

OPTIMALISASI PROSES EKSTRAKSI MINYAK KAYU PUTIH MELALUI METODE RE-DISTILASI DALAM SKALA LABORATORIUM DAN PILOT PLANT

Rifqi Sufra¹, Cika Amalia Shabira¹, Aiman Firjatullah¹, Misbahudin Alhanif^{*}, Yusron Darojat², Desi Riana Saputri¹, Vina Alfionita², Rizki Sheldian², Tantri Liris Nareswari³

¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Lampung 35365.

² Program Studi Fisika, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Lampung 35365.

³ Program Studi Farmasi, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Lampung 35365.

*Email: misbahudin.alhanif@tk.itera.ac.id

Abstrak

Minyak kayu putih merupakan salah satu minyak atsiri bermilai ekonomi tinggi yang banyak dimanfaatkan dalam industri farmasi dan kesehatan. Produksi nasional masih belum optimal, salah satunya dipengaruhi oleh kadar 1,8-sineol yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan peningkatan kualitas minyak kayu putih melalui re-distilasi skala lab dan pilot plant. Proses re-distilasi dilakukan terhadap minyak kayu putih hasil penyulingan pertama dengan variasi bahan baku daun muda, daun tua, dan campuran. Pengujian meliputi karakteristik organoleptik, indeks bias dan kadar 1,8-sineol menggunakan GC-MS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar 1,8-sineol tertinggi diperoleh dari re-distilasi daun muda sebesar 83,84%, seluruh distillat memenuhi standar mutu SNI 3954:2014. Proses re-distilasi terbukti meningkatkan kejernihan warna, aroma, serta kualitas kimia minyak kayu putih. Metode re-distilasi berpotensi diterapkan dalam skala produksi untuk mendukung pengembangan minyak kayu putih berkualitas tinggi berbasis green technology.

Kata kunci: Minyak Kayu Putih, Re-distilasi, 1,8-Sineol, GC-MS, Kualitas Minyak

Abstract

Cajuput oil is an essential oil of high economic value and is widely used in the pharmaceutical and health industries. However, national production remains suboptimal, partly due to the low 1,8-cineole content. This study aims to compare improvements in cajuput oil quality achieved through laboratory-scale and pilot-scale redistillation processes. Redistillation was applied to cajuput oil obtained from the initial distillation, using young leaves, mature leaves, and mixed leaves as raw materials. The evaluation included organoleptic characteristics, refractive index, and 1,8-cineole content determined by GC-MS analysis. The results indicate that the highest 1,8-cineole content was achieved by redistilling young leaves, reaching 83.84%, and all distillates complied with the quality standards specified in SNI 3954:2014. The re-distillation process was proven to enhance color clarity, aroma, and chemical quality of cajuput oil. Therefore, redistillation shows strong potential for application at the production scale to support the development of high-quality cajuput oil using green technology.

Keywords: cajuput oil, re-distillation, 1,8-cineole, GC-MS, oil quality

1. PENDAHULUAN

Tanaman kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) merupakan hasil hutan bukan kayu yang daunnya banyak dimanfaatkan untuk menghasilkan minyak kayu putih. Minyak ini digunakan dalam industri farmasi, aromaterapi, dan kesehatan. Kebutuhan minyak kayu putih dalam negeri mencapai sekitar 3.500 ton per tahun (Rimbawanto dkk., 2018), sementara produksinya baru sekitar 650 ton per tahun (Perum Perhutani, 2022). Kesenjangan ini

membuat industri dalam negeri harus mengimpor minyak kayu putih. Selain keterbatasan bahan baku, rendahnya produksi juga dipengaruhi oleh minimnya pelaku usaha, di mana sekitar 75% pasokan berasal dari Pulau Jawa.

Selain aspek kuantitas, kualitas minyak kayu putih juga perlu menjadi perhatian. Proses distilasi yang digunakan umumnya masih bersifat konvensional tanpa pengendalian suhu dan fraksinasi yang baik, sehingga menyebabkan

rendahnya kadar 1,8-sineol. Senyawa ini merupakan komponen utama dalam minyak kayu putih dan berfungsi sebagai antimikroba, ekspektoran, serta antiradang (Mira, 2022). Kualitas akhir minyak juga dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku seperti pencampuran daun muda dan tua, adanya ranting, serta belum optimalnya pemisahan senyawa berat seperti α -terpineol yang mempengaruhi warna, aroma, dan kemurnian produk (Irfan dkk., 2022).

