

Characteristics and Functions of Alkaloid Compounds as Antifungals in Plants

Karakteristik dan Fungsi Senyawa Alkaloid sebagai Antifungi pada Tumbuhan

Mesy Maisarah¹, Moralita Chatri^{1*}, Linda Advinda¹, Violita¹

¹Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Padang, West Sumatera, Indonesia

*Correspondence author: moralitachatri@gmail.com

Abstract

Plants produce secondary metabolites that have potential as antioxidants, antimicrobials and antifungals. Secondary metabolites are small molecules, specific in nature, have varied structures, and have different functions or roles. One of the secondary metabolites is alkaloid. Writing this article aims to determine the characteristics and functions of alkaloid compounds as antifungal in plants. The research method used is literature review with three databases, namely Google Scholar, Google Books, and Z Library. Alkaloids are the most common secondary metabolite compounds that have nitrogen atoms, which are found in plant tissues. Alkaloids are antifungal because they can inhibit fungal growth by inserting between the cell wall and the fungal DNA so that the growth of the fungus will be disrupted. Alkaloids have a chemical structure in the form of a heterocyclic ring system with nitrogen as the hetero atom. Most alkaloids are colorless, bitter and wet. Methods of purification and characterization of alkaloid compounds rely on the chemical properties of alkaloids.

Key words : *Secondary Metabolite, Antifungal, Alkaloids*

Abstrak

Tumbuhan menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antioksidan, antimikroba dan antijamur. Metabolit sekunder adalah molekul kecil, bersifat spesifik, mempunyai struktur yang bervariasi, serta memiliki fungsi atau peranan yang berbeda-beda. Salah satu senyawa metabolit sekunder adalah alkaloid. Penulisan artikel ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan fungsi senyawa alkaloid sebagai antifungsi pada tumbuhan. Metode penelitian yang digunakan adalah literature review dengan tiga database, yaitu Google Scholar, Google Books, dan Z Library. Alkaloid merupakan senyawa metabolit sekunder terbanyak yang memiliki atom nitrogen, yang ditemukan dalam jaringan tumbuhan. Alkaloid bersifat antifungi karena dapat menghambat pertumbuhan jamur dengan cara menyisip di antara dinding sel dan DNA jamur sehingga pertumbuhan jamur akan terganggu. Alkaloid mempunyai struktur kimia berupa sistem lingkaran heterosiklis dengan nitrogen sebagai hetero atomnya. Kebanyakan alkaloid tidak berwarna, pahit, dan bersifat basah. Metode pemurnian dan karakterisasi senyawa alkaloid yaitu mengandalkan sifat kimia alkaloid.

Kata kunci : *Metabolit Sekunder, Antifungi, Alkaloid*

Pendahuluan

Tumbuhan merupakan salah satu sumber senyawa alam hayati yang memegang peranan penting dalam kehidupan. Tumbuhan menghasilkan metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antioksidan, antimikroba, antijamur, zat pewarna, penambah aroma makanan, parfum, insektisida, dan obat. Metabolit sekunder merupakan molekul-molekul kecil, bersifat spesifik (tidak semua organisme mengandung senyawa sejenis), mempunyai struktur yang bervariasi, setiap senyawa memiliki fungsi atau peranan yang berbeda-beda. Senyawa-senyawa yang tergolong ke dalam kelompok metabolit sekunder ini antara lain: alkaloid, flavonoid, steroid, terpenoid, saponin dan lain-lain (Riska *et al.*, 2013; Ergina *et al.*, 2014).

Metabolit sekunder pada tumbuhan umumnya tidak penting bagi proses pertumbuhan, perkembangan atau reproduksi melainkan dihasilkan sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan dan bertindak sebagai mekanisme pertahanan untuk membantu dalam kelangsungan hidupnya. Biosintesis metabolit sekunder pada tumbuhan berasal dari proses fotosintesis, glikolisis dan siklus Krebs sebagai senyawa antara, pada akhirnya, hasil dalam pembentukan metabolit sekunder juga dikenal sebagai produk alami (Dias *et al.*, 2012).

