

# Characterization and Physical Properties of *Terpene Compound* in Citronella Essential oil as Sources of Antibacterial Perfume

Teuku Rihayat<sup>1\*</sup>, Rizal Syahyadi<sup>2</sup>, Hismendi<sup>3</sup>, Nelly Safitri<sup>4</sup>, Aida Safitri<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Departement of Chemical Engineering, Politeknik Negeri Lhokseumawe, 24301, Aceh, Indonesia

<sup>2</sup>Departement of Civil Engineering, Politeknik Negeri Lhokseumawe, 24301, Aceh, Indonesia

<sup>3</sup>Department of Commerce, Politeknik Negeri Lhokseumawe, 24301, Aceh, Indonesia

<sup>4</sup>Department of Electrical Engineering, Politeknik Negeri Lhokseumawe, 24301, Aceh, Indonesia

<sup>5</sup>Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Sumatera Utara, Kota Medan 20222, Indonesia

\*Corresponding author. Email:teukurihayat@yahoo.com

## ABSTRACT

Along with the development of modern industries such as the perfume, cosmetic, food, aromatherapy and pharmaceutical industries, the world's need for essential oils is increasing every year. Several parameters developed in this article include the effect of pressure (1, 2, 4, 6, 8) mmHg and time (20, 40, 60) minutes until final boiling point on the volume of oil produced and geraniol concentration. The analysis carried out was GCMS analysis and bacterial activity in the application of perfume products. From the research results it was found that at 1 atm pressure the geraniol concentration increased by 50% to 80.11%. Apart from these compounds, other compounds were also obtained such as citronellol, rhodinol and cheprol. at this pressure also produced the highest product volume of 21.2 ml. The application of the product resulting from the vacuum distillation process in the form of an anti-bacterial perfume at an incubation time of 48 hours has the strongest anti-bacterial activity with a diameter of 10.13 mm against *Staphylococcus aureus* bacteria.

**Keywords:** Characterization, Citronella Oil, Vacuum Distillation, Perfume, Terpene

## 1. INTRODUCTION

*Essential oil* saat ini sudah dikembangkan dan menjadi komoditas ekspor Indonesia yang meliputi *essential oil* dari nilam, akar wangi, pala, cengkeh, sereh wangi, kenanga, kayu putih, cendana, lada, dan kayu manis [1]. *Essential oil* dapat diperoleh melalui beberapa metode pemisahan termasuk hidrodistilasi yang merupakan praktik paling konvensional. Metode pemisahan yang berbeda seperti distilasi (hidro dan uap), ekstraksi pelarut dan ekstraksi cairan superkritis dapat digunakan untuk mengekstraksi esens atau volatil. Namun, kualitas dan kuantitas hasil minyak tergantung pada teknik ekstraksi yang digunakan [2].

Minyak atsiri adalah esensi dari spesies tanaman aromatik yang diperoleh oleh hidrodistilasi atau distilasi uap seluruh tanaman atau dari bagian tertentu seperti bunga, buah, daun, akar, kulit kayu dan biji [3]. Sereh wangi merupakan salah satu komoditi atsiri yang sangat

prospektif dan kaya akan manfaat. Permintaan minyak sereh wangi cukup tinggi dan harganya stabil serta cenderung meningkat sehingga industri pengolahan minyak sereh wangi memberikan kontribusi besar dalam peningkatan perekonomian masyarakat. Kandungan utama dari minyak atsiri yaitu *sitronellal*, *sitronellol*, *geraniol*, dan *sitral*. Jumlah kandungan senyawa yang terkandung berkaitan juga dengan spesies tanamannya. Komponen kimia dalam minyak sereh wangi cukup kompleks, namun komponen yang terpenting adalah *geraniol* dan *sitronellal* [4]. *Sitronellal* memegang peranan penting sebagai sumber utama bau yang sedap pada minyak sereh wangi sehingga dapat dijadikan sebagai bahan utama dalam proses pembuatan parfum.

Geraniol juga merupakan agen *anti microba* baru terhadap bakteri gram positif dan gram negative dan sangat efektif dalam menghambat aktivitas pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* [5].

