

Minyak Keruing Sebagai Produk Hasil Hutan Bukan Kayu

Andrian Fernandes^{1*}, Enih Rosamah,² Harlinda Kuspradini²

¹Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk, BRIN, Jl. Raya Bogor KM. 46, Cibinong 16911, Jawa Barat

²Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Tropis, Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua Jl. Penajam, PO.BOX. 1013 Samarinda, Kalimantan Timur

*Surel korespondensi: af.andrian.fernandes@gmail.com

Artikel diterima : 12 Desember 2024. (Tanggal tulisan diajukan). Revisi diterima : 2 Februari 2025

ABSTRACT

Kalimantan's tropical rainforests are dominated by Dipterocarpaceae species, including keruing (*Dipterocarpus*). Apart from having high quality wood, keruing also produces essential oil. Keruing essential oil is a secondary metabolite of the Keruing tree (*Dipterocarpus*) with a distinctive odor and is volatile. Keruing essential oil is obtained from the distillation of leaves, stems, twigs and separation of keruing oleoresin. The oil content of keruing is dominated by terpenoid secondary metabolites. Keruing oil has various uses in the pharmaceutical and health fields. Keruing oil and its derivative products have high economic value, and have even started to be sold in online shopping, at a price of IDR 400,000.00 to IDR 800,000 per liter of keruing oil. Due to its high economic value, it can be used as a source of income for residents around the forest.

Key words: Caryophyllene, non-timber forest products, keruing essential oil, terpenoid, volatile.

ABSTRAK

Hutan hujan tropis Kalimantan didominasi oleh jenis Dipterocarpaceae, diantaranya adalah keruing (*Dipterocarpus*). Selain memiliki kayu dengan kualitas tinggi, keruing juga menghasilkan minyak. Minyak keruing merupakan metabolit sekunder pohon Keruing (*Dipterocarpus*) dengan bau yang khas dan bersifat mudah menguap. Minyak keruing diperoleh dari destilasi daun, batang, ranting serta pemisahan dari oleoresin keruing. Kandungan minyak keruing didominasi oleh metabolit sekunder terpenoid. Minyak keruing memiliki beragam kegunaan di bidang farmasi dan kesehatan. Minyak keruing dan produk turunannya memiliki nilai ekonomi yang tinggi, bahkan sudah mulai dijual pada “online shopping”, dengan harga Rp400.000,00 hingga Rp800.000,- per liter minyak keruing. Adanya nilai ekonomi yang tinggi, dapat dijadikan sebagai salah satu sumber pendapatan warga sekitar hutan.

Kata kunci: Caryophyllene, hasil hutan bukan kayu, minyak keruing, terpenoid, volatil.

PENDAHULUAN

Badan Informasi Geospasial (BIG) melaporkan bahwa hutan di Kalimantan 31,1 juta hektar atau sekitar 30,3% dari hutan yang ada di Indonesia pada tahun 2023. Pohon keruing merupakan jenis yang penting pada ekosistem hutan tropis dataran rendah (Ruziman dkk., 2022). Keruing memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena menghasilkan kayu dengan kualitas tinggi (Hartoyo dkk., 2021). Keruing juga menghasilkan hasil hutan bukan kayu berupa oleoresin yang diperoleh dengan cara menyadap batang pohon keruing. Oleoresin keruing yang dihasilkan memiliki nilai ekonomi karena aromanya yang khas (Wang dkk., 2022).

Oleoresin adalah bahan alami dalam bentuk cair, semi padat dan padat, yang saat diekstraksi menghasilkan minyak atsiri berbentuk cair yang mudah menguap dan resin berbentuk padat yang tidak mudah menguap, serta memiliki aroma yang khas (Manzoor dkk., 2023). Minyak atsiri didefinisikan sebagai metabolit sekunder dari tanaman, ditandai dengan bau yang kuat, merupakan sistem multikomponen alami yang sebagian besar terdiri dari terpena dan hidrokarbon yang mudah menguap (Trifan dkk., 2021). Resin merupakan bahan berbentuk padat, sebagian besar terdiri atas senyawa hidrokarbon cincin dengan aroma yang khas (Pu dkk., 2022).



