelitian ini bertujuan untuk memperoleh isolat murni dari ekstrak etil asetat batang ketapang kencana *T.mantaly* dan untuk mengetahui senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam isolat murni ekstrak etil asetat batang ketapang kencana *T.mantaly*. Metode penelitian ini menggunakan *true experiment*, dimana isolasi pada penelitian ini dilakukan dengan berbagai metode kromatografi. Struktur kimia diidentifikasi berdasarkan ¹H-NMR, ¹³C-NMR, Spektrum FTIR dan massa. Berdasarkan hasil analisis spektroskopi NMR dapat diprediksi bahwa senyawa yang diperoleh dari hasil isolasi ekstrak etil asetat batang ketapang kencana *T.mantaly* yaitu Stigmasterol.

Kata kunci: Antibakteri; Ekstrak Etil Asetat; Metabolit sekunder; Terminalia mantaly.

ABSTRACT

Terminalia is a large tree genus in the *Combretaceae* family. One of the species of the genus *Terminalia* is *Terminalia mantaly*. It contains chemical compounds consisting of tannins, flavonoids, terpenoids, lignans, phenols, glycosides and polyols which are often used as medicines. *Terminalia* has 250 species and 41 newly studied species, 2 of which are from the species *T.mantaly*. In the stem of *T. Kencana T. mantaly*. This research method uses a *true experiment*, where the isolation in this study was carried out using various chromatographic methods. The chemical structure was identified based on ¹H-NMR, ¹³C-NMR and 2D NMR. Based on the results of NMR spectroscopy analysis, it can be predicted that the compound obtained from the isolation of the ethyl acetate extract of the Ketapang Kencana *T.mantaly* stem is Stigmasterol.

Keywords: Antibacterial; Ethyl Acetate Extract; Secondary Metabolites; Terminalia mantaly.

Received: 08-09-2023, **Accepted:** 03-05-2024, **Online:** 20-05-2024

PENDAHULUAN

Tumbuhan adalah bahan alam yang memiliki banyak kandungan senyawa metabolit sekunder (Hasan, Djuwarno, Samudi, & Susanti, 2022) hal ini yang mendasari banyak peneliti untuk mengeksplorasi senyawa-senyawa metabolit sekunder. Metabolit sekunder adalah golongan senyawa yang terkandung dalam tubuh mikroorganisme, *flora* dan *fauna* yang terbentuk melalui proses metabolisme sekunder yang disintesis dari banyak senyawa metabolisme primer, seperti asam amino, asetil koenzim A, asam mevalonat dan senyawa antara dari jalur shikimate (Herbert, 1995).

Salah satu tanaman yang mengandung senyawa metabolit sekunder yaitu pohon Ketapang yang merupakan spesies *Terminalia*. Spesies *Terminalia* tersebar luas di selatan Asia, Himalaya, Madagaskar, Australia, dan daerah tropis maupun subtropis Afrika. Termasuk kedalam *Family Combeteceae* yang memiliki 250 spesies dan 41 spesies yang baru dikaji, 2 diantaranya berasal dari spesies *T.mantaly* (Mbosso Teinkela et al., 2019; Tchuente Tchuennogne et al., 2017; Zhang et al., 2019). *Terminalia* telah diselidiki kandungan

*yenny.febriani@lecture.unjani.ac.id

fitokimianya, yang menghasilkan identifikasi antara lain terpenoid, tanin, flavonoid, lignan, dan fenol sederhana (Zhang et al., 2019).

Tanaman *Terminalia* di Asia Selatan telah dipelajari secara intensif secara fitokimia dengan penggunaannya yang luas dalam sistem pengobatan tradisional (Zhang et al., 2019). Di Madagaskar, Afrika Timur, kulit kayu dan daun *T. mantaly* digunakan untuk mengobati infeksi atau berbagai macam penyakit, seperti disentri, gastroenteritis, hipertensi, diabetes, serta afeksio genitalis, oral, gigi dan kulit (Coulibaly, 2016). Berdasarkan beberapa penelitian, telah dilaporkan bahwa bioaktivitas pada genus *Terminalia* memiliki aktivitas antioksidan dan sitotoksik, aktivitas antimikroba, antijamur, penghambat HIV-1 dan antiplasmodial (Mbosso Teinkela et al., 2019).