Penelitian yang dilakukan oleh Brugnera et al. (2011), minyak atsiri daun sereh wangi asal Brazil yang memiliki komponen kimia sitronellal (34,6%), geraniol (23,17%), dan sitronellol (12,09%) juga mampu menghambat aktivitas bakteri *S. aureus* serta mampu menghambat aktivitas bakteri Gram negatif yaitu *E. coli* dan *P. aeruginosa* [6]. Mutu minyak serai wangi ditentukan oleh senyawa aktif geraniol dan sitronellal, dan juga sebagai penentu harga jual minyak. Semakin tinggi jumlahnya, maka kualitas minyak semakin baik [8].

**Tabel 1.** Standar Mutu Minyak Sereh Wangi SNI 06-3953 (1995)

Jenis Uji	Persyaratan
Warna	Kuning Pucat – sampai kuning kecoklat-coklatan
Bobot Jenis	0.880 – 0.992
Indeks Bias	1.466 – 1.475
Geraniol Total	Min. 85%
Sitronellal	Min. 35%

(Sumber : Ana dan Maryam, 2021)

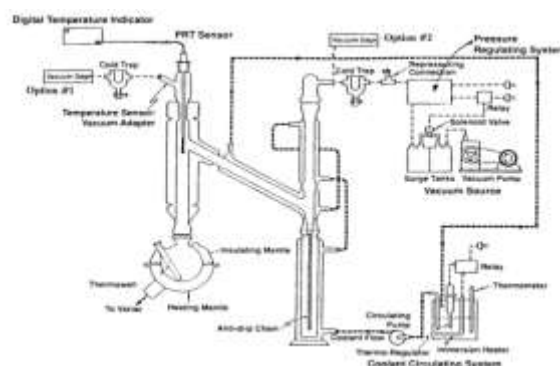
Cara umum untuk mengambil komponen minyak atsiri dari tumbuhan yaitu dengan cara destilasi, destilasi sthal, ekstraksi, dan sokletasi dengan cara memakai pelarut serta pengaliran udara atau aerasi [7].

Distilasi yang paling sering digunakan yaitu distilasi atmosferik yang prosesnya dilakukan pada tekanan operasi 1 atm. Hal ini dikarenakan prosesnya relative murah, yaitu dilakukan pada kondisi ruang (1 atm) sehingga tidak diperlukan pengaturan untuk menurunkan atau menaikkan tekanan. Akan tetapi, distilasi atmosferik mempunyai kelemahan dalam prosesnya, yaitu waktu yang dibutuhkan dalam pemisahan campuran relatif lama, temperatur yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih campuran relatif lama, dan tidak dapat digunakan untuk memisahkan campuran yang mempunyai sifat penguapan rendah atau titik didih masing-masing komponen murninya berdekatan. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dilakukan perancangan alat distilasi vakum [9].

Distilasi vakum adalah distilasi yang tekanan operasinya dibawah tekanan atmosfer. Prinsip ini didasarkan pada hukum fisika dimana zat cair akan mendidih dibawah titik didih normalnya apabila tekanan pada permukaan zat cair itu diperkecil atau vakum. Fungsi dari distilasi vakum untuk menurunkan titik didih sehingga tidak merusak komponen zat yang dipisahkan. Prinsip penurunan tekanan ini sangat cocok untuk pemurnian minyak atsiri untuk menghindari terjadinya *cracking* atau kerusakan pada minyak atsiri [10].

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat distilasi vakum, pompa vakum, hot plate, botol parfum, alat-alat kaca, Refraktometer, serta alat analisa FTIR dan GCMS. Bahan yang digunakan diantaranya minyak atsiri sereh wangi, aquadest, minyak pembawa; minyak cendana, alkohol 96%, aluminium foil, kertas saring, media agar, bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.



**Gambar 1.** Rangkaian alat Distilasi Vakum

### 2.1 Prosedur Percobaan

#### 2.1.1 Persiapan Bahan Baku

Minyak *essential oil* sereh wangi sebanyak 150 ml, diperoleh dari tanaman sereh wangi hasil dari penyulingan masyarakat, yang di beli di pasar lokal. Kemudian dikarakterisasi terlebih dahulu dengan menggunakan *Chromatography Massa* (GC-MS) untuk mengetahui konsentrasi/ kadar awal dan karakteristik dari bahan baku.

