

Analisa Pengolahan Limbah Cair Industri Minyak Pala Menjadi Desinfektan Berbasis *Zero Waste*

Ailsa Azalia^{*1)}, Subandi²⁾, M. Perdiansyah Mulia H.H³⁾, Nurma Pratiwi⁴⁾

^{1,2,3,4)}Pengembangan Produk Agroindustri, Politeknik Negeri Lampung, Indonesia

*e-mail: ailsaazalia@polinela.ac.id

Received: 26-03-2025

Accepted: 05-05-2025

Published: 31-05-2025

ABSTRACT

Indonesia has great potential in processing nutmeg essential oil, especially in Lampung province. The process of distilling nutmeg essential oil produces liquid waste called hydrosol. Until now, hydrosol has not been utilized optimally. This study aims to develop a zero waste-based waste management concept through a product diversification process to become a disinfectant liquid whose main raw material is hydrosol. Nutmeg hydrosol contains active compounds such as DEHA, benzoic acid, and terpenoids, which have the potential to be antimicrobial agents. The methods used in this study include mass balance analysis to map the material balance during the production process and the formulation of disinfectant liquid through a descriptive experimental method. Product analysis was carried out qualitatively descriptively. Hydrosol from nutmeg essential oil distillation waste is used as the main ingredient, and then chemicals such as NaOH, arpus, camperlan, and aquades are added to produce disinfectant liquid. Product analysis includes solution stability, color, and aroma. The results of the study indicate that liquid waste that has been discarded can be utilized as a product with added value. The disinfectant liquid produced has good solution stability, is transparent yellow, and has a distinctive nutmeg aroma. The application of the zero waste principle not only minimizes waste but also increases efficiency and revenue opportunities for the industry. This study provides an environmentally friendly solution for the management of nutmeg essential oil agro-industrial waste while supporting product diversification for sanitation needs.

Keywords: *disinfectant, essential oil, hydrosol, zero waste*

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi besar dalam pengolahan minyak atsiri pala, khususnya di provinsi Lampung. Proses penyulingan minyak atsiri pala menghasilkan limbah cair yang disebut hidrosol. Sampai saat ini, hidrosol belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan konsep pengelolaan limbah berbasis *zero waste* melalui proses diversifikasi produk untuk menjadi cairan desinfektan yang berbahan baku utama yaitu hidrosol. Hidrosol pala mengandung senyawa aktif seperti DEHA, asam benzoat, dan terpenoid yang berpotensi sebagai agen antimikroba. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis neraca massa untuk memetakan keseimbangan material selama proses produksi dan formulasi cairan desinfektan melalui metode eksperimental deskriptif. Analisis produk dilakukan secara kualitatif deskriptif. Hidrosol dari limbah penyulingan minyak atsiri pala digunakan sebagai bahan utama dan selanjutnya ditambahkan bahan kimia seperti NaOH, arpus, camperlan, dan aquades untuk menghasilkan cairan desinfektan. Analisis produk mencakup stabilitas larutan, warna, dan aroma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cair yang selama ini dibuang dapat dimanfaatkan menjadi produk yang bernilai tambah. Cairan desinfektan yang dihasilkan memiliki stabilitas larutan yang baik, berwarna kuning transparan, dan memiliki aroma khas pala hal ini sesuai dengan karakteristik cairan desinfektan secara fisik. Penerapan prinsip *zero waste* tidak hanya meminimalkan limbah tetapi juga meningkatkan efisiensi dan peluang pendapatan industri. Penelitian ini memberikan solusi ramah lingkungan untuk pengelolaan limbah agroindustri minyak atsiri pala sekaligus mendukung diversifikasi produk untuk kebutuhan sanitasi.