Sujono, Nurhadianti, Sutrisno, Evi, & Yun (2022) telah berhasil mengisolasi senyawa β -sitosterol yang berpotensi sebagai antibakteri dari ekstrak *n*-heksana batang *T.mantaly*. (Najah,2022) telah melaporkan bahwa ekstrak etil asetat batang *T.mantaly* memiliki aktivitas antioksidan yang sedang, sementara (Zhang et al., 2019) mengungkapkan bahwa ekstrak metanol pada batang *T.alata*, *T.bellirica* dan *T.corticosa* yang relative tinggi dengan nilai *IC50* secara berturut-turut yaitu : 0,24 ; 1,02 dan 0,25 mg/mL.

Tchuente Tchuemogne et al (2017) telah berhasil mengisolasi 7 senyawa yang terkandung dalam kulit batang pohon *T. mantaly*, diantaranya asam 3,3^J-di-O-metilellagi, 4^J-O- α -rhamnopyranosida; asam 3-O-methilellagat; arjungenin atau asam 2,3,19,23-tetrahidroksiolean-12-en-28-oat; arjunglukosida atau asam 2,3,19,23-tetrahidroksiolean-12-en-28-oat glukopiranosida; asam 2 α ,3 α ,24-trihidroksiolean-11,13(18)-dien-28-oat; stigmasterol, dan stigmasterol 3-O- β -d- glukopiranosida.

Menurut (Kemenkes, 2013) Penyakit infeksi di Indonesia merupakan masalah kesehatan yang paling utama di negara berkembang. Dimana penyakit infeksi ini merupakan penyebab utama 50.000 orang meninggal setiap hari di seluruh dunia. (Radji, 2016) mengungkapkan bahwa salah satu jenis penyakit yang paling banyak diderita oleh penduduk di negara Indonesia adalah penyakit infeksi. Penyakit Infeksi ini disebabkan oleh bakteri. Berdasarkan penawaran gram, bakteri dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. *Staphylococcus aureus* dan *streptococcus pyogenes* merupakan contoh dari bakteri gram positif sedangkan *shigella dysenteriae* dan *esherichia coli* merupakan contoh dari bakteri gram negatif (Jawetz, 2011).

Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *streptococcus pyogenes* dapat menjadi pathogen yang dapat menginfeksi pada keadaan tertentu seperti dapat menginfeksi luka terbuka terutama apabila tidak dirawat dengan baik (Brooks, G., Carroll, K. C., Butel, J., & Morse, 2012). Kedua jenis bakteri ini juga dapat menyebabkan infeksi kulit, impetigo, folikulitis, erysipelas dan selulitis (Johnson AG, Ziegler RJ, 2011; Soedarto, 2015). Bakteri *shigella dysenteriae* dan *esherichia coli* juga dapat menginfeksi saluran pencernaan seperti disentri dan diare (Jawetz, Melnick, 2004).

Berdasarkan data penelitian diatas, bahwa *T.mantaly* mengandung beberapa senyawa metabolit sekunder yang bersifat semipolar dan memiliki potensi aktivitas sebagai antibakteri pada bagian kulit batang. Namun, pada bagian batang belum banyak dieksplorasi sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengungkap senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh ekstrak etil asetat batang *T.mantaly* yang berpotensi memiliki aktivitas sebagai agen antibakteri.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode true experiment. Prosedur dalam penelitian ini meliputi : identifikasi tumbuhan, pembuatan ekstrak etil asetat batang terminalia mantaly dan isolasi dengan menggunakan berbagai metode kromatografi.

