

**KAJIAN PENYULINGAN MINYAK ESENSIAL BUNGA KOPI ROBUSTA  
LAMPUNG SEBAGAI AROMATERAPI MELALUI PENDEKATAN  
*IN SILICO***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Malya Arie Amanda  
2214051006**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2026**

**KAJIAN PENYULINGAN MINYAK ESENSIAL BUNGA KOPI ROBUSTA  
LAMPUNG SEBAGAI AROMATERAPI MELALUI PENDEKATAN  
*IN SILICO***

**Oleh**

**Malya Arie Amanda**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**

**Pada**

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2026**

## ABSTRACT

### KAJIAN PENYULINGAN MINYAK ESENSIAL BUNGA KOPI ROBUSTA LAMPUNG SEBAGAI AROMATERAPI MELALUI PENDEKATAN *IN SILICO*

BY

MALYA ARIE AMANDA

The utilization of coffee flowers as a source of essential oil remains suboptimal, despite their content of volatile compounds with potential for aromatherapy. This study aims to examine the effect of distillation time on the characteristics of Robusta coffee flower (*Coffea canephora*) essential oil from Lampung and to evaluate its potential for aromatherapy through an in silico approach. Extraction was performed using water and steam distillation methods with varying durations of 0.5–3.5 hours. The study employed a descriptive method with three replicates in the testing process. Testing in the study consisted of yield, sensory characteristics (color and aroma), volatile compound composition via GC-MS, and molecular interaction analysis with the olfactory receptor OR1A1. The results showed that yield increased with longer distillation times, with the best sensory characteristics obtained from pre-pollinated flowers distilled for 2 hours, yielding 0.76%, a color score of 3.7 (light yellow), and an aroma score of 4.9 (very floral). The best treatment (2 hours) indicated that the essential oil of Robusta coffee flowers is dominated by 17 volatile compounds such as benzyl alcohol, trans-linalool oxide, phenylethyl alcohol, benzyl nitrile, 2H-pyran-3-ol, 6-ethenyltetrahydro-2,2,6-trimethyl-, benzene, (isocyanomethyl)-, 2,6-octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (z)-, geraniol, 1-tetradecene, benzyl benzoate, 1-tricosene, cetene, 3-octadecene, (e)-, 1-docosene, 1-hexacosene, dan 1-tetracosene. The molecular docking results show that benzyl benzoate, as the dominant compound, has a binding affinity of -7.7 kcal/mol, which is higher than that of the control; it forms an aromatic bond with the TYR265 residue, a hydrogen bond with the LYS186 residue, and hydrophobic interactions with the ALA175, PRO183, and LEU187 residues.

**Keywords** : essential oil, Robusta coffee flowers, distillation, GC-MS, in silico, aromatherapy

## ABSTRAK

### KAJIAN PENYULINGAN MINYAK ESENSIAL BUNGA KOPI ROBUSTA LAMPUNG SEBAGAI AROMATERAPI MELALUI PENDEKATAN *IN SILICO*

OLEH

MALYA ARIE AMANDA

Pemanfaatan bunga kopi sebagai sumber minyak esensial belum optimal, meskipun kaya senyawa volatile yang berpotensi sebagai aromaterapi. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh lama penyulingan terhadap karakteristik minyak esensial bunga kopi robusta (*Coffea canephora*) asal Lampung serta potensinya sebagai aromaterapi secara *in silico*. Ekstraksi dilakukan menggunakan metode penyulingan air dan uap dengan waktu 0,5–3,5 jam. Penelitian dilakukan dengan metode deskriptif 3 kali ulangan. Pangujian dalam penelitian terdiri dari rendemen, karakteristik sensori (warna dan aroma), komposisi senyawa volatil dengan GC-MS, serta analisis interaksi molekuler terhadap reseptor olfaktori OR1A1. Hasil penelitian menunjukkan rendemen meningkat seiring bertambahnya waktu penyulingan, dengan karakteristik sensori terbaik diperoleh pada bunga sebelum penyerbukan dengan lama penyulingan 2 jam, menghasilkan rendemen 0,76%, skor warna 3,7 (bening kekuningan), dan skor aroma 4,9 (sangat floral). Perlakuan terbaik (2 jam), menunjukkan bahwa minyak esensial bunga kopi robusta didominasi oleh 17 senyawa volatil seperti benzyl alcohol, trans-linalool oxide, phenylethyl alcohol, benzyl nitrile, 2H-pyran-3-ol, 6-ethenyltetrahydro-2,2,6-trimethyl-, benzene, (isocyanomethyl)-, 2,6-octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (z)-, geraniol, 1-tetradecene, benzyl benzoate, 1-tricosene, cetene, 3-octadecene, (e)-, 1-docosene, 1-hexacosene, dan 1-tetracosene. Hasil molecular docking menunjukkan benzyl benzoate sebagai senyawa dominan memiliki binding affinity sebesar -7,7 kcal/mol, lebih tinggi dibandingkan kontrol, memiliki ikatan aromatik dengan residu TYR265, ikatan hidrogen dengan residu LYS186 dan terdapat interaksi hidrofobik dengan residu ALA175, PRO183, dan LEU187.