Minyak hasil penyulingan tahap pertama dalam penelitian ini memiliki kadar 1,8-sineol sebesar 40,2%, yang masih jauh di bawah standar minimal SNI sebesar 55% (BSN, 2014). Rendahnya kadar ini menunjukkan bahwa baik mutu bahan baku maupun kondisi operasional penyulingan belum optimal. Hal ini berdampak langsung terhadap penurunan karakteristik sensorik dan kimia minyak, yang selanjutnya memengaruhi nilai jual dan daya saing produk. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya pemurnian lanjutan melalui proses *re-distilasi*.

Kadar 1,8-sineol yang tinggi sangat penting karena menunjukkan kualitas minyak yang baik. Kandungan sineol yang rendah, ditambah dengan keberadaan senyawa berat seperti α -terpineol, dapat mengganggu karakteristik sensorik dan kimia minyak (Irfan dkk., 2022). Dengan demikian, peningkatan kualitas minyak kayu putih tidak dapat bergantung pada satu tahap penyulingan saja, melainkan perlu dilakukan pemurnian tambahan.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kualitas minyak kayu putih sangat bergantung pada metode distilasi dan jenis bahan baku yang digunakan. Distilasi fraksinasi vakum mampu menghasilkan kadar cineol hingga 74,6% (Le dkk., 2025), sedangkan distilasi uap dengan bahan baku daun kering mencapai 78,51% (Rahmah dkk., 2022). Sebaliknya, distilasi uap konvensional pada daun *Eucalyptus camaldulensis* hanya menghasilkan kadar cineol sekitar 21,43% hingga 37,39% tergantung kadar air dan kondisi operasi (Saleh dkk., 2023). Bahkan pada daun segar *Melaleuca cajuputi*, kandungan cineol sering kali berada di bawah 70% (Rienoviar dkk., 2023). Hal ini membuktikan bahwa pemilihan bahan baku serta metode dan suhu distilasi sangat menentukan kualitas minyak yang dihasilkan. Namun, sebagian besar penelitian masih terbatas pada distilasi tahap pertama dan belum banyak mengevaluasi potensi *re-distilasi*, terutama dalam skala kecil

yang relevan bagi industri rumah tangga dan UMKM (Aryani dkk., 2020). *Re-distilasi* berpotensi meningkatkan kadar cineol dan kejernihan minyak tanpa perlu modifikasi bahan baku, sehingga seharusnya menjadi fokus kajian lebih lanjut. Kesenjangan ini menjadi dasar dilakukannya penelitian untuk menilai efektivitas *re-distilasi* terhadap kualitas minyak hasil penyulingan tahap pertama, dengan mempertimbangkan variasi bahan baku dan skala proses.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh *re-distilasi* terhadap kualitas minyak kayu putih dari daun muda dan daun tua. Parameter yang dianalisis meliputi rendemen, kejernihan, warna, serta kandungan senyawa aktif utama. Proses dilakukan menggunakan metode penyulingan pada skala laboratorium dan *pilot plant*. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah dan teknis dalam mengoptimalkan proses penyulingan yang berkelanjutan serta menghasilkan produk sesuai standar mutu nasional (SNI) minyak kayu putih.

2. METODOLOGI

2.1 Bahan

Alat yang digunakan yaitu rangkaian alat *re-distilasi Pilot plant* dan distilasi berbasis laboratorium, *thermocouple*, *refractometer* (ATAGO), alat-alat gelas (*Pyrex*). Bahan yang digunakan yaitu minyak kayu putih mentah diperoleh dari unit usaha dari Koperasi Pondok Pesantren (KOPPONTREN) Al-Fatah.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 *Re-distilasi Laboratorium*

Simulasi *re-distilasi* dilakukan di laboratorium untuk menentukan efektivitas proses dan parameter optimal. Proses menggunakan labu leher tiga, mantel pemanas, kolom fraksinasi, dan kondensor air. Suhu dipantau di labu dan puncak kolom (170–180°C) dengan termokopel dan termometer. *Re-distilasi* akan dihentikan ketika tidak lagi terjadi proses kondensasi. Fraksi ringan hasil *re-distilasi* dikumpulkan untuk analisis, dengan bahan baku berupa minyak hasil distilasi daun muda dan daun tua.