(A)



(B)

Gambar 1. (A) Oleoresin hasil penyadapan pohon keruing (dokumentasi Andrian Fernandes)
(b) Minyak keruing yang dijual di market place (<https://www.indiamart.com/proddetail/gurjun-balsam-essential-oil-26280660388.html>)

Berdasarkan data yang dirilis oleh Dewan Atsiri Indonesia, terjadi kenaikan jumlah minyak keruing yang dihasilkan, yang pada tahun 2019 berkisar 30-40 ton, menjadi 100-120 ton pada tahun 2022. Namun saat ini minyak keruing memiliki satu stigma negatif atau pandangan negatif. Minyak keruing yang dikenal dengan nama gurjun oil, digunakan sebagai pencampur minyak nilam (Sufriadi dkk., 2023). Padahal minyak keruing memiliki beragam kegunaan lainnya. Cara memperoleh minyak keruing tidak hanya dari pemisahan oleoresin keruing. Oleh karena itu perlu dilakukan literatur review terkait penyebaran keruing, ekstraksi minyak keruing, sifat dan kegunaan serta nilai ekonomi minyak keruing.

METODE PENELITIAN

Literatur review menggunakan metode semi sistematis atau naratif (Snyder, 2019). Literatur dicari melalui portal Google Scholar, Scopus, Science Direct, dan Researchgate. Kata kunci yang digunakan adalah keruing, *Dipterocarpus*, minyak atsiri, *essential oil*, ekstraksi minyak keruing, kandungan kimia minyak keruing, produk minyak keruing, dan nilai ekonomi minyak keruing.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyebaran Keruing di Indonesia

Website redlist IUCN menyebutkan bahwa di Indonesia terdapat 42 spesies Keruing (*Dipterocarpus*), yang tersebar pada 5 spesies di pulau Jawa, 35 spesies di Pulau Kalimantan dan 25 spesies di Sumatra. Di Indonesia, jenis-jenis

keruing cenderung tumbuh secara terpisah-pisah antara lain *D. elongatus*, *D. gracillis* dan *D. obtusifolius* (Widiyono, 2021). Untuk di pulau Jawa, misalnya di KHDTK Carita, Banten, Jawa Barat, terdapat 4 spesies Keruing, yaitu *D. elongatus*, *D. gracillis*, *D. grandiflorus* dan *D. haseltii* (Meinata dkk., 2021). Sedangkan di hutan hujan tropis, Cagar Alam Kecubung Ulolanang, Jawa Tengah ditemukan spesies *D. gracillis* (Romadini dkk., 2022).

Untuk pulau Sumatera, keruing dapat ditemukan pada Taman Nasional Gunung Leuser, yaitu spesies *D. haseltii*, *D. costulatus*, dan *D. elongatus* (Susilowati dkk., 2021). Di KPHP Mandailing Natal, Sumatra Utara ditemukan spesies *D. hasseltii* (Latifah & Zahrah, 2021). Sedangkan di pulau Kalimantan, jenis keruing dapat ditemukan pada ekosistem Karst di Sangkulirang Mangkalihat, provinsi Kalimantan Timur, yaitu spesies *D. tempehes* dan *D. caudiferus* (Rifani dkk., 2021). Di kawasan hutan Labanan, Kabupaten Berau, provinsi Kalimantan Timur, dapat dijumpai keruing dari jenis *D. gracilis*, *D. grandiflorus* dan *D. verrucosus* (Wahyudianto dkk., 2022).

