

IDENTIFIKASI SENYAWA ALKALOID DARI EKSTRAK ETANOL KULIT BATANG *Strychnos ligustrina* MENGGUNAKAN LIQUID CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY (LC-MS)

Siti Wanda Nurwanti*, Andriningrum Sarnoko, Atika Wulandari

Prodi Farmasi, Politeknik Hang Tuah Jakarta, Jl. Farmasi No.1 Bendungan Hilir,
Jakarta Pusat 10210

* Corresponding author: Siti Wanda Nurwanti
email: sitiwandanurwanti@gmail.com

Received February 15, 2023; Accepted July 23, 2023; Published July 31, 2023

ABSTRAK

Kayu bidara Laut (*Strychnos ligustrina*) telah dimanfaatkan secara turun-temurun oleh penduduk Nusa Tenggara Barat dan Bali sebagai obat tradisional untuk penyakit malaria. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kandungan senyawa kimia golongan alkaloid yang terkandung dalam ekstrak etanol kulit kayu bidara laut. Metode ekstraksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah maserasi dengan menggunakan pelarut etanol 70%. Identifikasi kandungan alkaloid pada ekstrak kulit kayu bidara laut dilakukan dengan menggunakan instrumen LC-MS. Elusi gradien dilakukan selama 16 menit pada kolom fase balik dengan fase gerak yang digunakan adalah asam asetonitril dan asam format. Berdasarkan hasil analisis teridentifikasi lima senyawa alkaloid yaitu senyawa 3-iso-ajmalicine pada m/z 353.1847, dan waktu retensi 4.26 menit, senyawa brucine pada m/z 395.1953, dan waktu retensi 5.06 menit, serta molekul $C_{24}H_{28}N_2O_4$, $C_{22}H_{24}N_2O_3$, $C_{11}H_{17}NO_6$ yang terkonfirmasi pada m/z masing – masing 409.2107, 365.1848, 260.1116, dan waktu retensi berturut – turut 4,90 menit, 5,35 menit, dan 1,32 menit. 3-iso-ajmalicine baru terkonfirmasi ada pada ekstrak kulit kayu bidara laut.

Kata kunci: 3-iso-ajmalicine, bidara laut, brucine, *Strychnos ligustrina*

ABSTRACT

Bidara Laut (*S. ligustrina*) stem bark is commonly used by the society of West Nusa Tenggara and Bali as an antimalaria treatment. The study aims to quantify the number of chemical components from the alkaloid family present in the ethanolic extract of *S. ligustrina* bark. With a 70% ethanol-based solvent, the bark of *S. ligustrina* was extracted using the maceration process. LC-MS was used to assess the number of alkaloids present in the bark of *S. ligustrina*. In a reverse phase column using acetonitrile and formic acid as the mobile phases, gradient elution was carried out for 16 minutes. Five alkaloid compounds were discovered as a consequence of the investigation, including the 3-iso-ajmalicine molecule, which had an m/z of 353.1847 and a retention time of 4.26 minutes, and the brucine compound, which had an m/z of 395.1953 and a retention time of 5.06 minutes. The other 3 molecules are confirmed with m/z of that molecules $C_{24}H_{28}N_2O_4$, $C_{22}H_{24}N_2O_3$, and $C_{11}H_{17}NO_6$ are 409.2107, 365.1848, and 260.1116, respectively, and their retention times are 4,90 minutes, 5,35 minutes, and 1,32 minutes. 3-iso-ajmalicine has just been confirmed to be present in *S. ligustrina* stem bark.

Keywords: 3-iso-ajmalicine, bidara laut, brucine, *Strychnos ligustrina*

PENDAHULUAN

Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) penghasil senyawa obat merupakan HHBK yang sangat potensial untuk dikembangkan. Salah satu HHBK yang bisa dikembangkan adalah tanaman kayu