Salah satu senyawa yang tergolong dalam kelompok metabolit sekunder adalah alkaloid. Alkaloid merupakan golongan senyawa metabolit sekunder yang bersifat basa dengan satu atau lebih atom nitrogen yang umumnya berada dalam gabungan sistem siklik (Harborne, 1997). Alkaloid dapat ditemukan pada berbagai bagian tanaman, seperti bunga, biji, daun, ranting, akar dan kulit batang. Alkaloid umumnya ditemukan dalam kadar yang kecil dan harus dipisahkan dari campuran senyawa yang rumit yang berasal dari jaringan tumbuhan (Wink, 2008).

Alkaloid merupakan zat aktif dari tanaman yang berfungsi sebagai obat dan aktivator kuat bagi sel imun yang dapat menghancurkan bakteri, virus, jamur, dan sel kanker (Olivia *et al.*, 2004). Alkaloid mempunyai aktivitas antimikroba dengan menghambat esterase, DNA, RNA polimerase, dan respirasi sel serta berperan dalam interkalasi DNA (Aniszewski, 2007). Menurut Setiabudy *et al.* (2007) sebagai antifungi, alkaloid menyebabkan kerusakan membran sel. Alkaloid akan berikatan kuat dengan ergosterol membentuk lubang yang menyebabkan kebocoran membran sel. Hal ini mengakibatkan kerusakan yang tetap pada sel dan kematian sel pada jamur. Penulisan artikel ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan fungsi senyawa alkaloid sebagai antifungi pada tumbuhan

Meode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penulisan artikel ini adalah menggunakan literature review dengan tiga database, yaitu Google Scholar, Google Books, dan Z Library dengan tahun terbitan secara acak. Bagian utama yang diambil sebagai literature review dalam penulisan artikel ini adalah bagian abstrak, pendahuluan, pembahasan serta kesimpulan pada studi literatur.

Karakteristik Senyawa Alkaloid

Alkaloid adalah senyawa metabolit sekunder terbanyak yang memiliki atom nitrogen, yang ditemukan dalam jaringan tumbuhan. Alkaloid berperan dalam metabolisme dan mengendalikan perkembangan dalam sistem kehidupan tumbuhan. Sebagian besar senyawa alkaloid bersumber dari tumbuh-tumbuhan, terutama angiospermae. Lebih dari 20% spesies angiospermae mengandung alkaloid (Wink, 2008; Gusmiarni *et al.*, 2021). Alkaloid dapat ditemukan pada berbagai bagian tanaman, seperti bunga, biji, daun, ranting, akar dan kulit batang. Alkaloid umumnya ditemukan dalam kadar yang kecil dan harus dipisahkan dari campuran senyawa yang rumit yang berasal dari jaringan tumbuhan (Ningrum *et al.*, 2016).

Ciri-ciri alkaloid umumnya berbentuk padat (kristal), meskipun dalam suhu kamar ada yang cair (misalkan nikotin), memutar bidang polarisasi, terasa pahit, bentuk garam larut dalam air dan larut dalam pelarut organik dalam bentuk bebas atau basanya (Harborne, 1997). Senyawa aktif dalam tanaman yang bersifat racun bagi manusia tetapi dapat digunakan sebagai obat adalah alkaloid sehingga digunakan secara luas dalam bidang pengobatan, alkaloid yang tersebar luas di dunia tumbuhan terdapat dalam tumbuhan sebagai garam organik dimana alkaloid diperoleh dengan mengekstraksi bahan tumbuhan memakai air yang diasamkan dan dilarutkan sebagai garam (Hanani, 2016).

Senyawa Alkaloid sebagai Antifungi

Alkaloid pada tanaman berfungsi sebagai racun yang dapat melindunginya dari serangga dan herbivora, faktor pengatur pertumbuhan, dan senyawa simpanan yang mampu menyuplai nitrogen dan unsur-unsur lain yang diperlukan tanaman (Wink, 2008). Senyawa alkaloid bersifat sebagai antifungi karena senyawa ini bekerja dengan mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel jamur sehingga menyebabkan gagalnya proses pembentukan dinding sel secara utuh dan akan menyebabkan sel menjadi mati (Sari *et al.*, 2022).