Kata Kunci: *desinfektan, hidrosol, minyak atsiri, zero waste*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara beriklim tropis sehingga mudah bagi berbagai jenis tanaman untuk tumbuh khususnya tanaman rempah. Tanaman rempah yang produksinya cukup tinggi di Indonesia adalah pala. Tanaman pala (*Myristica Fragans* Houtt) terkenal karena biji buahnya yang tergolong sebagai rempah-rempah. Biji dan selaput biji (fuli) atau sering disebut dengan bunga pala, sejak dulu merupakan komoditi ekspor Indonesia dan menduduki 60% dari jumlah ekspor pala dunia (Ariandi, et al., 2018). Bunga pala kering umumnya dimanfaatkan sebagai bahan baku obat tradisional.

Buah pala merupakan salah satu komoditas unggul Provinsi Lampung yang sering dimanfaatkan untuk bahan baku produk pangan maupun non pangan. Tanaman pala mengandung minyak atsiri yang tersebar pada bagian biji, kulit, cangkang dan daun (Damayanti dkk, 2015). Minyak atsiri pala dihasilkan melalui metode penyulingan. Penyulingan adalah suatu proses pemisahan secara fisik suatu campuran dua atau lebih senyawa yang mempunyai titik didih yang berbeda dengan cara mendidihkan terlebih dahulu komponen yang mempunyai titik didih rendah (Rahmadani dkk, 2018).

PT. XY merupakan salah satu agroindustri yang bergerak dibidang pengolahan minyak atsiri pala. Minyak atsiri yang dihasilkan memiliki kualitas Grade A. Dalam proses produksinya PT.XY menghasilkan limbah penyulingan berupa ampas dan hidrosol. Ampas penyulingan dijadikan bahan baku biomassa berupa biopellet sedangkan hydrosol yang dihasilkan belum dimanfaatkan dengan maksimal. Hidrosol yang dihasilkan dari penyulingan pala berjumlah cukup besar. Umumnya air sisa penyulingan hanya dibuang oleh pihak industri tanpa diolah menjadi produk samping. Jumlah air yang digunakan dalam proses penyulingan lebih banyak dibandingkan dengan proses lainnya. Tingginya penggunaan air berkolerasi terhadap limbah cair yang dihasilkan (Azalia, 2020). Hidrosol yang dihasilkan dari penyulingan buah pala masih tercium aroma khas buah tersebut. Aroma khas pada hidrosol tersebut menunjukkan adanya potensi sisa senyawa kimia yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk organik dan bernilai tambah. Kandungan anti-bakteri pada pala yang tersisa pada hidrosol dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku produk organik. Hidrosol agroindustri minyak atsiri pala mengandung senyawa aktif yaitu DEHA, asam

benzoat, dan tetracosamethyl-cyclododecasiloxane (Hartari dkk, 2023).

Salah satu cara untuk meningkatkan produksi yang optimal dan efisien dapat dilakukan dengan penerapan limbah berbasis zero waste. Prinsip dalam konsep *zero waste* dengan melakukan gerakan 3 R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*) sehingga penerapan metode ini diharapkan dapat meminimalisir jumlah limbah yang dihasilkan (Sari dk, 2023). Penerapan *zero waste* selain meminimalisir pencemaran lingkungan juga dapat meningkatkan keuntungan baik dengan pengelolaan maupun pemanfaatan hasil limbah menjadi produk samping atau *by product*. Diversifikasi produk ialah dengan mengembangkan produk baru melalui pemanfaatan sumber daya yang berpotensi untuk menciptakan nilai (Sulastri dkk, 2023).