bidara laut (*Strychnos ligustrina*) yang sudah lama digunakan sebagai obat tradisional di Nusa Tenggara Barat (NTB) dan Bali¹. Tanaman kayu bidara laut (*S. ligustrina*) secara tradisional digunakan untuk mengobati penyakit malaria¹. Pada penelitian sebelumnya didapatkan informasi bahwa ekstrak etil asetat hingga fraksi dari kulit batang kayu bidara laut yang diuji secara *in vitro* terhadap polimerisasi heme bisa memiliki aktivitas sebagai antimalaria². Selain aktivitas antimalaria, tanaman ini juga telah teruji memiliki aktivitas lainnya yaitu analgesik, anti inflamasi³, antibakteri⁴, tonikum, demam, obat luka⁵, antidiabetes⁶, antioksidan dan antikanker⁷. Tanaman ini juga sudah diteliti mengandung beberapa golongan metabolit sekunder yaitu flavonoid, tanin, triterpenoid, dan senyawa alkaloid yaitu *brucine* dan *strychnine*⁸. Kandungan alkaloid yang ada dalam tanaman *S. ligustrina* ini diyakini yang berperan penting dalam aktivitas antimalaria^{9,10}.

Strychnos ligustrina merupakan tumbuhan endemik yang berasal dari wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB) yang tergolong ke dalam Famili *Loganiaceae*. Meskipun tanaman ini juga banyak dijumpai di beberapa daerah Nusantara lainnya seperti Pulau Rote, Pulau Timor, Kalimantan, Bali, Jawa Timur dan di Taman Nasional Meru Betiri. *S. ligustrina* bisa tumbuh pada ketinggian 1 hingga 1500 meter di atas permukaan laut¹. *S. ligustrina* memiliki beberapa nama daerah, tidak hanya kayu bidara laut saja, nama lainnya seperti bidara putih, bidara pahit, kayu ular (Sumatera), bidara gunung lapai (Jawa) dan bidara mapa (Sulawesi). Pemanfaatan *S. ligustrina* untuk menyembuhkan beberapa penyakit tersebut merupakan tradisi turun-temurun yang berakar dari tradisi leluhur. Secara tradisional, bagian tumbuhan kayu bidara laut yang digunakan sebagai obat adalah bagian kulit batang kayu⁶.

Liquid Chromatograph-tandem Mass Spectrometry (LC-MS) merupakan teknik kimia analisis yang menggabungkan kemampuan pemisahan fisik kromatografi cair dengan menggunakan detektor spektrometer massa¹¹. Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh LC-MS yaitu instrumen ini memiliki spesifitas yang tinggi, penggunaan yang luas dengan sistem yang praktis, fleksibilitas dan kaya akan informasi¹². Data yang didapatkan dari instrumen ini berupa kromatogram alur tinggi (*peak*) dengan bobot molekul dari senyawa yang terdapat dalam sampel yang diuji sehingga bisa kita ketahui jumlah senyawa yang dikandung pada setiap bahan uji¹³. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa alkaloid apa saja yang terdapat didalam ekstrak etanol kulit kayu bidara laut yang diyakini memiliki peranan penting dalam aktivitas farmakologis ekstrak kayu bidara laut sebagai antimalaria.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Kimia Farmasi Politeknik Hang Tuah Jakarta, dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).

Determinasi Tanaman

Sampel yang digunakan adalah kulit kayu bidara laut yang diambil dari Bima, Nusa Tenggara Barat. Kemudian dilakukan uji determinasi terhadap sampel tanaman bidara laut tersebut di Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Cibinong Bogor.

Ekstraksi Kulit Kayu Bidara Laut

Sebanyak 700 gram serbuk kulit kayu bidara laut (*S. ligustrina*) diekstraksi dengan metode maserasi selama 3x24 jam menggunakan 2,5L pelarut etanol 70%. Ekstrak etanol yang didapatkan kemudian ditambahkan HCl 2M dan etil asetat sehingga membentuk dua lapisan yaitu lapisan asam dan lapisan etil asetat. Penambahan NH_4OH dan etil asetat dilakukan kedalam lapisan asam, agar alkaloid bebas bisa terlarut ke dalam fraksi etil asetat. Fraksi etil asetat dari ekstrak etanol *S. ligustrina* kemudian dipekatkan dengan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu $50^\circ\text{C}^{14,15}$.

