



Analisis Kinerja Kondensor Destilasi Minyak Atsiri Dengan Bahan Baku Daun Cengkeh Kapasitas 200kg

Performance Analysis of Essential Oil Distillation Condenser Using Clove Leaf Raw Material with a Capacity of 200kg

Zulfahri Mardiansyah^{1,*}, Agus Supraytno¹, Tb.U Adi Subekhi¹, Amri Abdulah¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukancana, Purwakarta 41151, Indonesia

Abstrak: Minyak Atsiri atau Essensi Oils merupakan komoditi yang memiliki potensi yang besar di Indonesia, seperti industry Kosmetik, Obat-obatan Makanan dan Minuman. Maka dari itu penulis menganalisis kinerja kondensor destilasi minyak atsiri dengan kapasitas 200kg dengan penyelesaian seperti Kondisi aliran di dalam pipa steady state dan steady flow. Penyulingan dapat dilakukan dengan 3 metode yaitu : Penyulingan dengan air dan uap / system kukus (water and steam distillation), Penyulingan dengan system rebus (water distillation / hydro- distillation), dan penyulingan dengan uap langsung (Direct steam distillation / Dry steam). Bilangan Reynolds menunjukan nilai 73,308. Maka jenis aliran fluida didalam pipa adalah Turbulent Flow. LMTD memberikan laju rata-rata panas tertransfer secara akurat dan cepat yang telah diperhitungkan penulis mendapatkan nilai 127,61 K. Tipe heat exchanger sangat kompleks sehingga memerlukan faktor koreksi (Fc) 1.056 sebagai perbandingan laju perpindahan panas aktual dengan laju perpindahan panas maksimum pada zona condensing sebesar 1,051 K.

Kata Kunci: Kondensor, Destilasi Minyak Atsiri

Abstract: Essential Oil or Essential Oils is a commodity that has great potential in Indonesia, such as the Cosmetics, Food and Beverage Medicines industry. Therefore, the author analyzes the performance of the essential oil distillation condenser with a capacity of 200kg with solutions such as flow. Distillation can be done by 3 methods, namely: Distillation with water and steam / steam distillation system (water and steam distillation), Distillation with boiling system (water distillation / hydro-distillation), and distillation with direct steam (Direct steam distillation / Dry steam). The Reynolds number shows a value of 73.308. Then the type of fluid flow in the pipe is Turbulent Flow. LMTD provides the average rate of heat transferred accurately and quickly which the author has calculated to get a value of 127.61 K. The type of heat exchanger is so complex that it requires a correction factor (Fc) of 1.056 as a comparison of the actual heat transfer rate with the maximum heat transfer rate in the condensing zone of 1.051K.

Keywords: Condenser, Essential Oil Distillation

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara dengan wilayah daratan yang sangat luas memiliki beragam potensi sumber daya alam yang bernilai ekonomis tinggi apabila dikelola dengan baik. Salah satu potensi tersebut adalah minyak atsiri, yang juga dikenal dengan istilah essential oils, etherial oils, atau volatile oils. Minyak atsiri merupakan ekstrak alami yang diperoleh dari berbagai bagian tumbuhan seperti daun, bunga, kayu, maupun putik bunga [1]. Produk ini memiliki peran penting dalam berbagai industri, di antaranya industri kosmetik, farmasi, makanan dan minuman, serta digunakan pula sebagai bahan aromaterapi [2,3]. Setidaknya terdapat sekitar 70 jenis minyak atsiri yang telah diperdagangkan di pasar internasional, dan 40 di antaranya dapat diproduksi di Indonesia [4]. Industri pengolahan minyak atsiri di Indonesia telah ada sejak masa penjajahan. Namun, dari sisi kualitas dan kuantitas, perkembangannya belum mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh

* Corresponding author: zfahri37@gmail.com

<https://doi.org/10.51132/teknologika.v15i2.530>

Received: 22-09-2025

Accepted: 25-10-2025

Available online: 30-11-2025

penggunaan teknologi penyulingan yang masih sederhana atau tradisional, serta kapasitas produksi yang relatif terbatas [5].

