

RANCANG BANGUN ALAT PENYULING DAUN SERAI MENGGUNAKAN METODE STEAM HYDRODISTILLATION

Didik Sugiyanto ¹, Yefri Chan ², Fahmi Aldi ³, Hernando Christian ⁴

^{1,2,3,4} Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada

Jl. Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa, Duren Sawit, Kota Jakarta Timur

didik_sugiyanto@ft.unsada.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan menguji alat penyulingan daun serai dengan melakukan eksperimen dan pengujian terhadap alat serta hasil pengujian. Parameter yang diamati adalah perpindahan panas pada alat penyulingan daun serai yang dihasilkan oleh alat, hasil penelitian perpindahan panas secara konduksi pada tangki penyulingan adalah 1.032,61 J/s (Joule per second) dan perpindahan panas secara konveksi alami pada tangki penyulingan adalah 3.761,16 J/s (Joule per second) dengan suhu awal air 28°C sampai suhu yang ditentukan 98°C. Lama penyulingan diatas 5 jam akan menurunkan mutu rendemen yang tidak sesuai standard. Pengaruh bagian dari serai wangi yang menghasilkan persen rendemen yang tinggi adalah pada bagian daun sedangkan kualitas citronella oil yang tinggi adalah pada bagian daun. % citronella serai wangi pada daun segar sebesar 67,36 %, daun layu sebesar 44,92 %.

Kata kunci: penyulingan, daun serai, *steam hydrodistillation*

Abstract

This study aims to design and test the citronella leaf distillation tool by conducting experiments and testing the tools and test results. The parameters observed were heat transfer in the citronella leaf distillery produced by the tool, the results of the conduction heat transfer research in the distillation tank were 1,032.61 J/s (Joules per second) and heat transfer by natural convection in the distillation tank was 3,761.16 J/s (Joules per second) with an initial water temperature of 28 °C to a specified temperature of 98 °C. The distillation time of more than 5 hours will reduce the quality of the yield which is not up to standard. The effect of the part of lemongrass which produces a high yield percentage is on the leaves, while the high quality of citronella oil is on the leaves. % citronella citronella on fresh leaves was 67.36%, withered leaves were 44.92%.

Key words : *distillation, lemongrass leaves, steam distillation.*

PENDAHULUAN

Banyaknya kekayaan hayati alam menjadikan semakin berkembang ide-ide untuk meningkatkan nilai jual produk tanaman terutama tanaman penghasil minyak atsiri (*essential oil*). Kajian-kajian jenis tanaman atsiri yang telah umum di pasaran telah banyak dilakukan, namun untuk jenis-jenis tumbuhan yang masih liar masih terbatas. Hal ini perlu dilaksanakan sehingga mendapatkan jenis-jenis tumbuhan baru penghasil minyak atsiri untuk dapat diaplikasikan ke masyarakat. Eksplorasi merupakan salah satu langkah awal dalam kegiatan ini untuk mengkoleksi jenis-jenis tumbuhan yang berpotensi sebagai penghasil minyak atsiri.[1]

Minyak atsiri atau minyak eteris merupakan minyak yang mudah menguap atau minyak terbang (*essential oil*) dengan komposisi yang berbeda-beda sesuai sumber penghasilnya. Minyak atsiri bukan merupakan senyawa kimia murni, melainkan terdiri dari campuran senyawa yang memiliki sifat fisika kimia berbeda-beda. Minyak serehwangi merupakan salah satu essential oil yang diekspor sebagai bahan pembuatan parfum, obat-obatan, antiseptik dan kosmetik. Permintaan akan minyak serehwangi yang semakin meningkat, diperlukan upaya budidaya serehwangi secara intensif dengan memperhatikan kualitas minyak serehwangi sebagai produk akhir.[2]

Minyak atsiri yang sering juga disebut dengan minyak eteris atau minyak terbang. Proses pembuatan minyak daun nilam dapat dilakukan dengan destilasi air, destilasi uap-air dan destilasi

uap. Untuk menaikkan harga jual minyak atsiri dan mengoptimalkan potensi minyak atsiri, maka perlu dilakukan usaha untuk menaikkan mutunya sehingga sesuai dengan standart mutu (SNI). Salah satu cara adalah memperbaiki teknik destilasi dan memperbaiki kondisi operasi agar proses distilasi dapat menghasilkan minyak atsiri dengan standart mutu yang berlaku.[3]