Identifikasi Kandungan Alkaloid Ekstrak Etanol Kulit Kayu Bidara Laut dengan Menggunakan LC-MS

Identifikasi senyawa yang terkandung dalam ekstrak etanol kulit kayu bidara laut dianalisis dengan menggunakan *liquid chromatography-mass spectrometry* seri Xevo G2-XS QToF. Sebanyak 2gr fraksi etil asetat ekstrak etanol kulit kayu bidara laut dilarutkan ke dalam 14ml asam format kemudian dilakukan pengocokan selama 30 menit. Larutan yang didapat kemudian disentrifus pada kecepatan 4.000 rpm selama 10 menit, supernatan yang telah didapatkan selanjutnya dipisahkan dan diambil sebanyak 1,4ml untuk disentrifus ulang pada kecepatan 13.000 rpm selama 30 menit. Supernatan yang dihasilkan kemudian disaring dengan filter PVDF (*Polyvinylidene fluoride*). Sejumlah 50 μl supernatan diencerkan dengan menggunakan 950 μl pelarut asetronitril, dan dikocok selama 30 detik kemudian disentrifus kembali pada 13.000 rpm selama 30 menit untuk lanjut dipindahkan ke auto sampler vial dan siap untuk dianalisis¹⁶.

Sistem yang digunakan dalam LC/MS adalah sistem fase terbalik. Fase gerak yang digunakan adalah Asam format 0,1 % dan Asetonitril Kolom C18 digunakan sebagai fase diam pada temperatur kolom 40°C dan temperature sampel 20°C . Teknik ionisasi yang digunakan adalah metode Elektrospray (ESI) deteksi ion positif dengan Kapiler 2 kV, Cone 30 V, aliran gas nitrogen pada cone 50 L/h dan generator nitrogen dengan suhu 120°C^{16} .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 700 gram serbuk kulit kayu bidara laut (*S. ligustrina*) diekstraksi dengan menggunakan pelarut etanol melalui metode maserasi dengan tujuan mengikat alkaloid dalam bentuk garamnya¹⁷. Metode maserasi dipilih dengan tujuan agar tidak merusak senyawa yang bersifat tidak tahan panas,

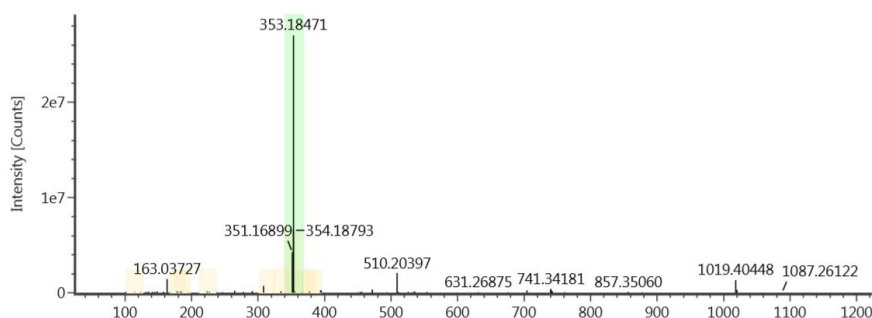
terutama untuk senyawa baru yang belum kita ketahui stabilitas fisiknya¹⁸. Penambahan HCl ke dalam ekstrak etanol kulit kayu bidara laut bertujuan untuk mengikat alkaloid bebas sehingga membentuk garam alkaloid yang selanjutnya dilakukan penambahan NH_4OH agar alkaloid berada kembali pada bentuk bebasnya sehingga bisa terlarut pada etil asetat¹⁵. Ekstrak etanol kulit kayu bidara laut kemudian dianalisis dengan menggunakan LC-MS, fase gerak yang digunakan adalah asam format 0,1% dan asetonitril. Pada hasil uji identifikasi senyawa kimia dari ekstrak etanol kulit kayu bidara laut menggunakan LC-MS teridentifikasi beberapa senyawa alkaloid yaitu *3-Iso-ajmalicine*, *brucine*, $\text{C}_{24}\text{H}_{28}\text{N}_2\text{O}_4$, $\text{C}_{22}\text{H}_{24}\text{N}_2\text{O}_3$, dan $\text{C}_{11}\text{H}_{17}\text{NO}_6$ yang belum diketahui nama senyawa kimia secara spesifik dikarenakan tidak lengkapnya bank data yang ada. Untuk senyawa *3-Iso-ajmalicine* baru terkonfirmasi ada di dalam kandungan ekstrak kulit kayu bidara laut. Senyawa Alkaloid yang sebelumnya terkonfirmasi ada dalam tanaman *S. ligustrina* adalah *Brucine* dan *Strychnine*⁸. Hasil identifikasi senyawa alkaloid yang terkandung dalam ekstrak etanol kulit kayu bidara dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil identifikasi senyawa alkaloid yang terkandung dalam ekstrak etanol kulit kayu bidara laut (*S.ligustrina*)