Di taman nasional Yok Don, Vietnam, jenis *D. tuberculatus* mendominasi hutan hujan dipterokapa (Nguyen & Baker, 2016). Jenis *D. pachyphyllus* merupakan salah satu jenis yang mendominasi kanopi dan strata tajuk pada hutan taman nasional Bukit Lambir, Serawak (Ichie dkk., 2023). Sedangkan jenis *D. lamellatus* mendominasi lebih dari 50% pohon pada beragam

tempat tumbuh plot penelitian di Taman Nasional Gunung Palung, provinsi Kalimantan Barat (Paoli dkk., 2006). Sedangkan potensi dan dominasi

keruing di lokasi lainnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah pohon keruing di beberapa lokasi

Lokasi	Jenis	Jumlah pohon	INP (%)	Pustaka
Kawasan Ekowisata Taman Nasional Gunung Leuser (Sumatra Utara dan Aceh)	<i>D. constulatus</i>	6	17,82	Sari (2014)
	<i>D. elongatus</i>	4	10,86	
	<i>D. haseltii</i>	5	9,32	
	Non <i>dipterocarpus</i>	116	201,25	
Taman Nasional Siberut (Sumatra Barat)	<i>D. elongatus</i>	97	96,21	Heriyanto & Bismark (2016)
	<i>D. gracilis</i>	43	45,25	
	Non <i>dipterocarpus</i>	141	159,26	
PT Hutan Sanggam Labanan Lestari (Kalimantan Timur)	<i>D. humeratus</i>	1	1,67	Saridan (2012)
	<i>D. palembanicus</i>	3	8,48	
	<i>D. tempehes</i>	37	40,62	
	<i>Dipterocarpus sp.</i>	3	5,97	
	Non <i>dipterocarpus</i>	246	92,53	

Ekstraksi Minyak Keruing

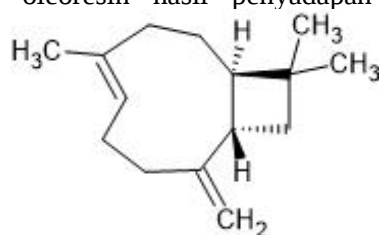
Minyak keruing dapat diperoleh dari hasil penyulingan atau destilasi dari daun, batang dan ranting keruing. Destilasi dari bagian pohon keruing menggunakan metode hidrodestilasi. Hidrodestilasi atau yang dikenal dengan destilasi uap adalah pemisahan minyak atsiri dari suatu bahan dalam tempat tertutup yang dialiri uap air (Drinić dkk., 2020). Hidrodestilasi 300 g daun *D. cornutus* segar selama 6 jam menghasilkan 0,15% minyak atsiri (Salleh dkk., 2020). Hasil penyulingan daun, batang dan ranting *D. alatus* dapat menghasilkan minyak keruing yang dapat dilakukan pada skala industri rumah tangga (Saengavut & Jirasatthumb, 2021).

Minyak keruing juga dapat diperoleh dari pemisahan oleoresin hasil penyadapan pohon

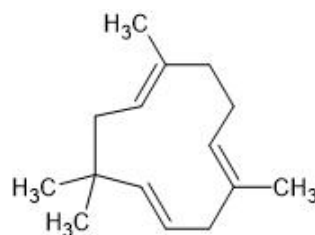
keruing. Minyak keruing *D. Grandiflorus* dapat dipisahkan berdasarkan perbedaan berat jenis antara minyak keruing yang ada pada lapisan atas sebanyak 6,67-20% dan oleoresin keruing yang berada di bagian bawah sebanyak 80-93,33% (Fernandes & Maharani, 2019a). selain itu, pemanasan oleoresin *D. alatus* hasil penyadapan dengan suhu 60°C selama 10 menit menghasilkan minyak keruing (Artchayasawat dkk., 2021).

Sifat dan Kandungan Minyak Keruing

Minyak keruing *D. grandiflorus* memiliki berat jenis 0,91, dengan warna kuning bening tembus pandang (Fernandes & Maharani, 2019a). Hasil GCMS minyak keruing *D. grandiflorus* didominasi oleh senyawa caryophyllene 86,26% dan α -caryophyllene 16,16% (Fernandes & Maharani, 2019b).



