



## Correlation between Time Variation of Steam Distillation of Temu Hitam's Rhizomes (*Curcuma aeruginosa*) and Antibacterial Activity of Essential Oil

Hubungan Variasi Waktu Distilasi Kukus Rimpang Temu Hitam (*Curcuma aeruginosa*) dan Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri

Fauziyatul Munawaroh<sup>1</sup>, Widya Luthfiana<sup>2</sup>, Irma Herawati Suparto<sup>2,4</sup>, Yessie Widya Sari<sup>3,4</sup>, Wulan Tri Wahyuni<sup>2,4</sup>, Irmanida Batubara<sup>2,4\*</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Medicine, IPB University, Bogor, Indonesia

<sup>2</sup>Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, IPB University, Bogor, Indonesia

<sup>3</sup>Department of Physic, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, IPB University, Bogor, Indonesia

<sup>4</sup>Tropical Biopharmaca Research Center, IPB University, Bogor, Indonesia

\*Corresponding author: [ime@apps.ipb.ac.id](mailto:ime@apps.ipb.ac.id); (+ 62)8121105101

Received June 26, 2023; Accepted Oktober 30, 2023; Available online December 22, 2023

### ABSTRACT

Distillation time can affect the extraction of essential oils such as the rhizome of temu hitam (*Curcuma aeruginosa*) which has been shown to have antibacterial activity. Therefore, this study aims to determine the optimum distillation time to produce temu hitam rhizome oil with the strongest antibacterial activity. The rhizomes of temu hitam were steam distilled with different length of time every 30 minutes for 4 hours to obtain essential oil and determined the compounds contained in them using gas chromatography-mass spectrometry. Antibacterial activity was determined by disc diffusion against *Streptococcus mutans*, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus*. The most dominant compounds present in essential oils are eucalyptol (34.89%), epicurzerenone (20.58%), and camphor (16.90%) based on the average peak of the total distillation time. The strongest antibacterial potency was obtained in the first 30 minutes of distillation for *S. mutans* and *E. coli*, and in the seventh 30 minutes of distillation for *S. aureus*.

**Keywords:** antibacterial, essential oil, GC-MS, steam distillation

### ABSTRAK

Waktu distilasi dapat mempengaruhi ekstraksi minyak atsiri seperti pada rimpang temu hitam (*Curcuma aeruginosa*) yang telah dibuktikan memiliki aktivitas antibakteri. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menentukan waktu distilasi yang optimum dalam menghasilkan minyak rimpang temu hitam dengan aktivitas antibakteri terkuat. Rimpang temu hitam didistilasi kukus dengan perbedaan lama waktu setiap 30 menit selama 4 jam untuk mendapatkan minyak atsiri dan ditentukan senyawa yang terdapat di dalamnya menggunakan *gas chromatography-mass spectrometry*. Aktivitas antibakteri ditentukan dengan difusi cakram terhadap bakteri *Streptococcus mutans*, *Escherichia coli*, dan *Staphylococcus aureus*. Senyawa yang terdapat pada minyak atsiri yang paling dominan adalah eukaliptol (34.89%), epikurzerenon (20.58%), dan kamfor (16.90%) berdasarkan rerata luas puncak pada total waktu distilasi. Potensi antibakteri terkuat didapatkan pada waktu distilasi 30 menit pertama untuk bakteri *S. mutans* dan *E. coli*, serta waktu distilasi 30 menit ketujuh untuk bakteri *S. aureus*.

**Kata Kunci:** antibakteri, distilasi kukus, GC-MS, minyak atsiri

## PENDAHULUAN

*Curcuma aeruginosa* merupakan tanaman dari keluarga Zingiberaceae yang berbentuk rimpang dan termasuk jenis tanaman obat di Indonesia yang dikenal sebagai temu hitam dan berpotensi sebagai penghasil minyak atsiri. Minyak atsiri merupakan minyak berwujud cairan kental pada suhu ruang dan mudah menguap tanpa mengalami dekomposisi, mempunyai rasa getir, dan mempunyai aroma yang khas (Hanief et al., 2013). Temu hitam memiliki kandungan minyak atsiri di dalamnya yang dapat digunakan sebagai antibakteri (Handayani et al., 2020).

Minyak atsiri temu hitam dapat diambil dengan menggunakan metode distilasi. Metode distilasi dipilih karena prosesnya mudah dan sederhana. Distilasi yang digunakan pada penelitian ini adalah distilasi kukus atau distilasi uap-air. Metode ini merupakan metode penyulingan dengan bahan baku dan air tidak bersinggungan langsung karena dibatasi dengan saringan di atas air. Distilasi kukus ini biasanya dilengkapi dengan sistem kohobasi yaitu air kondensat yang keluar dari separator masuk kembali secara otomatis ke dalam ketel agar meminimalkan kehilangan air (Fitri et al., 2019). Keuntungan dari metode ini adalah rendemen yang dihasilkan tinggi, melindungi bahan yang diekstraksi dari oksidasi, dan mengonsumsi lebih sedikit air dibandingkan menggunakan metode distilasi air (Yani & Yani, 2021). Penelitian ini bertujuan menentukan jangka waktu distilasi optimum untuk menghasilkan minyak rimpang temu hitam dengan aktivitas antibakteri terkuat.

