

IDENTIFIKASI KOMPONEN DALAM HIDROSOL LIMBAH AGROINDUSTRI MINYAK ATSIRI PALA DI PROVINSI LAMPUNG

*Identification of hydrosol components of nutmeg essential oil distillation waste in
Lampung Province*

Widia Rini Hartari¹, Sri Hidayati², Tanto Pratondo Utomo^{2*}, Dewi Sartika², dan Suharyono²

¹ Mahasiswa Program Studi Doktor Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas
Lampung, Jalan Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung

² Program Studi Doktor Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jalan
Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung

* Email: tanto.utomo@fp.unila.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.20884/1.jaber.2023.4.2.10014>

Naskah ini diterima pada 13 Oktober 2023; revisi pada 16 Oktober 2023;
disetujui untuk dipublikasikan pada 23 November 2023

ABSTRAK

Agroindustri minyak atsiri pala selain menghasilkan produk minyak atsiri dalam proses penyulingannya, juga menghasilkan limbah cair berupa hidrosol hasil pemisahan minyak atsiri. Hidrosol yang dihasilkan dari proses penyulingan minyak atsiri pala terdapat dalam jumlah yang besar proses penyulingan membutuhkan air sekitar 30 persen dari berat bahan baku dengan rendemen minyak atsiri pala yang dihasilkan hanya sekitar 10 persen sedangkan hidrosol, yang belum dapat dimanfaatkan sehingga hanya dibuang ke lingkungan, sekitar 20 persen dari berat bahan baku. Agroindustri minyak atsiri pala harus memproduksi secara efektif dan efisien sehingga hidrosol yang dihasilkan harus dapat dimanfaatkan sehingga menghasilkan nilai tambah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen hidrosol sisa penyulingan minyak atsiri yang diduga masih mengandung komponen aromatik dan lainnya karena masih berbau harum khas pala. Penelitian ini dilaksanakan di salah satu agroindustri minyak atsiri pala di Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. Hidrosol sisa penyulingan minyak atsiri pala diidentifikasi menggunakan GC-MS yang dilakukan perlakuan pendahuluan SPME dengan mengambil senyawa pada hidrosol dengan *fibres*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 15 senyawa yang teridentifikasi dengan persentase area tertinggi adalah Di(2-ethylhexyl) adipate 90,845 % yang berpotensi dapat dimanfaatkan sebagai *bahan plasticizer*, bahan pelarut kosmetik, dan tekstil. Senyawa-senyawa lain yang teridentifikasi antara lain adalah senyawa yang bersifat antioksidan dan antimikroba seperti asam karboksilat. Pada pengujian aktifitas antioksidan diperoleh % inhibisi mencapai 95,63%, yang artinya sangat tinggi dalam menangkal radikal bebas. Pada pengujian total saponin diperoleh rata-rata 0,05%.

Kata kunci: Agroindustri, Hidrosol, Penyulingan, Pala

ABSTRACT

The nutmeg essential oil agro-industry, in addition to producing essential oil products in the distillation process, also produces liquid waste in the form of hydrosols resulting from the separation of essential oils. Hydrosols produced from the distillation process of nutmeg essential oil are present in large quantities. 20 percent of the weight of raw materials. Nutmeg essential oil agro-industry must produce effectively and efficiently so that the hydrosol produced must be utilized to produce added value. This study aims to identify

the hydrosol components left over from essential oil distillation which are thought to still contain aromatic and other components because they still smell of nutmeg. This research was conducted in a nutmeg essential oil agro-industry in Pesawaran District, Lampung Province. The hydrosol remaining from the distillation of nutmeg essential oil was identified using GC- MS which was pretreated with SPME by taking the compound in the hydrosol with fiber. The results showed that there were 15 compounds identified with the highest area percentage being Di(2-ethylhexyl)adipate 90.845% which could potentially be used as plasticizers, cosmetic solvents, and textiles. Other compounds identified included antioxidant and antimicrobial compounds such as carboxylic acids. In testing the antioxidant activity, it was obtained that % inhibition reached 95.63%, which means it is very high in counteracting free radicals. In the total saponin test, an average of 0.05% was obtained.