No	Nama Komponen	Status Identifikasi	Observasi m/z	Massa Netral (Da)	Waktu Retensi (min)	Jumlah terdeteksi
1	<i>3-Iso-ajmalicine</i>	Identifikasi	353.1874	352.17689	4.26	983643
2	<i>Brucine</i>	Identifikasi	395.1953	394.18926	5.05	2939350
3	$\text{C}_{24}\text{H}_{28}\text{N}_2\text{O}_4$	Identifikasi	409.2107	408.20491	4.91	2153123
4	$\text{C}_{22}\text{H}_{24}\text{N}_2\text{O}_3$	Identifikasi	365.1848	364.17869	5.35	724329
5	$\text{C}_{11}\text{H}_{17}\text{NO}_6$	Identifikasi	260.1116	259.10559	1.33	68715

3-iso-Ajmalicine

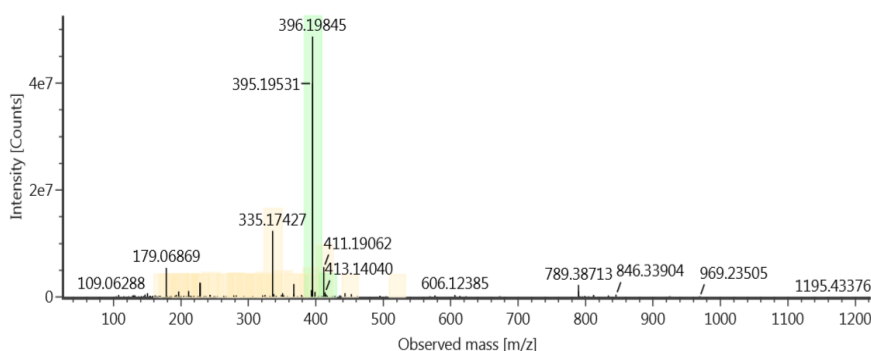
Alkaloid digolongkan menjadi beberapa kelompok berdasarkan struktur kimia senyawa penyusunnya. *Ajmalicine* tergolong kedalam kelompok alkaloid monoterpene indol. *Ajmalicine* banyak ditemukan pada bagian tanaman tapak dara (*Catharanthus roseus*) yang biasa digunakan sebagai obat antikanker dan antihipertensi¹⁹. Kebutuhan akan *ajmalicine* terus bertambah setiap tahunnya. Kebutuhan akan senyawa tersebut mencapai 3600 kg/tahun, sehingga *ajmalicine* sangat potensial untuk diproduksi dalam jumlah banyak di masa yang akan datang²⁰. Pada penelitian ini *3-iso-ajmalicine* terdeteksi ada dalam kandungan ekstrak etanol kulit kayu bidara laut dengan menggunakan LC-MS yang muncul pada puncak (peak) kromatogram pada waktu retensi menit ke 4,26, dan memiliki massa molekul relatif (Mr) yaitu 352,17869. Spektogram LC-MS dari Senyawa *3-Iso-ajmalicine* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Spektogram LC-MS dari Senyawa *3-Iso-ajmalicine*