## METODE

Rimpang temu hitam yang diperoleh dari Solo, Jawa Tengah dicuci bersih dengan air kemudian dihancurkan. Sebagian rimpang yang telah dihancurkan kemudian dianalisis kadar airnya menggunakan metode AOAC 930.15 (2012) dan kadar abunya menggunakan metode AOAC 942.05 (2012). Rimpang temu hitam sebanyak 30 kg dimasukkan ke dalam wadah distilasi kukus dan dilakukan proses distilasi kohobasi selama 4 jam dengan suhu 100–105 °C. Minyak atsiri diambil setiap 30 menit setelah minyak mulai menetes, yaitu distilat 0–30 menit, 30–60 menit, 60–90 menit, dan seterusnya sehingga didapatkan sebanyak 8 distilat. Distilat yang diperoleh dimasukkan ke dalam botol vial, kemudian dilakukan penentuan warna,

densitas, serta indeks bias minyak atsiri. Minyak atsiri yang diperoleh ditambahkan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat untuk memisahkan minyak atsiri yang masih bercampur dengan fase air. Minyak yang dihasilkan setiap 30 menit ditentukan bobotnya kemudian disimpan pada suhu 4 °C untuk dianalisis pada tahap selanjutnya.

Uji antibakteri dilakukan dengan metode difusi cakram. Media yang digunakan untuk bakteri *Escherichia coli* adalah NA. Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus mutans* menggunakan media TSA. Suspensi bakteri dengan kekeruhan berdasarkan Mc Farland 0.5 (0.05 mL  $\text{BaCl}_2$  1% dan 9.95 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1%) sebanyak 250  $\mu\text{L}$  dimasukkan ke dalam botol yang berisi media agar yang masih mencair sebanyak 250 mL. Media dituangkan ke dalam cawan petri steril dan ditunggu hingga memadat. Kertas cakram steril (diameter 6 mm) diletakkan di atas media dan minyak atsiri diteteskan sebanyak 10  $\mu\text{L}$ . Plat agar diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Aktivitas antibakteri ditentukan dengan mengukur diameter zona penghambatan yang dihasilkan terhadap bakteri yang diuji menggunakan jangka sorong. Pengujian ini dilakukan dengan lima kali ulangan. Pengerjaan uji antibakteri dilakukan dalam laminar air flow dan dalam keadaan steril.

Analisis senyawa minyak atsiri rimpang temu hitam dilakukan menggunakan Shimadzu GCMS-QP 2010 (Shimadzu, Kyoto, Jepang). Identifikasi komponen dilakukan dengan membandingkan retensi indeks kovat yang diperoleh dari waktu retensi sampel dengan waktu retensi standar hidrokarbon. Indeks kovat (I) yang didapatkan dicocokkan dengan nilai I pada database yang dimiliki oleh national institute of standar and technology (NIST). Indeks kovat dihitung menggunakan persamaan Hübschmann (2009).

## HASIL & PEMBAHASAN

### 1. Rendemen Minyak Atsiri Rimpang Temu Hitam

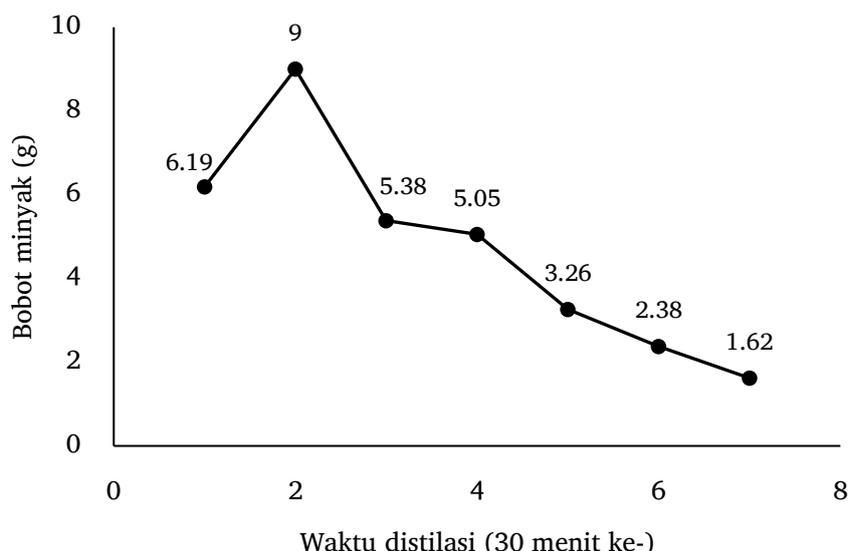
Rimpang temu hitam yang digunakan dalam penelitian berumur 6 bulan, hasil penentuan kadar air rimpang temu hitam adalah 91.54%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni et al. (2017), besar kadar air rimpang segar temu hitam yaitu sebesar 95.04%. Nilai kadar air yang diperoleh lebih kecil dari penelitian sebelumnya karena perbedaan metode yang digunakan. Kadar air

digunakan untuk mengetahui batas maksimal kandungan air dalam suatu bahan. Kadar air dapat memengaruhi kualitas sampel seperti mudah terkontaminasi dan kondisi fisik sampel menjadi rusak (Wijaya & Noviana, 2022). Kadar air rimpang temu hitam yang cukup tinggi memiliki arti bahwa rimpang ini memiliki waktu simpan yang relatif singkat. Analisis kadar air ini dapat digunakan sebagai faktor koreksi dalam perhitungan rendemen minyak atsiri.