Keywords: Agroindustry; Hydrosol; Destillation; Nutmeg

PENDAHULUAN

Pala (*Myristica fragrans*) merupakan salah satu jenis tanaman rempah-rempah yang sudah terkenal di dunia sejak zaman dahulu. Menurut (Subhan & Basri, 2019), Indonesia adalah salah satu negara dengan produksi pala terbesar di dunia. Produksi tanaman pala (*Myristica fragrans*) memiliki peningkatan pada tahun 2017 yaitu dari 32,842 ton menjadi 40,803 ton pada tahun 2021, dan dihasilkan dari 98% perkebunan rakyat (Kementerian Pertanian, 2022). Tanaman pala memiliki market share di Uni Eropa, dengan nilai 63,42% dan 77,74% untuk bagian bunga pala dan pala utuh dan 34,87% dan 47,75% untuk bagian bunga pala dan pala olahan (Hadiyanto, 2018).

Di Pulau Sumatera, Provinsi Lampung menjadi salah satu daerah yang menghasilkan pala. Provinsi ini telah mengembangkan usaha pertanian pala dengan peningkatan luas lahan yang mencapai rata-rata 25,33% per tahun. Pada tahun 2011, Provinsi Lampung mulai melakukan ekspor pala dengan volume 26 ton, dan pada tahun 2017, volume ekspor sudah meningkat menjadi 28,10 ton (Disperindag, 2017). Produksi Pala Provinsi Lampung pada tahun 2021 mencapai 669 ton, dan Kabupaten Tanggamus merupakan sentra penghasil pala di Provinsi Lampung. Dilanjutkan daerah Kabupaten Pesawaran dan Lampung Timur (Ditjenbun, 2021). Usahatani pala di Kabupaten Tanggamus memiliki luas lahan seluas 789 hektar dengan produktivitas pala sebesar 680 kg per hektar (Lestari et al., 2019).

Tanaman pala di daerah Lampung berasal dari pulau Banda, sehingga disebut Pala Banda (Nurdjannah, 2007). Bagian tanaman pala ekonomis adalah buah, biji, dan fuli pala. Bagian buah biasanya hanya diolah sebagai makanan seperti manisan, pada bagian fuli dijual dalam keadaan kering mencapai harga Rp 110.000- Rp 200.000/kg, dan harga biji pala yang dijual keadaan kering sebesar Rp 35.000- Rp 60.000/kg (Lestari et al., 2019).

Di Provinsi Lampung, terdapat produksi minyak atsiri pala sebagai hasil olahan dari tanaman pala. Minyak atsiri pala diperoleh melalui proses penyulingan dengan menggunakan berbagai metode seperti perebusan, pengukusan, dan uap langsung. Minyak atsiri pala memiliki beragam penggunaan, termasuk sebagai bahan obat, tambahan makanan, minuman, parfum, dan kosmetik (Hilda, F et al., 2014). Industri penyulingan minyak atsiri pala di Provinsi Lampung cukup banyak terdapat di daerah Kabupaten Pesawaran. Industri penyulingan minyak pala skala besar yaitu \pm 1 ton terdapat di Kabupaten Pesawaran, sedangkan untuk industri penyulingan pala di daerah Kabupaten Tanggamus memiliki kapasitas yang cukup kecil dan tidak terjadwal proses produksinya.