**Kata kunci** : minyak esensial, bunga kopi robusta, penyulingan, GC-MS, *in silico*, aromaterapi

Judul Skripsi

**KAJIAN PENYULINGAN MINYAK  
ESENSIAL BUNGA KOPI ROBUSTA  
LAMPUNG SEBAGAI AROMATERAPI  
MELALUI PENDEKATAN  
IN SILICO**

Nama Mahasiswa

**Malya Arie Amanda**

Nomor Pokok Mahasiswa

2214051006

Program Studi


Teknologi Hasil Pertanian


Fakultas

Pertanian

**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**

  
**Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc.**  
NIP. 19680409 199303 1 002

  
**Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.**  
NIP. 19680807 199303 1 002

2. **Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian**

  
**Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., C.EIA.**  
NIP. 19721006 199803 1 005

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

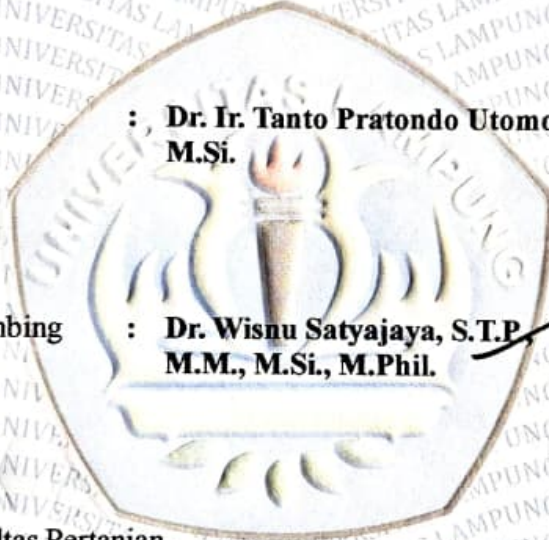
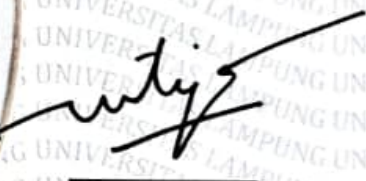
**Ketua : Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc.**



**Sekretaris : Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.**



**Penguji Bukan Pembimbing : Dr. Wisnu Satyajaya, S.T.P. M.M., M.Si., M.Phil.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**

**19641118 198902 1 002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 April 2026**

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Malya Arie Amanda

NPM : 2214051006

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila terdapat kecurangan di kemudian hari dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya

Bandar Lampung, April 2026  
Yang membuat pernyataan



Malya Arie Amanda  
NPM. 2214051006

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 17 Januari 2004 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan bapak Ahmad Sahal dan Ibu Elsi Aka. Penulis memulai Pendidikan di Taman Kanak-kanak (TK) Al-Ulya pada tahun 2009-2010, Sekolah Dasar (SD) di SDN 2 Rawa Laut pada tahun 2010-2016, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 4 Bandar Lampung pada tahun 2016-2019, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Bandar Lampung pada tahun 2019-2022. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2022 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Pada Bulan Januari-Februari 2025, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Puji Rahayu, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Pada bulan Juli-Agustus 2025, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Madubaru dengan judul laporan “Mempelajari Proses Produksi Dan Mutu Warna Gula Dengan Metode ICUMSA Pada Gula Kristal Putih (GKP) di PT. Madubaru PG PS Madukismo”. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif menjadi bagian dari HMJ THP FP Unila sebagai anggota bidang 4 dan juga aktif menjadi Asistensi Praktikum Teknologi Hasil Tanaman Obat (2025), Analisis Hasil Pertanian (2025), Teknologi Hasil Tanaman Hutan (2025), Teknologi Pangan Fungsional (2026), Teknologi Rempah dan Minyak Atsiri (2026), Agroindustri Minyak Atsiri (2026), dan Teknologi Bahan Penyegar (2026).