Selain penentuan kadar air, dilakukan juga penentuan kadar abu rimpang temu hitam. Kadar abu yang diperoleh pada penelitian sebesar 0.5%. Menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia (2017), kadar abu rimpang temu hitam tidak lebih dari 7.0%. Kadar abu dilakukan untuk mengetahui jumlah komponen anorganik atau mineral yang tersisa setelah proses pengabuan. Semakin tinggi kadar abu yang didapatkan, semakin tinggi pula

kandungan mineral dalam sampel. Kadar abu yang tinggi disebabkan oleh proses pengeringan yang mengakibatkan jumlah air yang teruapkan dari dalam sampel semakin tinggi sehingga bahan-bahan yang tertinggal dalam sampel seperti mineral akan meningkat (Lisa et al., 2015).

Rimpang temu hitam didistilasi menggunakan distilasi kukus kohobasi selama 4 jam dan didapatkan rendemen sebesar 1.3%. Bobot total minyak atsiri yang diperoleh dari distilasi kukus rimpang temu hitam sebanyak 30 kg selama 4 jam adalah 32.88 g. Pengambilan minyak pada waktu 30 menit kedua memiliki bobot paling tinggi yaitu sebesar 9 g (**Gambar 1**). Semakin lama waktu distilasi, bobot minyak yang diperoleh semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh sebagian senyawa minyak atsiri terdekomposisi dan menguap karena pemanasan yang terlalu lama (Nurnasari & Prabowo, 2020).



**Gambar 1.** Bobot minyak atsiri rimpang temu hitam pada perbedaan rentang waktu distilasi

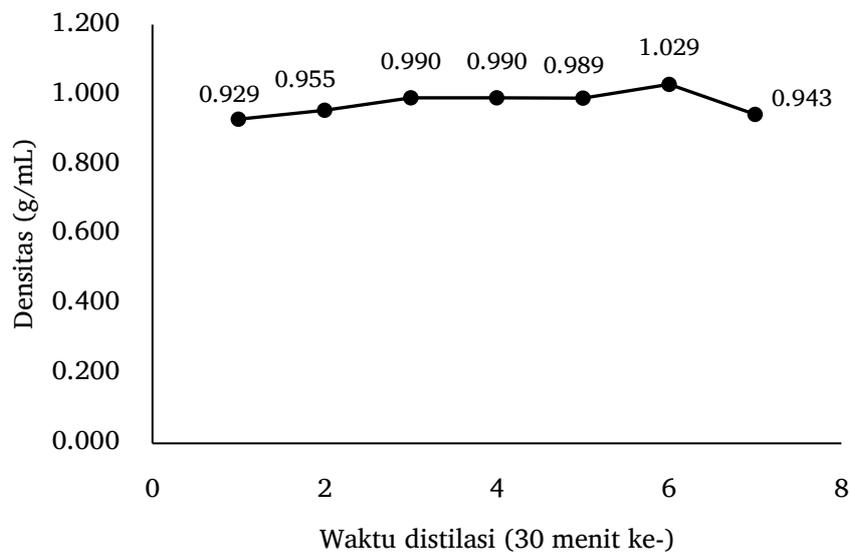
Minyak atsiri yang diperoleh pada penelitian ini berwarna coklat terang hingga gelap (**Gambar 2**). Semakin lama waktu pengambilan distilat, warna yang dihasilkan semakin gelap. Intensitas warna ditentukan dari banyaknya kandungan pigmen warna tertentu yang ada di dalam minyak. Senyawa yang berpotensi menghasilkan warna kuning dalam minyak atsiri rimpang temu hitam adalah senyawa 4-terpineol. Senyawa linderazulena merupakan pigmen warna ungu yang ditemukan dalam rimpang temu hitam (Boutsada et al., 2018). Menurut Hidayati (2012), minyak atsiri yang lebih lama di udara akan

mengabsorpsi oksigen sehingga berwarna gelap dan menjadi lebih kental.

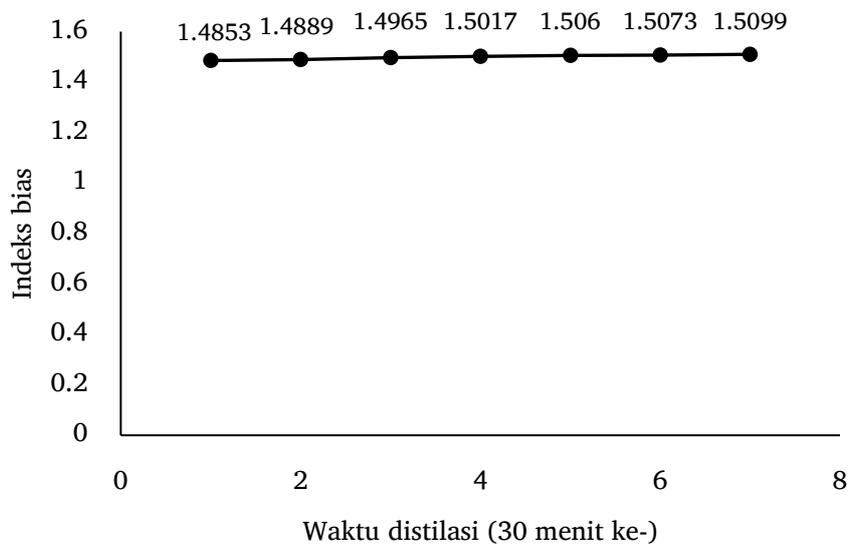
Densitas yang diperoleh sebesar 0.929–1.029 g/mL (**Gambar 3**). Densitas merupakan perbandingan antara berat minyak dengan berat air pada volume air yang sama. Semakin tinggi kadar fraksi berat yang terkandung di dalam minyak, maka densitas minyak atsiri semakin tinggi (Qorriaina et al., 2015). Densitas paling tinggi diperoleh pada waktu distilasi 30 menit keenam. Lama waktu distilasi tidak memberikan pengaruh terhadap nilai densitas minyak atsiri yang dihasilkan.