Industri minyak atsiri pala selain menghasilkan produk minyak atsiri dalam proses penyulingan, juga menghasilkan limbah buangan yaitu limbah cair dan limbah padat. Pada tahun 2023, masyarakat banyak mengeluhkan tentang limbah cair industri penyulingan minyak atsiri

yang mencemari lingkungan jika dibuang begitu saja, Oleh karena itu, diperlukan solusi alternatif untuk pengolahan limbah pala untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Limbah cair yang dihasilkan industri penyulingan adalah Air Hidrosol. Hidrosol adalah senyawa kompleks yang terdiri dari sisa essential oil dan komponen yang dapat larut dalam air. Ketika terjadi proses kondensasi, beberapa senyawa essential oil dan senyawa larut dalam air akan terlarut di dalam fase air yang disebut sebagai hidrosol. Hidrosol masih mempertahankan aroma dan memiliki rentang pH antara 2,9 hingga 6,5. Beberapa studi telah menunjukkan bahwa beberapa jenis hidrosol memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan beberapa jenis mikroorganisme, atau memiliki efek antimikroba (Gameil *et al.*, 2019).

Air hidrosol yang dihasilkan dapat berpotensi diolah menjadi produk samping yang bernilai jual tinggi. Belum adanya penelitian lanjutan tentang pemanfaatan air hidrosol hasil dari penyulingan minyak atsiri pala menjadi latar belakang dalam melakukan penelitian. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kandungan senyawa yang terdapat pada air hidrosol pala, maka perlu dilakukan identifikasi menggunakan GC-MS. Metode GC-MS memiliki kelebihan yaitu dapat memisahkan komponen minyak atsiri yang paling kompleks dan dianalisis secara detail sehingga dapat diketahui komponen individual yang terkandung dalam minyak atsiri tersebut (Astuti, 2019). Setelah mengetahui kandungan senyawa melalui metode GC-MS, kemudian dapat dilakukan pengujian aktifitas antioksidan untuk mengevaluasi potensi pengolahan yang cocok terhadap air hidrosol pala, alat yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di dua lokasi, yaitu LTSIT Universitas Lampung dan Laboratorium Analisis Tanaman Perkebunan Politeknik Negeri Lampung. Penelitian dilaksanakan dalam rentang waktu Juli hingga Mei 2023.

Bahan penelitian ini adalah air hidrosol, peralatan yang digunakan adalah GC-MS, Spektrofotometer UV-Vis, dan peralatan gelas laboratorium.

Penelitian ini melibatkan tiga tahap. Tahap pertama dari penelitian ini meliputi persiapan sampel, sampel air hidrosol diperoleh dari lokasi penyulingan minyak atsiri pala Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. Tahap kedua pelaksanaan penelitian meliputi identifikasi komponen senyawa aktif pada air hidrosol pala menggunakan GC-MS (GC VARIAN CP-3800) dan (MS VARIAN Saturn 2200), kemudian pengujian aktifitas antioksidan metode DPPH dilakukan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Selanjutnya, data yang diperoleh akan dianalisis secara Deskriptif.

Pelaksanaan Penelitian

Bahan baku air hidrosol diambil langsung dari Industri Penyulingan minyak atsiri pala di Kabupaten Pesawaran dengan menggunakan botol kaca gelap, kemudian dilakukan pre-treatment menggunakan *Solid Phase Micro Extraction* (SPME) untuk dilanjutkan dalam pengujian GC-MS. Dalam teknik ini, sampel dilewatkan pada sejumlah kecil fase ekstraksi yang terdispersi pada padatan pendukung dengan alokasi waktu tertentu. Dalam proses tersebut terjadi kesetimbangan partisi antara matriks sampel dan fase ekstraksi, kemudian saat konveksi atau agitasi telah konstan, sejumlah analit berhasil diekstraksi (Wahyuni, 2016). Senyawa yang telah terkumpul kemudian diinjeksikan ke dalam GC-MS. Kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengidentifikasi aktivitas antioksidan.

Pengujian GC-MS

Air hidrosol pala diinjeksikan ke dalam instrumen peralatan GC-MS. Berikut informasi metode : GC Varian CP-3800, Detektor MS Saturn 2200, Kolom VF-5ms 30m × 0,25 mm 0,25 µm (CP 8944), Metode Injeksi Manual, Temperature Trap 200°C, Temperature Manifold 60°C, Temperature Transfer 250°C Line, dan front injector tipe 1177. Temperatur awal 60°C ditahan selama 3 menit, kemudian dinaikkan menjadi 240°C dengan rentang kenaikan 5°C. Jika suhu sudah mencapai 300°C maka ditahan selama 8 menit sehingga total waktunya adalah 60 menit.

