

PROFIL METABOLIT VOLATIL DAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI JERUK PURUT (*Citrus hystrix*) DARI LOKASI TUMBUH BERBEDA

MILENIA LAILASTI



PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Profil Metabolit Volatil dan Aktivitas Antibakteri Jeruk Purut (*Citrus hystrix*) dari Lokasi Tumbuh Berbeda” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Milenia Lailasti
G4501231022

Hak Cipta Milia IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

MILENIA LAILASTI. Profil Metabolit Volatil dan Aktivitas Antibakteri Jeruk Purut (*Citrus hystrix*) dari Lokasi Tumbuh Berbeda. Dibimbing oleh MOHAMAD RAFI dan AULIYA ILMIAWATI

Jeruk purut (*Citrus hystrix*) merupakan tanaman aromatik yang banyak dimanfaatkan di Indonesia, terutama bagian daun sebagai bumbu penyegar dan kulit buah sebagai sumber minyak asiri. Jus jeruk purut sendiri jarang dikonsumsi langsung karena rasanya yang sangat asam dan pahit, namun menyimpan senyawa bioaktif yang termasuk ke dalam golongan senyawa terpenoid yang memiliki potensi aktivitas antibakteri, antioksidan, dan antiinflamasi. Komposisi dan konsentrasi metabolit pada jeruk purut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah lokasi geografis tempat tumbuhnya, yang mencakup perbedaan ketinggian, suhu, dan curah hujan.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan profil metabolit volatil dan aktivitas antibakteri minyak asiri kulit serta jus jeruk purut dari dua lokasi tumbuhnya di Indonesia, yaitu Garut (733 mdpl), Jawa Barat dan Batu (869 mdpl), Jawa Timur. Minyak asiri jeruk purut diperoleh melalui hidrodistilasi, sedangkan untuk jusnya dianalisis menggunakan SPME-GC-MS. Aktivitas antibakteri diuji terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan metode difusi cakram, menggunakan amoksisilin sebagai kontrol positif. Profil metabolit digunakan untuk mengelompokkan sampel berdasarkan dua lokasi tumbuh tersebut menggunakan *principal component analysis* (PCA) dan *heatmap hierarchical clustering analysis* (HCA).

Sebanyak 174 senyawa berhasil dideteksi dengan, 32 di antaranya terdiri atas monoterpena dan seskuiterpena. Model PCA dengan plot skor tiga dimensinya mampu menjelaskan 91,1% keragaman data, dengan pengelompokan yang jelas antara minyak asiri dan jus (PC1=80,8%) serta antara lokasi Garut dan Batu (PC2=7,1%). Minyak asiri Garut didominasi dengan keberadaan senyawa limonena (22,09%), sedangkan minyak asiri Batu didominasi (Z)-isositral (18,53%). Kedua jus didominasi terpinen-4-ol, namun kadarnya berbeda nyata (17,35% di Garut dan 50,65% di Batu). Minyak asiri Garut menunjukkan aktivitas antibakteri tertinggi terhadap *E. coli* (zona hambat 14,79 mm, mendekati amoksisilin 14,33 mm), sedangkan minyak asiri Batu tidak aktif. Aktivitas ini berkaitan dengan tingginya kadar limonena dan γ -terpinena. Hasil ini menunjukkan bahwa lokasi tumbuh memengaruhi profil metabolit dan aktivitas antibakteri jeruk purut. Berdasarkan temuan penelitian, pemetaan geografis budi daya jeruk purut penting untuk mengoptimalkan potensi bioaktivitasnya sebagai bahan baku antibakteri.

Kata kunci: antibakteri, *Citrus hystrix*, GC-MS, metabolit volatil, metabolomik



SUMMARY

MILENIA LAILASTI. Metabolite Profiling and Antibacterial Properties of Kaffir Lime (*Citrus hystrix*) from Various Cultivation Regions. Supervised by MOHAMAD RAFI and AULIYA ILMIAWATI.

Kaffir lime (*Citrus hystrix*) is an aromatic plant widely utilized in Indonesia, particularly its leaves as a flavoring agent and its fruit peel as a source of essential oil. Kaffir lime juice itself is rarely consumed directly due to its highly acidic and bitter taste; however, it contains bioactive compounds belonging to the terpenoid group, which possess potential antibacterial, antioxidant, and anti-inflammatory activities. The composition and concentration of metabolites in kaffir lime can be influenced by various factors, one of which is the geographical location of its cultivation, encompassing differences in altitude, temperature, and rainfall.

This study aimed to determine the volatile metabolite profiles and antibacterial activities of kaffir lime peel essential oil and juice from two cultivation locations in Indonesia, namely Garut (733 m asl), West Java and Batu (869 m asl), East Java. The kaffir lime essential oil was obtained via hydrodistillation, while the juice was analyzed using SPME-GC-MS. Antibacterial activity was tested against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* using the disk diffusion method, with amoxicillin as a positive control. Metabolite profiles were utilized to classify the samples based on the two cultivation locations using principal component analysis (PCA) and heatmap hierarchical clustering analysis (HCA).