**Gambar 2.** Minyak atsiri rimpang temu hitam pada waktu distilasi setiap 30 menit (a) pertama, (b) kedua, (c) ketiga, (d) keempat, (e) kelima, (f) keenam, (g) ketujuh



**Gambar 3.** Densitas minyak atsiri rimpang temu hitam pada perbedaan waktu distilasi



**Gambar 4.** Indeks bias minyak atsiri rimpang temu hitam terhadap lama waktu distilasi

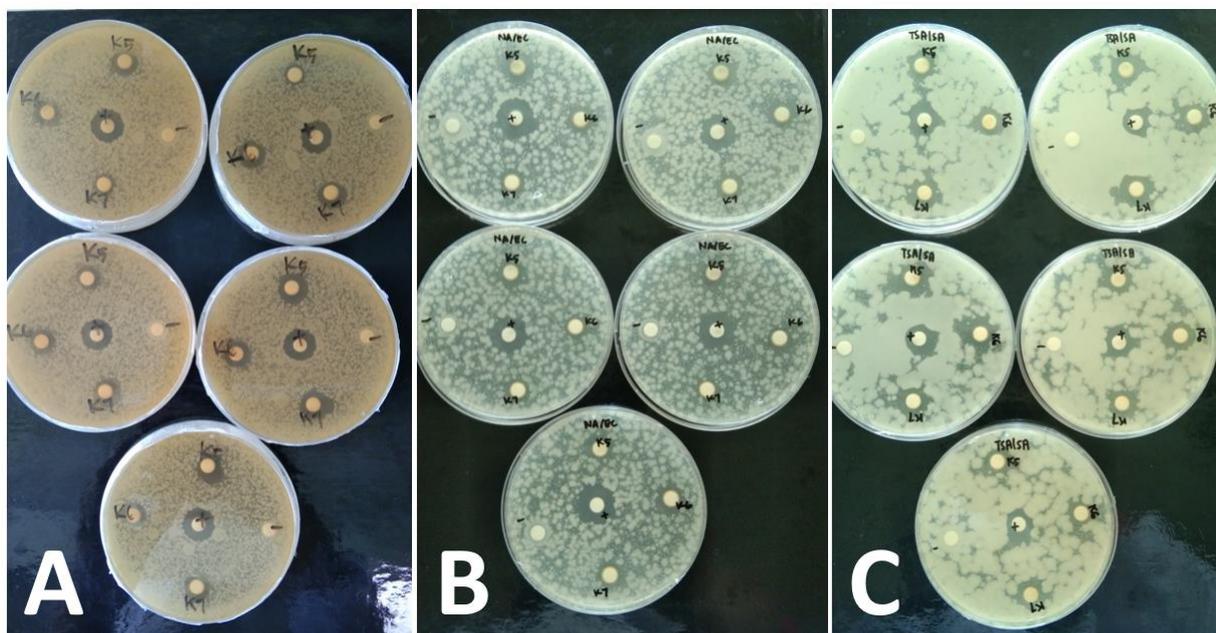
Uji fisik selanjutnya adalah indeks bias. Indeks bias minyak atsiri rimpang temu hitam pada penelitian diperoleh sebesar 1.4853–1.5099. Semakin lama waktu distilasi, nilai indeks bias yang diperoleh semakin meningkat (**Gambar 4**). Indeks bias yang dihasilkan merupakan perbandingan kecepatan cahaya dalam udara dengan kecepatan cahaya dalam suatu zat. Semakin lama proses distilasi, semakin banyak komponen fraksi berat yang terdistilasi sehingga indeks bias semakin meningkat (Mulia et al., 2020). Nilai indeks bias yang meningkat dipengaruhi oleh peningkatan jumlah karbon dalam minyak sehingga medium semakin rapat dan cahaya akan semakin sulit untuk dibiaskan (Damayanti et al., 2020).

## 2. Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Rimpang Temu Hitam

Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah bakteri Gram negatif (*E. coli*) dan bakteri Gram positif (*S. mutans* dan *S. aureus*). Uji antibakteri dengan menggunakan metode difusi cakram terhadap bakteri *S. mutans*, *E. coli*, dan *S. aureus* menunjukkan hasil positif (**Gambar 5**). Diameter zona hambat ditunjukkan dengan adanya zona

bening yang tidak ditumbuhi bakteri pada media agar. Besar diameter dari zona hambat yang terbentuk menunjukkan kekuatan antibakteri dari minyak atsiri rimpang temu hitam. Aktivitas antibakteri minyak atsiri rimpang temu hitam dapat dilihat pada **Tabel 1**. Hasil penghambatan bakteri Gram negatif pada penelitian lebih besar dibandingkan bakteri Gram positif.

Kontrol positif yang digunakan adalah klorheksidina dengan konsentrasi 2000 ppm dan kontrol negatif adalah DMSO 20%. Zona hambat kontrol positif yang dihasilkan lebih besar dibandingkan ketujuh minyak atsiri rimpang temu hitam. Zona hambat minyak atsiri konsentrasi 70% (v/v) pada bakteri *S. mutans* dan *E. coli* paling besar adalah saat pengambilan minyak 30 menit pertama. Zona hambat pada bakteri *S. aureus* terbesar pada pengambilan minyak 30 menit ketujuh. Menurut Susanto & Ruga (2012), zona hambat antibakteri dikelompokkan menjadi empat kategori, yaitu aktivitas lemah ( $\leq 5$  mm), sedang (6–10 mm), kuat (11–20 mm), dan sangat kuat ( $\geq 21$  mm). Minyak atsiri rimpang temu hitam pada penelitian ini memiliki aktivitas antibakteri yang sedang hingga kuat terhadap ketiga bakteri.