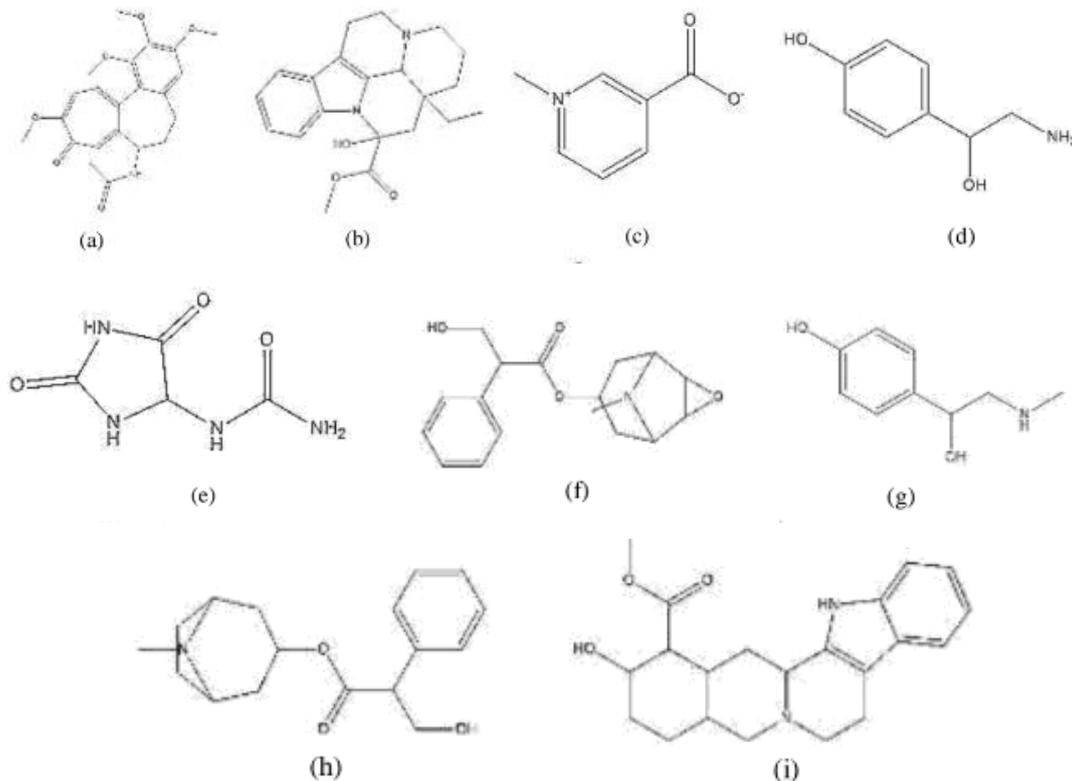
Alkaloid merupakan senyawa yang memiliki aktivitas antifungi dengan cara menghambat esterase DNA dan RNA polymerase (Fatma *et al.*, 2021). Di dalam senyawa alkaloid terkandung komponen kimia berupa antrakuinon, glikosida dan resin yang mampu menembus dinding sel jamur, sehingga terjadi gangguan pada proses metabolisme didalam sel jamur yang mengakibatkan terganggunya pertumbuhan sel pada konsentrasi tertentu akan berakibat terjadinya kematian pada sel jamur tersebut (Utami *et al.*, 2022).

Aniszewki (2007) menjelaskan bahwa alkaloid akan mengganggu pertumbuhan jamur dengan cara masuk ke dinding sel dan mencegah replikasi DNA sehingga pembentukan DNA dan RNA akan terganggu (Advinda & Nabilla, 2022). Senyawa alkaloid bekerja dengan menghambat biosintesis asam nukleat pada jamur, sehingga menyebabkan jamur tidak dapat berkembang (Adegoko & Adebayo-tayo, 2009).