Pengambilan sampel

Batang *T.mantaly* diperoleh dari Kota Baru Parahyangan, Kabupaten Bandung Barat, Indonesia. Kemudian dilakukan identifikasi tanaman di Institut Teknologi Bandung. berdasarkan surat yang telah dikeluarkan oleh SITH ITB dengan nomor surat 137/11.CO2.2/PL/2020 bahwa tanaman ini diidentifikasi sebagai *T.mantaly*.

Ekstraksi

Sampel yang diperoleh dikeringkan dan dihaluskan kemudian, sebanyak 5 kg sampel batang *T.mantaly* diekstraksi dengan menggunakan metode maserasi. Ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut etil asetat selama 1x24 jam. Ekstrak yang diperoleh dipekatkan dengan menggunakan rotary evaporator pada suhu 40°C sehingga diperoleh 40,2931 gram ekstrak pekat etil asetat batang *T.mantaly*.

Isolasi dengan metode kromatografi

Satu set alat KKG dibersihkan, dikeringkan dan dirangkai. Kemudian dimasukkan padatan *silica gel 60* (0,063-0,200 mm) yang telah diaktifkan kedalam kolom kromatografi. Sebanyak 7 gram sampel ditambahkan aseton hingga larut sempurna dan diimpregasi kedalam *silica gel 60* (0.2 – 0,5 mm) dengan perbandingan sampel dan *silica gel* (0.2 – 0,5 mm) (1:2). Sampel yang telah diimpregasi kemudian dimasukkan kedalam kolom kromatografi berdiameter 5,5 cm, tepat diatas padatan *silica gel 60* (0,063-0,200 mm) yang telah di nonpolarakan dengan *n*-heksana 100%. Dielusi dengan pelarut *n*-heksana 100% dengan variasi eluen *n*-heksana : etil asetat yang bergradien kepolarannya sampai dengan etil asetat 100 % dan diakhiri dengan aseton 100% dan methanol 100%. Hasil fraksinasi yang diperoleh kemudian dilakukan kontrol KLT dengan *n*-heksana : etil asetat (7:3) dan dilakukan penggabungan berdasarkan spot noda yang sama.

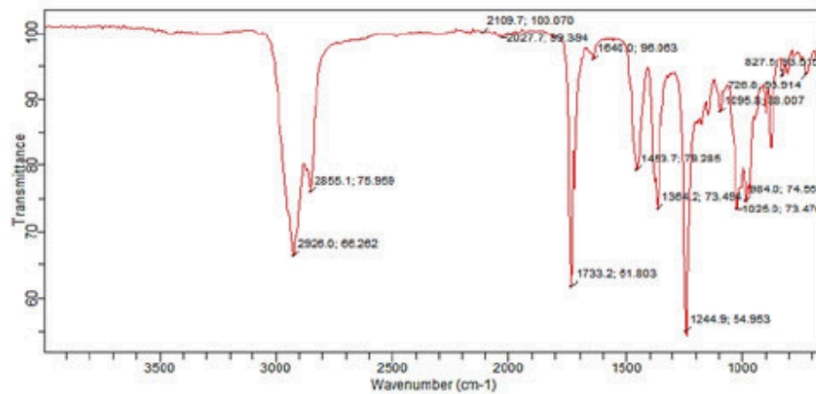
Satu set alat KKG dibersihkan dan dirangkai. Dimasukkan *silica gel 60* (0,0063 - 0,0200) yang telah diaktivasi oleh *n*-heksana dengan perbandingan sampel dan *silica* (1:2). Sebanyak 1,8227 gram ekstrak etil asetat yang telah diimpregasi dengan *silica gel 60* (0,0063 - 0,0200) dengan perbandingan *silica* (1:2) dimasukkan kedalam kolom, tepat diatas fasa diam. Dielusi dengan eluen *n*-heksana 100% dengan variasi eluen *n*-heksana : kloroform secara bergradien dilanjutkan dengan aseton 100% dan metanol 100% kemudian ditampung berdasarkan pita. Fraksi-fraksi yang diperoleh dipekatkan, ditimbang dan dinalisis dengan KLT. Fraksi yang diperoleh dilakukan penggabungan berdasarkan spot noda yang sama.