(A)

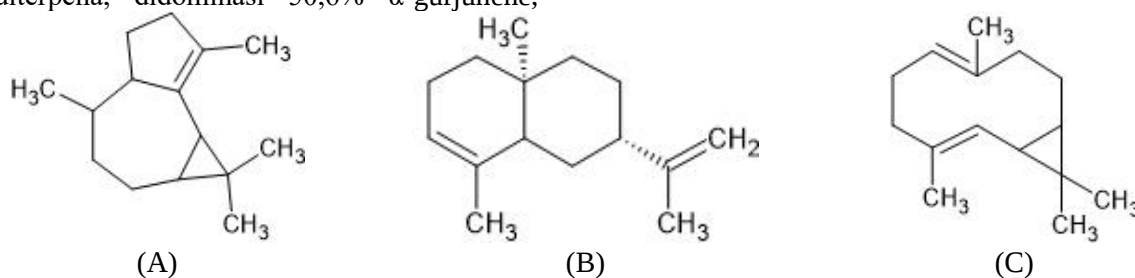


(B)

Gambar 2. (A) caryophyllenedan (B) α -caryophyllene

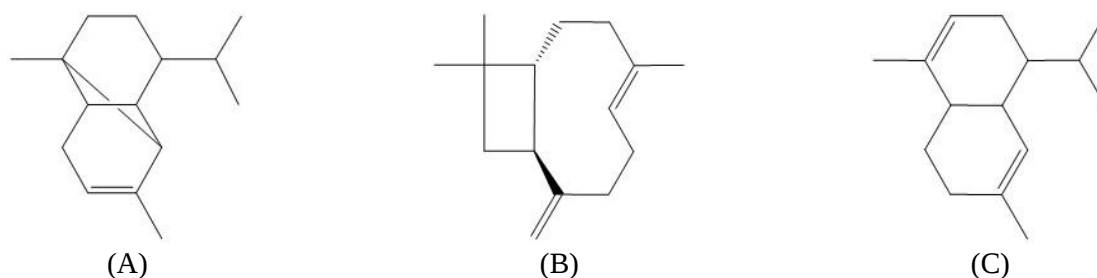
Minyak atsiri hasil hidrodestilasi daun *D. cornutus* mengandung komponen utama 81,8% sesquiterpena, didominasi 50,6% α -gurjunene,

8,3% α -selinene dan 5,4% bicyclogermacrene (Salleh dkk., 2020).



Gambar 3. (A) α -gurjunene, (B) α -caryophyllene, (C) bicyclogermacrene

Minyak keruing yang dijual memiliki komponen utama α -copaene 49,05%, β -caryophyllene 20,46% dan α -cadinene (Nisyak dkk., 2021).



Gambar 4. (A) α -copaene, (B) β -caryophyllene, (C) α -cadinene

Gambar 3, 4, dan 5 menunjukkan bahwa ketiga jenis minyak keruing memiliki zat metabolit sekunder jenis terpenoid, khususnya kelompok senyawa karbon siklik. Struktur tiga dimensi kristal senyawa caryophyllene menunjukkan bahwa

senyawa bersifat volatil atau mudah menguap (Gao dkk., 2024).

Kegunaan Minyak Keruing

Beberapa kegunaan minyak keruing dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Kegunaan minyak keruing

Bahan	Kegunaan	Sumber
Minyak atsiri <i>Dipterocarpus</i>	Pewangi kosmetik dan sabun	Shahzadi dkk. (2017)
Minyak hasil hidrodestilasi daun <i>D. cornutus</i>	Anti-inflamasi	Salleh dkk. (2020)
60% minyak keruing ditambah 40% aquadest	Anti kutu <i>Canine demodicosis</i>	Artchayasawat dkk. (2021)

Minyak atsiri *Dipterocarpus* dapat digunakan sebagai pewangi pada kosmetik dan pengawet aroma sabun (Shahzadi dkk., 2017). Senyawa α -caryophyllene dan β -caryophyllene merupakan salah satu bahan aromaterapi yang membuat badan menjadi rileks (Butnariu, 2021). Caryophyllene dapat digunakan sebagai bahan baku sabun anti bakteri yang dapat mencegah infeksi kulit (Lestari dkk., 2024).