Dewi & Wuryandari (2019) menjelaskan bahwa alkaloid sebagai antifungi bekerja dengan merusak membran sel. Dimana alkaloid akan berikatan kuat dengan ergosterol membentuk lubang yang menyebabkan kebocoran membran sel hal ini akan menyebabkan kerusakan yang tetap pada sel dan menyebabkan kematian pada sel fungi. Secara umum adanya kerja suatu bahan kimia sebagai zat antifungi dapat mengakibatkan terjadinya perubahan-perubahan yang mengarah pada kerusakan sehingga terhambatnya pertumbuhan sel fungi tersebut (Chatri & Primayani, 2018).

Struktur Senyawa Alkaloid

Alkaloid mempunyai struktur kimia berupa sistem lingkaran heterosiklis dengan nitrogen sebagai hetero atomnya. Unsur-unsur penyusun alkaloid adalah karbon, hidrogen, nitrogen, dan oksigen. Namun terdapat beberapa alkaloid yang tidak mengandung oksigen. Adanya nitrogen dalam lingkaran pada struktur kimia alkaloid menyebabkan alkaloid bersifat alkali (Sumardjo, 2009). Berikut ini adalah contoh struktur alkaloid (Gambar 1) :



Gambar 1. Contoh struktur alkaloid: (a) colchicin; (b) vincamine; (c) trigonelline; (d) octopamine; (e) allantoin; (f) scopolamine; (g) synephrine; (h) atropine dan (i) yohimbine.

Alkaloid yang mengandung atom oksigen dalam biasanya berbentuk padat dan bisa dikristalkan kecuali pilokarpin, arekolin, nikotin, dan koniin cair pada suhu biasa. Di antaranya berasa pahit, kadang-kadang berwarna,

contohnya berberin, sanguinarin, dan kheleritrin. Kebanyakan alkaloid bisa memutar bidang polarisasi, tetapan ini dipakai buat penentuan kemurnian. Jika masih ada bentuk dextra dan levo maka bentuk levo memiliki aktivitas hayati

lebih kuat. Alkaloid yang tidak mengandung atom oksigen umumnya berbentuk cair, mudah menguap, dapat diuapkan dengan uap air, misalnya koniin, nikotin, dan spartemne. Mereka memiliki bau yang kuat. Secara umum, alkaloid basa kurang larut dalam air dan larut dalam pelarut organik, meskipun beberapa pseudoalkaloid dan protoalkaloid mudah larut dalam air. Sifat basa dan basa bergantung pada keberadaan pasangan elektron tunggal dalam nitrogen. Ketika gugus fungsi yang digabungkan dengan nitrogen kehilangan elektron, misalnya gugus alkil, penambahan elektron ke nitrogen membuat senyawa lebih basa. Oleh karena itu, trietilamina adalah basa paling dasar dari dietilamin (Amin *et al.*, 2021).

Sifat Senyawa Alkaloid

● Sifat Fisika

Umumnya mempunyai 1 atom N meskipun ada beberapa yang memiliki lebih dari 1 atom N seperti pada Ergotamin yang memiliki 5 atom N. Atom N ini dapat berupa amin primer, sekunder maupun tertier yang semuanya bersifat basa (tingkat kebasaannya tergantung dari struktur molekul dan gugus fungsionalnya) (Mukhriani, 2014). Kebanyakan alkaloid yang telah diisolasi berupa padatan kristal tidak larut dengan titik lebur yang tertentu atau mempunyai kisaran dekomposisi. Sedikit alkaloid yang berbentuk amorf. Kebanyakan alkaloid tidak berwarna, tetapi beberapa senyawa yang kompleks, species aromatik berwarna (contoh berberin berwarna kuning dan betanin berwarna merah). Pada umumnya, basa bebas alkaloid hanya larut dalam pelarut organik, meskipun beberapa pseudo alkaloid dan proto alkaloid larut dalam air. Garam alkaloid quartener sangat larut dalam air (Anonim, 2018).