**Gambar 5.** A: *S. mutans*, B: *E. coli*, C: *S. aureus*; K1 (distilasi 30 menit pertama), K2 (distilasi 30 menit kedua), K3 (distilasi 30 menit ketiga), K4 (distilasi 30 menit keempat), K5 (distilasi 30 menit kelima), K6 (distilasi 30 menit keenam), K7 (distilasi 30 menit ketujuh), + (kontrol positif), - (kontrol negatif)

Proses penghambatan bakteri oleh minyak atsiri terjadi karena kemampuannya untuk berikatan dengan protein ekstraseluler dan dinding sel bakteri. Mekanisme penghambatannya diduga melalui

perusakan lipid bilayer membran sel akibat gugus hidrofobik yang dimilikinya. Minyak atsiri bersifat lipofilik yang dapat melewati dinding bakteri sehingga mengakibatkan kerusakan dinding sel dan

dapat membunuh bakteri (Hanifah & Yulianti, 2018). Bakteri Gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal tetapi tidak memiliki membran luar. Dinding sel bakteri Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis dari dinding sel bakteri

Gram positif dengan beberapa ikatan silang peptida (Hamidah et al., 2019). Bakteri Gram negatif memiliki membran luar yang tersusun atas lipopolisakarida dan protein.

**Tabel 1.** Diameter zona hambat aktivitas antibakteri minyak atsiri rimpang temu hitam

Waktu distilasi 30 menit ke-	Zona hambat minyak atsiri rimpang temu hitam (mm) (rerata ± standar deviasi)		
	<i>S. mutans</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
1	12.00 ± 1.70 <sup>c</sup>	13.87 ± 1.01 <sup>d</sup>	11.27 ± 0.70 <sup>bc</sup>
2	11.24 ± 1.33 <sup>bc</sup>	12.00 ± 0.63 <sup>c</sup>	10.76 ± 1.41 <sup>abc</sup>
3	10.50 ± 0.98 <sup>abc</sup>	11.20 ± 1.42 <sup>bc</sup>	9.69 ± 1.02 <sup>a</sup>
4	9.30 ± 0.68 <sup>a</sup>	10.45 ± 0.66 <sup>ab</sup>	10.10 ± 0.80 <sup>ab</sup>
5	9.67 ± 1.74 <sup>ab</sup>	10.19 ± 0.92 <sup>ab</sup>	11.06 ± 0.72 <sup>bc</sup>
6	9.67 ± 0.52 <sup>ab</sup>	9.57 ± 0.53 <sup>a</sup>	10.97 ± 1.03 <sup>abc</sup>
7	10.15 ± 1.33 <sup>ab</sup>	9.43 ± 1.66 <sup>a</sup>	11.55 ± 0.80 <sup>c</sup>
Kontrol positif	13.06 ± 1.49	15.26 ± 0.58	12.41 ± 1.05
Kontrol negatif	-	-	-

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada tiap kolom menunjukkan hasil yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ )

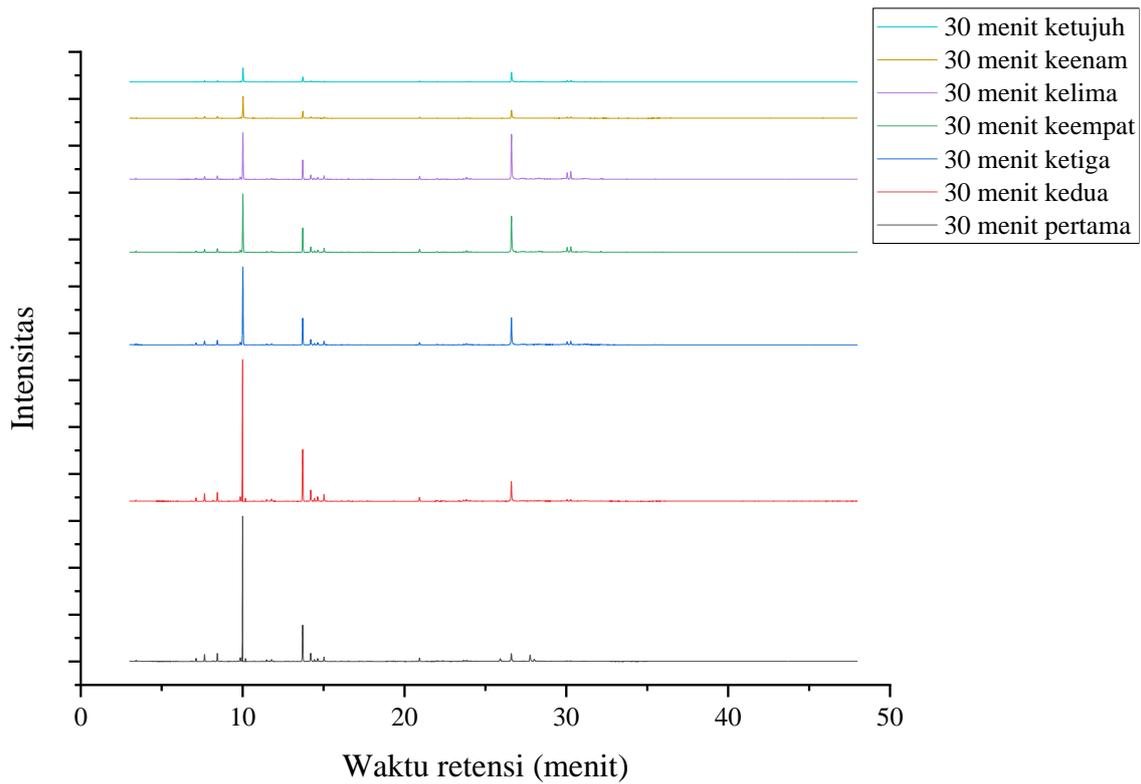
### 3. Kandungan Senyawa Minyak Atsiri Rimpang Temu Hitam