## SANWACANA

*Bismillaahirrahmanirrahiim. Alhamdulillah rabbil 'alamiin.* Puji syukur penulis ungkapkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya, skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Kajian Penyulingan Minyak Esensial Bunga Kopi Robusta Lampung Sebagai Aromaterapi Melalui Pendekatan *In Silico*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Hasil Pertanian di Universitas Lampung. Semasa perkuliahan dan proses penulisan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan, dukungan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., C.EIA., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Samsul Rizal, M.Si., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
4. Bapak Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Pertama dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, bantuan, kritik, saran, arahan dan nasihat selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi penulis.
5. Bapak Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si., selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, bantuan, kritik, saran, arahan dan nasihat dalam penyusunan skripsi penulis.

6. Bapak Dr. Wisnu Satyajaya, S.T.P., M.M., M.Si., M.Phil., selaku Penguji yang telah memberikan saran dan evaluasi dalam perbaikan dan penyelesaian skripsi ini.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen pengajar di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang telah memberikan banyak ilmu dan wawasan kepada penulis.
8. Orang tua tercinta Bapak Ahmad Sahal dan Ibu Elsi Aka yang selalu memberikan kasih sayang serta segala dukungan, semangat, nasihat, motivasi, fasilitas dan doa yang sangat luar biasa yang selalu menyertai penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana.
9. Kepada seseorang yang tidak kalah berarti, yang senantiasa menjadi sumber semangat bagi penulis. Terima kasih atas segala dukungan dan kontribusi yang telah diberikan dalam proses penyusunan skripsi ini, baik berupa tenaga, pikiran, waktu, maupun materi. Penulis juga berterima kasih karena selalu meluangkan waktu untuk menemani, menghibur, serta menjadi pendengar yang baik bagi setiap keluh kesah penulis.
10. Rekan-rekan penulis Ines, Tika, Khayla, Ratna, Dimas, Reval, Arpam. Deni, Pinko, Gregor, Fani, Bebe, Yusuf yang telah membantu dan selalu memberikan support kepada penulis dan rekan-rekan satu bimbingan yang selalu mendukung dan saling membantu selama penelitian berlangsung, serta Mba Melia dan Bang Mamat yang telah banyak memberikan bantuan berupa ilmu, saran, tenaga, waktu, dan bimbingan dengan sabar.
11. Semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis selama perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi.

Bandar Lampung, April 2026  
Penulis,

Malya Arie Amanda

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.3 Kerangka Pemikiran.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
2.1 Minyak Esensial .....	9
2.2 Bunga Kopi Robusta .....	10
2.3 Kandungan Senyawa Kimia Minyak Esensial Bunga Kopi.....	12
2.4 Metode Penyulingan dengan Air dan Uap .....	12
2.5 Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS).....	14
2.6 Analisis <i>In Silico</i> .....	15
2.6.1 Ligan dan Protein Target .....	17
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2 Bahan dan Alat Penelitian .....	19
3.3 Metode Penelitian .....	19
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	20
3.5 Pengamatan .....	23
3.5.1 Uji Sensori .....	23
3.5.3 Analisis GC-MS.....	25
3.5.4 Uji <i>In Silico</i> Minyak Esensial Bunga Kopi .....	25