● Sifat Kimia

Kebanyakan alkaloid bersifat basa. Sifat tersebut tergantung pada adanya pasangan elektron pada nitrogen. Jika gugus fungsional yang berdekatan dengan nitrogen bersifat melepaskan elektron, sebagai contoh; gugus alkil, maka ketersediaan elektron pada nitrogen naik dan senyawa lebih bersifat basa. Hingga trietilamin lebih basa daripada dietilamin dan senyawa dietilamin lebih basa daripada etilamin. Sebaliknya, bila gugus fungsional yang berdekatan 54 bersifat menarik elektron (contoh; gugus karbonil), maka ketersediaan pasangan elektron berkurang dan pengaruh yang ditimbulkan alkaloid dapat bersifat netral atau bahkan sedikit asam. Contoh; senyawa yang mengandung gugus amida.

Kebasaan alkaloid menyebabkan senyawa tersebut sangat mudah mengalami dekomposisi, terutama oleh panas dan sinar dengan adanya oksigen. Hasil dari reaksi ini sering berupa N-oksida. Dekomposisi alkaloid selama atau setelah isolasi dapat menimbulkan berbagai persoalan jika penyimpanan berlangsung dalam waktu yang lama. Pembentukan garam dengan senyawa organik (tartarat, sitrat) atau anorganik (asam hidroklorida atau sulfat) sering mencegah dekomposisi. Itulah sebabnya dalam perdagangan alkaloid lazim berada dalam bentuk garamnya (Mukhriani, 2014).

Klasifikasi Alkaloid

Secara umum alkaloid dapat digolongkan berdasarkan strukturnya menjadi alkaloid heterosiklik dan alkaloid non heterosiklik. Atom N pada alkaloid non heterosiklik dapat berupa atom N primer (meskalin), sekunder (efedrin), tersier (atropin) dan kuartener (tubokurarin). Sedangkan alkaloid heterosiklik dapat diklasifikasikan lagi berdasarkan struktur cincin yang dimilikinya yakni pirol atau pirolidin (higrin), pirolizidin (seneklonin), piridin dan piperidin (piperin, lobelin), tropan (kokain), kuinolin (kuinin, kuinidin), aporfin (boldin), kuinolizidin (spartein), indol atau benzopirol (ergometrin), indilizidin (swainsonin), imidazol (pilocarpin), purin (kafein), steroidal (solanidin), dan terpenoid (akonitin) (Cahyan, 2012).

Berdasarkan kesamaan struktur kimianya alkaloid dibagi dalam 14 kelompok yaitu, Pirolidin, Piperidin, Piridin, Indolizidin, Quinolizidin, Pirolizidin, Indol, Imidazol, Quinolin, Isoquinolin, Purin, Quinazolin, Tropan, dan Phenethylamina. Alkaloid jenis isoquinolin, termasuk didalamnya aporphina, proaporphina dan oksoaporphina merupakan jenis yang paling banyak ditemukan pada suku Lauraceae (Nautiyal *et al.*, 2013; Pfister *et al.*, 2001).

Menurut Amin *et al.* (2021), berdasarkan biosintesis asam aminonya, alkaloid digolongkan menjadi :

1) True alkaloid

Golongan ini biasanya memiliki sifat beracun, menunjukkan berbagai aktivitas biologis, hampir basa, biasanya mengandung nitrogen dalam cincin heterosiklik, berasal dari asam amino, memiliki distribusi klasifikasi terbatas, dan biasanya digunakan sebagai garam dari asam organik pada tumbuhan. Beberapa pengecualian untuk aturan ini adalah colchicine dan asam aristolochic, yang bebas alkali, tanpa heterosiklus dan alkaloid amonium kuaterner, dan mereka adalah asam non-basa.

2) Pseudo alkaloid

Tidak berasal dari asam amino. Biasanya bersifat basa. Ada dua jenis alkaloid dalam kelompok ini, yaitu alkaloid steroid dan alkaloid purin. Alkaloid steroid contohnya konesin. sedangkan alkaloid purin contohnya yaitu kafein, teobromin, dan teofilin.