Pengujian Aktivitas Antioksidan

Pengujian Aktivitas Antioksidan metode DPPH : Aktivitas antioksidan dianalisis dengan metode yang dikembangkan oleh Gadow et al. tahun 1997 dalam Kusumaningrum et al., (2013), dengan mengukur kemampuan teh dalam menangkap radikal bebas DPPH. Sebelum pengukuran dilakukan, teh yang telah disiapkan diencerkan terlebih dahulu. Ini dilakukan dengan mencampur 0,5 ml teh dengan air dalam labu ukur 10 ml. Kemudian, 1 ml reagen DPPH (dalam etanol 400µM) dan 3 ml etanol dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Setelah itu, 0,1 ml teh yang telah diencerkan ditambahkan ke campuran tersebut. Campuran tersebut kemudian diaduk dan dibiarkan selama 30 menit sebelum diukur absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm menggunakan spektrofotometer. Aktifitas antioksidan dinyatakan dalam % penghambatan, berikut rumus pengukuran aktivitas antioksidan :

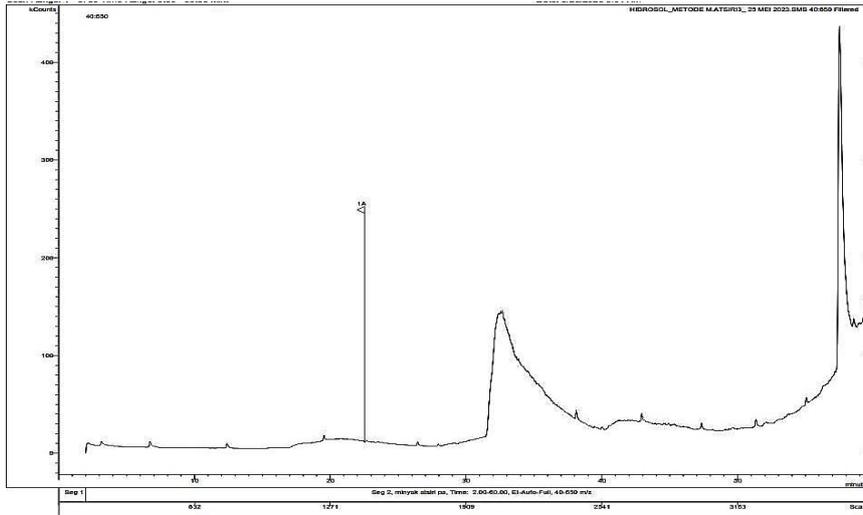
$$\% \text{ inhibisi} = \frac{\text{Absorbansi blanko} - \text{absorbansi sampel}}{\text{absorbansi blanko}} \times 100\%$$

Pengujian Kadar Total Saponin

Pada pengujian total saponin ntuk membuat kurva standar, langkah-langkah berikut ini diikuti. Pertama, larutan standar saponin seberat 10 mg ditimbang dan dicampur dengan 5 ml air, kemudian diaduk menggunakan vortex selama 5 menit. Selanjutnya, 50 µl anisaldehyd ditambahkan ke dalam campuran tersebut dan dikocok. Setelah didiamkan selama 10 menit, 2 ml asam sulfat 50% ditambahkan dan diaduk secara merata. Campuran larutan kemudian dipanaskan pada penangas air suhu 60°C selama 10 menit. Dilanjutkan dengan penambahan air hingga volume mencapai 10 ml menggunakan labu takar. Larutan standar tersebut kemudian diencerkan dengan mengambil volume 200 µl, 100 µl, 50 µl, 25 µl, 12,5 µl, dan 6,25 µl. Serapan larutan pada panjang gelombang 435 nm kemudian dibaca menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dengan menggunakan metode ini, kurva standar dapat dibuat untuk menghitung konsentrasi senyawa berdasarkan serapan pada panjang gelombang yang sama (Santosa et al., 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil identifikasi senyawa hidrosol limbah penyulingan senyawa minyak atsiri disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kromatogram GC-MS Air Hidrosol