Di antara berbagai tanaman penghasil minyak atsiri, cengkeh merupakan salah satu komoditas paling populer di Indonesia. Selama ini, daun cengkeh sering dianggap sebagai limbah oleh petani maupun masyarakat. Padahal, daun cengkeh mengandung minyak atsiri sekitar 1–4%, yang berpotensi untuk disuling menjadi produk bernilai ekonomis tinggi [6]. Sayangnya, pengetahuan masyarakat mengenai manfaat daun cengkeh masih terbatas, dan ketersediaan alat untuk mengolahnya secara efisien juga masih minim, sehingga proses pengolahannya masih dilakukan secara konvensional [7].

Salah satu metode yang umum digunakan untuk menyuling daun cengkeh adalah metode penyulingan air dan uap (Water and Steam Distillation). Metode ini dinilai cukup efektif dalam mengekstraksi minyak atsiri dari bahan nabati, karena memungkinkan kontak langsung antara uap dan bahan, sehingga mempercepat proses penguapan minyak [8]. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan dengan fokus pada perancangan kondensor destilasi minyak atsiri daun cengkeh dengan metode Water and Steam Distillation kapasitas 200 kg.

Penelitian ini juga dilatarbelakangi oleh beberapa permasalahan yang ditemukan pada industri penyulingan minyak cengkeh, antara lain efektivitas material alat yang kurang optimal, meningkatnya kebutuhan minyak atsiri daun cengkeh untuk industri farmasi dan sektor lainnya, serta aspek keselamatan kerja yang masih kurang memadai. Kondensor sebagai salah satu komponen utama dalam sistem destilasi memiliki peran penting karena berpengaruh langsung terhadap efisiensi proses perpindahan panas [9].

Prinsip kerja alat destilasi minyak atsiri daun cengkeh yang dirancang dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut: (a) bahan baku daun cengkeh dimasukkan ke dalam ketel destilasi yang berisi air, (b) ketel kemudian dipanaskan hingga menghasilkan uap, (c) uap yang terbentuk dialirkan melalui pipa menuju kondensor, (d) campuran uap air dan uap minyak cengkeh mengalami proses kondensasi di dalam kondensor, di mana uap berubah menjadi cairan, dan (e) hasil kondensasi berupa campuran air dan minyak atsiri dialirkan menuju wadah penampung akhir untuk dilakukan pemisahan.

Dalam penelitian ini, analisis difokuskan pada laju perpindahan panas dan efektivitas kondensor melalui perhitungan teknis seperti Log Mean Temperature Difference (LMTD), Reynolds Number, dan Nusselt Number [10]. Pembahasan dibatasi pada kondisi aliran dalam pipa yang diasumsikan steady state dan steady flow, dengan fokus analisis pada laju perpindahan panas di zona condensing [6].

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui laju perpindahan panas dan efektivitas kondensor pada sistem destilasi minyak atsiri daun cengkeh. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan dalam perancangan alat penyulingan yang lebih efisien dan aman, sekaligus meningkatkan nilai ekonomi dari limbah daun cengkeh yang selama ini kurang termanfaatkan.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahap utama, yaitu observasi lapangan dan analisis perpindahan panas pada sistem kondensor destilasi minyak atsiri daun cengkeh.

2.1 Observasi

Tahap observasi dilakukan untuk memperoleh data awal yang dibutuhkan dalam proses analisis. Kegiatan ini meliputi pengukuran suhu fluida panas dan fluida dingin, masing-masing pada kondisi masuk dan keluar kondensor, untuk menentukan selisih temperatur aktual selama proses kondensasi. Pengumpulan data kebutuhan air pendingin dalam bak penampung, yang diperlukan untuk menjaga kestabilan suhu sistem selama proses destilasi berlangsung. Pengukuran panjang dan dimensi pipa heliks kondensor, sebagai dasar perhitungan luas permukaan perpindahan panas dan karakteristik aliran di dalam pipa. Data hasil observasi digunakan sebagai masukan dalam perhitungan parameter perpindahan panas dan efisiensi kerja kondensor.

2.2 Analisis Perpindahan Panas

Tahap analisis dilakukan untuk mengevaluasi kinerja termal kondensor menggunakan pendekatan teoritis dan perhitungan numerik. Langkah-langkah analisis meliputi:

- (a) Perhitungan selisih temperatur logaritmik rata-rata (LMTD – Log Mean Temperature Difference) untuk menentukan perbedaan suhu efektif antara fluida panas dan fluida dingin sepanjang kondensor :

$$\Delta T_{lm} = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2) \quad (1)$$

Dimana ΔT_1 dan ΔT_2 merupakan selisih suhu pada sisi masuk dan keluar.