3) Proto alkaloid

Amina sederhana yang nitrogen asam aminonya tidak berada dalam cincin heterosiklik. Ini dibiosintesis dari asam amino dan bersifat basa. Untuk kelompok senyawa ini, istilah bicamina sering digunakan. Misalnya: Mescaline, Ephedrine, dan N,N Dimethyltryptamine.

Metode Pemurnian dan Karakterisasi Senyawa Alkaloid

Metode yang biasa digunakan untuk pemurnian dan karakterisasi senyawa alkaloid yaitu mengandalkan sifat kimia alkaloid yaitu kebiasaannya dan pendekatan khusus harus dikembangkan untuk beberapa alkaloid (seperti rutaekarpina, kolkisina, risinina) yang tidak bersifat basa. Alkaloid diperoleh dengan cara mengekstraksi bahan tumbuhan menggunakan asam yang melarutkan alkaloid sebagai garam atau bahan tumbuhan dapat dibasakan dengan natrium karbonat dan sebagainya lalu basa bebas diekstraksi dengan pelarut organik seperti kloroform, eter dan sebagainya. Beberapa alkaloid sintesis dapat terbentuk jika menggunakan pelarut yang reaktif. Untuk alkaloid yang dapat menguap seperti nikotina dapat dimurnikan dengan cara penyulingan uap dari larutan yang dibasakan. Larutan dalam air yang bersifat asam dan mengandung alkaloid dapat dibasakan kemudian diekstraksi dengan pelarut organik sehingga senyawa netral dan asam yang mudah larut dalam air tertinggal dalam air (Padmawinata, 1995).

Penutup

Alkaloid adalah senyawa metabolit sekunder terbanyak yang memiliki atom nitrogen, yang ditemukan dalam jaringan tumbuhan. Alkaloid dapat menghambat pertumbuhan jamur dengan cara menyisip di antara dinding sel dan DNA jamur sehingga pertumbuhan jamur akan terganggu. Alkaloid mempunyai struktur kimia berupa sistem lingkaran heterosiklis dengan nitrogen sebagai hetero atomnya. Kebanyakan alkaloid yang telah diisolasi berupa padatan kristal tidak larut dengan titik lebur yang tertentu. Kebanyakan alkaloid bersifat basa, sifat tersebut tergantung pada adanya pasangan elektron pada nitrogen. Metode yang biasa digunakan untuk pemurnian dan karakterisasi senyawa alkaloid yaitu mengandalkan sifat kimia alkaloid.

Daftar Pustaka

- Aniszewki, T. 2007. *Alkaloid Secrets of Life*. Amsterdam : Elsevier.
- Adegoke, AA & Adebayo-tayo, BC. 2009. 'Antibacterial activity and phytochemical analysis of leaf extracts of *Lasienthera africanum*'. *African Journal of Biotechnology*. 8 (1) : 77-80.
- Advinda, L. & Nabilla, A. N. 2022. Antimicrobial Activities Of Solid Soap Against *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* Human Pathogen Bacteria. *Jurnal Serambi Biologi*. 7(4) : 306-310.
- Anonim. 2018. *Analisis Farmasi*. Jakarta : Uhamka.
- Amin, S., Andri, C. N., Selvira, A. I. M. 2021. *Skrining Virtual Senyawa Alkaloid Sebagai Inhibitor Main Protease Untuk Kandidat Anti-Sars-Cov-2*. Jakarta : Deepublish.
- Cahyan, F. Roshamur. 2012. Isolasi, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Antioksidan Senyawa Alkaloid dari Kulit Batang *Phoebe Declinata* Nees. *Skripsi*. FMIPA. Universitas Indonesia.
- Chatri, M. & Primayani, S. A. 2018. Efektivitas Ekstrak *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. Dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Sclerotium rolfsii* Secara In Vitro. *BioSains*. 1 (1) : 59-66.