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
4.1 Rendemen .....	28
4.2 Warna .....	30
4.3 Aroma.....	33
4.4 Analisis GC-MS .....	35
4.5 Uji <i>In Silico</i> .....	42
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan .....	48
5.2 Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tata letak perlakuan kondisi fisiologis bunga san lama waktu penyulingan pada ekstraksi minyak esensial bunga kopi robusta.....	20
2. Hasil analisis GC-MS minyak esensial bunga kopi robusta sebelum dan sesudah penyerbukan.....	37
3. Hasil pengujian <i>in silico</i> minyak esensial bunga kopi robusta dengan protein target OR1A1 .....	43
4. Data rendemen minyak esensial bunga kopi .....	55
5. Data rendemen minyak esensial bunga kopi robusta. ....	56
6. Data skor warna minyak esensial bunga kopi .....	56
7. Data warna minyak esensial bunga kopi robusta. ....	57
8. Data skor warna minyak esensial bunga kopi .....	57
9. Data aroma minyak esensial bunga kopi robusta. ....	58
10. Hasil analisis GC-MS bunga kopi sebelum penyerbukan.....	58
11. Hasil analisis GC-MS bunga kopi setelah penyerbukan .....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran .....	8
2. Bunga kopi sebelum penyerbukan (a), dan setelah penyerbukan (b) ..	11
3. Alat penyulingan dengan air dan uap .....	13
4. Ligan dan protein target .....	17
5. Diagram alir proses ekstraksi minyak esensial bunga kopi robusta.....	22
6. Kuisisioner uji skroring minyak esensial bunga kopi robusta .....	24
7. Prosedur uji <i>in silico</i> .....	27
8. Rendemen minyak esensial bunga kopi robusta pada berbagai lama penyulingan .....	28
9. Warna minyak esensial bunga kopi robusta pada berbagai lama penyulingan .....	31
10. Aroma minyak esensial bunga kopi robusta pada berbagai lama penyulingan .....	33
11. Hasil analisis GC-MS, a) sebelum penyerbukan, b) setelah penyerbukan .....	36
12. Struktur senyawa utama bunga kopi robusta.....	40
13. Proses pelaksanaan penelitian .....	54

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Tanaman kopi (*Coffea sp.*) merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan Indonesia dengan nilai ekonomi tinggi dan kontribusi besar dalam perdagangan internasional. Indonesia menempati posisi keempat produsen kopi dunia setelah Brasil, Vietnam, dan Kolombia, dengan dua spesies utama yang banyak dibudidayakan, yaitu *Coffea arabica* dan *Coffea canephora* atau robusta.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2024), produksi kopi nasional mencapai 758,7 ribu ton yang didominasi oleh jenis robusta. Provinsi Lampung menjadi salah satu sentra utama penghasil kopi robusta dengan produksi 105.807 ton dan luas areal 152,614 ribu hektar. Kabupaten Tanggamus menempati posisi kedua setelah Lampung Barat dengan produksi 36.908 ton dari 41,6 ribu hektar lahan. Kondisi tersebut menegaskan potensi besar Lampung dalam mengembangkan produk turunan berbasis kopi yang bernilai ekonomi lebih tinggi.

Pemanfaatan tanaman kopi selama ini masih berfokus pada bijinya, sedangkan bagian lain seperti daun, kulit buah, dan bunga belum banyak dimanfaatkan. Bunga kopi memiliki aroma khas kuat sebelum penyerbukan yang menandakan adanya minyak esensial dengan kandungan senyawa volatil tinggi (Fajrin, 2017). Pada fase pra-penyerbukan, kandungan metabolit sekunder lebih tinggi sehingga memengaruhi karakteristik aroma (Rahmawati dkk., 2020). Senyawa seperti linalool, benzaldehyde, dan methyl salicylate dilaporkan sebagai komponen utama pembentuk aroma floral bunga kopi robusta (Syamsudin et al., 2019), bersama senyawa lain seperti alpha-(4-methyl 3-pentenyl) oxiranemethanol, nonadecane, dan geranyl vinyl ether (Utomo dkk., 2020). Minyak bunga kopi robusta diketahui

memiliki aroma menyerupai melati dengan intensitas tinggi pada fase bunga mekar penuh (Rahmawati dkk., 2020).