- (b) Penentuan faktor koreksi (F_c) untuk menyesuaikan konfigurasi aliran yang digunakan, yaitu tipe aliran searah (parallel flow) :

$$\Delta T_m = F_c \times \Delta T_{lm} \quad (2)$$

- (c) Perhitungan bilangan Reynolds (Re) guna mengidentifikasi jenis aliran fluida di dalam pipa (laminar, transisi, atau turbulen) :

$$Re = (\rho \times v \times D) / \mu \quad (3)$$

$$\rho = m / V \quad (4)$$

$$m = \rho \times A \times v \quad (5)$$

$$v = Q / A \quad (6)$$

Dimana:

D = Diameter

v = Kecepatan

V = Volume

Q =

A = Luas area perpindahan panas

ρ = Densitas fluida (kg/m^3)

m : masa (kg)

μ = viskositas dinamis fluida ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)

- (d) Perhitungan laju kapasitas panas minimum (C_{min}) dengan membandingkan nilai kapasitas panas fluida panas (Ch) dan fluida dingin (Cc), untuk menentukan batas maksimum perpindahan panas yang dapat terjadi :

$$C_{min} = \min(Ch, Cc) \quad (7)$$

- (e) Penentuan luas permukaan perpindahan panas (A) :

$$A = Q / (U \times \Delta T_m) \quad (8)$$

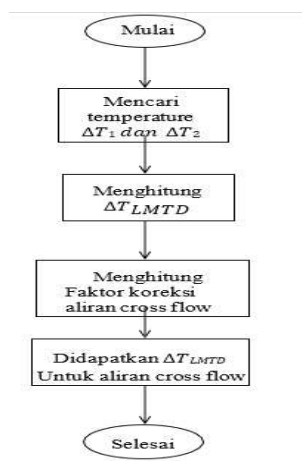
(f) Nussel Number :

$$Nu = 0,023 \cdot R^{0,8} \cdot P_n \quad (9)$$

(g) Perhitungan bilangan NTU (Number of Transfer Units) untuk mengevaluasi efektivitas sistem penukar panas berdasarkan rasio antara laju perpindahan panas aktual dan maksimum.

$$NTU = (U \times A) / C_{min} \quad (10)$$

Hasil perhitungan dari setiap tahap digunakan untuk menganalisis efektivitas kondensor, laju perpindahan panas aktual, dan kinerja termal sistem destilasi secara keseluruhan.



Gambar 1. Diagram Alir Analisis Perpindahan Panas



Gambar 2. Thermocouple yang digunakan dalam proses pengambilan data suhu.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil observasi kondisi condenser

Analisis kinerja kondensor pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode heat exchanger tipe pipa heliks tunggal (single helix pipe) yang diposisikan secara horizontal dengan arah aliran searah (parallel flow). Desain ini dipilih karena mampu memberikan distribusi perpindahan panas yang lebih merata, serta meningkatkan efisiensi kondensasi antara uap minyak atsiri daun cengkeh dan fluida pendingin di dalam kondensor. Observasi dilakukan untuk memperoleh data eksperimental yang diperlukan dalam analisis termal. Pengambilan data meliputi:

- Suhu fluida panas dan fluida dingin, yang diukur pada inlet (masuk) dan outlet (keluar) menggunakan thermocouple digital untuk menentukan selisih temperatur aktual selama proses kondensasi berlangsung.
- Ukuran geometris kondensor dan bak pendingin, termasuk diameter dan panjang pipa heliks, serta dimensi bak air pendingin, yang digunakan sebagai dasar perhitungan kapasitas aliran dan luas perpindahan panas.
- Spesifikasi material pipa dan media pendingin, untuk memastikan kesesuaian dengan kondisi operasi dan ketahanan terhadap korosi akibat kontak dengan uap minyak atsiri.

Data hasil pengukuran tersebut digunakan untuk menghitung perbedaan temperatur rata-rata logaritmik (LMTD), bilangan Reynolds, bilangan Nusselt, dan koefisien perpindahan panas keseluruhan (U) guna menilai kinerja termal kondensor. Nilai suhu aktual, dimensi bak dan material pipa yang diperoleh dari hasil pengamatan disajikan pada **Tabel 1**, **Tabel 2**, dan **Tabel 3**.