2.2.2 *Re-distilasi Skala Pilot plant*

Setelah parameter optimal diperoleh dari laboratorium, *re-distilasi* dilanjutkan pada skala pilot di lokasi mitra menggunakan alat berbahan *stainless steel* berkapasitas 30 liter (diameter 25

cm, tinggi 66 cm), dilengkapi pengukur suhu hingga 170°C. Proses dilakukan dengan bahan baku campuran daun muda dan tua (1:1) untuk merepresentasikan kondisi operasional mitra.

2.3 Metode Analisis

2.3.1 Organoleptik Re-distilasi

Pengamatan karakteristik fisik dilakukan secara organoleptik dengan menilai warna dan bau minyak kayu putih. Warna diamati secara visual, sedangkan bau dinilai berdasarkan aroma khas kayu putih. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas awal minyak secara cepat, mendeteksi kemungkinan penurunan mutu akibat proses distilasi yang kurang baik, serta memastikan apakah kualitas minyak sesuai dengan yang diharapkan (Octavia dkk., 2023).

2.3.2 Indeks Bias Minyak Kayu Putih

Pengujian indeks bias dilakukan menggunakan refraktometer digital yang telah dikalibrasi sesuai prosedur dalam SNI 3954:2014. Sampel minyak kayu putih diteteskan pada prisma refraktometer, lalu diukur pada suhu konstan 20°C (Aryani, 2020).

2.3.3 Analisis Komposisi Senyawa Volatil dalam Minyak Kayu Putih

Analisis dilakukan menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) untuk mengetahui jenis dan kadar senyawa volatil dalam minyak kayu putih. Sampel dilarutkan dengan pelarut, lalu dianalisis untuk mengidentifikasi senyawa utama seperti 1,8-sineol dan komponen lainnya yang menentukan kualitas minyak (Aryani, 2020).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Karakteristik Fisik Minyak Kayu Putih

Gambar 1 menunjukkan perubahan karakteristik fisik minyak kayu putih berdasarkan jenis bahan baku dan metode ekstraksi. Secara organoleptik, minyak mentah tampak berwarna kekuningan dengan aroma langu khas daun kayu putih (Rienoviar dkk., 2023). Setelah melalui proses *re-distilasi*, minyak menjadi lebih jernih dan memiliki aroma yang lebih bersih serta segar. Residu yang tertinggal dari proses distilasi tampak berwarna cokelat kemerahan dan memiliki aroma

menyerupai kayu atau daun kering. Karakteristik ini diduga berasal dari senyawa non-volatile seperti tanin dan resin yang tidak ikut menguap selama proses distilasi (Sharma dan Kaur, 2021).



Gambar 1. Karakteristik fisik minyak kayu putih mentah, residu, distilat (a-c) ekstrak daun muda distilasi lab, (d-f) ekstrak daun tua distilasi lab, (g-i) ekstrak daun muda dan tua (1:1) skala *Pilot plant*

Warna kekuningan pada minyak mentah diduga berasal dari senyawa berat, seperti seskuiterpena, yang memiliki titik didih tinggi dan belum tereliminasi sempurna (Saleh dkk., 2023). Distilasi mampu memisahkan senyawa non-volatile ini sehingga dihasilkan minyak yang memenuhi standar mutu SNI 06-3954-2014, yaitu berwarna jernih atau kuning muda kehijauan dengan aroma khas kayu putih tanpa bau langu (BSN, 2014).

Dengan demikian, distilasi pada skala laboratorium maupun *Pilot plant* efektif memperbaiki mutu visual dan aroma minyak kayu putih. Perbaikan karakteristik fisik ini menjadi indikator penting dalam menjamin kualitas dan kelayakan minyak untuk keperluan komersial (Irfan dkk., 2022).