Minyak atsiri diperoleh dari distilasi uap daun nilam yang digunakan sebagai bahan pewangi dan penahan aroma wangi-wangian bahan pewangi lain sehingga bau wangi tidak cepat hilang dan lebih tahan lama (fiksatif) dalam pembuatan bahan aromaterapi. Minyak atsiri juga sebagai aditif untuk pewangi makanan [4]. Minyak atsiri banyak dikembangkan ke arah produk obat-obatan dikarenakan minyak Produksi minyak atsiri mengandung lebih dari 24 jenis sesquiterpene, yang berpotensi sebagai senyawa anti kanker, anti mikroba, anti inflamatory, antibiotik dan anti mikroba dan anti tumor. [5]

Ada beberapa jenis metode yang bisa dilakukan untuk memisahkan atau mendapatkan minyak nilam, antara lain penyulingan (distilasi), ekstraksi dan lain – lain. Tetapi saat ini yang sering digunakan adalah penyulingan. Dari segi teknik distilasi yang digunakan, dengan menggunakan metode distilasi uap-air (*steam-hydro distillation*) dapat dihasilkan rendemen minyak nilam yang lebih bagus dibandingkan dengan metode konvensional yang menggunakan distilasi air (*water distillation*) [6]. Selain itu, diperlukan juga kondisi operasi dan desain alat yang optimal sehingga didapatkan minyak nilam yang memiliki kualitas yang baik. Namun dengan metode tersebut dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan minyak nilam yang bagus. Oleh karena itu perlu ditemukan metode baru yaitu *microwave distillation* yang dapat mempercepat proses distilasi dengan waktu yang lebih cepat serta ketersediaan *microwave* yang cukup mudah didapatkan di masyarakat [7].

Penyulingan dengan uap mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan air atau uap dan air terutama untuk bahan baku berupa biji, akar dan kayu yang mengandung minyak yang mempunyai titik didih tinggi. Juga pada penyulingan dengan uap, tekanan dalam ketel suling bisa diatur disesuaikan dengan sifat bahan yang aliran disuling, sehingga mutu minyak yang dihasilkan umumnya baik. Beberapa penelitian mengenai penyulingan daun sereh dan biji lada telah dilakukan, terutama dikaitkan dengan perlakuan bahan sebelum disuling dan cara penyulingan untuk mendapatkan rendemen minyak yang optimum. Semakin tinggi tekanan yang digunakan, maka akan semakin besar pula minyak atsiri yang dihasilkan. Berdasarkan masalah tersebut diatas, pada pengujian alat ini dicoba penyulingan daun sereh pada berbagai tingkat tekanan.[8]

Rendemen merupakan perbandingan jumlah (kuantitas) minyak yang dihasilkan dari ekstraksi tanaman aromatik. Semakin tinggi rendemen yang dihasilkan maka semakin besar minyak atsiri yang dihasilkan. Kualitas minyak yang dihasilkan biasanya berbanding terbalik dengan jumlah rendemen yang dihasilkan. Semakin tinggi rendemen yang dihasilkan maka semakin rendah mutu yang didapatkan.[6] Rendemen minyak dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu: faktor genetik, iklim, metode ekstraksi, ketinggian tanah, kesuburan tanah, umur tanaman, cara penyulingan, lokasi, serta serangan hama penyakit. Rendemen yang dihasilkan pada musim kemarau (0,7%) umumnya lebih tinggi daripada musim penghujan (0,5%). [9]

Perpindahan panas air murni dapat terjadi dalam tiga keadaan yaitu padat, cair dan uap. Keadaan ini dipengaruhi oleh kondisi suhu dan tekanan. Uap adalah bagian cairan yang diuapkan dan terdiri dari gas sejati yang masih mengandung partikel-partikel cairan di dalamnya. Dengan pemanasan, partikel cairan ini akan teruapkan. Uap super panas atau uap panas lanjut (*superheated steam*) mempunyai sifat-sifat seperti suatu gas di bawah suhu kritisnya. Ilmu perpindahan panas adalah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana energi dalam bentuk panas berpindah dari suatu benda ke benda lain yang suhunya lebih rendah. [10]