Tabel 1. Suhu masuk dan keluar

No	Nama	°C	K
1	Suhu uap masuk (Thin)	164	437,15
2	Suhu uap keluar (Thout)	30	303,15
3	Suhu air masuk (Tcin)	28	301,15
4	Suhu air keluar (Tcout)	35	308,15

Tabel 1 menunjukkan data hasil pengukuran suhu aktual pada sistem kondensor selama proses destilasi minyak atsiri daun cengkeh. Pengukuran dilakukan pada dua fluida kerja, yaitu uap minyak atsiri sebagai fluida panas dan air pendingin sebagai fluida dingin. Dari tabel tersebut terlihat bahwa suhu uap minyak atsiri pada kondisi masuk (Thin) sebesar 164°C (437,15 K) dan setelah mengalami proses kondensasi turun menjadi 30°C (303,15 K) pada kondisi keluar (Thout). Sementara itu, air pendingin mengalami kenaikan suhu dari 28°C (301,15 K) pada saat masuk (Tcin) menjadi 35°C (308,15 K) pada saat keluar (Tcout). Data ini digunakan untuk menghitung perbedaan suhu logaritmik rata-rata (Log Mean Temperature Difference – LMTD) yang menjadi dasar analisis perpindahan panas pada kondensor.

Tabel 2. Dimensi bak penampung

No	Nama	Satuan	Ukuran
1	Panjang	mm	3.500
2	Lebar	mm	1.000
3	Tinggi	mm	1.000
4	Volume	m ³	5,04
5	Kebutuhan air	L	5.040

Tabel 3. Dimensi pipa

No	Nama	Satuan	Ukuran
1	Jumlah pitch		3
2	Jarak pitch	mm	150
3	Diameter pipa	mm	34
4	Permukaan pipa	mm	3583
5	Lebar pipa	mm	730
6	Panjang pipa	m ³	54,742
7	Volume pipa	m ³	0,0496762

Tabel 2 menampilkan data dimensi geometris dari bak penampung air pendingin yang digunakan dalam sistem kondensor. Bak ini berfungsi sebagai tempat sirkulasi air pendingin selama proses kondensasi berlangsung. Berdasarkan data pengukuran, bak memiliki panjang 3.500 mm, lebar 1.000 mm, dan tinggi 1.000 mm, sehingga menghasilkan volume total sebesar 5,04 m³. Dengan demikian, kebutuhan air pendingin untuk mengisi bak secara penuh adalah sekitar 5.040 liter. Informasi ini penting untuk menentukan kapasitas pendinginan sistem, serta memastikan debit air yang memadai untuk mempertahankan perbedaan suhu antara fluida panas dan fluida dingin.

Tabel 3 memperlihatkan data hasil pengukuran dimensi pada pipa heliks kondensor yang menjadi media utama perpindahan panas antara uap minyak atsiri dan air pendingin. Pipa yang digunakan memiliki jumlah pitch sebanyak 3 dengan jarak antar pitch 150 mm. Diameter luar pipa adalah 34 mm, dengan lebar kumparan (coil width) sebesar 730 mm. Luas permukaan total pipa yang berperan dalam proses perpindahan panas tercatat sebesar 3.583 mm², sedangkan panjang total pipa mencapai 54,742 m dengan volume internal pipa sebesar 0,0496762 m³. Data ini menjadi dasar dalam menghitung luas permukaan efektif perpindahan panas, serta digunakan dalam perhitungan bilangan Reynolds dan bilangan Nusselt untuk menentukan koefisien perpindahan panas konveksi di dalam pipa kondensor.

Untuk mengetahui kinerja termal kondensor pada proses destilasi minyak atsiri daun cengkeh, dilakukan serangkaian perhitungan berdasarkan data hasil pengamatan dan dimensi alat yang telah diperoleh. Parameter utama yang dianalisis meliputi bilangan Nusselt (Nu), Reynolds (Re), Prandtl (Pr), laju perpindahan panas (q), koefisien perpindahan panas keseluruhan (U), laju kapasitas panas minimum (C_{min}), luas permukaan perpindahan panas (A), dan Number of Transfer Units (NTU). Hasil perhitungan dari parameter-parameter tersebut ditampilkan pada **Tabel 4** berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan		
No	Deskripsi	Nilai
1	Nu	0,714
2	Densitas gas	5,803
3	Re	73,308
4	Pr	1
5	q	952
6	U	179,53
7	C_{min}	7
8	A	0,041
9	NTU	1,051

Berdasarkan hasil perhitungan pada **Tabel 4**, diperoleh bilangan Reynolds (Re) sebesar 73.308, yang menunjukkan bahwa aliran fluida di dalam pipa termasuk dalam kategori aliran turbulen ($Re > 4.000$). Kondisi aliran turbulen ini mengindikasikan bahwa proses perpindahan panas berlangsung lebih efektif karena adanya peningkatan pencampuran fluida di dalam pipa.

