

Analisis Minyak Terpentin Hasil Penyulingan di Pabrik Gondorukem dan Terpentin Sindangwangi

S. Rosalinda* dan Riska Sumirat

Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Ir. Soekarno Km. 21, Jatinangor, Sumedang 45363, Indonesia
Email: s.rosalinda@unpad.ac.id

Abstrak

Minyak terpentin merupakan salah satu komoditas ekspor yang potensial. Minyak terpentin yang diperoleh dari getah pinus merkusii mengandung α -Pinene yang digunakan untuk berbagai aplikasi. Pentingnya peranan minyak terpentin dalam berbagai industri dipengaruhi oleh kualitasnya khususnya komponen kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen kimia minyak terpentin dan kualitasnya di Pabrik Gondorukem dan Terpentin (PGT) Sindangwangi Jawa Barat. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium dengan analisis deskriptif dan studi literatur pada jurnal terakreditasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 12-16 komponen terpentin teridentifikasi. Komponen kimia minyak terpentin terdiri dari α -Pinena, Kamfena, β -Pinena, β -Mirsena, Dihidro-4-karena, δ -Karena, Simol, Limonena, γ -Terpinena, α -Terpinolena, α -Pinena oksida, Thujol dan Verbenol α -Tujen, β -Palandrena, Cinema, dan Humulena. Selain itu, terpentin memiliki bau yang khas, berwarna transparan, dan kandungan α -pinene sebesar 83,28%, massa jenis 0,888 Kg/m³ dan VOC 1,07%.

Kata kunci : α -Pinene, Komponen kimia, Minyak terpentin, PGT Sindangwangi

Abstract

Analysis of Turpentine Oil Refined at Sindangwangi Gondorukem and Turpentine Factory

Turpentine oil is one of the potential export commodities in Indonesia. Turpentine oil obtained from the sap of Pinus merkusii contains α -pinene, which is used for various applications. The important role of turpentine oil in various industries is influenced by its quality, especially the chemical components. This study aims to identify the chemical components of turpentine oil and its quality at the Sindangwangi Gondorukem and Turpentine Factory (PGT), West Java. This research used a laboratory experimental method with descriptive analysis and a literature study in accredited journals. The results showed that 11–14 turpentine components were identified. The chemical components of turpentine oil consist of α -Pinene, Kamfena, β -Pinene, β -Mirsena, Dihydro-4-carene, δ -Carene, Simol, Limonena, γ -Terpinene, α -Terpinolene, α -Pinene oxide, Thujol and Verbenol, α -Tujen, β -Palandrena, Cinema, and Humulena. In addition, turpentine oil has a distinctive odor, transparency, and α -pinene content of 83.28%, a density of 0.888 kg/m³, and a VOC of 1.07%.

Keywords: α -Pinene, Chemical components, Turpentine oil, PGT Sindangwangi

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara yang kaya akan sumber daya alam, khususnya tanaman pinus. Tanaman pinus di Indonesia mencapai 300.000 ha dan dapat memproduksi getah hingga 500.000 ton

dan 10.000 ton minyak terpentin setiap tahunnya (Wiyono *et al.*, 2006). Pabrik Gondorukem dan Terpentin (PGT) Sindangwangi merupakan salah satu pabrik penghasil minyak terpentin dari getah pinus milik perum perhutani. Minyak terpentin termasuk kelompok industri non-kayu yang

memiliki kontribusi sebesar 45% dari total pendapatan perum perhutani (Primingtyas & Widyorini, 2020).