Brucine

Brucine merupakan alkaloid yang terkait erat dengan *strychnine*, dan paling sering ditemukan di pohon *Strichnos nux-vomica*²¹. *Brucine* dan *strychnine* adalah senyawa kimia utama yang dapat ditemukan pada bagian biji, daun, dan kulit kayu tanaman bidara laut². Berdasarkan hasil uji farmakologi, *brucine* memiliki efek antiinflamasi, analgesik, dan antitumor. Namun, toksisitasnya terhadap sistem saram pusat membuat penggunaan senyawa *brucine* ini menjadi terbatas²². Pada hasil identifikasi senyawa kimia menggunakan LC-MS, ditemukan adanya senyawa *brucine* pada ekstrak namun tidak ditemukannya senyawa *strychnine* secara spesifik, hal tersebut dikarenakan tidak lengkapnya bank data untuk mengidentifikasi senyawa tersebut. Senyawa *brucine* muncul pada puncak-puncak (peak) kromatogram pada waktu retensi menit ke 5.05 dan memiliki massa molekul relatif (Mr) yaitu 394,18926. Spektogram LC-MS dari Senyawa *Brucine* dapat dilihat pada gambar 2.

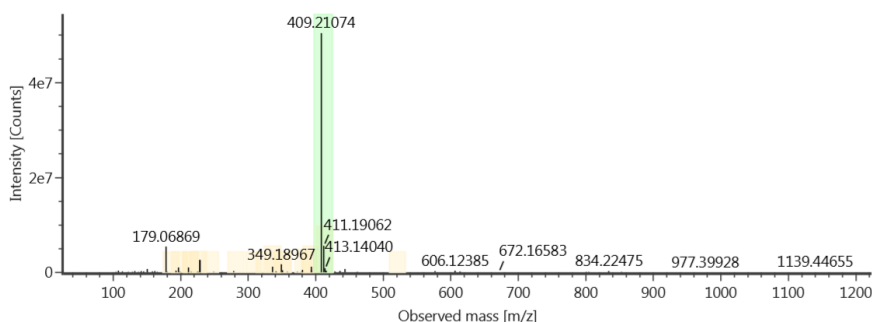


Gambar 2. Spektogram LC-MS dari Senyawa *Brucine*

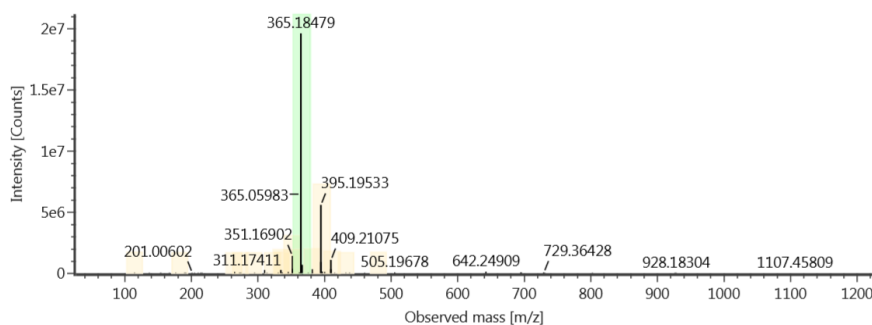
Senyawa $C_{24}H_{28}N_2O_4$, $C_{22}H_{24}N_2O_3$, dan $C_{11}H_{17}NO_6$

Selain *3-iso-ajmalicine* dan *brucine* terdapat 3 senyawa lainnya yang terdeteksi dalam ekstrak etanol kulit kayu bidara laut yaitu Senyawa $C_{24}H_{28}N_2O_4$, $C_{22}H_{24}N_2O_3$, dan $C_{11}H_{17}NO_6$. Ketiga senyawa tersebut tidak terdeteksi nama senyawanya secara spesifik melalui alat LC-MS yang kami gunakan. Penamaan senyawa kami dapatkan berdasarkan hasil penelusuran Pustaka melalui *database* yang ada di PubChem. Senyawa $C_{24}H_{28}N_2O_4$ (1-[3-[(2-hydroxy-3-phenoxypropyl)amino]anilino]-3-