Tanaman kopi memiliki berbagai klon unggul yang dikembangkan untuk meningkatkan produktivitas serta kualitas hasil, termasuk perbedaan dalam kandungan senyawa metabolit sekunder yang berpengaruh terhadap aroma dan cita rasa. Bunga kopi robusta (*Coffea canephora*) memiliki beberapa klon unggul yang telah banyak dikembangkan di Indonesia, seperti klon BP 42 dan BP 358 yang dikenal memiliki produktivitas tinggi. Salah satu klon robusta lokal unggul adalah klon Komari yang berasal dari daerah Tanggamus, Lampung, yang dikembangkan oleh petani mandiri. Klon ini dikenal memiliki produktivitas tinggi, ukuran biji besar (*grade 1*), dan ketahanan yang baik terhadap hama dan penyakit, sehingga banyak dibudidayakan di kalangan petani. Selain itu, klon Komari juga memiliki kemampuan adaptasi yang baik pada berbagai kondisi lingkungan, khususnya di wilayah Lampung sebagai sentra produksi kopi robusta. Dibandingkan dengan klon lain seperti BP 42 dan BP 358 yang lebih difokuskan pada peningkatan hasil dan ketahanan tanaman, klon Komari memiliki karakter rasa dan aroma yang khas dengan profil cita rasa yang kuat (*bold*), sehingga berpotensi menghasilkan senyawa volatil yang berperan dalam pembentukan aroma.

Penggunaan bunga kopi sebagai bahan baku minyak esensial perlu mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan produktivitas tanaman. Tidak seluruh bunga kopi akan berkembang menjadi buah. Sebagian bunga mengalami gugur alami, berasal dari kegiatan penjarangan bunga, atau merupakan bunga jantan yang bersifat steril sehingga tidak menghasilkan buah. Selain itu, petani pada kondisi tertentu telah dapat memastikan bahwa bunga yang muncul tidak akan berkembang menjadi bakal buah akibat faktor fisiologis maupun lingkungan. Pemanfaatan bunga kopi dari sumber-sumber tersebut dinilai tidak mengganggu produktivitas tanaman dan justru berpotensi meningkatkan nilai ekonomi bagian tanaman yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal.

Proses ekstraksi memegang peranan penting dalam pemisahan komponen aromatik dari jaringan tanaman, karena metode yang digunakan dapat memengaruhi jenis dan jumlah senyawa yang dihasilkan. Emura *et al.* (1997) melalui destilasi uap mengidentifikasi phenylacetonitrile dan epoxygeraniol sebagai senyawa utama, sedangkan Chairgulprasert dan Kongsuwankeeree (2017) melaporkan maserasi menghasilkan terpenoid, flavonoid, dan alkaloid. Nguyen *et al.* (2019) dengan metode *Pressurized Hot Water Extraction* (PHWE) memperoleh fenolik, alkaloid, flavonoid, dan gula terlarut. Sementara itu, Syamsudin *et al.* (2019) dan Hafsa *et al.* (2020) menggunakan *Solid Phase Microextraction* (SPME) dan berhasil mengidentifikasi lebih dari 100 senyawa volatil berbeda. Namun, sebagian besar penelitian masih terbatas pada identifikasi kualitatif senyawa volatil tanpa menilai rendemen yang dihasilkan. Rahmawati dkk. (2020), melaporkan bahwa metode enflurasi menghasilkan rendemen tertinggi, tetapi profil aromanya kurang optimal.

Metode penyulingan air dan uap (*water and steam distillation*) merupakan teknik efektif dalam mengekstraksi minyak esensial dari bahan bunga karena tidak memerlukan bahan kimia tambahan serta mampu mempertahankan kestabilan senyawa volatil. Pada metode ini, bahan diletakkan di atas air mendidih sehingga uap air membawa komponen volatil dari jaringan bunga yang kemudian dikondensasikan menjadi campuran air dan minyak (hidrosol), yang akan terpisah berdasarkan berat jenis (Adani dan Pujiastuti, 2017). Penelitian terhadap bunga kenanga menunjukkan bahwa penyulingan air dan uap menghasilkan rendemen 0,43% dengan 23 komponen kimia (Pujiarti dkk., 2016), sedangkan Kapelle dkk. (2023) melaporkan rendemen 13,41% dengan komposisi senyawa utama 64,91%. Hasil ini menunjukkan bahwa lama dan suhu penyulingan berpengaruh terhadap komposisi serta rendemen minyak esensial (Putri dkk., 2025). Meski demikian, hingga kini belum terdapat laporan mengenai penerapan metode ini pada bunga kopi robusta asal Lampung, sehingga data ilmiah mengenai karakteristik minyak esensialnya masih terbatas.