Minyak terpentin adalah salah satu jenis minyak atsiri yang diperoleh dari hasil distilasi getah pinus (*gum turpentine*). Metode lain untuk mendapatkan minyak terpentin adalah melalui proses penyulingan secara fraksinasi ekstrak tunggul kayu pinus (*wood turpentine*) dan mengkondensasikan gas-gas volatil sebagai hasil samping pembuatan *pulp* kayu daun jarum dengan proses sulfat atau *kraft* (*sulphate turpentine*) (Wiyono *et al.*, 2006). Minyak terpentin berbentuk cairan jernih dan memiliki aroma khas terpentin, bersifat tidak mudah menguap (Wijayati, 2017). Selain berwarna jernih ada juga minyak terpentin yang berwarna pucat, merah gelap dan hitam kemerah-merahan tergantung dari sumber getah dan metode pengolahannya (Kirk-Othmer, 1972).

Pinus merkusii merupakan penghasil getah terbesar jika dibandingkan dengan jenis pinus lainnya dengan kandungan terpentin berkualitas tinggi (Sastrohamidjojo, 2004). Hal ini dikarenakan *pinus merkusii* mempunyai saluran resin yang menghasilkan metabolit sekunder bersifat alelopati. Resin tersebut termasuk pada kelompok senyawa terpenoid. Pinus merkusii memiliki saluran resin yang dapat menghasilkan suatu metabolit sekunder bersifat alelopati. Alelokimia pada resin tersebut termasuk pada kelompok senyawa terpenoid, yaitu monoterpen α -pinene dan β -pinene (Hardiwinoto *et al.*, 2011; Sallata, 2013). Selain terpenoid, senyawa aktif yang ada di *pinus merkusii* yaitu Alkaloid, Fenolik, Saponin, Flavanoid, Triterpenoid, dan Tanin (Sila *et al.*, 2022). Selain itu getah *pinus merkusii* mengandung asam abietate (asam abietat, asam livomarat, polustrat, neoabietat, dehidroabietat dan tetrahidro abietat) (Wiyono, 2007).

Getah pinus terdiri dari dua komponen utama, yaitu rosin atau gondorukem (60%) dan minyak terpentin. Jumlah minyak terpentin yang terkandung dalam getah pinus berkisar antara 10-17,5% dan sisanya berupa air, serasah dan kotoran halus (Kurniawan *et al.*, 2015). Adapun berdasarkan data dari PGT Sindangwangi menunjukkan bahwa komponen getah pinus yang diolah hanya sebesar 83,68% dengan kandungan air 9,60%, kotoran kasar (Serasah) 4,01% dan kotoran halus 2,71%.

Komponen kimia minyak terpentin dipengaruhi oleh jenis-jenis pinus dan metode pengolahannya. Variasi komposisi minyak terpentin dapat menentukan kelayakan dan pemanfaatannya sebagai sumber isolat untuk industri kimia (Lukman & Wiyono, 1991). Pengolahan minyak terpentin di PGT Sindangwangi terdiri dari tiga tahap, diantaranya penerimaan bahan, pengolahan getah dan pemasakan larutan getah. Bahan baku getah kualitasnya diuji, kemudian larutan getah diolah pada unit pengenceran, pencucian dan pengendapan. Tahap terakhir adalah pemasakan yang bertujuan untuk memisahkan gondorukem dan minyak terpentin. Berdasarkan Berita Acara Produksi (BAP) PGT Sindangwangi minyak terpentin yang dihasilkan sebanyak 326,25 kg/jam (Dewantoro & Putri, 2022). Minyak terpentin bersifat korosif sehingga disimpan pada tempat (drum) yang digalvanisasi, aluminium atau plastik (Silitonga & Sumadiwangsa, 1974).