Perbedaan suhu merupakan syarat terjadinya perpindahan panas. Panas mengalir dari tempat dengan suhu lebih tinggi ke tempat dengan suhu lebih rendah. Hal ini terus berlangsung hingga tidak terdapat lagi perbedaannya suhu diantaranya. [11]

METODE PENELITIAN

Untuk metode distilasi uap dan air dengan pemanasan kompor prosedurnya adalah sebagai berikut, mula-mula menimbang daun serai wangi sebanyak 4000 gram. Memasukkan daun yang telah ditimbang tersebut pada tanki distilasi dengan penambahan air sebagai pelarut. Kemudian memanaskan air pada tanki untuk digunakan sebagai pembangkit steam, proses pemanasan menggunakan api sedang. Menghitung waktu distilasi mulai tetes pertama keluar dari condensor minyak keluar dari pipa spiral tiap 40 menit. Menampung distilat dalam corong pemisah dan memisahkan minyak dari air, kemudian menampung minyak tersebut pada tabung reaksi. Kemudian mengambil minyak yang bebas dari kandungan air tersebut lalu melakukan analisa terhadap minyak yang dihasilkan.

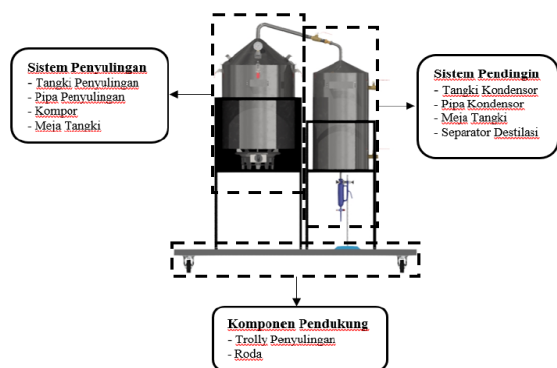
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2020 di Laboratorium Pengujian Program Studi Teknik Mesin Universitas Darma Persada.

Bahan yang digunakan adalah daun serai wangi dengan kondisi bahan (segar dan layu) dengan

ketentuan segar (mulai panen sampai dua jam sesudah panen) dan layu (mulai dua jam sesudah panen sampai empat hari sesudah panen) dan diperoleh dari petani. Air digunakan sebagai media pendingin pada kondensor serta digunakan sebagai pelarut sereh dapur.

Deskripsi Peralatan Penelitian Seperangkat peralatan yang diperlukan untuk pengambilan minyak atsiri serai wangi dengan metode distilasi uap dan air dengan pemanasan kompor adalah sebagai berikut:

- Satu unit alat pengujian yang digunakan sebagai pemanas. dengan dimensi tinggi 550 mm, diameter 450 mm.
- Distiller yang terbuat dari Stainless Stell dengan volume 9000 ml dan sebuah connector yang terbuat dari pipa yang berfungsi untuk menghubungkan distiller dengan kondensor.
- Bak pendingin yang terbuat dari Stainless Stell.
- Watermoor sebagai pintu agar bahan baku dapat masuk kedalam tanki.
- Kondensor yang digunakan adalah kondensor Spiral yang berfungsi mendinginkan uap yang terbentuk menjadi liquid.
- Corong pemisah yang digunakan untuk memisahkan minyak serai wangi dengan air.
- Alat pengukur suhu (thermometer) yang digunakan untuk mengukur suhu pada Tanki.



Gambar 1 Desain Alat Penyuling Daun Serai

Kondisi Operasi dan Variabel:

- Tekanan : Bar.
- Massa bahan : 4000 gram.
- Kondisi bahan : segar dan layu.
- Bagian bahan : daun.
- Temperatur distilasi : 195°C, 200°C, 205°C.
- Waktu pengamatan : Tiap 40 menit dari distilat pertama keluar sampai 600 menit.

Destilasi daun sereh wangi yang telah dilakuan kemudian dirajang untuk mengurangi sifat kamba, daun sereh yang telah dirajang dimasukkan ke dalam alat penyuling sebanyak 4000 gram, kemudian di isi air sebanyak 9.000 ml. Alat penyuling

dihubungkan dengan kondensor yang dilengkapi dengan sirkulasi air, hidupkan air pet dan disuling sesuai perlakuan.