Potensi minyak esensial bunga kopi tidak hanya terletak pada nilai aromatikanya, tetapi juga pada aktivitas biologis yang bermanfaat bagi kesehatan. Senyawa utama seperti linalool, benzyl alcohol, dan geraniol diketahui memiliki efek menenangkan yang dapat membantu menurunkan tingkat stres melalui mekanisme yang melibatkan sistem saraf pusat. Satou *et al.* (2024) melaporkan bahwa minyak esensial kaya linalool mampu menurunkan aktivitas neuron penyebab kecemasan, dan hasil *molecular docking* menunjukkan afinitas tinggi senyawa tersebut terhadap reseptor olfaktori. Pendekatan *in silico* juga dapat digunakan untuk memprediksi interaksi senyawa volatil dengan protein target yang berperan dalam pengaturan stres (Harini dan Sowdhamini, 2016). Sebagian besar penelitian terdahulu hanya berfokus pada identifikasi senyawa volatil tanpa mengukur rendemennya, sehingga informasinya masih terbatas. Padahal, minyak esensial bunga kopi robusta berpotensi sebagai bahan dasar aromaterapi alami dengan efek antistres yang dapat dievaluasi potensinya melalui pendekatan *in silico*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama penyulingan air dan uap terhadap karakteristik sensori, rendemen, dan komposisi senyawa volatil bunga kopi robusta Lampung, serta mengevaluasi potensi antistres komponen volatilnya melalui analisis *in silico* sebagai dasar pengembangan produk aromaterapi alami.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui lama penyulingan terhadap rendemen dan karakteristik sensori minyak esensial bunga kopi yang dihasilkan.
2. Mengetahui komposisi kimia minyak esensial bunga kopi yang diperoleh dari lama penyulingan terbaik.
3. Mengetahui potensi komponen minyak esensial bunga kopi sebagai aromaterapi secara *in silico*.

### 1.3 Kerangka Pemikiran

Bunga kopi merupakan organ generatif tanaman kopi yang mengalami perubahan fisiologis sebelum dan sesudah penyerbukan. Bunga kopi fase sebelum penyerbukan berfungsi sebagai organ atraktan yang menghasilkan senyawa volatil dalam jumlah relatif tinggi untuk menarik penyerbuk. Senyawa volatil utama yang telah dilaporkan terdapat pada bunga kopi antara lain linalool, benzaldehyde, methyl salicylate, geranyl vinyl ether, dan epoxygeraniol, yang berkontribusi terhadap karakter aroma floral khas bunga kopi (Syamsudin *et al.*, 2019; Utomo dkk., 2020). Senyawa-senyawa tersebut merupakan metabolit sekunder yang aktivitas biosintesisnya berkaitan erat dengan kondisi fisiologis jaringan bunga. Setelah penyerbukan, terjadi pergeseran fungsi fisiologis bunga menuju pembentukan bakal buah yang diikuti dengan perubahan alokasi energi seluler, sehingga kandungan dan aktivitas metabolit sekunder, termasuk senyawa volatil, mengalami penurunan (Rahmawati dkk., 2020). Perbedaan fase fisiologis ini dipandang sebagai faktor biologis yang memengaruhi jumlah senyawa volatil yang dapat diekstraksi serta karakteristik minyak esensial yang dihasilkan.

Ekstraksi senyawa volatil dari bunga kopi dilakukan menggunakan metode penyulingan air dan uap karena metode ini sesuai untuk bahan bunga yang memiliki jaringan lunak dan senyawa aromatik yang sensitif terhadap panas. Prinsip penyulingan air dan uap melibatkan pemanfaatan uap air untuk menembus jaringan tanaman, melarutkan senyawa volatil, dan mengangkutnya menuju kondensor hingga terbentuk distilat berupa campuran air dan minyak esensial (Handayani, 2017). Metode ini dikenal mampu mengekstraksi senyawa volatil secara efisien tanpa penggunaan pelarut kimia pada tahap penyulingan serta meminimalkan kerusakan termal apabila kondisi proses dikendalikan dengan tepat (Husni *et al.*, 2016).