3.2 Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Nilai Indeks Bias Minyak Kayu Putih

Hasil pengukuran indeks bias (nD^{20}) minyak kayu putih ditampilkan pada Tabel 1. Fokus utama ditujukan pada fraksi distilat sebagai indikator mutu. Seluruh distilat menunjukkan nilai indeks bias dalam rentang standar SNI 3954:2014 (1,450–1,470), yaitu 1,4600 (daun muda), 1,4660 (daun tua), dan 1,4615 (daun muda:tua 1:1). Nilai tertinggi diperoleh dari distilasi *Pilot plant*, menunjukkan kualitas optik yang baik dan proses pemisahan

yang efisien. Secara umum, indeks bias yang mendekati batas atas standar dikaitkan dengan kandungan cineol tinggi dan rendahnya senyawa non-volatile (Barak dkk., 2023), meskipun hubungan ini tidak selalu linier tergantung pada metode produksi dan sumber bahan baku.

Tabel 1. Indeks bias ekstrak minyak kayu putih

Metode Ekstraksi	Bahan Baku	Jenis Sampel	Indeks Bias nD ²⁰
Distilasi Lab	Daun Muda	Mentah	1,4680
		Residu	1,4925
		Distilat	1,4600
	Daun Tua	Mentah	1,4745
		Residu	1,4810
		Distilat	1,4660
Distilasi Pilot plant	Daun Muda:Tua (1:1)	Mentah	1,4700
		Residu	1,4770
		Distilat	1,4615

Temuan ini sejalan dengan laporan Rienoviar dkk., (2023) bahwa minyak kayu putih hasil distilasi memenuhi standar optik nasional. Sebaliknya, fraksi mentah dan residu memiliki indeks bias lebih tinggi dari standar, seperti residu daun muda (1,4925), yang menandakan masih adanya senyawa berat atau non-volatile. Hal ini sesuai dengan Kartiko dkk., (2021) yang menyatakan bahwa ketidak sempurnaan distilasi dapat menyebabkan indeks bias melebihi standar akibat senyawa pengotor.

Secara keseluruhan, fraksi distilat memiliki mutu optik terbaik. Metode distilasi *pilot plant* terbukti menghasilkan minyak dengan indeks bias paling konsisten sesuai standar, menunjukkan pentingnya metode ekstraksi dalam menentukan kemurnian minyak kayu putih.

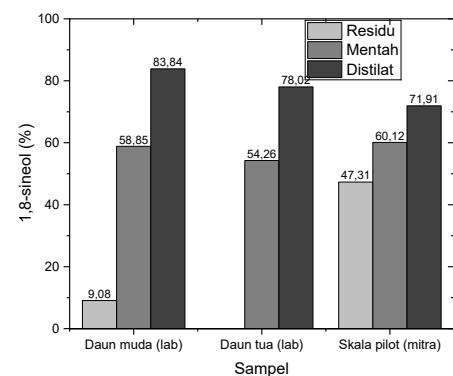
3.3 Analisis Komposisi Senyawa Volatil Dalam Minyak Kayu Putih

1,8-sineol (*Eucalyptol*) merupakan senyawa utama dalam minyak kayu putih. Pada ekstrak daun muda, kadar 1,8-sineol meningkat dari 58,85% menjadi 83,84% setelah *re-distilasi*. Selain 1,8-sineol, senyawa lain yang terdeteksi dalam distilat antara lain γ -*terpinene* (8,70%), α -*terpineol* (1,04%), dan α -*pinene* (1,39%), sedangkan senyawa berat seperti α -*terpineol* (9,38%) dan *humulene* (5,75%) lebih dominan pada fraksi residu (Achmad dkk., 2018). Peningkatan kemurnian 1,8-sineol menunjukkan bahwa suhu *top* 170°C dan *bottom* 185°C merupakan kondisi *optimum*.

Pada daun tua, 1,8-sineol meningkat dari 54,26% menjadi 78,02%. Ketidak hadirannya dalam residu diduga akibat degradasi termal atau retensi dalam fase cair (Kartiko dkk., 2021). Residu didominasi oleh *humulene* (10,15%), *caryophyllene* (7,32%), dan *naphthalene derivatif* (7,82%), menunjukkan bahwa senyawa berat tertahan dalam fraksi sisa.

Pada campuran daun muda:tua (1:1), kadar 1,8-sineol meningkat dari 60,12% menjadi 71,91%, tetapi residunya masih mengandung 1,8-sineol cukup tinggi (47,31%), menandakan proses pemisahan yang kurang efisien (Aryani, 2020). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh interaksi senyawa dari dua jenis daun serta suhu bottom 178°C yang belum optimal.