#### 2.1.2 Proses Isolasi Geraniol

Proses pemisahan (isolasi) dilakukan pada seperangkat peralatan distilasi vakum dengan memasukkan minyak sereh wangi sebanyak 150 ml kedalam glass receiver dengan pengaturan suhu pada 30°C-80°C. tekanan vakum diperoleh dari vacuum pump yang diatur pada tekanan 1-2 mmHg. Keseluruhan komponen peralatan disetting dan peralatan dapat dihidupkan sesuai dengan *Standart Operating Procedure* (SOP). Setiap perlakuan dilakukan pada variasi tekanan operasi (1, 2, 4, 6, dan 8) mmHg. Hasil pada bagian bottom merupakan produk geraniol yang kemudian akan dianalisa menggunakan GCMS untuk melihat peningkatan kadar dari senyawa geraniol dan melihat kemurniannya dengan menggunakan indeks bias.

#### 2.1.3 Pembuatan Parfum Anti Bakteri

Masukkan minyak pembawa sebanyak 15 ml kedalam beaker glass. Kemudian ditambahkan *orange fragrance* 25 ml sebagai *middle notes*. Ditambahkan 10 ml ekstrak geraniol kedalam beaker glass yang berisi minyak pembawa. Tambahkan alkohol 95% sebanyak

20 ml. campuran tersebut didiamkan selama 50 jam pada suhu ruang yang minim cahaya. Beaker glass diisolasi menggunakan *aluminium foil* untuk mempercepat proses penguapan dan wewangian yang tercampur. Setelah itu, ditambahkan air mineral sebanyak 8 ml dan dihomogenkan. Campuran kemudian disaring menggunakan kertas saring dan hasil penyaringan dimasukkan kedalam botol parfum. Selanjutnya parfum yang telah dihasilkan diuji anti bakteri pada media agar dalam cawan petri.

## 2.2 Analisa Dan Pengujian

### 2.2.1 Gas Chromatography Spektrometri Massa (GC-MS)

Analisis sampel *citronella* dilakukan dengan kromatografi gas GC-MS (GC-Shimadzu 2010 dengan autosampler dan detektor ionisasi. GC-MS dihubungkan dengan spektrometer massa menggunakan kolom kapiler DB-1MS (30 x 0,25 mm I.D .0,25 µm tebal lapisan). Suhu injektor dan detektor ditetapkan pada 250°C. Suhu oven diprogram pada 40°C selama 8 menit, dinaikkan pada 3°C/menit hingga 240°C dan kemudian ditahan selama 10 menit. Helium sebagai gas pembawa diatur pada laju alir 1,2 mL / menit. Volume sampel yang disuntikkan adalah 1,0 µL dengan tujuan untuk mengidentifikasi kualitatif dari keberadaan senyawa yang ada di dalam minyak sereh wangi.

### 2.2.2 Uji Kerentanan Bakteri

Aktivitas parfum anti bakteri diteliti dengan menggunakan metode media agar pada cawan petri [11]. Kultur bakteri yang tumbuh pada fase pertengahan logaritmik, ditempatkan di media agar. *Escherichia coli*

dan *Staphylococcus aureus* disuntikkan ke media agar. Setelah pematangan melapisi agar, larutan parfum (diameter 15 mm) dengan konsentrasi yang berbeda yaitu (5% dan 10% berat) ditempatkan pada permukaan agar. Lapisan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dan pada suhu 28°C untuk 72 jam berikutnya. Selanjutnya, data hasil pengujian aktivitas antibakteri diperoleh dengan menghitung diameter inhibisi yang terbentuk pada cawan petri.