Nilai bilangan Nusselt (Nu) sebesar 0,714 menunjukkan karakteristik perpindahan panas konveksi yang relatif rendah, kemungkinan disebabkan oleh perbedaan temperatur yang besar antara uap minyak atsiri dan air pendingin, serta panjang lintasan pipa yang cukup tinggi. Sementara itu, nilai Prandtl (Pr) sebesar 1 menunjukkan keseimbangan antara difusivitas momentum dan panas, yang umum dijumpai pada fluida dengan sifat termofisika seperti air pada rentang suhu kerja tersebut.

Koefisien perpindahan panas keseluruhan (U) sebesar $179,53 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ menunjukkan bahwa kinerja kondensor berada pada tingkat efisiensi yang cukup baik untuk sistem berbasis water and steam distillation. Nilai ini berpengaruh langsung terhadap besarnya laju perpindahan panas (q) yang tercatat sebesar 952 W, yang berarti sistem mampu mentransfer panas secara efektif dari uap minyak atsiri ke air pendingin.

Nilai Number of Transfer Units (NTU) sebesar 1,051 mengindikasikan bahwa efisiensi perpindahan panas pada kondensor cukup baik, karena $NTU > 1$ menunjukkan terjadinya perpindahan panas yang signifikan antara kedua fluida. Nilai $C_{min} = 7$ dan luas permukaan perpindahan panas $A = 0,041 \text{ m}^2$ menjadi parameter penting dalam menentukan kapasitas termal sistem secara keseluruhan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem kondensor horizontal dengan pipa heliks tunggal memiliki performa perpindahan panas yang cukup efisien untuk aplikasi destilasi minyak atsiri. Nilai $U = 179,53 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ yang diperoleh dalam penelitian ini masih berada dalam kisaran yang sebanding dengan hasil penelitian terdahulu.

Sebagai perbandingan nilai koefisien perpindahan panas pada sistem kondensor tipe shell-and-tube untuk destilasi bioetanol skala UMKM berada pada kisaran $160\text{--}210 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, tergantung pada laju aliran air pendingin dan konfigurasi pipa [10]. Sementara itu, kondensor berbentuk heliks dengan bahan tembaga pada proses penyulingan minyak daun cengkeh menghasilkan nilai koefisien perpindahan panas rata-rata sekitar $180 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ menggunakan metode water and steam distillation [5].

Dengan demikian, nilai $U = 179,53 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dikatakan sebanding dengan hasil-hasil sebelumnya, menandakan bahwa desain kondensor yang dirancang telah bekerja secara optimal dalam memfasilitasi proses kondensasi uap minyak atsiri daun cengkeh.

Selain itu, nilai NTU sebesar 1,051 menunjukkan kesesuaian dengan penelitian yang melaporkan rentang NTU antara 0,9 hingga 1,2 pada sistem pendingin searah (parallel flow) untuk aplikasi

penyulingan minyak atsiri berbasis pipa spiral. Kemudian juga tercatat bahwa nilai NTU pada kondensor berpendingin air meningkat seiring dengan efisiensi kontak termal antara fluida panas dan fluida pendingin [11].