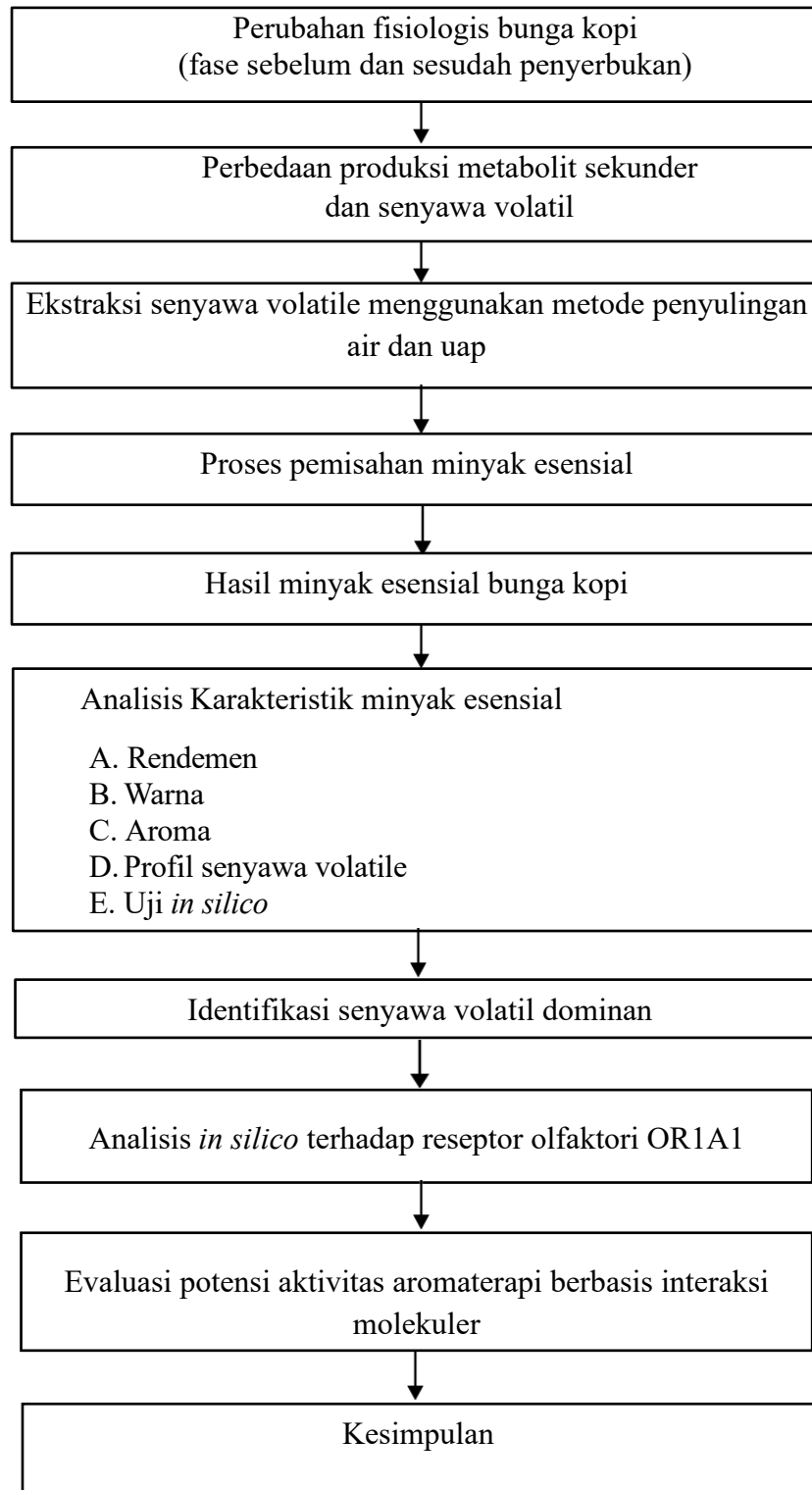
Selain metode penyulingan, lama waktu penyulingan merupakan variabel proses yang berperan penting dalam menentukan pelepasan senyawa volatil dari jaringan bunga. Putri dkk. (2025), menjelaskan bahwa senyawa volatil terdistilasi secara bertahap, di mana senyawa bertitik didih rendah terlepas pada waktu awal