Minyak atsiri hasil hidrodestilasi daun *D. cornutus* memiliki bioaktivitas anti-inflamasi acetylcholinesterase (AChE) 30,2%, butyrylcholinesterase (BChE) 32,5%, dan enzim lipoxygenase (LOX) 70,2% (Salleh dkk., 2020). Senyawa α -gurjunene memiliki bioaktivitas anti-inflamasi (Longsri dkk., 2021).

Minyak keruing sebanyak 60% yang dimixer dengan aquadest dapat digunakan sebagai bahan cream kulit anjing untuk mencegah serangan kutu *Canine demodicosis* (Artchayasawat dkk., 2021). Senyawa α -caryophyllene dan β -caryophyllene memiliki bioaktivitas sebagai anti kutu (Fu dkk., 2021). Oleoresin *D. tuberculatus* berfungsi sebagai antiseptik dan menyembuhkan luka terbuka pada kulit (Bordoloi dkk., 2023). β -caryophyllene dan cadinene merupakan sesquiterpenoid berbentuk cincin karbon yang berfungsi sebagai antiseptik (Rifai & Riyadi, 2021). β -caryophyllene juga memiliki bioaktivitas untuk menyembuhkan luka (Aathira dkk., 2024).

Nilai Ekonomi Minyak Keruing

Minyak keruing telah dikenal memiliki nilai ekonomi yang tinggi bersama-sama dengan kayu dan resinnya (Ci dkk., 2019). Minyak keruing atau yang dikenal dengan nama perdagangan gurjun oil pada "market place" tahun 2024, dihargai sekitar Rp400.000,00 hingga Rp800.000,- per liter. Harga minyak keruing cenderung lebih tinggi bila dibandingkan dengan harga minyak nilam. Harga minyak nilam berkisar antara Rp320.000,- hingga Rp635.000,- per kilogram (Tajuddin dkk., 2023). Namun harga minyak keruing masih lebih rendah dibandingkan dengan minyak kapur. Harga minyak kapur sekitar Rp1.100.000,- per kg (Aswandi & Kholibrina, 2021).

Minyak keruing dari jenis *D. alatus* dapat digunakan sebagai bahan baku sabun dengan biaya pembuatan sabun sebesar 40 bath (Rp18.500,00) dan dijual dengan harga 60-80 bath (Rp27.700,00-Rp36.900,00) di Thailand (Saengavut & Jirasatthum, 2021). Pada "international market place" pada tahun 2024, lilin aroma terapi yang mengandung minyak keruing dan kemenyan dijual dengan harga 14-21 USD atau Rp.226.500,- hingga Rp.339.750,-.

KESIMPULAN

Minyak keruing merupakan metabolit sekunder pohon keruing (*Dipterocarpus*) dengan bau yang khas dan bersifat mudah menguap. Minyak keruing diperoleh dari destilasi daun, batang, ranting serta pemisahan dari oleoresin keruing. Kandungan minyak keruing didominasi oleh metabolit sekunder terpenoid, diantaranya caryophyllene, α -gurjunene, α -copaene dan beberapa senyawa lainnya. Minyak keruing memiliki beragam kegunaan di bidang farmasi dan kesehatan, yaitu anti inflammasi, membantu menyembuhkan luka, antiseptik, anti kutu, dan dapat digunakan sebagai pewangi minyak aroma terapi dan sabun. Minyak keruing dan produk turunannya memiliki nilai ekonomi yang tinggi, bahkan sudah mulai dijual pada "online shopping", dengan harga Rp400.000,00 hingga Rp800.000,- per liter minyak keruing.