Berdasarkan Gambar 2, distilat daun muda menunjukkan kandungan 1,8-sineol tertinggi (83,84%), diikuti daun tua (78,02%) dan campuran daun muda:tua (71,91%). Sebaliknya, residu dari campuran daun muda:tua memiliki kadar 1,8-sineol tertinggi (47,31%), mengindikasikan efisiensi pemisahan terendah. Secara umum, distilasi efektif meningkatkan kadar 1,8-sineol, khususnya dari daun muda (Aryani dkk., 2020). Namun, efisiensi menurun pada campuran bahan baku akibat kompleksitas senyawa. Oleh karena itu, pemilihan bahan baku homogen dan pengaturan suhu distilasi yang tepat sangat penting untuk menghasilkan minyak kayu putih berkualitas sesuai SNI 06-3954-2006.



Gambar 2. Kandungan 1,8-sineol minyak kayu putih berbagai sampel

3.4 Perbandingan Hasil Ekstraksi Terhadap SNI 3954:2014 (Minyak Kayu Putih)

Seluruh hasil *re-distilasi* memenuhi spesifikasi visual dan sensorik SNI, dengan warna jernih dan aroma khas kayu putih (Tabel 2). Indeks bias ketiga sampel juga sesuai standar, menunjukkan kemurnian optik yang baik. Dari segi kandungan cineol, semua sampel

melampaui batas atas standar SNI 3954:2014 dan masuk kategori mutu “super” ($\geq 60\%$), dengan distilat daun muda mencatat kadar tertinggi (83,84%), diikuti campuran daun muda:tua (78,02%) dan daun tua (71,91%).

Peningkatan kemurnian 1,8-sineol ini menunjukkan efektivitas *re-distilasi* dua tahap dengan pengaturan suhu yang tepat, sebagaimana didukung oleh Rienoviar dkk., (2023) dan Irfan dkk., (2022), yang menyatakan adanya korelasi positif antara suhu distilasi dan kadar cineol akhir.

Parameter kunci seperti indeks bias dan kadar 1,8-sineol dapat menunjukkan bahwa minyak kayu putih yang dihasilkan memenuhi bahkan melampaui standar nasional. Hasil ini menunjukkan bahwa metode *re-distilasi* yang diterapkan berpotensi untuk diaplikasikan di tingkat industri guna menghasilkan minyak berkualitas ekspor.

Tabel 2. Perbandingan Hasil *Re-distilasi* terhadap SNI 954:2014

Karakteristik	SNI 3954:2014	Daun Muda/ Distilasi Lab	Daun Tua/ Distilasi Lab	Daun Muda:Tua (1:1)/ Distilasi Pilot plant
Indeks bias nD ²⁰	1,450-1,470	1,4600	1,466	1,4615
Kandungan <i>Eucalyptol</i> atau 1,8-sineol (%)	55% - 60%	83,84%	71,91%	78,02%
Warna	Tidak Berwarna, kekuningan atau kehijauan dan jernih	Jernih	Jernih	Jernih
Bau	Khas kayu putih	Khas kayu putih	Khas kayu putih	Khas kayu putih