Dampak cuaca ekstrem yang terjadi salah satunya meningkatnya jumlah bakteri (Butsch, 2022). Curah hujan dan banjir yang menyebabkan buangan polutan dan bakteri tercampur pada badan air akibat gabungan luapan air permukaan, saluran pembuangan serta air limbah infrastuktur (Ebi KL, et al., 2021). Kontak langsung dengan air tercemar tersebut dapat menyebabkan infeksi (Crawford SE, et al., 2022). Sehingga pentingnya bagi masyarakat untung menjaga kebersihan lingkungan khususnya tempat tinggal, salah satunya menggunakan cairan desinfektan yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba. Hidrosol pala memiliki kandungan lebih dari 10 senyawa aktif (uOttwa, 2021). Terpiben-4-ol termasuk dalam golongan terpenoid. Senyawa terpenoid memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri (Nurulita, et al., 2022). Melalui penerapan konsep *zero waste* pada PT. XY mampu meningkatkan efisiensi produksi melalui upaya diversifikasi produk berbasis limbah penyulingan pala guna menunjang industri ramah lingkungan yaitu pembuatan cairan desinfektan.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan April hingga September 2024 di Laboratorium Agroindustri dan Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Politeknik Negeri Lampung.

2.2 Bahan dan Alat

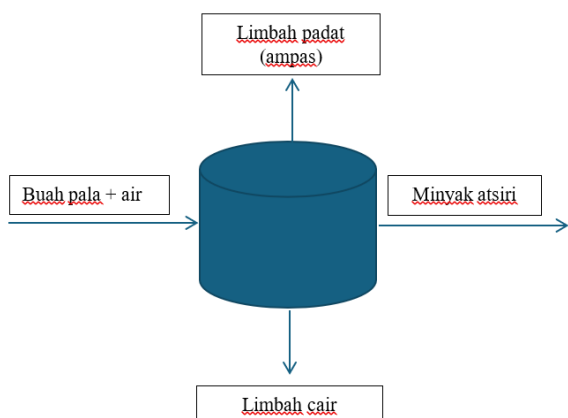
Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari limbah cair (hidrosol) minyak atsiri pala, camperlan, arpus, aquadest, NaOH kristal. Sedangkan alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari hotplate, magnetic stirrer, gelas ukur, beaker glass, neraca analitik, termometer, batang pengaduk, dan botol sampel. Selain itu, alat yang digunakan dalam analisis lainnya berupa software Microsoft excel.

2.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan dua jenis metode yaitu metode observasi dan metode eksperimen deskriptif. Melalui kedua metode tersebut diperoleh data kualitatif dan kuantitatif. Data kuantitatif dibutuhkan untuk analisis neraca massa produksi minyak atsiri pala sedangkan data kualitatif dibutuhkan untuk analisis kualitas produk cairan desinfektan dari hidrosol minyak pala berdasarkan karakteristik fisik (stabilitas larutan, warna dan aroma).

2.3.1 Analisis Neraca Massa

Analisis neraca massa merupakan desain perhitungan dari semua bahan-bahan yang masuk, yang keluar, yang terakumulasi (tersimpan) dan yang terbuang dalam sistem produksi minyak atsiri pala. Keseimbangan massa selama proses akan menentukan jumlah bahan baku yang dibutuhkan dan jumlah produk yang dihasilkan baik itu produk minyak maupun limbah padat atau cair. Perhitungan neraca massa dimanfaatkan untuk mengidentifikasi kalibrasi instrument guna menemukan sumber kehilangan material.



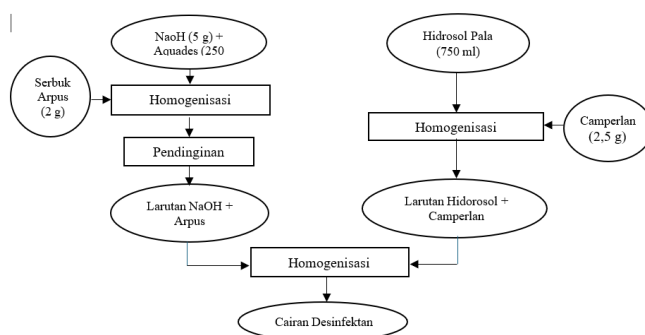
Gambar 1. Simulasi neraca massa penyulingan minyak atsiri pala