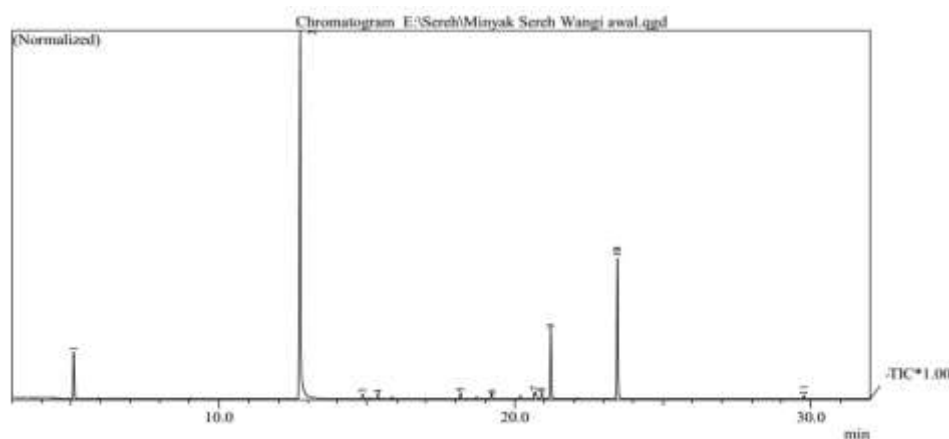
## 3. Hasil dan pembahasan

### 3.1 Isolasi Minyak Sereh Wangi

Penelitian pemisahan (isolasi) kandungan geraniol dalam minyak sereh wangi dilakukan dengan kondisi operasi dengan variasi tekanan vakum (1, 2, 4, 6, dan 8) mmHg. Minyak sereh wangi hasil penyulingan diuji terlebih dahulu untuk mengetahui kadar dari senyawa-senyawa yang terkandung pada minyak tersebut menggunakan alat uji GCMS.

Karakterisasi kandungan senyawa pada minyak sereh wangi sebelum proses isolasi dilakukan menggunakan alat uji GCMS. GCMS merupakan teknik analisis yang terdiri dari kromatografi gas yang berfungsi untuk menganalisa sejumlah senyawa yang terkandung dalam suatu sampel serta spektrofotometri massa yang dapat menunjukkan berat molekul daripada senyawa yang terkandung dalam sampel [12].

Berikut hasil daripada pengujian kandungan senyawa minyak sereh wangi sebelum dilakukan proses isolasi menggunakan alat uji GCMS.



**Gambar 2.** Hasil uji GCMS minyak sereh wangi hasil penyulingan

Hasil kromatogram pada gambar diatas menunjukkan puncak atau peak yang merupakan komponen-komponen penyusun yang terkandung dalam minyak sereh wangi. Pada kromatogram tersebut terdapat senyawa utama yang ditunjukkan dengan adanya 3 puncak tertinggi. 3 senyawa utama tersebut yaitu sitronellal dengan persen area sebesar 59,28%; sitronellol sebesar 9,57%; dan geraniol sebesar 20,32%.

Produk pada proses distilasi vakum terdiri atas produk distilat dan produk bottom. Dikarenakan titik didih sitronella lebih rendah dari pada titik didih geraniol, maka senyawa sitronella akan lebih dahulu menguap dan mendominasi labu distilat. Oleh karena itu, dapat diasumsikan bahwa senyawa geraniol terdapat pada bottom.

**Tabel 2.** Data Pengamatan Pada Distilat Proses Distilasi

Tekanan (mmHg)	Waktu (menit)	Volume (mL)	Suhu AET (°C)	Warna
8	20	25	86,4	Bening
	40	57	105	Bening
	60	58	106	Kuning pucat
6	20	61,5	108	Bening
	40	46	112,6	Bening
	60	31,6	117	Kuning pucat
4	20	68,9	87	Bening
	40	40,5	93	Bening
	60	27	99,5	Kuning Pucat
2	20	66,5	74,1	Bening
	40	38	80,8	Bening
	60	22	87,2	Kuning Pucat
1	20	69,5	63	Bening
	40	39	65	Bening
	60	18	68	Kuning Pucat