Menurut Wiyono *et al.*, (2006) komponen utama dari sampel (getah pinus dan minyak terpentin) adalah α -pinene, α -3-karen 18 dan β -Pinene. Minyak terpentin Indonesia mengandung sekitar 57- 86% α -pinene, 8-12% δ -karena dan golongan monoterpen yang lain dengan jumlah minor. Senyawa ini merupakan senyawa golongan terpenoid (monoterpen, C₁₀) (Amini *et al.*, 2014). Minyak terpentin merupakan komponen utama dari terpena (Julianto, 2019). Terpentin didapatkan dari proses metabolit sekunder yaitu terpenoid. Sejumlah senyawa terpenoid telah diisolasi dari bagian kulit batang, daun dan getahnya termasuk minyak terpentin (Dwisari *et al.*, 2016). Senyawa terpenoid bersifat toksik untuk tumbuhan dan serangga sehingga dapat difungsikan sebagai bioherbisida (Senjaya & Surakusumah, 2007), memberikan efek fisiologis dan efek farmakologis (Mierza *et al.*, 2023).

Minyak terpentin dapat digunakan sebagai bahan baku penting bagi industri kimia, pembersih lantai, sanitasi, *pressure-sensitive tapes*, *hot-melt adhesive*, resin sintesis, vernis, ramuan semir sepatu, pelarut bahan organik, bahan pembuatan kamfer sintesis, insektisida (Lukman & Wiyono, 1991), pelarut cat, industri parfum, kapur barus, desinfektan (Wijayati, 2017), pembuatan kertas, *printing ink* dan *chewing gum* (Riwayati, 2005). Pentingnya peranan minyak terpentin dalam

berbagai industri dipengaruhi oleh kualitasnya. semakin baik kualitasnya maka harga jualnya makin tinggi. Harga minyak terpentin umumnya sebesar Rp26.582.080,- per ton, namun jika memiliki kandungan α -pinene tinggi harga meningkat hingga Rp30.000.000,-. Dengan demikian penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komponen kimia minyak terpentin dan kualitasnya di PGT Sindangwangi.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan di PGT Sindangwangi dari bulan Januari hingga Februari 2020. Data yang didapatkan melalui eksperimen laboratorium dengan pendekatan deskriptif, observasi langsung dan studi literatur dari jurnal terakreditasi.

Pengujian Kualitas Minyak Terpentin

Minyak terpentin sebanyak 250 mL dengan pH 7 (netral) pada suhu 25°C diambil dari tiga tempat yaitu terpentin produk (A), terpentin proses (B) dan terpentin limbah di *vacuum* (C). Terpentin produk (A) adalah hasil akhir dari proses produksi dan siap untuk dipasarkan. Adapun terpentin proses (B) berfungsi untuk proses pengenceran sehingga memudahkan proses transfer antar unit proses, memudahkan pemisahan kotoran serta air. Selanjutnya terpentin *vacuum* (C) adalah hasil dari proses *vacuum*. Terakhir terpentin Parameter uji dalam penelitian yaitu, warna, bau dan densitas minyak terpentin.

Pengujian Kandungan Terpentin pada Gondorukem

Gondorukem disiapkan sebanyak 2 g dengan kondisi halus pada *batch* 172, 174, 176 dan 177. Sampel akan mengalami proses pemanasan di oven dengan suhu dipertahankan 150°C selama 60 menit. Sampel dimasukan kedalam desikator untuk menghilangkan kadar air pada sampel selama 5 menit. Nilai VOC didapatkan dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$VOC = \frac{Ma-Mb}{Ma}$$

Keterangan: VOC = *Volatile Oil Content*; Ma = Berat sampel sebelum dipanaskan; Mb= Berat sampel setelah dipanaskan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi terpentin dipengaruhi oleh jenis-jenis pinus dan metode pengolahan. Variasi komposisi minyak dapat menentukan kelayakan pemanfaatan dari minyak terpentin sebagai sumber isolate untuk industri kimia. (Lukman & Wiyono, 1991). Komponen minyak terpentin termasuk senyawa hidrokarbon monoterpen dan seskuioterpen. Jumlah senyawa hidrokarbon monoterpen yang tinggi menyebabkan minyak terpentin mudah mengalami kerusakan yang disebabkan oleh proses oksidasi. Menurut Musman (2017) perbandingan banyaknya atom karbon dan atom hidrogen dalam terpentin sebesar 5:8 atau dikelompokkan sebagai terpena. Berdasarkan Utami *et al* (2011) minyak terpentin di Indonesia mengandung, 65- 85% α -pinene, kurang 1% camphene, 1-3% β -pinene, 10-18% 3-carene dan limonene 1-3%. Adapun struktur dari minyak terpentin tertampil pada Gambar 1 berikut (Masten dan Haneke, 2002).