Destilasi yang dihasilkan ditampung dengan gelas kaca 10 ml, kemudian dipindahkan untuk memisahkan minyak dengan air.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{berat minyak}}{\text{berat daun sebelum disuling 100\%}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Serai wangi pertama kali dipanen pada umur 6 bulan dan selanjutnya dilakukan setiap 3 bulan sekali. Rendemen serai wangi diperoleh dengan cara memanen sampel daun serai wangi pada berbagai perlakuan ± 15 cm dari permukaan tanah, kemudian daun dikering anginkan (tidak boleh lebih dari 2 hari) dan selanjutnya disuling untuk mendapatkan rendemen. Rendemen minyak dihitung menggunakan rumus berikut (Djoar et al. 2012):

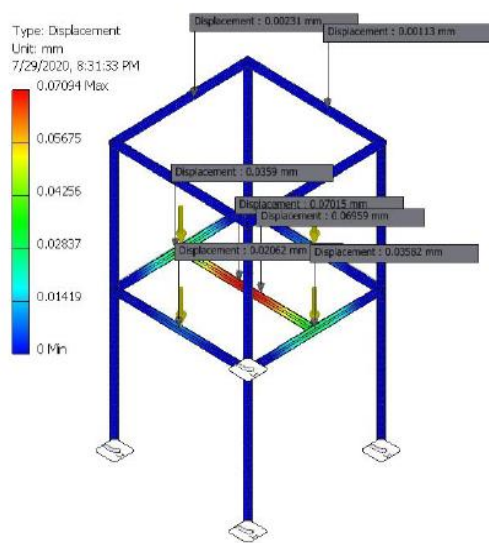
$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat minyak yang diperoleh (kg)}}{\text{Berat daun yang disuling (kg)}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Umumnya minyak atsiri berwujud cairan, yang diperoleh dngan cara menyuling bagian tanaman berupa daun dan batang serai wangi [13]. Dalam industri minyak atsiri dikenal tiga macam metode penyulingan, yaitu:

- distilasi air (*water distillation*),
- distilasi kukus (*steam and water distillation*), dan
- distilasi uap (*steam distillation*) (Feriyanto 2013; Syauqiyah 2008). Pemanenan serai wangi dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu saat serai wangi berumur 6, 9, dan 12 bulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil simulasi stress analysis menggunakan software autodesk inventor, dengan memberikan beban pada rangka dengan asumsi berat maksimum tangki penyulingan adalah 148 N × 1,25. Maka struktur rangka dinyatakan aman karena tidak melampaui batas maksimum displacement yaitu 0,07094 mm. Dari hasil analisa diketahui bahwa besarnya perpindahan yang diterima oleh meja tangki adalah 0,07015 mm dari bentuk awalnya yang ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah.



Gambar 2 Simulasi Desain Rangka Alat Penyuling

Hasil simulasi von mises stress, dengan memberikan beban maksimum menunjukkan bahwa struktur meja tangki penyulingan berada dititik aman karena tidak melewati batas maksimum yaitu 9.416 MPa. Dari hasil analisis diketahui bahwa rangka meja tangki penyulingan mengalami tegangan maksimal terbesar 4.202 MPa. Sedangkan tegangan minimalnya adalah sebesar 1.921 MPa.



Gambar 3 Foto Alat Hasil Ekperimen



Gambar 4 Hasil minyak serai dari alat penyulingan

Gambar 4 adalah pemisah minyak dengan cara penyulingan uap dengan waktu penyulingan 5 jam kapasitas 4 kg minyak yg dihasilkan dalam penyulingan tersebut 10 ml.

Hasil perhitungan perpindahan panas berdasarkan rumus perpindahan panas secara konduksi, maka diketahui perpindahan panas pada tangki penyulingan adalah sebagai berikut:

Konduktivitas Termal pada Stainless Steel adalah 15,1 W/Mk

Luas Penampang berbentuk tabung

$$A = 2 \times \pi \times r (r+t) \dots\dots\dots (3)$$

$$= 2 \times \pi \times 22,5 (22,5 + 55) = 10.960,7 \text{ cm}^2$$

Perubahan Suhu

$$\Delta T = 98^\circ C - 28^\circ C = 70^\circ C \dots\dots\dots (4)$$

$$= 70^\circ C + 273,15 = 343,15^\circ K$$

Untuk panjang pipa L = 55 cm= 0,55 m

Dari pernyataan diatas maka diketahui Q atau kalor adalah sebagai berikut:

$$H = \frac{Q}{t} = h \times A \times \Delta T \dots\dots\dots (5)$$

$$= \frac{15,1 \times 0,109607 \times 343,15}{0,55} = 1.032,61 \text{ J/s}$$

Sehingga diketahui bahwa hasil perhitungan perpindahan panas secara konduksi pada tangki penyulingan adalah 1.032,61 J/s (Joule per sekon).