Kromatogram GC-MS (**Gambar 6**) menunjukkan bahwa setiap perbedaan lama waktu distilasi memiliki perbedaan senyawa yang terkandung di dalamnya. Minyak atsiri rimpang temu hitam mengandung 19 senyawa. Senyawa kamfor memiliki intensitas tertinggi pada waktu pengambilan minyak 30 menit kedua sedangkan senyawa epikurzerenon pada waktu distilasi 30 menit kelima. Pengambilan minyak 30 menit ketujuh memiliki senyawa yang paling sedikit dibandingkan dengan waktu yang lain. Senyawa yang paling banyak diperoleh pada pengambilan minyak pertama yaitu sebanyak 17 senyawa. Senyawa epikurzerenon yang muncul pada waktu distilasi 30 menit pertama sangat sedikit karena senyawa ini memiliki titik didih yang tinggi. Titik didih senyawa eukaliptol, kamfor, dan epikurzerenon secara berturut-turut adalah 176 °C, 209 °C, dan 320 °C. Senyawa yang memiliki titik didih lebih rendah pada proses distilasi akan menguap terlebih dahulu. Oleh karena itu, senyawa epikurzerenon dengan titik didih yang tinggi memiliki intensitas yang sangat rendah pada waktu distilasi 30 menit pertama.

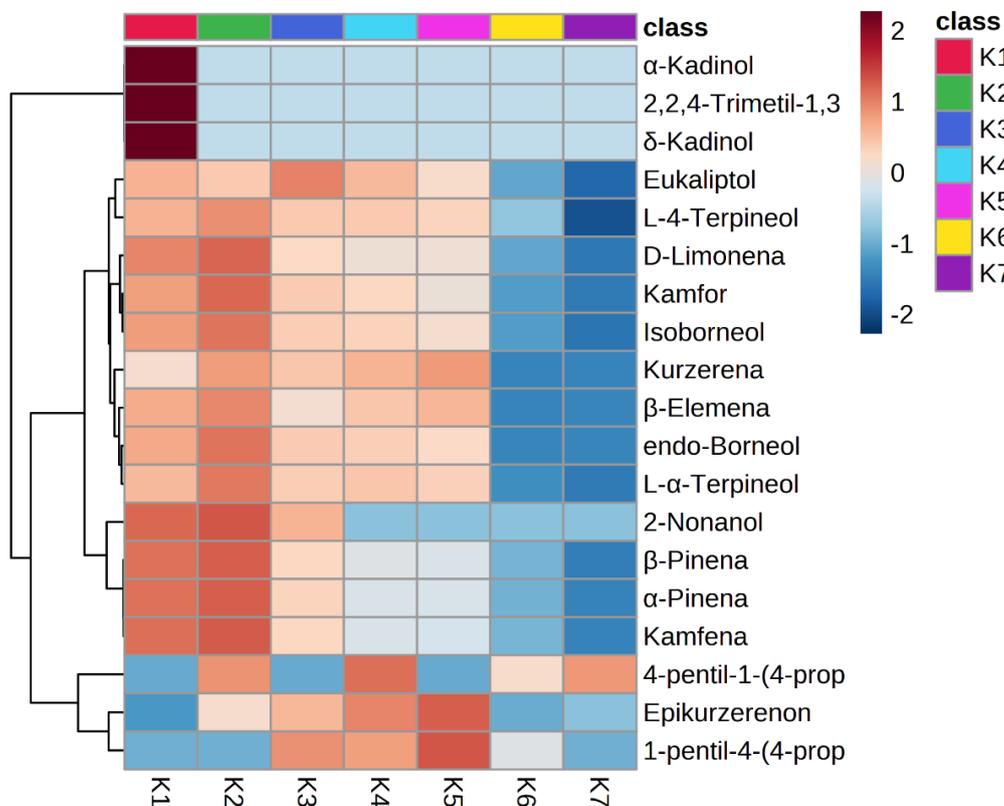
Identifikasi komponen kimia didasarkan pada spektrum massa dan indeks kovat. Indeks kovat merupakan nilai relatif waktu retensi senyawa terhadap dua standar alkana yang dianalisis pada kondisi yang sama. Indeks kovat (I) dihitung secara manual menggunakan deret homolog alkana dan konfirmasi komponen dilakukan dengan mencocokkan nilai I komponen yang teridentifikasi

dengan nilai I pada database yang dimiliki oleh NIST. Nilai indeks kovat setiap perbedaan lama waktu distilasi tidak menunjukkan perbedaan. Semakin lama waktu distilasi, nilai I pada beberapa senyawa meningkat. Nilai indeks kovat hitung memiliki perbedaan dengan nilai indeks kovat yang ada pada database.