Hasil-hasil tersebut mengindikasikan bahwa rancangan kondensor dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria performa termal yang baik, khususnya dalam sistem destilasi minyak atsiri daun cengkeh kapasitas 200 kg. Selain efisiensi perpindahan panas yang tinggi, desain heliks juga memberikan keuntungan pada aspek kompaksi sistem dan efektivitas aliran fluida, sebagaimana ditegaskan dalam kajian performa termal sistem kondensasi berbasis spiral tube heat exchanger [6].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut: Hasil perhitungan bilangan Reynolds sebesar 73.308, maka jenis aliran fluida di dalam pipa termasuk dalam kategori aliran turbulen (turbulent flow). Apabila digunakan perbedaan suhu rata-rata secara instan, maka panas terhitung tidak akan sesuai dengan panas aktual. Hal ini menyebabkan desain heat exchanger menjadi tidak layak (not feasible) untuk digunakan. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan khusus menggunakan metode Log Mean Temperature Difference (LMTD) yang mampu memberikan laju perpindahan panas rata-rata secara lebih akurat. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai LMTD sebesar 127,61 K. Jenis heat exchanger yang digunakan bersifat kompleks sehingga memerlukan faktor koreksi (correction factor, F_c) untuk memperoleh hasil perhitungan yang akurat. Berdasarkan data yang diperoleh, nilai faktor koreksi yang dihitung adalah $F_c = 1,056$. Secara umum, efektivitas perpindahan panas (ϵ) pada sistem penukar panas didefinisikan sebagai perbandingan antara laju perpindahan panas aktual dengan laju perpindahan panas maksimum yang dapat terjadi pada proses kondensasi. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai efektivitas perpindahan panas sebesar 1,051 K.

Daftar Pustaka

- [1] V. Prisca Effendi, S.B. Widjanarko, Distilasi Dan Karakterisasi Minyak Atsiri Rimpang Jeringau (Acorus Calamus) Dengan Kajian Lama Waktu Distilasi Dan Rasio Bahan : Pelarut, 2014.
- [2] A.H. Ikhwanudin, N. Widadi, Guntoro, A.Z. Abidin, J. Oktanuriawan, Rancang Bangun Mesin Distilasi Minyak Atsiri dengan Sistem Pendingin Kontinu sebagai Sarana Praktikum dan Produksi Essential Oil di Laboratorium Rekayasa Pangan, Jurnal Pengembangan Potensi Laboratorium 4 (2025) 28–40. <https://doi.org/10.25047/plp.v4i1.5676>.
- [3] B. Rubianto, R. Winarso, R. Wibowo, Rancang Bangun Kondensor Pada Destilator Bioetanol Kapasitas 5 Liter/Jam Dengan Skala UMKM, Jurnal CRANKSHAFT 1 (2018).
- [4] Batara, Rancang Bangun Mesin Distilasi Minyak Daun Cengkeh Dengan Metode Penyulingan Uap Langsung (Steam Distillation), 2022.
- [5] Z. Anwar, A.I. Rifa'i, D.A. Nurzain, Effect Of Steam Pressure And Temperature On The Amount Of Oil Produced In A Citronella Oil Distillation Machine, 23 (2023) 247–253. <https://doi.org/10.26714/traksi.23.2.2023>.
- [6] N. Titahelu, D.S. Pelupessy, C.S.E. Tupamahu, A.F. Rumagutawan, Meningkatkan Efektivitas Kondensor Vertikal Pipa Helikal Koil Untuk Destilasi Minyak Atsiri Sereh, Jurnal Rekayasa Mesin 14 (2023) 235–249. <https://doi.org/10.21776/jrm.v14i1.1219>.
- [7] P. Sasongko, W. Washington, K. Ahmadi, Potensi Usaha Pengolahan Minyak Atsiri Daun Cengkeh Di Kecamatan Sipora Selatan Kabupaten Kepulauan Mentawai, Journal of Food Technology and Agroindustry 4 (2022) 100–115. <https://doi.org/10.24929/JFTA.V4I2.2127>.
- [8] Didit Sumardiyanto, Aldi Januar, Penentuan Nilai Efektivitas Kondensor Di PLTGU Blok 1-2 PT. Indonesia Power UJIP Priok, Jurnal Kajian Teknik Mesin 5 (2020).
- [9] N. Pipatpaiboon, T. Parametthanuwat, N. Bhuwakietkumjohn, Y. Ding, Y. Li, S. Sichamnan, Improving the Efficiency of Essential Oil Distillation via Recurrent Water and Steam Distillation: Application of a

- 500-L Prototype Distillation Machine and Different Raw Material Packing Grids, *AgriEngineering* 7 (2025). <https://doi.org/10.3390/agriengineering7060175>.
- [10] T.F. Alfani, A. Razak, D. Rismawati, Analysis Of Heat Transfer In Condenser With Cooling Water Capacity Of 35860 m³ /H, 2 (2021).
- [11] S.T. Sucahyo, Analisis Laju Perpindahan Panas Dan Efektivitas Kondensor Unit 3 PLTU PT. PJB UP Gresik, (2015).