Berdasarkan penelitian (Amini *et al.*, 2014) mengenai kandungan kimia minyak terpentin dengan menggunakan Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (KG-SM). Sedikitnya ada 13 senyawa penyusun minyak terpentin menunjukkan bahwa terdapat 13 komponen meliputi α -Pinene, Kamfena, β -Pinene, β -Mirsene, Dihidro-4- karena, δ -Karena, Simol, Limonene, γ -Terpinene, α -Terpinolene, α -Pinene oksida, Thujol dan Verbenol α -Tujena. Berdasarkan penelitian Wiyono *et al.*, (2006) komponen kimia minyak terpentin meliputi α -Pinene, d-camphene, sabinene, β -Pinene, sabinene, mycerene, α -Phellandrene, 3-carene, p-cymene, d-limonene, α -Terpineol dan β -caryophyllene.



Gambar 1. Struktur Komponen Bioaktif Minyak Terpentin

Adapun hasil penelitian penelitian (Lukman & Wiyono, 1991) komponen bioaktif minyak terpentin di beberapa wilayah Indonesia (Cianjur, Pekalongan Timur) diantaranya, α -Pinene, Kamfena, β Pinene, β -Karena, α -Terpinene, Limonena, β -Palandrena, γ -Terpinene, Cimema, Terpinolena, Kariopilena dan Humulena. Diantara penelitian diatas menunjukkan bahwa komponen kimia minyak terpentin minimal terdapat 12-16 komponen. Minyak terpentin yang berkualitas ditandai dengan komponen α -pinene yang tinggi. α -pinene adalah komponen terbesar yang berada di terpentin (Siregar, 2020). Minyak terpentin PGT Sindangwangi dianalisis dan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Berikut ditampilkan data α -pinene pada Tabel 1.

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa minyak terpentin di PGT Sindangwangi memiliki kualitas yang lebih tinggi dibandingkan sumber lainnya. Kandungan α -pinene melebihi standar SNI SNI 7633:2020 yaitu sebesar 83,28%. Kandungan α -pinene pada minyak terpentin sifatnya tergantung dari jenis pohon pinus, lokasi geografis pohon, musim panen dan kualitas pengolahan terpentin (Suranto, 2018). Kandungan penyusun kimia atau komponen utamanya berbeda-beda tergantung pada jenis pinus yang disadap.

Selain itu karakteristik yang penting dalam minyak terpentin adalah warna, bau, densitas dan kualitas lainnya sesuai dengan Standar Nasional Indonesia mengenai minyak terpentin (SNI 7633:2020). Pengujian kuantitatif meliputi: Pengujian densitas dan *Volatile Oil Content* (VOC), Indeks bias, titik nyala, titik didih awal, putaran optic, bilangan asam dan kandungan α -pinene. Pengujian lainnya seperti karakterisasi Isolat menggunakan *Spektrofotometri Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR).

Analisis Kualitas Minyak Terpentin

Terpentin murni menurut SNI memiliki warna yang jernih tanpa ada kontaminasi bahan lain. Proses pemasakan di PGT Sindangwangi tidak terjadi secara sempurna karena masih terdapat zat lain yang mempengaruhi kualitas minyak terpentin. Selain itu proses penyimpanan getah juga berpengaruh pada kualitas dan rendemen minyak terpentin. Berdasarkan penelitian Anggita (2012) menunjukkan semakin lama penyimpanan getah pada kisaran 15-30 hari menyebabkan menurunnya rendemen yang dihasilkan. Hal tersebut telah dibuktikan berdasarkan percobaan yang dilakukan di PGT Sindangwangi. Sampel minyak terpentin diambil dari tiga tempat, yaitu terpentin produk (A), terpentin proses (B) dan terpentin limbah (C). Dilakukan perbandingan dari tiga sampel tersebut meliputi warna, bau dan densitas minyak terpentin.