Luasnya hutan di Kalimantan yang didominasi pohon keruing membuat minyak keruing berpotensi menjadi salah satu sumber pendapatan bagi warga sekitar hutan. Untuk mewujudkannya diperlukan pengaplikasian teknik pengolahan minyak atsiri jenis keruing yang tepat pada skala rumah tangga dengan standar kualitas yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aathira, K., Suja Rani, S., Chetna, V., Satheesan, A., Nisha, A., Kariyil, B. J., Anoopraj, R., & Uma, R. (2024). Comprehensive investigation of beta-caryophyllene for wound healing potential: In silico docking on key targets and in vitro evaluation on mouse fibroblast cell line. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 9(1), 1451–1456. <https://doi.org/10.22271/veterinary.2024.v9.i1t.1155>
- Artchayasawat, A., Boueroy, P., Boonmars, T., Pumhirunroj, B., Sriraj, P., Aukkanimart, R., Boonjaraspinyo, S., Pitaksakulrat, O., Ratanasuwan, P., Suwannatrai, A., Eamudomkarn, C., Laummaunwai, P., & Zhiliang, W. (2021). Efficacy of *Dipterocarpus alatus* oil combination with *Rhinacanthus nasutus* leaf and *Garcinia mangostana* pericarps against canine demodicosis. *Veterinary World*, 14, 2919–2928. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2919-2928>
- Aswandi, A., & Kholibrina, C. R. (2021). New insights into Sumatran camphor (*Dryobalanops aromatica* Gaertn) management and conservation in western coast Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 739(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/739/1/012061>
- Bordoloi, C., Kumar, S., Barbhuiya, A. M., Kushari, S., Kalita, J. M., Sahu, B. P., & Laloo, D. (2023). Herbal medicine used for wound healing by the tribes of the North Eastern states of India: A comprehensive review. *Journal of Herbal Medicine*, 41, 100697. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100697>
- Butnariu, M. (2021). Plants as source of essential oils and perfumery applications. In *Bioprospecting of Plant Biodiversity for Industrial Molecules* (pp. 261–292). <https://doi.org/10.1002/9781119718017.ch13>
- Ci, X., Peng, J., Shi, C., Zhu, Z., Cai, N., Duan, A., & Wang, D. (2019). The complete chloroplast genome of *Dipterocarpus turbinatus* Gaertn. *F. Mitochondrial DNA Part B: Resources*, 4(2), 3636–3637.

- <https://doi.org/10.1080/23802359.2019.1677192>
- Drinić, Z., Pljevljakušić, D., Živković, J., Bigović, D., & Šavikin, K. (2020). Microwave-assisted extraction of *O. vulgare* L. spp. hirtum essential oil: Comparison with conventional hydro-distillation. *Food and Bioproducts Processing*, 120, 158–165. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.01.011>
- Fernandes, A., & Maharani, R. (2019a). Minyak keruing sebagai alternatif bahan biomedis dan biokosmetik. In *Bunga Rampai Pengembangan Hasil Hutan Bukan Kayu Indonesia untuk Mendukung Sustainable Development Goals* (pp. 205–221). http://files/2960/bunga_rampai_hhb_keruing_ok.pdf
- Fernandes, A., & Maharani, R. (2019b). Phytochemical and GC-MS analysis of oleoresin of *Dipterocarpus gracilis* Blume: As a basic consideration for human remedy. *International Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 10(5), 2224–2229. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10\(5\).2224-29](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10(5).2224-29)
- Fu, Q. M., Zeng, B., Xiao, Q. Y., He, B. S., Huang, C. X., & Bao, M. H. (2021). Essential oils for the treatment of dust mites. *E3S Web of Conferences*, 271, 2–6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127104032>
- Gao, L., Wei, Y., Li, K., Chen, J., Wang, P., Du, J., Peng, J., Gao, Y., Zhang, Z., Liu, Y., Shi, X., & Zhang, D. (2024). *Perilla frutescens* repels and controls *Bemisia tabaci* MED with its key volatile linalool and caryophyllene. *Crop Protection*, 184, 106837. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106837>
- Hartoyo, A. P. P. P., Sunkar, A., Fadillah, A., Hidayati, S., Winata, B., & Hadi, A. N. (2021). Vegetation cover analysis and ecotourism business model for sustainable forest management in Gunung Leuser National Park, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 771(1), 12001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/771/1/012001>
- Heriyanto, N. M., & Bismark, M. (2016). Sebaran dan potensi keruing (*Dipterocarpus* spp.) di Pulau Siberut, Sumatera Barat. *Buletin Plasma Nutfah*, 20(2), 85. <https://doi.org/10.21082/blpn.v20n2.2014.p85-92>
- Ichie, T., Igarashi, S., Tanimoto, T., Inoue, Y., Mohizah, M., & Kenzo, T. (2023). Ecophysiological responses of seedlings of six dipterocarp species to short-term drought in Borneo. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, 1–12. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1112852>
- Latifah, S., & Zahrah, M. (2021). Potential species from the Dipterocarp family at Mandailing Natal Forest Production Management Unit, North Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 912(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/912/1/012003>
- Lestari, E., Studi Biologi, P., Sains dan Teknologi, F., Lapangan Golf, J., Durian Jangak, D., Pancur Batu, K., & Deli Serdang, K. (2024). Science Midwifery antibacterial activity test of liquid soap with the addition of ylang ylang flower essential oil (*Cananga odorata*) against the growth of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria. *Science Midwifery*, 12(3), 2721–2745. www.midwifery.iocspublisher.orgjournalhomepage:www.midwifery.iocspublisher.org
- Longsri, B., Kanpipit, N., Puthongking, P., Mahakunakorn, P., Tiyaworanant, S., Sungthong, B., & Thapphasaraphong, S. (2021). Determination of a chemical marker in *Dipterocarpus alatus* oleoresin samples and bioactivity screening via antioxidants, nitric oxide inhibition on murine RAW 264.7 cells, and collagen production on normal human dermal fibroblasts. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 5(5), 850–856. <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v5i5.10>
- Manzoor, A., Yousuf, B., Pandith, J. A., & Ahmad, S. (2023). Plant-derived active substances incorporated as antioxidant, antibacterial or antifungal components in coatings/films for food packaging applications. *Food Bioscience*, 53, 102717. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102717>
- Meinata, A., Na'iem, M., Adriyanti, D. T., & Syahbudin, A. (2021). Short communication: Leaf architecture of 35 species of Dipterocarpaceae cultivated in Forest Area with Special Purposes in Carita, Banten, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(7), 2952–2960. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220748>
- Nguyen, T. T., & Baker, P. J. (2016). Structure and composition of deciduous dipterocarp forest