- Dewi, S. U., & Wuryandari, W. 2019. Aktivitas Antifungi Rebung Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) Terhadap Pertumbuhan *Candida albicans* dengan Variasi Lama Waktu Rebusan. *PhD Thesis*. Akademi Farmasi Putera Indonesia Malang.
- Dias, D. A, Urban, S. and Roessner, U. 2012. A historical overview of natural products in drug discovery. *Metabolites*. 2 (2) : 303–36.
- Ergina, Siti, N., Indrarini, D. P. 2014. Uji Kualitatif Senyawa Metabolit Sekunder Pada Daun Palado (*Agave angustifolia*) yang Diekstraksi dengan Pelarut Air dan Etanol. *Jurnal Akademika Kimia*. 3 (3) : 165-172.
- Fatma, M., Chatri, M., Fifendy, M., & Handayani, D. 2021. Effect of Papaya Leaf Extract (*Carica papaya* L.) on Colony Diameter and Percentage of Growth Inhibition of *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Serambi Biologi*. 6(2), 9-14.
- Gusmiarni, A. N., Moralita, C., Des, M. 2021. Efektivitas Antijamur Ekstrak Daun *Hyptis suaveolens* (L.) Poit Terhadap Koloni *Fusarium oxysporum*. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. 1 (2) : 1619-1624.
- Hanani E, 2016. *Analisis Fitokimia*. Jakarta : Buku Kedokteran.
- Harborne JB. 1997. *Phytochemical Methods*. Terjemahkan. Padmawinata K., Soediro I. Penerbit ITB, Bandung.
- Mukhriani. 2014. *Farmknosi Analisis*. Makassar : UIN Alauddin.
- Nautiyal, O. H., 2013. Natural Products from Plant, Microbial and Marine Species. *The Experiment International Journal of Science and Technology*. 10(1): 611–646.
- Ningrum, R., Elly, P., Sukarsono. 2016. Alkaloid Compound Identification of *Rhodomyrtus tomentosa* Stem as Biology Instructional Material for Senior High School X Grade. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 2 (3) : 231-236.
- Olivia, F. , Alam, S., & Hadibroto, I. 2004. *Seluk Beluk Food Suplemen*. Jakarta : Gramedia.
- Padmawinata, K. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. Bandung: Penerbit ITB (Terjemahan dari Robinson , T. 1991. *The Organic Constituents of Higher Plant*, 6th ed).
- Pfister, J. A., Panter, K. I. P. E., Gardner, D. R., Stegelmeier, B. L., Ralphs, M. H., Molyneux, R. J. and Lee, S. T. 2001. Alkaloids as Anti-Quality Factors in Plants on Western U.S. Rangelands Do Alkaloids Alter Diet. *J. Range Manage*. 54 : 447–461.
- Riska, A., Weny, J. A. M., La, A. 2013. Identifikasi Senyawa Alkaloid Dari Ekstrak Metanol Kulit Batang Mangga (*Mangifera indica* L). *Jurnal Entropi*. 7 (1) : 514-519.
- Sari, K., Advinda, L., Anhar, A., & Chatri, M. 2022. Potential Of Red Shoot Leaf Extract (*Syzygium oleina*) as An Antifungi Against The Growth of *Sclerotium rolfsii* in vitro. *Jurnal Serambi Biologi*. 7(2). 163-168.
- Setiabudy, R. & Bahry, B. 2007. *Farmakologi dan Terapi: Obat Jamur. Edisi 5*. Jakarta : Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Sumardjo, D. 2009. *Pengantar Kimia: Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata I Fakultas Bioeksata. 1st edition*. Edited by A. Hanif, J. Marunung, and J. Simanjuntak. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Utami, M. D., Linda, A., Violita, Moralita, C. 2022. Efektivitas Ekstrak Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) Sebagai Antifungi Terhadap Pertumbuhan *Sclerotium rolfsii* Secara In Vitro. *Serambi Biologi*. 7 (2) : 199-204.
- Wink, M. 2008. *Ecological Roles of Alkaloids*. Wink, M. (Eds.) *Modern Alkaloids, Structure, Isolation Synthesis and Biology*. Jerman : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.