Kualitas pertama yang diuji adalah warna dan bau pada sampel. Sampel A diambil di tangki penyimpanan yang siap dipasarkan. Berdasarkan percobaan pada sampel dihasilkan memiliki bau khas terpentin serta warnanya yang jernih dan bening. Sampel A memiliki kandungan air sebanyak 20 ml dan jonjot atau kotoran 1 ml. Adapun sampel B terlihat keruh dan aromanya khas terpentin. Sampel B mengandung air sebesar 140 ml, terpentin 107 ml dan jonjot 3 ml. Dianalisis dari hasil tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat kandungan air yang cukup banyak dibandingkan minyak terpentin A. Kandungan air yang tinggi di sampel B disebabkan tidak melalui proses di dehidrator.

Adapun terpentin sampel C dihasilkan kandungan air 240 ml dan kandungan terpentin 10 ml. Kinerja mesin *vacuum* tidak sempurna disebabkan oleh kapasitas *vacuum* yang tidak sesuai dapat menyedot minyak terpentin ke pembuangan

Tabel 1. Kandungan α -pinene pada Minyak Terpentin

Sumber Terpentin	Kandungan α -pinene (%)
PGT Sindangwangi	83,28
SNI	> 80,00
Perusahaan Lokal	64,60
Perdagangan	55,80
Cianjur	72,90
Pekalongan	71,27

limbah. Kandungan air yang tinggi pada limbah menyebabkan densitasnya lebih besar dibandingkan terpentin produk dan proses yaitu sebesar $0,96 \text{ kg/m}^3$. Gambar 2 menunjukkan perbandingan densitas dari tiga sampel minyak terpentin.

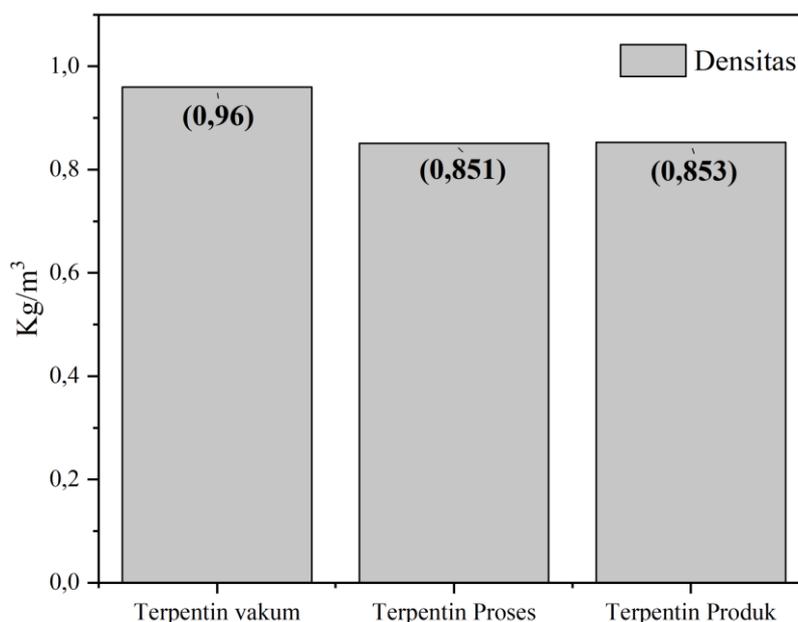
Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai densitas dari tiga sampel. Terpentin limbah (*vacuum*) memiliki nilai densitas yang paling besar diantara sampel lainnya. Hal ini dikarenakan terdapat kandungan air pada minyak terpentin. Nilai densitas terpentin produk paling rendah diantara ketiga sampel, karena minyak tidak terkontaminasi dengan zat lainnya. Nilai densitas pada produk telah memenuhi standar SNI yaitu antara $0,848 - 0,865 \text{ Kg/m}^3$. Hal ini menunjukkan

bahwa PGT Sindangwangi menghasilkan produk yang berkualitas. Berikut ditampilkan perbandingan minyak terpentin di PGT Sindangwangi dengan standar (SNI 7633, 2020) pada Tabel 2.