- in Central Vietnam: Patterns of species dominance and regeneration failure. *Plant Ecology and Diversity*, 9(5–6), 589–601. <https://doi.org/10.1080/17550874.2016.1210261>
- Nisyak, K., Hisbiyah, A., & Nurfadlilah, L. (2021). Biotransformasi kandungan senyawa kimia minyak gurjun balsam menggunakan *Aspergillus niger*. *Jurnal Tumbuhan Obat Indonesia*, 14(2), 137–146. <https://doi.org/10.22435/jtoi.v14i2.4778>
- Paoli, G. D., Curran, L. M., & Zak, D. R. (2006). Soil nutrients and beta diversity in the Bornean Dipterocarpaceae: Evidence for niche partitioning by tropical rain forest trees. *Journal of Ecology*, 94(1), 157–170. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2005.01077.x>
- Pu, W., He, M., Yang, X., Liu, R., & Shen, C. (2022). Experimental study on the key influencing factors of phase inversion and stability of heavy oil emulsion: Asphaltene, resin and petroleum acid. *Fuel*, 311(November 2021), 122631. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122631>
- Rifai, A., & Riyadi, N. A. (2021). Application mass spectrum method in determination compound bioactive of the essential oil from leaves and stems of clove (*Syzygium aromaticum*). *INTEK: Jurnal Penelitian*, 8(1), 74–78. <https://doi.org/10.31963/intek.v8i1.2840>
- Rifani, Paulus, M., Hastaniah, Sutetjo, Swasono, R. A., & Diana, R. (2021, September 11). The potential of Dipterocarpaceae in the karst of Sangkulirang Mangkalihat. In *Joint Symposium on Tropical Studies (JSTS-19)*. <https://doi.org/10.2991/absr.k.210408.046>
- Romadani, N. P., Indrioko, S., Widiyatno, W., & Faridah, E. (2022). Regeneration failure and seedling growth of *Dipterocarpus gracilis*, a vulnerable dipterocarp in a tropical monsoon forest in Central Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(9), 4928–4939. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230963>
- Ruziman, H. H., Ismail, A., Radzun, K. A., Ishak, N. S., Zohari, A. F., Kusin, M., & Pardi, F. (2022). Tree species diversity and conservation status of Keniam Forest, Taman Negara, Pahang. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1019(1), 12014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1019/1/012014>
- Saengavut, V., & Jirasatthum, N. (2021). Smallholder decision-making process in technology adoption intention: Implications for *Dipterocarpus alatus* in Northeastern Thailand. *Heliyon*, 7(4), e06633. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06633>
- Salleh, W. M. N. H. W., Khamis, S., Rahman, M. N. A., & Nafiah, M. A. (2020). Chemical composition and biological activities of *Dipterocarpus cornutus* Dyer essential oil. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences*, 75(5–6), 171–175. <https://doi.org/10.1515/znc-2020-0028>
- Sari, N. (2014). Kondisi tempat tumbuh pohon keruing (*Dipterocarpus* spp) di Kawasan Ekowisata Tangkahan, Taman Nasional Gunung Leuser, Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa*, 8(2), 65–72. <https://doi.org/10.20886/jped.2014.8.2.65-72>
- Saridan, A. (2012). Keragaman jenis Dipterokarpa dan potensi pohon penghasil minyak keruing di hutan dataran rendah Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa*, 6(2), 75–83.
- Shahzadi, I., Nadeem, R., Mumtaz, S., Jilani, M. I., & Nisar, S. (2017). Chemistry and biosynthesis pathways of plant oleoresins: Important drug sources. *IJCBS*, 12, 18–52. www.iscientific.org/Journal.html
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Sufriadi, E., Idroes, R., Meilina, H., Munawar, A. A., Lelifajri, & Indrayanto, G. (2023). Partial least squares-discriminant analysis classification for patchouli oil adulteration detection by Fourier transform infrared spectroscopy in combination with chemometrics. *ACS Omega*, 8(13), 12348–12361. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c00080>
- Susilowati, A., Rachmat, H. H., Elfiati, D., Hidayat, A., Hadi, A. N., Zaitunah, A., Nainggolan, D., & Ginting, I. M. (2021). Floristic composition and diversity at Keruing (*Dipterocarpus* spp.) habitat in Tangkahan, Gunung Leuser National Park, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(10), 4448–4456. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221038>