Senyawa murni yang diisolasi berasal dari fraksi 27. Fraksi tersebut difraksinasi dengan *n*-heksana : etil asetat sebagai eluen secara bergradien. Kemudian hasil yang diperoleh dikontrol dengan KLT *n*-heksana : etil asetat (7:3).

Dimasukkan *silica gel 60* (0,0063 - 0,0200) yang telah diaktivasi oleh *n*-heksana dengan perbandingan sampel dan *silica* (1:2). Sebanyak 0,1246 gram (fraksi 27) ekstrak etil asetat yang telah diimpregasi dengan *silica gel 60* (0,0063 - 0,0200) dengan perbandingan *silica* (1:2) dimasukkan kedalam kolom, tepat diatas fasa diam. Dielusi dengan eluen *n*-heksana 100% dengan variasi eluen *n*-heksana : etil asetat secara bergradien hingga etil asetat 100%, kemudian dilanjutkan dengan etil asetat : metanol hingga perbandingan 7 : 3 dilanjutkan dengan aseton 100% dan metanol 100% kemudian ditampung berdasarkan pita. Fraksi-fraksi yang diperoleh dipekatkan, ditimbang dan dinalisis dengan KLT. Fraksi yang diperoleh dilakukan penggabungan berdasarkan spot noda yang sama.

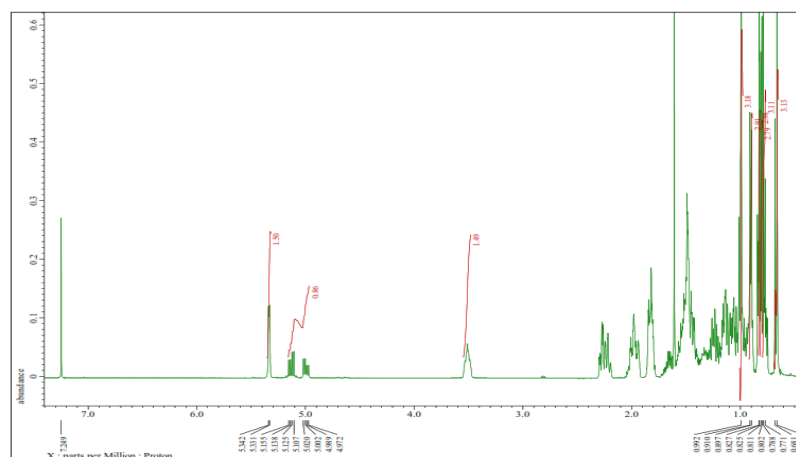
HASIL DAN PEMBAHASAN

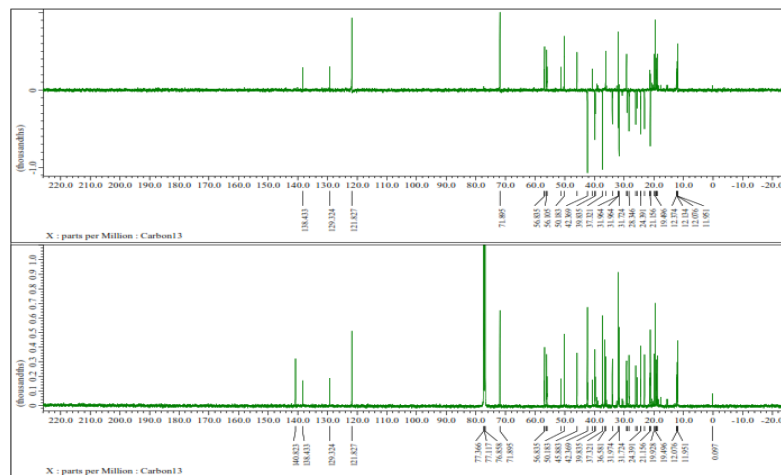
Senyawa 1 diperoleh kristal jarum berwarna putih dan tidak menunjukkan pendaran dibawah sinar UV pada Panjang gelombang maks 254 dan 365 nm. Spektrum massa (m/z) 413 (M+). Spektrum FTIR menunjukkan adanya C-H sp^3 (2926 cm^{-1}), gugus olefinik C=C sp^2 pada (1453 cm^{-1}) dan adanya gugus C-O pada (1054 cm^{-1}). Menurut (Katja, 2021) kehadiran gugus olefinik C=C sp^2 (1457 cm^{-1}) dan gugus C-O (1052 cm^{-1}) serta adanya C-H sp^3 (2937 cm^{-1}).