Tabel 3. Data Pengamatan Pada Bottom Proses Distilasi

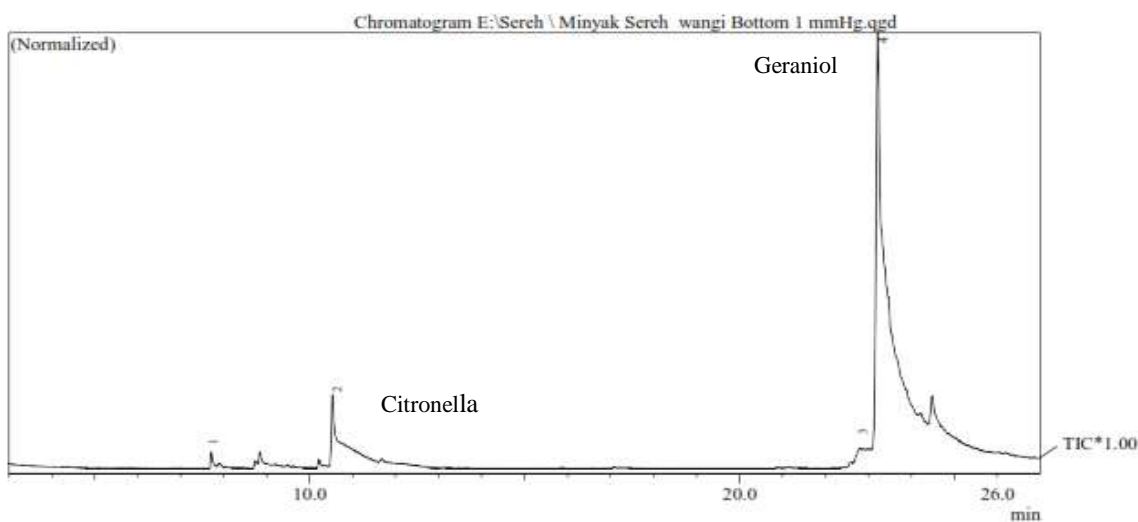
Tekanan (mmHg)	Waktu (menit) FBP	Volume (mL)	Suhu AET (°C)	Warna
8	65	9,85	129	Kuning Kecoklatan
6	64	10,85	134	Kuning Kecoklatan
4	64	14	130	Kuning Kecoklatan

2	62	18,5	127	Kuning Kecoklatan
1	61	21,2	72	Kuning Kecoklatan

### 3.2 Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Konsentrasi Geraniol

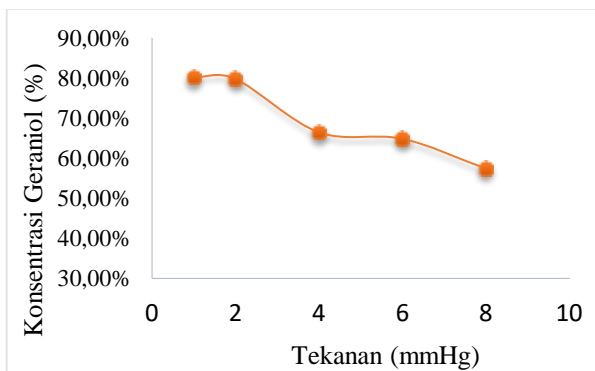
Proses pemisahan (isolasi) kandungan geraniol yang terkandung dalam minyak sereh wangi dilakukan menggunakan separangkat peralatan distilasi vakum dengan prinsip pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih. Penelitian dilakukan dengan memfokuskan peningkatan kandungan senyawa geraniol dengan memvariasikan tekanan vakum serta waktu operasi. Distilasi vakum dapat menurunkan titik didih senyawa yang terkandung dalam minyak sereh wangi yang tinggi serta mampu menjaga senyawa pada minyak sereh wangi terhadap kerusakan pada kondisi suhu pemanasan yang tinggi.

Tekanan maksimum yang digunakan pada penelitian ini yaitu pada tekanan 1 mmHg. Sitronella yang merupakan produk distilat memiliki aroma sereh yang tidak terlalu menyengat dan berwarna bening-kuning pucat. Disamping itu, produk bottom yaitu geraniol pada tekanan maksimum 1 mmHg, memiliki aroma yang tajam, serta berwarna kuning kecoklatan. Geraniol termasuk senyawa golongan alkohol yang ditandai dengan adanya gugus OH pada struktur sitronelol dan geraniol. Oleh karena itu, produk bottom atau geraniol menghasilkan sedikit aroma alcohol [12]. Produk distilat kemudian dilakukan analisa kandungan senyawa menggunakan GCMS untuk melihat peningkatan dan membandingkan kadar geraniol sebelum dan sesudah dilakukan proses distilasi dengan variasi tekanan. Berikut hasil analisa GCMS setelah proses distilasi pada tekanan maksimum 1 mmHg.