- Tajuddin, R., Fusayana, I., & Indarsyih, Y. (2023). Pengaruh harga jual dan biaya produksi terhadap volume penjualan minyak nilam (patchouli oli) tingkat petani. *Jurnal Akuntansi Dan Keuangan*, 8(2), 2503–1635. <http://jak.uho.ac.id/index.php/journal>
- Trifan, A., Zengin, G., Brebu, M., Skalicka-Woźniak, K., & Luca, S. V. (2021). Phytochemical characterization and evaluation of the antioxidant and anti-enzymatic activity of five common spices: Focus on their essential oils and spent material extractives. *Plants*, 10(12), 2692. <https://doi.org/10.3390/plants10122692>
- Wahyudianto, A., Fernandes, A., Saputra, S. H., Laksmi, A. N., Salam, D. M., & Maharani, R. (2022). Oleoresin keruing: Pelapis alami dari hutan Kalimantan. CV. Cerdas Gemilang.
- Wang, S., Liang, H., Wang, H., Li, L., Xu, Y., Liu, Y., Liu, M., Wei, J., Ma, T., Le, C., Yang, J., He, C., Liu, J., Zhao, J., Zhao, Y., Lisby, M., Sahu, S. K., & Liu, H. (2022). The chromosome-scale genomes of *Dipterocarpus turbinatus* and *Hopea hainanensis* (Dipterocarpaceae) provide insights into fragrant oleoresin biosynthesis and hardwood formation. *Plant Biotechnology Journal*, 20(3), 538–553. <https://doi.org/10.1111/pbi.13735>
- Widiyono, W. (2021). Biological and economic values of Dipterocarpaceae, the main timber forest product of Indonesia. *Indonesian Journal of Applied Environmental Studies*, 2(2), 104–112. <https://doi.org/10.33751/injast.v>