Berdasarkan perhitungan ini akan didapat hasil akumulasi bahan baku yang dibutuhkan, jumlah air, dan jumlah limbah yang dihasilkan. Konsep analisis neraca massa pada penelitian ini yaitu :

$$\Sigma \text{ massa masuk} = \Sigma \text{ massa keluar} \quad (1)$$

2.3.2 Pembuatan Cairan Desinfektan

Proses pembuatan cairan desinfektan menggunakan bahan baku utama yaitu hidrosol pala sebanyak 750 ml. Bahan tambahan lain yang dibutuhkan yaitu NaOH 5 g, arpus 2 g, camperlan 2,5 g dan aquadest 250 ml. Sehingga didapat basis pembuatan desinfektan sebanyak 1 Liter. Diagram alir proses pembuatan larutan desinfektan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan cairan desinfektan

2.4 Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan hasil pengujian secara eksperimen dengan karakteristik fisik produk cairan desinfektan yaitu tingkat stabilitas larutan, warna dan aroma. Sementara untuk analisis data neraca massa ditampilkan berdasarkan perhitungan jumlah massa yang masuk dan keluar pada saat proses penyulingan minyak atsiri pala. Berdasarkan hasil analisis ini maka dapat diketahui kalibrasi instrument guna menemukan sumber kehilangan material.

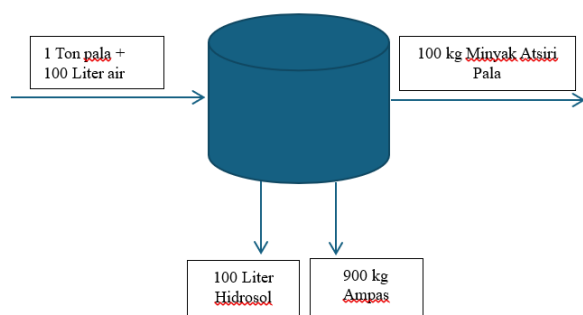
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Neraca Massa

Proses penyulingan minyak atsiri pala menghasilkan limbah berupa padat dan cair. Limbah pada tersebut berupa ampas sedangkan limbah cair berupa air suling atau dikenal dengan hidrosol. Untuk mengetahui jumlah massa yang dihasilkan

dari suatu proses produksi dapat menggunakan neraca massa. Neraca massa digunakan untuk menganalisis desain perhitungan dari semua bahan-bahan yang masuk, yang keluar, yang terakumulasi (tersimpan) dan yang terbuang dalam sistem produksi minyak atsiri pala.

Perhitungan neraca massa dilakukan dengan menimbang semua bahan yang digunakan selama proses penyulingan pala. Proses penimbangan bahan ini dilakukan pada awal dan akhir sehingga dapat diketahui kesetimbangan neraca massa pada suatu sistem (Adhamatika et al., 2023). Bahan yang digunakan yaitu 1 ton pala dan 100 liter air. Selanjutnya dilakukan perhitungan pada hasil proses yaitu produk minyak dan limbah yang dihasilkan. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan didapatkan skema neraca massa pada proses penyulingan minyak atsiri pala sebagai berikut.



Gambar 3. Neraca massa penyulingan minyak atsiri pala

Berdasarkan hasil perhitungan maka didapatkan akumulasi jumlah massa yang masuk sama dengan jumlah massa yang keluar selama proses berlangsung. Jumlah massa yang masuk yaitu 110 kg terdiri dari 1 ton pala dan 100 liter air setara dengan 100 kg. Sedangkan jumlah massa yang keluar sama dengan massa yang masuk yaitu 110 kg terdiri dari produk minyak atsiri pala sebanyak 100 kg, 100 kg hidrosol dan 900 kg ampas. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa proses penyulingan yang dilakukan sudah optimal karena tidak adanya kehilangan bahan (*loss*) pada proses.