Gambar 3. Hasil Analisa GCMS Setelah Proses Distilasi Pada Tekanan Maksimum 1 mmHg

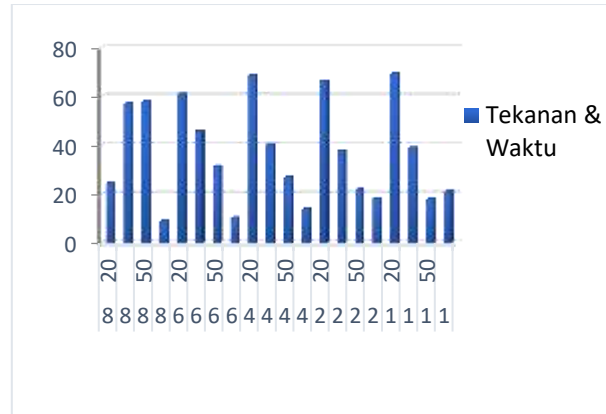
Hasil kromatogram pada gambar tersebut menunjukkan adanya puncak yang mengindikasikan adanya 2 puncak tertinggi yang merupakan senyawa utama yaitu Sitronellal dan geraniol. Jika dibandingkan dengan hasil analisa GCMS sebelum proses distilasi, dapat dilihat bahwasanya kadar geraniol meningkat sebesar 50% menjadi 80,11%. Akan tetapi, konsentrasi sitronella menurun 59,28% menjadi 4,90%. Proses distilasi vakum ini efektif dilakukan untuk meningkatkan kadar geraniol namun kadar sitronella menurun diakibatkan oleh titik didih sitronella yang lebih rendah sehingga mudah menguap. Selain 2 senyawa utama tersebut, diperoleh pula senyawa-senyawa lain seperti *citronellol*, *rhodinol* dan *cheptol* yang memiliki titik didih hampir mendekati titik didih senyawa utama baik pada produk distilat maupun produk bottom. Berikut data hasil analisa GCMS pada beberapa tekanan yang telah divariasikan.



**Gambar 4.** Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Konsentrasi Geraniol

Pada gambar tersebut menunjukkan pengaruh variasi tekanan terhadap konsentrasi geraniol pada minyak sereh wangi hasil distilasi. Semakin rendah tekanan vakum maka konsentrasi geraniol yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal tersebut sesuai dengan hukum Boyle dimana semakin rendah tekanan vakum maka semakin tinggi daya hisap terhadap senyawa yang memiliki titik didih rendah [13]. Semakin rendah tekanan vakum maka tekanan parsial akan semakin rendah yang menyebabkan gaya dorong semakin besar sehingga proses penguapan akan berlangsung lebih cepat.

### 3.3 Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Volume



**Gambar 5.** Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Volume

Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa variasi tekanan vakum memberikan pengaruh terhadap volume minyak sereh yang dihasilkan. Semakin rendah tekanan vakum, laju fraksinasi proses semakin cepat sehingga volume produk yang dihasilkan akan semakin besar. Sesuai hukum Boyle yang berbunyi yaitu apabila gas yang berada dalam bejana tertutup dipertahankan konstan, maka tekanan gas berbanding terbalik dengan volumenya [14]. Laju fraksinasi akan semakin lama jika tekanan vakum semakin besar. Selain itu, faktor lain yang dapat mempengaruhi peningkatan volume produk yaitu waktu yang digunakan hingga mencapai titik FBP. Pada grafik tersebut terlihat bahwa volume terendah terdapat pada tekanan operasi 8 mmHg sebesar 9,85 mL dan volume tertinggi diperoleh pada kondisi maksimum bottom pada tekanan operasi 1 mmHg sebesar 21,2 mL.