Gambar 1. Spektrum FTIR Senyawa 1

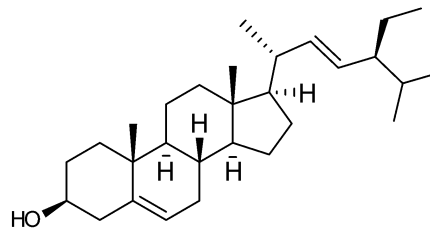
Spektrum $^1\text{H-NMR}$ (gambar 2) pada senyawa menunjukkan adanya 10 sinyal, diantaranya yaitu adanya enam gugus metil yang muncul pada daerah pergeseran 0,71 – 1,02 ppm. Terdapat proton δH 3,50 yang merupakan gugus metin CH-OH pada (H-3). Adanya =CH- pada δH 5,33; 4,99; 5,13 ppm yang terdapat pada C5/C6 dan C20/21. Spektrum $^{13}\text{C-NMR}$ dari senyawa (gambar 3) menunjukkan bahwa senyawa yang diteliti mengandung 29 karbon. Terdapat enam gugus metil yang diperlihatkan pada δC 12,1; 12,3; 18,8; 19,5; 21,1; 21,2 ppm dimana data ini sesuai dengan data $^1\text{H-NMR}$). Adanya 10 gugus metin, yang dimana 4 diantaranya menunjukkan adanya ikatan rangkap yaitu pada δC 140,8; 121,8; 138,4; 129,3 ppm. Pada δC 71,9 menunjukkan adanya atom CH yang mengikat gugus OH. Dilakukan analisis DEPT (*distortionless Enhancement Polarization by Transfer*), analisis ini dapat menentukan kompleksitas sinyal pada medan magnet tinggi (*upfield*) sehingga jumlah $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$, $-\text{CH}$ dan Cq (karbon kuarternar) dapat ditentukan, dimana sinyal karbon gugus $-\text{CH}$ dan CH_3 akan memberikan puncak keatas (*Positive peaks*), sedangkan $-\text{CH}_2$ akan memberikan puncak kebawah dan Cq (karbon kuarternar) sinyal puncak tidak muncul pada DEPT. berdasarkan data DEPT diperoleh bahwa senyawa tersebut mengandung enam gugus metil, sebelas gugus metin, sepuluh metilen dan dua karbon kuarternar.

Gambar 2. Spektrum $^1\text{H-NMR}$ Senyawa 1



Gambar 3. Spektrum ^{13}C -NMR dan DEPT 125° Senyawa 1

Berdasarkan data spektrum ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR dan perbandingan dengan data stigmasterol bahwa senyawa 1 diprediksi mengandung senyawa stigmasterol, dimana menurut (Chaturvedula & Prakash, 2012) adanya gugus hidroksil pada posisi C-3 dengan dua ikatan rangkap pada C-5/C-6 dan C-20/C-21 dan adanya enam gugus metil yang memperkuat bahwa senyawa tersebut mengandung kerangka sterol. Dengan demikian senyawa 1 diprediksi mengandung senyawa stigmasterol yang ditunjukkan pada gambar 4 senyawa 1 .