Senyawa volatil yang terkandung dalam minyak atsiri adalah senyawa metabolit sekunder dan memiliki sifat antibakteri, antioksidan, dan anti penuaan (Xu et al., 2016). Komponen utama minyak atsiri adalah terpena dan turunannya yang mengandung atom oksigen. Senyawa terpena merupakan hasil metabolit sekunder pada tanaman yang berfungsi untuk pertahanan dari mikroba (Bobbarala, 2012). Terpena minyak atsiri digolongkan menjadi monoterpena dan seskuiterpena. Terpenoid yang terkandung dalam minyak atsiri menimbulkan bau yang khas dari tanaman (Sastrohamidjojo, 2017). Senyawa yang paling dominan pada penelitian ini adalah eukaliptol (34.89%), epikurzerenon (20.58%), dan kamfor (16.90%). Berdasarkan rerata luas area pada total waktu distilasi. Berdasarkan penelitian Akarchariya et al. (2017), senyawa dominan yang terdapat pada rimpang temu hitam adalah kamfor (29.39%) dan germakron (21.21%). Perbedaan hasil penelitian ini dengan penelitian Akarchariya et al. (2017) disebabkan oleh perbedaan daerah asal sampel yang digunakan. Wilayah tempat tumbuh tanaman akan mengakibatkan perbedaan komposisi metabolit yang terkandung di dalamnya. Minyak atsiri yang diambil pada waktu yang berbeda menghasilkan senyawa yang terkandung di dalamnya juga berbeda.



**Gambar 6.** Kromatogram minyak atsiri rimpang temu hitam hasil analisis GC-MS dari berbagai variasi waktu distilasi



**Gambar 7.** Heatmap senyawa minyak atsiri rimpang temu hitam. K1 (distilasi 30 menit pertama), K2 (distilasi 30 menit kedua), K3 (distilasi 30 menit ketiga), K4 (distilasi 30 menit keempat), K5 (distilasi 30 menit kelima), K6 (distilasi 30 menit keenam), K7 (distilasi 30 menit ketujuh)

Senyawa aktif yang berperan dalam penghambatan bakteri dapat dilihat dengan menggunakan *heatmap* (Gambar 7). *Heatmap* merupakan salah satu teknik visualisasi data yang menampilkan data seperti matriks dengan menggunakan warna sebagai elemen estetika (Gu, 2022). *Heatmap* berfungsi untuk memudahkan dalam identifikasi kelompok tertentu yang memiliki konsentrasi suatu aktivitas yang tinggi. Intensitas warna merah menunjukkan kandungan senyawa yang tinggi, sedangkan intensitas warna biru menunjukkan kandungan senyawa yang rendah. Senyawa yang berperan dalam penghambatan bakteri untuk bakteri *S. mutans* dan *E. coli* adalah  $\alpha$ -kadinol; 2,2,4-trimetil-1,3-pentanadiol diisobutirat; dan  $\delta$ -kadinol. Senyawa-senyawa tersebut memiliki intensitas tertinggi pada pengambilan minyak menit ke-30. Senyawa yang berperan dalam penghambatan bakteri *S. aureus* adalah 4-pentil-1-(4-propilsikloheksil)-1-sikloheksena.

## KESIMPULAN

Distilasi kukus rimpang temu hitam menghasilkan minyak atsiri yang berpotensi sebagai antibakteri. Minyak atsiri dengan konsentrasi 70% dapat menghambat bakteri *S. mutans*, *E. coli*, dan *S. aureus*. Waktu distilasi yang optimum untuk menghasilkan aktivitas antibakteri terbaik adalah waktu pengambilan minyak 30 menit pertama untuk bakteri *S. mutans* dan *E. coli* serta waktu pengambilan minyak 30 menit ketujuh untuk bakteri *S. aureus*. Perbedaan lama waktu distilasi menghasilkan senyawa yang terkandung di dalam minyak atsiri berbeda-beda sehingga dapat mempengaruhi aktivitas antibakteri yang dihasilkan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LPDP atas dana penelitian LPDP Invitasi kepada Dr. Yessie Widya Sari dengan No PRJ-31/LPDP/2019.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akarchariya, N., Sirilun, S., Julsrigival, J., & Chansakaowa, S. (2017). Chemical profiling and antimicrobial activity of essential oil from *Curcuma aeruginosa* Roxb., *Curcuma glans* K. Larsen & J. Mood and *Curcuma cf. xanthorrhiza* Roxb. collected in Thailand. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(10), 881–885. <https://doi.org/10.1016/J.APJT.2017.09.009>
- Bobbarala, V. (2012). A Search for Antibacterial Agents. In *A Search for Antibacterial Agents*. InTech. <https://doi.org/10.5772/1085>
- Boutsada, P., Giang, V. H., Linh, T. M., Mai, N. C., Cham, P. T., Hanh, T. T. H., Phonenavong, K., Sengchanh, S., Cuong, N. X., Lien, L. Q., & Ban, N. K. (2018). Sesquiterpenoids from the rhizomes of *Curcuma aeruginosa*. *Vietnam Journal of Chemistry*, 56(6), 721–725. <https://doi.org/10.1002/vjch.201800077>
- Damayanti, M., Nurjanah, S., Bunyamin, A., & Pujiyanto, T. (2020). Ekstraksi Minyak Atsiri Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) dengan Lama Waktu Penyulingan yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(4), 653–656. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.4.653>
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2017). Farmakope Herbal. In *Departemen Kesehatan Republik Indonesia* (Vol. 2). Departemen Kesehatan Republik Indonesia. <https://zlibrary-id.se/s/?q=Traditional+Medicine+Strategy+2002-2005>
- Fitri, N., Safitri, I., & Merdekawati, K. (2019). Produksi minyak atsiri untuk mengembangkan Desa Pelutan, Kecamatan Gebang, Purworejo, Jawa Tengah sebagai sentra minyak atsiri. *Jurnal Abdimas Madani Dan Lestari (JAMALI)*, 1(2), 79–96. <https://doi.org/10.20885/jamali.vol1.iss2.art4>
- Gu, Z. (2022). Complex heatmap visualization. *IMeta*, 1(3), e43. <https://doi.org/10.1002/imt2.43>
- Hamidah, M. N., Rianingsih, L., & Romadhon, R. (2019). Aktivitas antibakteri isolate bakteri asam laktat dari peda dengan jenis ikan berbeda terhadap *E. coli* dan *S. aureus*. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan*, 1(2), 11–21. <https://doi.org/10.14710/jitpi.2019.6742>
- Handayani, S. N., Purwanti, A., Windasari, W., & Ardian, M. N. (2020). Uji Fitokimia dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Kencana Ungu (*Ruellia tuberosa* L.). *Walisongo Journal of Chemistry*, 3(2), 66. <https://doi.org/10.21580/wjc.v3i2.6119>
- Hanief, M. M. A., W, H. A. M., & Mahfud. (2013). Ekstraksi minyak atsiri dan akar wangi menggunakan metode steam-hydro distillation dan hydro destillation dengan pemanas microwave. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2), 219–223. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i2.3518>
- Hanifah, A., & Yulianti, E. (2018). Potensi minyak atsiri dalam menghambat pertumbuhan isolate bakteri yang ditemukan di Candi Borobudur. *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*, 7(3), 196–203. <https://doi.org/10.21831/kingdom.v7i3.12447>
- Hidayati. (2012). Distilasi minyak atsiri dari kulit jeruk pontianak dan pemanfaatannya dalam pembuatan sabun aromaterapi. *Biopropal Industri*, 3(2), 39–49.
- Hübschmann, H.-J. (2009). *Handbook of GC-MS: Fundamentals and Applications*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Lisa, M., Lutfi, M., & Susilo, B. (2015). Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap mutu tepung jamur tiram putih (*Plaerotus ostreatus*). *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 3(3), 270–279. <https://doi.org/10.21776/JKPTB.V3I3.293>
- Mulia, S. S., Ayu, D. F., & Zalfiatri, Y. (2020). Lama distilasi air terhadap sifat fisiko-kimia minyak atsiri bunga