### 3.4 Aplikasi Geraniol Sebagai Parfum Anti Bakteri

Minyak sereh wangi diketahui memiliki potensi senyawa untuk menghambat pertumbuhan bakteri yang berdampak pada penyakit-penyakit infeksi bakteri [4]. Daun sirih hijau mengandung minyak atsiri yang terdiri atas senyawa phenol dan beberapa turunannya seperti euganol dan kavikol. Senyawa bakteri phenol dan turunannya dapat mendenaturasi protein sel bakteri. Senyawa euganol bersifat bakterisida dengan meningkatkan permeabilitas membran bakteri. Senyawa kavikol selain memberi bau khas pada sirih juga memiliki sifat bakterisida lima kali lipat dari dari senyawa phenol lainnya [15]. Pengujian anti bakteri pada penelitian ini menggunakan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dengan metode difusi cakram.

**Tabel 4.** Diameter Inhibisi yang Dihitung

Efektivitas Bakteri terhadap parfum	Diameter Inhibisi (mm)			
	<i>S.aerus</i>		<i>E.Coli</i>	
	24 jam	48 jam	24 jam	48 jam

Parfum Penelitian	6,06	10,13	5,06	7,13
Parfum yang ada di pasaran	8,06	10,43	8,03	9,03

Pengukuran zona hambat dilakukan pada 24 jam pertama zona hambat terbentuk. Pengamatan kemudian dilanjutkan selama 48 jam untuk melihat keefektifan parfum sebagai anti bakteri. formula yang mempunyai aktivitas antibakteri yang paling kuat yaitu pada waktu inkubasi 48 jam yaitu pada *Staphylococcus A.* dengan zona hambat inhibisi 10,13 mm. Sedangkan pada control positif pada sampel pembanding komersial zona hambat sebesar 10,43. Sedangkan *Escherichia coli* hampir sama dengan diameter hambatan yang dihasilkan oleh parfum pembanding. Dari data di atas menunjukkan hambatan yang dihasilkan sediaan bakteri *Escherichia coli* terlihat lebih kecil dibanding dengan bakteri *Staphylococcus aureus*, hal ini disebabkan karena *Escherichia coli* merupakan bakteri gram negatif yang mempunyai dinding-dinding sel yang tipis dan lebih kompleks dengan kandungan lipid yang tinggi sehingga sulit ditembus. Sedangkan *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri gram positif yang memiliki dinding sel sederhana dan tebal, berlapis tunggal, kandungan lipid rendah, lapis membran sitoplasma tersusun dari peptidoglikan dan asam teichoic berupa polimer larut dalam air, sehingga bakteri gram positif lebih mudah ditembus oleh zat-zat polar yang berasal dari sediaan. Secara keseluruhan hasil penelitian parfum anti-bakteri yang memberikan aktivitas antibakteri paling kuat adalah parfum hasil penelitian dengan waktu inkubasi 48 jam pada bakteri *staphylococcus aerus* yaitu dengan zona hambat 10,13 mm .

#### 4. Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut:  
Semakin rendah tekanan operasi yang diatur maka konsentrasi geraniol yang dihasilkan akan semakin tinggi.
2. Semakin rendah tekanan yang diatur maka volume produk yang dihasilkan juga akan semakin besar sesuai dengan hukum Boyle.
3. Pengaplikasian produk hasil proses distilasi vakum dalam bentuk parfum anti bakteri pada waktu inkubasi selama 48 jam memiliki aktivitas anti bakteri paling kuat dengan diameter sebesar 10,13 mm terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan 7,13 mm terhadap *Escherichia coli*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Feriyanto, Y. E., Sipahutar, P. J., Mahfud, M., & Prihatini, P. (2013). Pengambilan minyak atsiri dari daun dan batang serai wangi (*Cymbopogon winterianus*) menggunakan metode distilasi uap

dan air dengan pemanasan microwave. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), F93-F97.