Setelah dibandingkan dengan fragmen massa menggunakan bank data dari National Institute Standard of Technology (NIST) dan dikelompokkan berdasarkan tingkat kesamaannya (*similarity*) di atas atau sama dengan 70% digunakan maka senyawa yang diperoleh dari identifikasi GC_MS disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Senyawa Aktif Air Hidrosol

No	Retention Time (min)	Nama Senyawa	Area (%)
1	2,042	Oleic Acid Cyclopropanedodecanoic acid, 2-octyl-, methyl ester Akuammilan-17-ol, 10-methoxy-	0,062
2	3,145	no hits	0,301
3	6,734	Cyclotetrasiloxane, octamethyl- 1-[2,4-Bis(trimethylsiloxy)phenyl]-2-[(4-trimethylsiloxy)phenyl]propan-1-one 1-Heptene, 1,3-diphenyl-1-(trimethylsilyoxy)-	0,582
4	12,405	Silane, [[4-[1,2-bis[(trimethylsilyloxy)ethyl]-1,2-phenylene]bis(oxy)]bis(trimethyl- Benzeneethanamine, N-[(pentafluorophenyl)methylene]-.beta.,3,4-tris[(trimethylsilyloxy)- Terbutaline, N-trifluoroacetyl-o,o,o-tris(trimethylsilyl)deriv.	0,515
5	19,553	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	0,413
6	26,415	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	0,256
7	27,953	no hits	0,123
8	38,108	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	0,598
9	42,933	Cyclodecasiloxane, eicosamethyl-	0,521
10	47,317	Tetracosamethyl-cyclododecasiloxane Cyclodecasiloxane, eicosamethyl- Benzoic acid, 2,4-bis(trimethylsilyloxy)-, trimethylsilyl ester	0,396
11	51,356	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	0,625

12	55,033	Tetracosamethyl-cyclododecasiloxane Cyclodecasiloxane, eicosamethyl- Cyclononasiloxane, octadecamethyl- Tetracosamethyl-cyclododecasiloxane	0,455
13	57,506	Di(2-ethylhexyl)adipate Hexanedioic acid, mono(2-ethylhexyl)ester Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	90,845
14	58,543	Tetracosamethyl-cyclododecasiloxane Cyclodecasiloxane, eicosamethyl- Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	2,432
15	59,332	Hexanoic acid, 2-ethyl-, hexadecyl ester Hexanoic acid, 2-ethyl-, octadecyl ester Hexanoic acid, 2-ethyl-, dodecyl ester	1,878
			100,000

Hasil uji senyawa aktif yang terdapat pada air hidrosol diatas, diperoleh komponen tertinggi dengan persentase area sebesar 90,845% adalah Di(2-ethylhexyl)adipate. Di(2-ethylhexyl) adipate dapat diolah dengan mereaksikan asam adipat dan 2-etilheksanol dengan adanya katalis esterifikasi seperti asam sulfat atau asam *para-toluenasulfonat* (National Library of Medicine, 1999). Perusahaan yang memproduksi terbesar di dunia adalah Japan, Amerika Serikat, India dan Taiwan (Environmental Agency, 1996). Bahan ini biasanya sebagai plasticizer dalam industri vinil fleksibel dan banyak digunakan dalam film makanan poli vinil klorida (PVC). Bahan ini juga dapat dijadikan pelarut dan sebagai komponen pelumas pesawat, selain itu juga dapat digunakan pada pembuatan karet sintesis, lilin, kosmetik, dll (Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 2007). WHO 1996, menetapkan pedoman air minum internasional untuk Di(2-ethylhexyl)adipate sebesar 80µg/L, sehingga tidak boleh lebih dari itu. Sedangkan pada air hidrosol mencapai konsentrasi tertinggi, yang dapat dimanfaatkan langsung untuk bahan baku industri Indonesia.