A total of 174 compounds were successfully detected, 32 of which consisted of monoterpenes, sesquiterpenes, aldehydes, alcohols, and esters. The PCA model with its three-dimensional score plot accounted for 91.1% of the data variance, showing a clear separation between the essential oil and juice (PC1 = 80.8%) as well as between the Garut and Batu locations (PC2 = 7.1%). Garut essential oil was dominated by the presence of limonene (22.09%), whereas Batu essential oil was dominated by (Z)-isocitral (18.53%). Both juices were dominated by terpinen-4-ol, but their levels differed significantly (17.35% in Garut and 50.65% in Batu). Garut essential oil exhibited the highest antibacterial activity against *E. coli* (inhibition zone of 14.79 mm, close to amoxicillin at 14.33 mm), while Batu essential oil was inactive. This activity is correlated with the high levels of limonene and γ -terpinene. These results indicate that the cultivation location influences the metabolite profile and antibacterial activity of kaffir lime. Based on the research findings, geographical mapping of kaffir lime cultivation is essential to optimize its bioactivity potential as an antibacterial raw material.

Keywords: antibacterial, *Citrus hystrix*, GC-MS, metabolomics, volatile metabolite



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



IPB University
— Bogor Indonesia —

PROFIL METABOLIT VOLATIL DAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI JERUK PURUT (*Citrus hystrix*) DARI LOKASI TUMBUH BERBEDA

MILENIA LAILASTI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Kimia

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Prof. Dr. Dra. Eti Rohaeti, MS
2. Prof. Dr. Dra. Charlena, M.Si



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

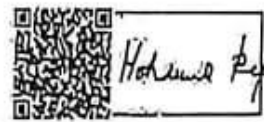


Judul Tesis : Profil Metabolit Volatil dan Aktivitas Antibakteri Jeruk Purut
(*Citrus hystrix*) dari Lokasi Tumbuh Berbeda
Nama : Milenia Lailasti
NIM : G4501231022

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Mohamad Rafi, M.Si



Pembimbing 2:
Dr. Auliya Ilmiawati, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Immanida Batubara, S.Si., M.Si
NIP. 197508072005012001



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam:
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si
NIP. 197807232007011001



Tanggal Ujian: 05 Agustus 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak November 2024 sampai September 2025 ini ialah metabolomik, dengan judul “Profil Metabolit Volatil dan Aktivitas Antibakteri Jeruk Purut (*Citrus hystrix*) Dari Lokasi Tumbuh Berbeda”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Mohamad Rafi, S.Si., M.Si dan Dr. Auliya Ilmiawati, S.Si., M.Si yang telah membimbing dan banyak memberi saran, arahan dan semangat selama penyusunan karya ilmiah ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Ir. Erfiani M.Si., selaku moderator seminar, Prof. Dr. Dra. Eti Rohaeti, M.Si., selaku penguji luar komisi pembimbing, dan Prof. Dr. Dra. Charlena, M.Si., selaku wakil prodi atas kritik, saran, dan masukan yang membangun demi penyempurnaan tesis ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada staf Laboratorium staf Pusat Studi Biofarmaka Tropika, Laela Wulansari, S.Si., M.Si., apt. Nunuk Kurniati N, S. Farm dan Endi Suhendi, serta staf Laboratorium Kimia Analitik FMIPA IPB, Nunung Nuryanti dan Kosasih yang telah membantu selama penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada BRMP Jestro Kota Batu, BPP wanaraja Kabupaten Garut, Retti Hanggia Anggela S.Si., M.Si., Fauzan Ramadhan S.Si, Nita Trisnawati S.Si., M.Si, Ade Musmia S.Si., M.Si, Siti Fatika S.Si., M.Si, Phirena Aulia S.Si., M.Si, Miftahul Madya S.Si., M.Si, yang telah membantu selama pengolahan data dan seluruh teman-teman pascasarjana 2023 lainnya yang telah memberikan dukungan. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta suami dan anak yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya sehingga penulis tetap semangat dalam menyelesaikan karya ilmiah dan studi di IPB.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Milenia Lailasti



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Jeruk Purut	3
2.2 <i>Solid Phase Microextraction</i> (SPME)	4
2.3 Destilasi Air	5
2.4 Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS)	5
2.5 Metabolomik	6
2.6 Antibakteri	7
METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Kerja	8
3.4 Analisis data	9
HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1 Rendemen Minyak Asiri Kulit Jeruk Purut	11
4.2 Profil Metabolit Volatil Jus dan Minyak Asiri Jeruk Purut	11
4.3 Diskriminasi Jeruk Purut dari Lokasi Tumbuh Berbeda	14
4.4 Aktivitas Antibakteri Minyak Kulit dan Jus Jeruk Purut	19
SIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Simpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	27
RIWAYAT HIDUP	33



DAFTAR TABEL

4.1 Rendemen minyak asiri jeruk purut	11
4.2 Profil metabolit jeruk purut	13
4.3 Aktivitas antibakteri jeruk purut	20

DAFTAR GAMBAR

4.1 Kromatogram sampel jeruk purut	12
4.2 Skor plot PCA 2D jeruk purut	15
4.3 Skor plot PCA 3D jeruk purut	15
4.4 Biplot PCA jeruk purut	16
4.5 Dendrogram <i>Hierarchical Cluster Analysis</i> (HCA)	17
4.6 Heatmap sampel jeruk purut	18

DAFTAR LAMPIRAN

1 Diagram alir penelitian	28
2 Rendemen minyak asiri jeruk purut	29
3 Aktivitas antibakteri jeruk purut	29
4 Diameter zona hambat minyak dan jus jeruk purut	30
5 Hasil determinasi jeruk purut	31
6 Hasil rendemen yang dianalisis menggunakan uji t (<i>Two Sample</i>)	32