- [2] Chanthai, S., Prachakoli, S., Ruangviriyachai, C., (2012). Influence of extraction methodologies on the analysis of five major volatile aromatic compounds of Citronella grass (*Cymbopogon nardus*) and lemongrass (*Cymbopogon citratus*) grown in Thailand. *J. Assoc. Anal. Communities Int.* 95, 763–772.
- [3] Timung, R., Chitta, R.B., Sukumar, P., Vaibhav, V., & Gouda. (2016). Composition and antibacterial activity analysis of citronella oil obtained by hydrodistillation: Process optimization study. *Industrial Crops and Products*. 94 (2016) 178–188.
- [4] Bota, W., Martosupono, M., & Rondonuwu, F. S. (2015). Karakterisasi Produk-Produk Minyak Sereh Wangi (*Citronella Oil*) Menggunakan Spektroskopi Inframerah Dekat (NIRs). *Prosiding Semnastek*.
- [5] Lin, Y., Jingru, L., Wanwen, C., Xiaoli, L., Qixing, J., & Wenshui, X. (2017). Geraniol grafted chitosan oligosaccharide as a potential antibacterial agent. *Carbohydrate Polymer* 356-364.
- [6] Putriningtyas, D. 2014. *Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Daun Sirih Merah (Piper crocatum ruiz & pav.) dan Minyak Atsiri Daun Sereh Wangi (Cymbopogon nardus (L.) rendle) Asal Tawangmangu Terhadap Bakteri Staphylococcus aureus dan Escherichia coli*. Univ. Muhammadiyah. Surakarta.
- [8] Sembiring, B. B., & Manoi, F. (2015). Pengaruh pelayuan dan penyulingan terhadap rendemen dan mutu minyak serai wangi (*Cymbopogon nardus*). In *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*.
- [7] RAHAYU, S. N. (2019). *ISOLASI MINYAK ATSIRI DARI TEMULAWAK (Curcuma Xanthorrhiza) DAN IDENTIFIKASI BIOAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN GCMS* (Doctoral dissertation, INSTITUT KESEHATAN HELVETIA MEDAN).
- [9] Pamungkas, K. (2013). *PENGARUH TEKNIK PEMOTONGAN BAHAN BAKU DALAM PEMBUATAN MINYAK NILAM (Patchouli Oil) DENGAN METODE DISTILASI VAKUM (Effect of Materials Cutting Techniques in Production of Patchouli Oil with Vacuum Distillation Methods)* (Doctoral dissertation, Undip).
- [10] WITRI, P. S. (2017). *OPTIMASI PENINGKATAN KADAR PATCHOULI ALCOHOL DALAM MINYAK ATSIRI DAUN NILAM MENGGUNAKAN METODE DISTILASI VAKUM DENGAN VARIASI SUHU (Optimization of Increasing Patchouli Alcohol Content in Essential Oil of Patchouli Leaves Using Vacuum Distillation with Temperature Variations)* (Doctoral dissertation, undip).

- [11] Keila, L., Yagmur, Y., Zevallos, C., Kerth, M.A., & Thomas, M.T. (2018). Geraniol-loaded polymeric nanoparticles inhibit enteric pathogens on spinach during posttreatment refrigerated and temperature abuse storage. February 2018 | Volume 2 | Article 4.1-14.
- [12] Fitri, N. (2020). Pengaruh Bioaditif Fraksi Sitronelal dan Fraksi Sitronelol-Geraniol terhadap Kualitas Bahan Bakar Biosolar.
- [13] Wijayanti, L.W., 2015. *Isolasi Sitronellal Dari Minyak Sereh Wangi (Cymbopogon Winterianus Jowitz) Dengan Distilasi Fraksinasi Pengurangan Tekanan*, Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas (Journal of Pharmaceutical Sciences and Community), Vol. 12, No. 1,
- [14] Kua, M. Y., & Bakti, S. C. (2021). TABUNG SUNTIK UNTUK HUKUM BOYLE, SIMULASI PENGUKURAN TEKANAN UDARA DENGAN REAL WORLD PROBLEM SEBAGAI ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH. *JURNAL IMEDTECH (Instructional Media, Design and Technology)*, 4(2), 43-53
- [15] Rizkita, A. D. (2017). Efektivitas antibakteri ekstrak daun sereh wangi, sirih hijau, dan jahe merah terhadap pertumbuhan streptococcus mutans. *Prosiding Semnastek*.