Senyawa paling dominan, yaitu Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester, merupakan ester yang berasal dari asam karboksilat C16-C18. Penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh (Gameil et al., 2019), telah melaporkan hasil yang mendukung aktivitas senyawa ini. Dalam penelitian tersebut, senyawa aktif yang diisolasi dari benalu teh telah terbukti memiliki efek antiproliferasi terhadap beberapa jenis sel kanker manusia, termasuk sel HeLa, leukemia THPI, karsinoma paru-paru A549, dan limfoma HUT78. Nilai LC50 untuk masing- masing jenis sel kanker tersebut secara berturut-turut adalah 0,66; 0,86; 0,99; dan 2,36 ppm. Oleh karena itu, senyawa ini juga dapat diduga memiliki aktivitas potensial sebagai agen antikanker (Swantara et al., 2017).

Kandungan Tetracosamethyl-cyclododecasiloxane. Kandungan Hexanoic acid 1,878% dan Oleic Acid (Asam Oleat) 0,062% dapat menghambat pertumbuhan mikroba karena merupakan asam lemak tidak jenuh (Asghar et al., 2011), Menurut (Sediarso, 2013), asam oleat memiliki kemampuan untuk menghambat produksi glukosa serta memiliki sifat antioksidan yang dapat melawan radikal bebas dalam tubuh. Kandungan Benzoic acid 0,396% merupakan antibakteri dan kandungan Cyclohexasiloxane 0,413%; Cycloheptasiloxane 0,256%; Cyclononasiloxane 0,598% dan 0,625%; Cyclodecasiloxane 0,521%, 0,455% dan 2,432% merupakan bahan bersifat antimikroba, pengawet, antijamur, anthelmintic (pembunuh parasite tubuh seperti cacing) dan sebagai antioksidan (Bratty et al, 2020).

Senyawa aktif yang teridentifikasi dalam air hidrosol menyatakan bahwa air hidrosol dapat berpotensi dijadikan produk samping yang bernilai jual tinggi, karena kandungan organik yang bersifat antimikroba dan antioksidan. Kemudian dilanjutkan dengan Pengujian aktifitas antioksidan dengan metode DPPH konsentrasi 1000mg/ml, hasil absorbansi 0,1140 dengan persentase inhibisi (Aktifitas Antioksidan) yaitu 95,63%. Pengukuran aktifitas antioksidan pada penelitian ini persentase inhibisinya sangat tinggi, berbeda dengan penelitian aktifitas antioksidan pada ekstrak biji pala hanya 82,98%; dan pada ekstrak daging buah pala 70,11% (Abdullah *et al.*, 2022). Beberapa faktor dapat menyebabkan perbedaan dalam aktivitas antioksidan, antara lain kemampuan untuk mentransfer atom hidrogen ke radikal bebas, struktur kimia senyawa antioksidan, dan pH campuran reaksi (Tjakra, 2022). Antioksidan dapat menahan radikal bebas yang akan menyerang sel DNA, menghambat, dan mengatasi berbagai jenis penyakit kronis yang disebabkan oleh radikal bebas. Antioksidan memberikan elektron tambahan kepada radikal bebas yang kekurangan elektron, sehingga sel DNA tidak rusak (Rahim *et al.*, 2023).

Saponin adalah salah satu senyawa antioksidan yang terkandung dalam air hidrosol. Terbentuknya koloid buih terjadi karena saponin memiliki dua jenis gugus berbeda, yaitu hidrofilik dan hidrofobik. Larutan HCl berperan dalam peningkatan kepolaran campuran sehingga interaksi antara gugus hidrofilik saponin dan air menjadi lebih stabil, dan buih yang terbentuk juga menjadi lebih stabil (Handayani *et al.*, 2020). Berikut total saponin yang terdapat pada air hidrosol pala:

Tabel 2. Total Saponin Air Hidrosol

Hidrosol	Ulangan	Absorbansi	Saponin awal (ppm)	Total saponin (%)	Rata-rata saponin (%)
	1	0,0280	49,667	0,049	
Hidrosol	2	0,0280	49,667	0,049	0,05
	3	0,0270	48,000	0,047	

Senyawa saponin memiliki persentase rata-rata yang relatif rendah, yakni sekitar 0,05%, sehingga perlu adanya penelitian lanjutan senyawa antioksidan yang paling banyak dikandung pada air hidrosol. Hal ini dikarenakan aktivitas antioksidan yang teridentifikasi sangat tinggi, diduga terdapat senyawa antioksidan lain yang menjadi kandungan utama. Pada pengujian saponin ekstrak biji kelor menghasilkan total saponin mencapai 6,367% (Handayani *et al.*, 2020), sedangkan pada ekstrak daun lidah mertua menghasilkan total saponin 3,0535% (Mien *et al.*, 2015).

KESIMPULAN

Senyawa yang teridentifikasi pada hidrosol limbah penyulingan minyak atsiri terdapat 15 senyawa dengan persentase area tertinggi adalah Di(2-ethylhexyl)adipate 90,845% yang berpotensi dapat dimanfaatkan sebagai *bahan plasticizer*, bahan pelarut kosmetik, dan tekstil. Senyawa-senyawa lain yang teridentifikasi antara lain adalah senyawa yang bersifat antioksidan dan antimikroba seperti asam karboksilat. Pada pengujian aktifitas antioksidan diperoleh % inhibisi mencapai 95,63%, yang artinya sangat tinggi dalam menangkal radikal bebas. Pada pengujian total saponin diperoleh rata-rata 0,05%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini merupakan salah satu luaran Penelitian Hibah Pascasarjana, Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Universitas Lampung Tahun Anggaran 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rahim, Yuyun Febriani, Muhlusun Azim, N. R. K. N. (2023). Uji Perbandingan Antioksidan dari Produk Teh Daun Kelor, Teh Bunga Rosella dan Teh Daun Melati dengan Metode Seduhan Suhu Konstan. *Jurnal Sains Dan Kesehatan (J. Sains Kes.)*, 5(1), 69–74.
- Abdullah, S. S., Antasionasti, I., Rundengan, G., Putri, R., Abdullah, I., & Ratulangi, U. S. (2022). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Biji Dan Daging Buah Pala (*Myristica Fragrans*) Dengan Metode Dpph. *Chem. Prog*, 15(2), 70. <https://journal.unsrat.ac.id/chemprog>
- Agency, E. P. (1996). 1994 Toxics Release Inventory (EPA 745R-96-002). In *Office of Pollution Prevention and Toxics* (pp. 230–231).
- Asghar, S. F., Habib-ur-Rehman, Choudahry, M. I., & Atta-ur-Rahman. (2011). Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis of petroleum ether extract (oil) and bio-assays of crude extract of *Iris germanica*. *International Journal of Genetics and Molecular Biology*, 3(7), 95–100.
- Astuti, R. (2019). Pengaruh Waktu Distilasi Minyak Biji Pala (*Myristica fragrans*) dengan Metode Distilasi Uap dan Identifikasi Komponen Kimiawi. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 36. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.44741>
- Bratty M, Hafiz A, Hassan A, Sohler M, Ashraf N, Hudham E, Shahnaz S, Waquar A, and A. K. (2020). Phytochemical, Cytotoxic, and Antimicrobial Evaluation of The Fruits Of Miswak Plant, *Salvador Persia L.* *Journal of Chemistry*, 20(2), 11.
- Disperindag. (2017). Volume Ekspor Biji Pala Lampung dan Negara Tujuan Ekspor. In *Dinas Perdagangan Provinsi Lampung*.
- Ditjenbun. (2021). Produksi Tanaman Pala di Indonesia. In *Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia*.
- Gameil, A. H. M., Hashim, Y. Z. H. Y., Zainurin, N. A. A., Salleh, H. M., & Abdullah, N. S. (2019). Anticancer potential and chemical profile of agarwood hydrosol. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 15(5), 761–766. <https://doi.org/10.11113/mjfas.v15n5.1586>
- Hadiyanto. (2018). *Daya Saing Produk Pala Indonesia Di Pasar Uni Eropa The Competitiveness Level of Indonesian Nutmeg In European Union Market*.
- Handayani, T. W., Yusuf, Y., & Tandi, J. (2020). Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Metabolit Sekunder Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera Lam.*) dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(3), 230–238. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2020.v6.i3.15324>
- Hilda, F. G., Kaseke, & Silalan, P. D. (2014). Identifikasi Sifat Fisiko Kimia Minyak Pala Daratan Dan Kepulauan Di Sulawesi Utara. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 6(2), 55–62.
- Kementerian Pertanian. (2022). *Produksi Pala Menurut Provinsi di Indonesia*. Direktorat Jenderal Perkebunan. <https://www.pertanian.go.id>
- Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. (2007). *Reference Reviews*, 21(2), 49–50. <https://doi.org/10.1108/09504120710728879>
- Kusumaningrum, R., Supriadi, A., & Hanggita, S. (2013). Karakteristik Dan Mutu Teh Bunga Lotus (*Nelumbo nucifera*) [The Characteristics and Quality of Lotus flower (*Nelumbo nucifera*) tea]. *Jurnal Fishtech*, 2(01), 9–21.