- kecombrang (*Nicolaia speciosa* Horan). *Jurnal Sagu*, 19(1), 40. <https://doi.org/10.31258/sagu.v19i1.7877>
- Nurnasari, E., & Prabowo, H. (2020). Pengaruh Ukuran Sampel dan Lama Waktu Destilasi terhadap Rendemen Minyak Atsiri Tembakau Lokal Indonesia. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 11(2), 47. <https://doi.org/10.21082/btsm.v11n2.2019.47-57>
- Qorriaina, R., Hawa, L. C., & Yulianingsih, R. (2015). Aplikasi pra-perlakuan microwave assisted extraction (MAE) pada ekstrak daun kemangi (*Ocimum sanctum*) menggunakan rotary evaporator (studi pada variasi suhu dan waktu ekstraksi). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 3(1), 32–38. <https://jbkt.ub.ac.id/index.php/jbkt/article/view/172>
- Sastrohamidjojo, H. (2017). *Kimia Minyak Atsiri*. Gadjah Mada University Press.
- Susanto, D. S., & Ruga, R. (2012). Studi kandungan bahan aktif tumbuhan meranti merah (*Shorea leprosula* Miq) sebagai sumber senyawa antibakteri. *Mulawarman Scientifie*, 11(2), 181–190.
- The Association of Official Analytical Chemist [AOAC]. (2012). *Official Methods of Analysis Ed ke-19tle*. Association of Official Analytical Chemist.
- Wahyuni, W. T., Batubara, I., & Tambunan, D. Y. (2017). Antibacterial and teeth biofilm degradation activity of *Curcuma aeruginosa* essential oil. *Journal of Biological Sciences*, 17(2), 84–90. <https://doi.org/10.3923/jbs.2017.84.90>
- Wijaya, A., & Noviana. (2022). Penetapan Kadar Air Siplisia Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* L.) Berdasarkan Perbedaan Metode Determination Of The Water Content Of Basil Leaves Simplicia (*Ocimum basilicum* L.) Based On Different Drying Methods. *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, 4(2), 185–199. <https://doi.org/10.33759/JRKI.V4I2.246>
- Xu, C., Zhao, S., Li, M., Dai, Y., Tan, L., & Liu, Y. (2016). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of essential oil from flue-cured tobacco flower bud. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 30(5), 1026–1030. <https://doi.org/10.1080/13102818.2016.1195240>
- Yani, S., & Yani, S. (2021). Alteration of The Properties of Spent Eucalyptus Biomass from Steam Distillation. *World Chemical Engineering Journal*, 5(2), 50. <https://doi.org/10.48181/wcej.v5i2.12615>

**Citation Format:** Munawaroh, F., Luthfiana, W., Suparto, I. H., Sari, Y. W., Wahyuni, W. T., & Batubara, I. (2023). Correlation between Time Variation of Steam Distillation of Temu Hitam's Rhizomes (*Curcuma aeruginosa*) and Antibacterial Activity of Essential Oil. *Jurnal Jamu Indonesia*, 8(3), 97–105. <https://doi.org/10.29244/jji.v8i3.345>