Berdasarkan rumus perpindahan panas secara konduksi, maka diketahui perpindahan panas pada tangki penyulingan adalah sebagai berikut:

Koefisien konveksi alami pada air adalah 100 W/m²K. Luas Penampang berbentuk tabung

$$A = 2 \times \pi \times r (r+t) \dots\dots\dots (6)$$

$$= 2 \times \pi \times 22,5 (22,5 + 55) = 10.960,7 \text{ cm}^2$$

$$= 10.960,7 \text{ cm}^2$$

Perubahan Suhu

$$\Delta T = 98^\circ C - 28^\circ C = 70^\circ C \dots\dots\dots (7)$$

$$= 70^\circ C + 273,15 = 343,15^\circ K$$

Dari pernyataan diatas maka diketahui Q atau kalor adalah sebagai berikut:

$$H = \frac{Q}{t} = h \times A \times \Delta T \dots\dots\dots(8)$$

$$= 100 \times 0,109607 \times 343,15 = 3.761,16 \text{ J/s}$$

Sehingga diketahui bahwa hasil perhitungan perpindahan panas secara konveksi alami (air) pada tangki penyulingan adalah 3.761,16 J/s (Joule per sekon).

Tabel 1 Hasil Analisa Minyak Serai Wangi

Parameter	Distilasi Uap dan Air dengan Pemanasan	SNI 06-3953-1995
Warna	Kuning pucat sampai kuning kecoklatan	Kuning pucat sampai kuning kecoklatan
Berat Jenis, 25 °C (gr/ cm ³)	0,862 – 0,882	0,875- 0,893

Perbandingan Kualitas Minyak Serai Wangi Hasil analisa kualitas minyak serai wangi dengan pengaruh berbagai variabel terhadap standar mutu (SNI) disajikan dalam Tabel 4.1. Pada Tabel 4.1. menunjukkan bahwa sebagian besar parameter yang ada mulai warna, dan densitas menunjukkan angka yang sesuai dari standar mutu (SNI) yang ada.

Tabel 2 Hasil Analisa Penyulingan Daun Serai Wangi

No	Variabel	% Citronella
1	Daun Segar	67,36%
2	Daun Layu	44,92%

Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu terdapat 3 komponen yang memiliki % area terbesar adalah Citronellal, Citronellol dan Geraniol. Dari semua komponen tersebut yang menjadi standar kualitas minyak serai wangi adalah Citronellal dan % Citronellal untuk daun segar sebesar 67,36 %, daun layu sebesar 44,92 %. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa untuk variabel daun yang mempunyai kualitas bagus adalah saat kondisi daun segar, hal ini disebabkan karena kadar air yang menutupi permukaan jaringan tidak begitu mempengaruhi dalam proses ekstraksi karena kecilnya ketebalan jaringan sedangkan untuk kondisi daun layu mempunyai kualitas yang rendah karena pada daun ketebalan jaringan sangat kecil sehingga saat terjadi proses pelayuan akan mengurangi lagi ketebalan jaringan dan atsiri banyak yang ikut teruapkan seiring waktu pelayuan. Kesimpulan yang dapat ditarik adalah penggunaan metode steam and hydro distillation dengan pemanasan Kompor lebih

bagus dari sisi kuantitas (% rendemen lebih banyak) dan sisi kualitas (% Citronella lebih tinggi).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil experiment dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perhitungan perpindahan panas dihitung secara konduksi dan konveksi. Perhitungan perpindahan panas secara konduksi pada tangki penyulingan adalah 1.032,61 J/s (Joule per sekon) dan perhitungan perpindahan panas secara konveksi alami (air) pada tangki penyulingan adalah 3.761,16 J/s (Joule per sekon).
2. Hasil perhitungan rangka pada meja tangki penyulingan adalah 1.984,5 N-cm dan hasil perhitungan rangka pada meja tangki kondensor adalah 4.314 N-cm.
3. Lama penyulingan yang terlalu lama (diatas 5 jam) akan menurunkan mutu rendemen yang dikehendaki. Pengaruh bagian dari serai wangi yang menghasilkan % rendemen yang tinggi adalah pada bagian daun sedangkan kualitas Citronella oil yang tinggi adalah pada bagian daun. % Citronella serai wangi pada daun segar sebesar 67,36 %, daun layu sebesar 44,92 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada LP2MK UNSADA yang telah memberikan dukungan atas penelitian yang sudah dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