Kualitas minyak terpentin yang dihasilkan PGT Sindangwangi sudah memenuhi standar SNI. Hal ini juga dipengaruhi oleh mutu getah yang digunakan dan proses produksi. PGT Sindangwangi menggunakan getah dengan mutu II, sehingga getah dibawah mutu II tidak layak diproduksi agar menghasilkan produk yang berkualitas. Getah mutu II memiliki kandungan air sebesar 9,60% dan kandungan kotoran sebesar 6,72%. Kandungan air dan kotoran di dalam getah dipengaruhi oleh cuaca. Ketika musim hujan jumlahnya lebih besar

Tabel 2. Perbandingan Minyak Terpentin

Sumber Terpentin	PGT Sindangwangi	SNI 7633:2020
Densitas (Kg/m^3)	0,853	0,848 - 0,865
Titik nyala ($^{\circ}\text{C}$)	37	33-38
Sisa penguapan (%)	1,19	< 2
Bilangan asam	1,3	< 2
Putaran optik	33,4	> 32
Warna	Jernih	Jernih
Bau	Khas Terpentin	Khas Terpentin



Gambar 2. Densitas Minyak Terpentin

Tabel 3. Nilai *Volatile Oil Content* (VOC) pada Gondorukem

No Batch	VOC (%)
172	1,3518
174	0,9478
176	0,9519
177	1,0159

dibandingkan musim kemarau (Kharismawati *et al.*, 2016). Terdapat keterkaitan yang erat antara mutu getah dengan kandungan air dan pengotor. Jumlah air dan pengotor yang tinggi menyebabkan keluaran limbah yang tinggi pula dan dapat mempengaruhi nilai efisiensi proses. Selain itu, pengotor dalam getah mengandung ion logam dan mineral mengakibatkan kualitas gondorukem menurun karena sulit diproduksi (Hidayat *et al.*, 2023).

Kandungan Minyak Terpentin pada Gondorukem

Terpentin merupakan hasil penguapan dari proses penyulingan *pinus merkusii*. Dilakukanlah percobaan untuk menguji kandungan terpentin pada gondorukem atau *Volatile Oil Content* (VOC) pada beberapa sampel. Nilai VOC yang semakin kecil menunjukkan semakin tinggi titik lunak gondorukem karena, sehingga jika kadar terpentin semakin tinggi menyebabkan gondorukem semakin lunak (Silitongam *et al.*, 1973).

Hasil percobaan nilai VOC menunjukkan masih sesuai dengan standar yaitu dibawah 2%. Nilai VOC rata-rata dari empat sampel adalah 1,07%. Data lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Proses pemasakan menghasilkan endapan dan menjadi gondorukem sedangkan minyak terpentin akan menguap ke atas hingga batas tertentu. Minyak terpentin tidak menguap sempurna karena dapat menyebabkan kualitas gondorukem menurun dan warnanya menjadi hitam. Kandungan minyak terpentin yang masih ada di gondorukem maksimal 2% tau VOC adalah harus lebih kecil dari < 2 % untuk kualitas pertama (SNI 7636, 2020).