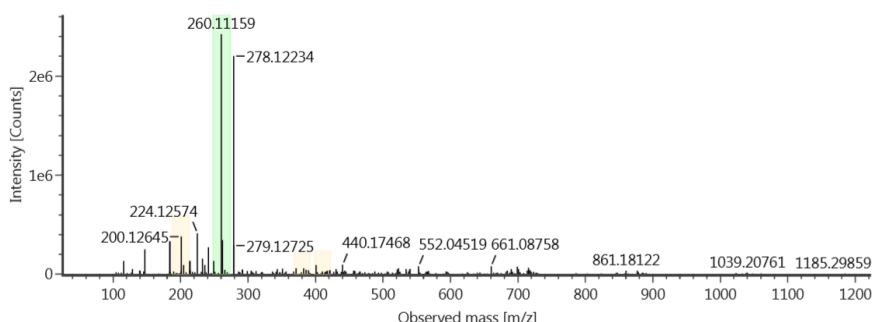
phenoxypropan-2-ol)²³ muncul puncak (peak) kromatogram pada waktu retensi menit ke 4,91, dan memiliki massa molekul relatif (Mr) yaitu 408,20491. Untuk senyawa $C_{22}H_{24}N_2O_3$ ((2*S*)-2-[3-(furan-2-ylmethoxymethyl)anilino]-*N*-(2-methylphenyl)propenamide)²⁴ muncul puncak (peak) kromatogram pada waktu retensi menit ke 5,53, dan memiliki massa molekul relatif (Mr) yaitu 364,17869. Sedangkan untuk senyawa $C_{11}H_{17}NO_6$ (prop-2-ynyl 2-acetamido-2-deoxy-beta-D-glucopyranoside)²⁵ muncul puncak (peak) kromatogram pada waktu retensi menit ke 1,33, dan memiliki massa molekul relatif yaitu 259,10559. Spektogram LC-MS dari Senyawa $C_{24}H_{28}N_2O_4$, $C_{22}H_{24}N_2O_3$, dan $C_{11}H_{17}NO_6$ dapat dilihat pada gambar 3, 4, dan 5.



Gambar 3. Spektogram LC-MS dari Senyawa $C_{24}H_{28}N_2O_4$



Gambar 4. Spektogram LC-MS dari Senyawa $C_{22}H_{24}N_2O_3$



Gambar 5. Spektogram LC-MS dari Senyawa $C_{11}H_{17}NO_6$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa di dalam Ekstrak etanol kulit kayu bidara laut terdapat beberapa senyawa kimia golongan alkaloid yang dapat terdeteksi dengan *Liquid Chromatography-Mass Spectrometry* (LC-MS) yaitu senyawa *3-Iso-ajmalicine* yang baru terkonfirmasi ada dalam ekstrak kulit kayu bidara laut, serta senyawa lainnya yaitu *brucine*, $C_{24}H_{28}N_2O_4$, $C_{22}H_{24}N_2O_3$, dan $C_{11}H_{17}NO_6$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Setiawan O, Narendra B H. Sistem perakaran bidara laut (*Strychnos lucida* R.Br.) untuk pengendalian tanah longsor (*Strychnos lucida* R.Br.) root system for landslide control. Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea.2012 ;12(8): 50-61.
2. Selfiana A. Identifikasi senyawa aktif antrakuinon fraksi etil asetat kayu songga (*Strychnos ligustrina*) sebagai anti malaria melalui uji aktivitas penghambat polimerisasi heme.[Yogyakarta]: Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia;2019.
3. Silva-leite K E S, Assreuy A M S, Mendonc L F, Damasceno L E A, Queiroz M G R, De Mourão P A S, Pires A F, Pereira M G. Polysaccharide rich fractions from barks of *Ximenia americana* inhibit peripheral inflammatory nociception in mice Antinociceptive effect of *Ximenia americana* p. Revista de Brasileira de Farmacognisia.2019;19(5):339-345.
4. Kurniawan E, Dyah J D S, Zulkifli L. Aktivitas antibakteri ekstrak metanol batang bidara laut (*Strychnos ligustrina*) terhadap bakteri patogen. Jurnal Biologi Tropis.2019;19(1): 61–69.
5. Setiawan O, Rostiwati T. Bidara Laut (*Strychnos ligustrina* Blume. syn. *S. lucida* R. Br): HHBK Potensial di NTB dan Bali. [Bogor]: Forda Press;2014.
6. Kurniadi K. The effect of boiled Sea Jujube (*Strychnos ligustrina*) on the reduction of blood glucose level in rats rendered to be diabetic by the induction with alloxan. Journal of Ners Community.2012; 3(1):98– 111.
7. Worachartcheewan A, Sarmiento N, Pingaew R, Prachayasittikul S, Ruchirawat S, Prachayasittikul V. Antimicrobial, antioxidant and anticancer activities of *Strychnos lucida*. African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines.2015;12: 122-127.
8. Rahayu A A D, Prihantini A I, Krisnawati, Nugraheni Y M M A. Chemical components of different part of *strychnos ligustrina*, a medicinal plants from Indonesia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science;2022.
9. Ekasari W, Aty W, Suhintam P. Uji anti malaria senyawa hasil isolasi fraksi positif alkaloid daun *C. Siamea* pada biakan *in vitro* *P.Falciparum*. [Surabaya]: Penelitian Dosen Muda/BBI, Lembaga Penelitian Universitas Airlangga; 2004.
10. Uzor P F. Alkaloids from plants with antimalarial activity: A review of recent studies. Hindawi Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine;2020.
11. Kumar P R, Dinesh S R, Rini R. LCMS- a Review and a Recent Update. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.2018;5(5): 377-391.
12. Heyne, K. Tumbuhan Berguna Indonesia III : Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta: Departemen Kehutanan;1987.
13. Ginting, M K. Validasi Metode LC-MS/MS Untuk Penentuan Senyawa Asam Trans, Trans-Mukonat, Asam Hippurat, Asam 2-Metil Hippurat, Asam 3-Metil Hippurat, Asam 4-Metil