3.2 Karakteristik Cairan Desinfektan

3.2.1 Stabilitas Larutan

Cairan desinfektan yang dihasilkan memiliki stabilitas larutan yang homogen. Kestabilan suatu zat dipengaruhi beberapa faktor seperti suhu, pH, dan lama penyimpanan (Hafizhah, 2022). Penambahan bahan kimiawi dan aquades juga

berpengaruh terhadap stabilitas suatu larutan. Bahan baku hidrosol sudah bersifat cair, adanya penambahan aquades berpengaruh terhadap kekentalan cairan desinfektan. Semakin banyak jumlah aquades maka nilai viskositas semakin tinggi. Faktor lain yang mempengaruhi viskositas adalah kecepatan putar pengadukan (Juanda., dkk, 2024). Tidak terjadi emulsi pada larutan hal ini dikarenakan rendahnya kadar minyak pala yang tersisa pada hidrosol dan partikel dari bahan tambahan yang terlarut sehingga tidak adanya endapan pada cairan desinfektan. Penambahan NaOH berfungsi untuk melarutkan endapan-endapan yang merupakan butir-butir kecil arpus yang tidak halus (Qolby., dkk, 2024). Kekentalan dan stabilitas suatu larutan yang dihasilkan tiap formula dapat meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi zat aktif yang digunakan (Desfitri, 2022).

3.2.2 Warna

Cairan desinfektan yang dihasilkan memiliki warna kuning transparan. Warna yang dihasilkan dipengaruhi oleh komposisi yang terdapat pada bahan tersebut. Arpus merupakan komposisi bahan penyusun larutan desinfektan. Arpus merupakan bahan antibakteri yang dihasilkan dari residu getah pohon pinus. Arpus memiliki warna kuning kecoklatan. Namun, adanya penambahan NaOH mampu membeningkan warna larutan (Qolby., dkk, 2024). Hal ini yang mempengaruhi warna larutan yang dihasilkan menjadi warna kuning transparan.

3.2.3 Aroma

Aroma produk cairan desinfektan yang dihasilkan memiliki aroma khas pala. Hal ini dipengaruhi oleh bahan baku dasar pembuatan cairan desinfektan berasal dari hidrosol pala. Jumlah larutan hidrosol pala yang digunakan lebih banyak dibandingkan dengan penambahan aquades dan bahan kimia lainnya. Hal ini yang mempengaruhi aroma larutan yang dihasilkan tercium aroma khas pala.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka akumulasi selama proses penyulingan jumlah massa yang masuk yaitu 110 kg sama dengan jumlah massa yang keluar yaitu 110 kg terdiri dari produk minyak atsiri pala sebanyak 100 kg, 100 liter hidrosol dan 900 ampas. Karakteristik dari cairan