KESIMPULAN

Komponen kimia yang teridentifikasi antara 12-16 komponen yang terdiri dari α -Pinene,

Kamfene, β -Pinene, β -Mirsene, Dihidro-4- karena, δ -Karena, Simol, Limonene, γ -Terpinene, α -Terpinolene, α -Pinene oksida, Thujol, Verbenol α -Tujen, β -Palandrene, Cimema dan Humulene. PGT Sindangwangi menghasilkan minyak terpentin berkualitas yang memenuhi standar SNI 7633:2020 baik dari kandungan α -pinene, densitas, VOC dan karakteristik lainnya. Kandungan α -pinene sebesar 83,28%, densitas 0,853 Kg/m³ dan VOC 1,07%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amini, R.W., Masruri, M. & Rahman, M.F. 2014. Analisis Minyak Terpentin (*Pinus Mercusii*) Hasil Produksi Perusahaan Lokal dan Perdagangan menggunakan Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (KG-SM) serta Metode Pemurniannya. *Kimia Student Journal*, 1(1): 147–153.
- Anggita, N.B. 2012. Rendemen dan Kualitas dari Gondorukem dan Terpentin Hasil Pengolahan Getah Pinus (*Pinus merkusii*) Setelah Penyimpanan. *Institut Pertanian Bogor*, 1–37.
- Dewantoro, A.I. & Putri, S.H. 2022. Evaluasi Kehilangan Bahan selama Proses Produksi Gondorukem Berdasarkan Analisis Neraca Massa. *Jurnal Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses Dan Teknologi Tepat Guna*, 18(1): 29–38. DOI: 10.14710/metana.v18i1.43762
- Dwisari, F., Harlia, & Alimuddin, A.H. 2016. Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Terpenoid Ekstrak Metanol Akar Pohon Kayu Buta-Buta (*Excoecaria Agallocha* L). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(3): 1–6.
- Hardiwinoto, S., Nurjanto, H.H., Nugroho, A.W., & Widiyatno, W. 2011. Pengaruh Komposisi dan Bahan Media terhadap Pertumbuhan Semai Pinus (*Pinus merkusii*). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 8(1): 9–18. DOI: 10.20886/jpht.2011.8.1.9-18