Gambar 4. Stigmasterol

Tabel 1. Data NMR senyawa 1 dan Stigmasterol

Posisi	Stigmasterol*		Isolat 34**	
	¹ H-NMR	¹³ C-NMR	¹ H-NMR	¹³ C-NMR
1		37,6		37,3
2		32,1		32,0
3	3,51 (tdd, 1H, J = 4,5; 4,2; 3,8 Hz)	72,1	3,50 (q, 1H)	71,9
4		42,4		42,4
5	5,31 (t, 1H, J = 6,1 Hz)	141,1	5,33 (d, 1H)	140,8
6		121,8		121,8
7		31,8		31,9
8		31,8		31,9
9		50,2		50,2
10		36,6		36,5
11		21,5		21,1
12		39,9		39,8
13		42,4		42,3
14		56,8		56,8
15		24,4		24,3
16		29,3		29,2
17		56,2		56,1
18		40,6		40,6
19	0,91 (d, 3H, J = 6,2 Hz)	21,7	0,91 (q, 3H)	21,2
20	4,98 (m, 1H)	138,7	4,99 (q, 1H)	138,4
21	5,14 (m, 1H)	129,6	5,13 (q, 1H)	129,3
22		46,1		45,9
23		25,4		25,5
24	0,83 (t, 3H, J = 7,1 Hz)	12,1	0,84 (s, 3H)	12,1
25		29,6		29,2
26	0,82 (d, 3H, J = 6,6 Hz)	20,2	0,82 (t, 3H)	21,1
27	0,80 (d, 3H, J = 6,6 Hz)	19,8	0,81 (d, 3H)	19,5
28	0,71 (s, 3H)	18,9	0,78 (s, 3H)	18,8
29	1,03 (s, 3H)	12,2	1,02 (s, 3H)	12,3

* ¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz)** ¹H-NMR (CDCl₃, 500 MHz) ¹³C-NMR (CDCl₃, 125 MHz)

Tabel 2. Kategori KHM untuk Ekstrak dan Isolat

Kategori	Ekstrak
Kuat	<0,1
Sedang	0,1 - 0,625
Lemah	0,625 - 1

(Kuete et al., 2010)

Berdasarkan (Kuate et al., 2010) terdapat kategori KHM untuk ekstrak dan isolat diperoleh hasil aktivitas antioksidan pada penelitian yang telah dilakukan bahwa senyawa stigmasterol dapat menghambat bakteri *Staphylococcus aureus*, *streptococcus pyogenes*, *shigella dysenteriae* dan *esherichia coli* dengan nilai MIC sebesar 4,25 µg/mL dengan pertumbuhan koloni yang sedang.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa (1) Senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam isolat murni mengandung senyawa stigmasterol dimana struktur tersebut dianalisis dengan spektrofotometer FTIR, Massa dan 1D-NMR. (2) Aktivitas antibakteri yang diperoleh dari senyawa stigmasterol dapat menghambat bakteri *Staphylococcus aureus*, *streptococcus pyogenes*, *shigella dysenteriae* dan *esherichia coli* dengan nilai MIC sebesar 4,25 µg/mL.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, khususnya Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi (Ditjen Dikti) dan LPPM Universitas Jenderal Achmad Yani yang telah menyelenggarakan Hibah Penelitian sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Terimakasih Laboratorium Kimia Unjani yang telah menyediakan fasilitas dan tempat penelitian dan BRIN Serpong yang telah membantu penulis pada proses analisis spektrum.