desinfektan yang dihasilkan yaitu memiliki stabilitas larutan yang homogen, berwarna kuning transparan, beraroma khas pala. Penerapan prinsip zero waste dapat mengoptimalkan produksi PT. XY serta membuka peluang pendapatan dengan memproduksi produk sampling cairan desinfektan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhamatika, A., A. Brilliantina., E.K.N.Sari., R. Wijaya., D. Triardianto., & A. Sucipto. (2023). Analisis Neraca Massa dan Neraca Energi Pembuatan Keripik Kentang (*Solanum tuberosum* L.). *JUSTER: Jurnal Sains dan Terapan*, 2(1) 69-76.
- Ariandi, E.A., Duryat., & T.Santoso. (2018). Analisis Rendemen Atsiri Biji Pala (*Myristica fragrans*) pada Berbagai Kelas Intensitas Cahaya Matahari di Desa Batu Keramat Kecamatan Kota Agung Kabupaten Tanggamus. *Jurnal sylvia lestari*, 8 (1) 24-31.
- Azalia, A.,T.P Utomo., E. Suroso., S. Hidayati., P. Yuliandari., & D.A.Z. Joen. (2020). Model Penyulingan Minyak Atsiri Jahe Merah Berbasis Produksi Bersih. *Journal of Tropical Upland Resources*, 2(2) 239-250.
- Butsch, C. L.M. Beckers., E. Nilson., M. Frassl., N. Brennholt., R.Kwiatkowski., & M. Soder. (2023). Health impacts of extreme weather events-Cascading risks in a changing climate. *Journal of Health Monitoring*, 8(4) 33-56.
- Crawford, S.E., M. Brinkmann., J.D.Ouellet., F. Lehmkuhl., K. Reicherter., J. Schwarzbauer., P. Bellanova., P. Letmathe., L.M. Blank., R. Weber., W. Brack., J.T.V. Dongen., L. Menzel., M. Hecker., H. Schuttrumpf., & H.Hollert. (2022). Remobilization of pullutants during extreme flood events poses severe risks to human and enviromental health. *Journal of Hazardous Materials*, 42 (1) 126691.
- Damayanti, R., C.N. Fahmi., & R.Efendi. (2015). Sifat Fisik Minyak Atsiri Daun Pala (*Myristica fragrans* Hoult) Aceh Selatan. *Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan (BioLink)*, 1(2) 76-80.
- Desfitri, E. R., Desmiarti, R., Verdana, S. Y., & Amanda, A. 2022. Pembuatan Cairan Pembersih Lantai dengan Memanfaatkan Minyak Atsiri dan Hidrosolnya. *REACTOR: Journal of Research on Chemistry and Engineering*, 3(1) 28.
- Hafizhah, T.N. (2022). *Uji Pengaruh pH terhadap Homogenitas, Stabilitas dan Efektivitas Ekstrak Kunyit sebagai Pewarna Alami Kain*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Hartari, W.R., Hidayati, S., Utomo, T.P., Sartika, D., & Suharyono. (2023). Identifikasi Komponen Dalam Hidrosol Limbah Agroindustri Minyak Pala di Provinsi Lampung. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 4(2) 154-162.
- Juanda, S.I., M. Ulfah., & M.P Bomantio. (2024). Cairan Pembersih Lantai Aroma Lavender dengan Varian Volume Crude Gliserol dan Volume Aquades. *Journal of Bioenergy and Food Technology*, 3(1) 47-55.
- Nurulita, Y., Yuharmen, A. Fitri, I.E. Sari., D.N. Sary, & T.T. Nugroho. (2022). Identifikasi Metbolit Sekunder Sekresi Jamur Lokal Tanah Gambut Riau *Penicillium* sp. LBKURCC34 Sebagai Antimikroba. *Journal Chimica et Natura Acta (JCENA)*, 1(3) 124-133.
- Rahmadani, N., Ruslan., & P. Satrimafitrah. (2018). Penerapan Metode Ekstraksi Pelarut Dalam Pemisahan Minyak Atsiri Jahe Merah (*Zingiber officinale* Var.Rubrum). *KOVALEN*, 4(7) 74-81.
- Sari, Y., N. Hidayati, & Sumandar. (2023). Zero Waste Lifestyle Guna Mencapai Lingkungan Bebas Sampah dengan Menerapkan Prinsip 3R (Reduce, Reuse, Recycle). *Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(5) 1740-1749.
- Sulastri, S., M. Adam., Y. Saftiana., W. Nailis., & Y.H. Putri. (2023). Increasing Community Productivity and Income through Diversification of Farming Businesses for Making Organic Fertilizers. *Jurnal Abdimas Multidisiplin (JAMU)*, 1(2) 89-100.
- uOttawa. (2021). *Nutmeg Hyrodosol*. Retrieved from <https://www.uottawa.ca/research-innovation/nutmeg-hydrosol.com>
- Qolby, A.L., M.Ningrum., M.T. Putri., M.D. Setyawan., & N. Askariyah. (2024). *Pemanfaatan Minyak Jelantah Untuk Pembuatan Karbol*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.