- Hidayat, R.A.N., Nugroho, S., Dewajani, H., & Yuni, A. 2023. Peningkatan Kualitas Gondorukem Dengan Penambahan Chelating Agent Dan Adsorben Pada Proses Pengolahan Getah Karet (Pinus Merkusii) Di Pt. Perhutani Anugerah Kimia. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2): 390–399. DOI: 10.33795/distilat.v7i2.255
- Julianto, T.S. 2019. Fitokimia Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrining Fitokimia. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9):1689-1699.
- Kharismawati, D., Indrasti, N.S., & Suprihatin, S. 2016. Strategi Implementasi Produksi Bersih untuk Meningkatkan Kinerja Industri Gondorukem (Studi Kasus Nagreg Jawa Barat). *Jurnal Aplikasi Manajemen*, 14(4): 705–713. DOI: 10.18202/jam23026332.14.4.11
- Kirk-Othmer. 1972. Radioactive drugs and tracers to semiconductors. *Encyclopedia of Chemical Technology*, 12 dan 17.
- Kurniawan, D.P., Ashadi, R.W., & Arif. 2015. Penentuan Waktu dan Analisis Keseimbangan Lini Produksi pada Industri Pengolahan Gondorukem dan Terpentin. *Jurnal Pertanian* 6(2): 88–91. DOI: 10.30997/jp.v6i2.36
- Lukman, A.H., & Wiyono, B. 1991. Analisis Komponen Kimia Minyak Terpentin dari Cianjur dan Pekalongan Timur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 8(6): 243–246.
- Masten, S. & Haneke, K., 2002. Turpentine (turpentine oil, wood turpentine, sulfate turpentine, sulfite turpentine). *Review of Toxicological Literature*. US, North Carolina. p.1–5.
- Mierza, V., Antolin, A., Ichsani, A., Dwi, N., Sridevi, S., & Dwi, S. 2023. Research Article: Isolasi dan Identifikasi Senyawa Terpenoid. *Jurnal Surya Medika*, 9(2): 134–141. DOI: 10.33084/jsm.v9i2.5681
- Musman, M. 2017. Kimia Organik Bahan Alam. Syiah Kuala University Press, 2017. DOI: 10.52574/syiahkualauniversitypress.298
- Primaningtyas, A., & Widyorini, R. 2020. Evaluasi Proses Produksi Industri Gondorukem dari Tinjauan Aliran Massa dan Energi (Studi kasus PGT Sapuran). *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 12(1): 29–52. DOI: 10.24111/jrihh.v12i1.5996
- Riwayati, I. 2005. Pengaruh Jumlah Adsorben Karbon Aktif Dan Waktu Proses Bleaching Pada Pengolahan Gondorukem. *Momentum*, 1(2): 9–14.
- Sallata, M. K. 2013. Pinus (Pinus Merkusii Jungh Et De Vriese) dan Keberadaannya Di Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan. *Info Teknik Eboni*, 10(2): 85–98.
- Sastrohamidjojo, H. 2004. Kimia Minyak Atsiri. Gajah Mada University Press.
- Senjaya, Y. A., & Surakusumah, W. 2007. Potensi Ekstrak Daun Pinus sebagai Bioherbisida Penghambat Perkecambahan *Echinochloa colonum* L. dan *Amaranthus viridis*. *Jurnal Perenial*, 4(1): 1–5.
- Sila, V.U.R., Masing, F.A., & Santiari, M. 2022. Identifikasi Dan Karakterisasi Senyawa Metabolit Sekunder Tumbuhan Endemik Asal Desa Fatunisuan Kabupaten Timor Tengah Utara. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 11(1): 184–191. DOI: 10.23887/jstundiksha.v11i1.44995
- Silitonga, T., Sumadiwangsa, & Nayasaputra, S. 1973. Pengolahan dan pengawasan kualitas gondorukem dan terpentin. Laporan Lembaga Penelitian Hasil Hutan No. 9. Direktorat Jendral Kehutanan, Bogor.
- Silitonga, & Sumadiwangsa. 1974. Penataran pengujian kualitas gondorukem di Pekalongan Barat. Lembaga Penelitian Hasil Hutan No. 21. Direktorat Jendral Kehutanan Departemen Pertanian.
- Siregar, J. 2020. Ekstraksi Minyak Terpentin dari Getah Pinus dengan Metode Microwave Assisted Hydro-Distillation (MAHD). Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, September.
- SNI 7633 2020. Minyak Terpentin. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 7636. 2020. Gondorukem.. Badan Standardisasi Nasional.
- Suranto, Y. 2018. Karakter Dan Kualitas Gondorukem Kuna Hasil Penemuan Di Pemukiman Pecinan Kutoarjo Kabupaten Purworejo. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya*, 12(2): 47–60. DOI: 10.33374/jurnalkonservasi.cagarbudaya.v12i2.188
- Utami, H., Budiman, A., Sutijan, S., Roto, R. & Sediawan, W.B. 2011. *Studi Kinetika Reaksi Heterogen A-Pinene Menjadi Terpeneol Dengan Katalisator Asam Kloro Asetat*. 13(4):248–253.
- Wijayati, N. 2017. Biotransformasi Alfa Pinena dari Minyak Terpentin. In *Unnes Press*. Unnes Press.

Wiyono, B. 2007. Pengaruh Konsentrasi Bahan Kimia Maleat Anhidrida terhadap Gondrukem Maleat dari Getah Pinus merkusii. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 25(1):28–40.

Wiyono, B., Tachibana, S., & Tinambunan, D. 2006.

Chemical Composition of Indonesian Pinus Mercusii Turpentine Oils, Gum Oleoresins and Rosins from Sumatra and Java. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(1): 7–14. DOI: 10.3923/pjbs.2006.7.14