[6] IG. Tirta dan I Pt. Agus Hendra Wi, Eksplorasi Tumbuhan yang Berpotensi Sebagai Penghasil Minyak Atsiri Di Lombok Timur-NTB, Jurnal Biologi Udayana, Maret 2017 Volume 21 No.1, hal: 12-16.

[7] Anna Juliarti1, Nurheni Wijayanto, Irdika Mansur, Trikoesoemaningtyas, Analisis Rendemen Minyak Serehwangi (Cymbopogon nardus L.) yang Ditanam dengan Pola Agroforestri dan Monokultur pada Lahan Revegetasi Pasca Tambang Batubara, Jurnal Sylva Lestari ISSN (print) 2339-0913 Vol. 8 No. 2, Mei 2020 (181-188)

[8] Novita Setya H, Aprilia Budiarti, dan Mahfud, Proses Pengambilan Minyak Atsiri Dari Daun Nilam Dengan Pemanfaatan Gelombang Mikro (Microwave), JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1 (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271

- [9] Donelian, A., Carlson, L. H. C., Lopes, T. J., & Machado, R. A. F. (2009). Comparison of extraction of patchouli (*Pogostemon cablin*) essential oil with supercritical CO₂ and by steam distillation. *The Journal of Supercritical Fluids*, 48(1), 15-20.
- [10] Deguerry, F., Pastore, L., Wu, S., Clark, A., Chappell, J., & Schalk, M. (2006). The diverse sesquiterpene profile of patchouli, *Pogostemon cablin*, is correlated with a limited number of sesquiterpene synthases. *Archives of biochemistry and biophysics*, 454(2), 123-136.
- [11] Isfaroiny, Rahma dan Mitarlis, Peningkatan Kadar Patchouli Alcohol Pada Minyak Nilam (*Pogostemon cablin* Benth) Dengan Metode Distilasi Vakum, Skripsi Fakultas MIPA UNESA, Surabaya. J. Wang, "Fundamentals of erbium-doped fiber amplifiers arrays (Periodical style—Submitted for publication)," *IEEE J. Quantum Electron.*, didaftarkan untuk dipublikasikan (2005).
- [12] Maryadi, Adhi, Pembuatan Bahan Acuan Minyak Nilam. Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian-LIPI. Serpong (2007)
- [13] Guenther, Ernest, 1987. *Minyak Atsiri Jilid I*, Penerjemah Ketaren S., Cetakan I, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- [14] Rochim, A. 2009. *Memproduksi 15 Jenis Minyak Atsiri Berkualitas*. Penebar Swadaya, Jakarta, Indonesia.
- [15] Sulaswatty, A., Rusli, M. S., Abimanyu, H., and Silvester Tursiloadi. 2019. Menelusuri Jejak Minyak Serai Wangi dari Hulu sampai Hilir. in: *Quo Vadis Minyak Serai Wangi dan Produk Turunannya*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Press, Jakarta 1–12.
- [16] Kamil, S. & Pawito. (1983). *Termodinamika dan Perpindahan Panas*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- [17] Bernasconi, G., Gerster, H., Hauser, H., Stauble, H., & Schneiter, E. (1995). *Teknologi Kimia Bagian 2*. Terjemahan Lienda Handoyo. Pradnya Paramita. Jakarta.
- [18] Sembiring, B., and Manoi, F. 2015. Pengaruh Pelayuan dan Penyulingan terhadap Rendemen dan Mutu Minyak Serai Wangi (*Cymbopogon nardus*). in: *Prosiding Seminar Nasional Swasembada Pangan Politeknik Negeri Lampung* 447–452.
- [19] Badan Standardisasi Nasional. 1998. *Minyak Nilam*. SNI 06-2385-1998. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Int. Conf. on GEOMATE, 2011, pp. 8-13.