- Lestari, F. Y., Ismono, R. H., & Prasmatiwi, F. E. (2019). Prospek Pengembangan Pala Rakyat Di Provinsi Lampung. *Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*, 7(1), 14. <https://doi.org/10.23960/jiia.v7i1.14-21>
- Medicine, N. L. of. (1999). Bank Data Zat Berbahaya (HSDB). In *Bethesda, MD* (p. 343).
- Mien, D. J., Carolin, W. A., & Firhani, P. A. (2015). Penetapan Kadar Saponin Pada Ekstrak Daun Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata* Prain varietas *S. Laurentii*) Secara Grametri. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kesehatan*, 2(2), 67. <https://www.poltekkesjakarta3.ac.id/ejurnalnew/index.php/jitek/article/download/86/66>
- Nurdjannah, N. (2007). Teknologi Pengolahan Pala. *Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian. Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Pascapanen Pertanian*, 1–54.
- Santosa, H., Sari, W., & Handayani, N. A. (2018). Ekstraksi Saponin Dari Daun Waru Berbantu Ultrasonik Suatu Usaha Untuk Mendapatkan Senyawa Penghambat Berkembangnya Sel Kanker. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 3(2). <https://doi.org/10.31942/inteka.v3i2.2484>
- Sediarso, sunaryo H, dan nurul amalia. (2013). Efek antidiabetes dan identifikasi senyawa dominan fraksi kloroform Herbal Ciplukan (*physalis angulate* L). *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 8(1), 14–24.
- Subhan, M., & Basri, H. (2019). Klasifikasi Mutu Buah Pala (*Myristica Fragrans* Houutt) Berbasis Pengolahan Citra Menggunakan Metode Deep Learning Arsitektur Faster R-CNN. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 6(2), 106. <https://doi.org/10.31963/intek.v6i2.1566>
- Swantara, I. M. D., Rita, W. S., & Hernindya, A. (2017). Identifikasi Isolat Antikanker Spons *Hyrrios Erecta*. *Indonesian Journal of Cancer*, 10(4), 123. <https://doi.org/10.33371/ijoc.v10i4.456>
- Tjakra Marcellus Gilbert, Edi Suryanto, H. F. A. (2022). Analisis GC-MS dan Aktivitas Antioksidan Asap Cair Dari Limbah Cangkang Biji Pala. *Journal Chemistry Progress*, 15(2), 93–100.
- Wahyuni, Y. A. D. (2016). *Profil Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Pahs) Pada Perairan Dan Sedimen Hutan Mangrove Kota Bandar Lampung*. UNIVERSITAS LAMPUNG.