DAFTAR RUJUKAN

- Brooks, G., Carroll, K. C., Butel, J., & Morse, S. (2012). *Jawetz, Melnick & Adelberg's Medical Microbiology* (26th ed.). New York: McGraw-Hill Medical.
- Chaturvedula, V. S. P., & Prakash, I. (2012). Isolation of Stigmasterol and ?-Sitosterol from the dichloromethane extract of *Rubus suavissimus*. *International Current Pharmaceutical Journal*, 1(9), 239–242. Retrieved from <https://doi.org/10.3329/icpj.v1i9.11613>
- Coulibaly, K. (2016). Evaluation of the antifungal activity of extracts of bark of commercial species, category P1 the forest of Mopri, Tiassalé (Southern Ivory Coast). *Memory Master in Tropical Ecology, Plant Option*, 23–25.
- Hasan, H., Djuwarno, E. N., Samudi, H., & Susanti, W. (2022). Senyawa Antidiabetes Fraksi Aktif Daun Ketapang (*Terminalia catappa* L .). *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 4, 517–529.
- Herbert. (1995). *METABOLISM SECONDARY BIOSYNTHESIS BIOLOGICAL PRODUCTS SYNTHESIS*. CHAPMAN AND HALL.
- Jawetz, Melnick, dan A. (2004). *Mikrobiologi Kedokteran* (23rd ed.). Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Jawetz, M. a. A. (2011). *Medical Microbiology*. Jakarta: EGC.
- Johnson AG, Ziegler RJ, H. L. (2011). *Essential Mikrobiologi dan Imunologi* (5th ed.). Jakarta: Binarupa Aksara.
- Katja, D. G. (2021). SENYAWA STIGMASTEROL (STEROID) DARI KULIT BATANG *Chisocheton celebicus* koord (MELIACEAE). *Chemistry Progress*, 14(1), 56–61. Retrieved from <https://doi.org/10.35799/cp.14.1.2021.34154>
- Kemenkes. (2013). *Riset Kesehatan Dasar; RISKESDAS*. Jakarta: Balitbang Kemenkes RI.
- Kuate, V., Tabopda, T. K., Ngameni, B., Nana, F., Tshikalange, T. E., & Ngadjui, B. T. (2010). Antimycobacterial, antibacterial and antifungal activities of *Terminalia superba* (Combretaceae). *South African Journal of Botany*, 76(1), 125–131. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.09.009>
- Mbosso Teinkela, J. E., Siwe Noundou, X., Fannang, S., Mbem Song, A., Assob Nguedia, J. C., Hoppe, H. C., & Krause, R. W. M. (2019). Terminaliamide, a new ceramide and other phytoconstituents from the roots of *Terminalia mantaly* H. Perrier and their biological

- activities. *Natural Product Research*, 35(8), 1313–1322. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1647425>
- Radji, D. (2016). *Buku Ajar Mikrobiologi : Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*. In *Buku Ajar Mikrobiologi : Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC (Vol. 13). Jakarta: EGC.
- Soedarto. (2015). *Mikrobiologi Kedokteran*. Jakarta: CV. Sagung Seto.
- Sujono, H., Nurhadianti, A. R., Sutrisno, Evi, S., & Yun, Y. F. (2022). Antibacterial activity of β -Sitosterol from Ketapang kencana stem (*Terminalia mantaly*). *Research Journal of Chemistry and Environment*, 26(9), 60–63. Retrieved from <https://doi.org/10.25303/2609rjce060063>
- Tchuente Tchuenmogne, M., Kammalac, T., Gohlke, S., Kouipou, R., Aslan, A., Kuzu, M., ... Boyom, F. (2017). Compounds from *Terminalia mantaly* L. (Combretaceae) Stem Bark Exhibit Potent Inhibition against Some Pathogenic Yeasts and Enzymes of Metabolic Significance. *Medicines*, 4(1), 6. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/medicines4010006>
- Zhang, X. R., Kaunda, J. S., Zhu, H. T., Wang, D., Yang, C. R., & Zhang, Y. J. (2019). *The Genus Terminalia (Combretaceae): An Ethnopharmacological, Phytochemical and Pharmacological Review*. *Natural Products and Bioprospecting* (Vol. 9). Springer Singapore. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s13659-019-00222-3>