Hippurat Dalam Urin Sebagai Biomarker Paparan Benzena, Toluena, dan Xilena. Depok: Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia;2012.

14. Sumiati E. Uji aktivitas antibakteri ekstrak kloroform dan ekstrak etanol biji bidara laut (*Strychnos ligustrina*) Terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan *Salmonella thypi*. Jurnal Ilmiah Biologi Biogenesis.2014;2(1):1-10.
15. Fadhly E, Kusriani D, Fachriyah E. Isolasi, identifikasi, senyawa alkaloid dari daun *Rivina humilis* L. serta uji sitotoksik menggunakan metode BLST (Brine Shrimp Lethality Test). Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi.2015;18(2);67-72
16. Taufik M, Djuwarno E N, Mustafa M A, Sahumena M H. Identifikasi dan studi pola fragmentasi jamu terkonfirmasi fenilbutazon menggunakan liquid chromatography mass spectroscopy (Lcms). SCIENTIA Jurnal Farmasi dan Kesehatan.2020;10(2).
17. Untoro M, Fachriyah E, Kusriani D. Isolasi dan identifikasi senyawa golongan alkaloid dari rimpang lengkuas merah (*Alpinia purpurata*). Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi. 2016;19(2):58-62
18. Nurhasnawati H, Sukarmi, Handayani F. Perbandingan metode ekstraksi maserasi dan sokletasi terhadap aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun jambu bol (*Syzygium malaccense* L.). Jurnal Ilmiah Manuntung.2017;3(1):91-95.
19. Najiyah Siti Ulfatun, dkk. Gelas kayu bidara laut (Geyu Bilut) sebagai antimalaria. NTB: Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran Universitas Mataram;2014.
20. Ratnasari J, Siregar A H, Rizkita R E. Pengaruh pemberian elisitor ekstrak khamir *saccharomyces cerevisiae* hansen terhadap kandungan ajmalisin dalam kultur agregat *catharanthus roseus* (L.) G. Don. Berita Biologi.2001;5(4).
21. Shi, L., Li, Y., Fei, L., and Lv, S. Herbal textual research on *Strychnos nuxvomica*. Res. Pract. Chin. Medicines.2017;31(06):6–10.
22. Lu L, Huang R, Wu Y, Jin J M, Chen H Z, Zhang L Z, Luan X. Brucine: A review of phytochemistry, pharmacology and toxicology. Frontiers in Pharmacology;2020.
23. National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound Summary for CID 85540149. Retrieved May 4, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/85540149>.
24. National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound Summary for CID 94643115. Retrieved May 4, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/94643115>.
25. National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound Summary for CID 16754231, 1-O-Propargyl-N-acetyl-beta-D-glucosamine. Retrieved May 4, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1-O-Propargyl-N-acetyl-beta-D-glucosamine>.