4. KESIMPULAN

Proses *re-distilasi* terbukti efektif dalam meningkatkan mutu minyak kayu putih dengan meningkatkan kadar 1,8-sineol hingga 83,84% pada distilat daun muda. Hasil *re-distilasi* dari kedua metode, yaitu skala laboratorium dan *pilot plant*, menunjukkan bahwa keduanya mampu menghasilkan minyak yang memenuhi standar mutu SNI 3954:2014 dari segi warna, aroma, dan indeks bias. Meskipun demikian, terdapat perbedaan hasil antara kedua metode tersebut. Metode laboratorium dengan bahan baku homogen, yaitu daun muda, menghasilkan kadar sineol yang lebih tinggi dan mutu kimia yang lebih baik dibandingkan metode *pilot plant* yang menggunakan campuran daun muda dan tua. Efisiensi pemisahan pada *pilot plant* cenderung lebih rendah karena variasi bahan baku dan kompleksitas kondisi operasi. Temuan ini menegaskan bahwa pemilihan bahan baku yang seragam serta pengendalian suhu distilasi yang tepat sangat berpengaruh terhadap kualitas akhir minyak. Oleh karena itu, *re-distilasi* dapat menjadi pendekatan yang efektif dan berkelanjutan dalam pengolahan minyak kayu putih untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi yang sesuai dengan standar nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, H. N., Rana, H. E., Fadilla, I., Fajar, A., Manurung, R., & Abduh, M. Y. (2018). Determination Of Yield, Productivity And Chemial Composition Of *Eucalyptus* Oil From Different Species And Locations In Indonesia. *Chemical and Natural Resources Engineering Journal*, 1(1), 36–49.
- Aryani, F. (2020). Penyulingan Minyak Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) dengan Suhu yang Berbeda. *Buletin LOUPE*, 16(2), 51–57.
- Aryani, F., Noorcahyati, & Arbainsyah. (2020). *Pengenalan Atsiri (Melaleuca cajuputi) Prospek Pengembangan, Budidaya dan Penyulingan*.
- Barak, T. H., Döğenci, I., & Bardakci, H. (2023). Evaluation of the essential oil samples that are sold as “*Eucalyptus* oil” on the market in Türkiye in terms of European Pharmacopoeia 10.0 criteria. *Journal of Research in Pharmacy*, 27(4), 1463–1473.
- BSN. (2014). *Badan Standarisasi Nasional Minyak Kayu Putih*.
- Irfan, N., Nurani, L. H., Guntarti, A., Salamah, N., & Ariani Edityaningrum, C. (2022). Analisis Profil Minyak Atsiri Daun Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra* L.) dan

-
- Produk di Pasaran. *J.Food Pharm.Sci*, 10(3), 754–762.
- Kartiko, A. B., Kuspradini, H., & Rosamah, E. (2021). Karakteristik Minyak Atsiri Daun Melaleuca leucadendra L. dari Empat Lokasi yang Berbeda Di Kabupaten Paser Kalimantan Timur. *Ulin-J Hut Trop*, 5(2), 80–75.
- Le, T. X., Nguyen, M. N., Le, T. M., & Pham, M. C. V. (2025). Enriching 1,8-Cineole Content in *Eucalyptus camaldulensis* D. Raw Essential Oil: An Investigation on Optimizing Vacuum Fractional Distillation Process. *Indonesian Journal of Chemistry*, 25(2), 432–443.
- Mira, A. (2022). Kayu Putih (Melaleuca Cajuputi) Sebagai Tanaman Penghasil Minyak Obat Cajuput (Melaleuca Cajuputi) As A Medicine Oil Producing Plant Review Artikel. *AGRONOMIKA*, 20(2).
- Octavia, Amin, A., Waris, R., & Yuliana, D. (2023). *identifikasi Organoleptik, Dan Kelarutan Ekstrak Etanol Daun Pecut Kuda (Stachitarpeta jamaiensis (L.) Vahl) Pada Pelarut Dengan Kepolaran Berbeda.* 1(4), 203–211.
- Perum Perhutani. (2022). *Laporan Tahunan 2022*.
- Rahmah, A., Sari, M., & Ulfah, D. (2022). Rendemen Dan Kualitas Minyak Kayu Putih (Melaleuca Cajuputi) Dari Penyulingan Pt Inhutani Ii Pulau Laut. *Jurnal Sylva Scientiae*, 05(4).
- Rienoviar, Assagaf, M., Smith, H., Pongtuluran, O. B., Agustunusari, I., & Harimurti, N. (2023). Karakteristik Fisik dan Komposisi Kimia Minyak Kayu Putih (Melaleuca cajupita) Asal Maluku dan Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Teknologi & Industri Pertanian*, 29(1), 56–64.
- Rimbawanto, A., Kartikawati, N. K., & Prastyono. (2018). *Dari Tanaman Asli Indonesia Untuk Masyarakat Indonesia* (E. B. Hardiyanto & A. Nirsatmanto, Eds.).
- Saleh, M. T., Ayub, M. A., Shahid, M., Raza, M. H., Hussain, A., & Javed, T. (2023). Comparison of Essential Oil Yield, Chemical Composition and Biological Activities of *Eucalyptus camaldulensis* Leaf: Conventional Distillation versus Emerging Superheated Steam Distillation. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 19(2), 139–155.
- Sharma, A. D., & Kaur, I. (2021). By-product hydrosol of *eucalyptus globulus* essential oil distillation as source of botanical insecticides: Wealth from waste. *Notulae Scientia Biologicae*, 13(1).