penyulingan, sedangkan senyawa bertitik didih lebih tinggi memerlukan waktu penyulingan yang lebih lama. Beberapa hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa peningkatan lama penyulingan hingga batas tertentu meningkatkan rendemen minyak esensial, namun penyulingan yang terlalu lama dapat menyebabkan degradasi termal dan oksidatif senyawa volatil. Pujiarti dkk. (2016) melaporkan bahwa pada penyulingan bunga kenanga, rendemen meningkat seiring bertambahnya waktu penyulingan hingga mencapai kondisi optimum, kemudian diikuti penurunan mutu aroma. Adani dan Pujiastuti (2017) melaporkan kecenderungan serupa pada minyak atsiri bunga mawar, di mana penyulingan berkepanjangan memengaruhi keseimbangan komposisi senyawa aromatik. Kapelle *et al.* (2023) juga melaporkan bahwa lama penyulingan berpengaruh nyata terhadap profil senyawa volatil, dengan penyulingan pada waktu menengah menghasilkan komposisi senyawa yang lebih stabil dibandingkan penyulingan singkat maupun terlalu lama. Berdasarkan hasil-hasil tersebut, rentang lama waktu penyulingan 0,5–3,5 jam merepresentasikan tahapan awal hingga mendekati kondisi optimum pelepasan senyawa volatil sebelum terjadinya degradasi senyawa aromatik.

Minyak esensial hasil penyulingan diperoleh dalam bentuk hidrosol yang masih mengandung fraksi air dan minyak. Pemisahan fraksi minyak dilakukan menggunakan pelarut heksan karena sifat nonpolarnya yang memiliki afinitas tinggi terhadap senyawa volatil nonpolar hingga semi-polar yang merupakan komponen utama minyak esensial. Chemat *et al.* (2022), menyatakan bahwa pelarut nonpolar seperti heksan efektif digunakan dalam pemisahan minyak atsiri dari fase air tanpa mengubah struktur kimia senyawa volatil. Setelah proses pemisahan, ekstrak heksan masih berpotensi mengandung air terikat yang dapat memengaruhi kestabilan minyak serta keakuratan analisis. Sodium sulfat anhidrat digunakan sebagai agen pengering untuk mengikat sisa air dalam ekstrak tanpa bereaksi dengan komponen minyak, sebagaimana dijelaskan oleh Kapelle dkk., (2023).

Perbedaan fase fisiologis bunga kopi dan variasi lama waktu penyulingan selanjutnya memengaruhi rendemen serta karakteristik sensori minyak esensial berupa warna dan aroma. Variasi lama waktu penyulingan menentukan jumlah senyawa volatil yang terekstraksi serta keseimbangan komposisi senyawa aromatik di dalam minyak. Syamsudin *et al.* (2019) melaporkan bahwa perubahan kondisi ekstraksi pada bunga kopi menyebabkan perbedaan signifikan pada profil senyawa volatil, termasuk linalool, benzaldehyde, dan geraniol yang berkontribusi terhadap aroma floral. Rahmawati dkk. (2020), juga melaporkan bahwa perbedaan komposisi senyawa volatil berkorelasi dengan perbedaan karakter aroma minyak bunga kopi.

Komposisi senyawa volatil minyak esensial bunga kopi yang diperoleh selanjutnya dianalisis untuk menentukan senyawa dominan. Senyawa volatil utama tersebut dianalisis secara *in silico* untuk mengevaluasi potensinya dengan reseptor olfaktori OR1A1 sebagai protein target. Satou *et al.* (2024) melaporkan bahwa senyawa volatil tertentu, seperti linalool dan geraniol, menunjukkan afinitas interaksi yang tinggi terhadap reseptor olfaktori yang berperan dalam respons penciuman. Pendekatan *in silico* digunakan sebagai metode prediktif untuk mengevaluasi hubungan antara komposisi senyawa volatil minyak esensial bunga kopi dan potensi aktivitas aromaterapi berdasarkan interaksi molekuler senyawa dengan protein target (Harini dan Sowdhamini, 2016). Bagan kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Minyak Esensial

Minyak esensial merupakan metabolit sekunder yang terbentuk secara alami pada jaringan tanaman dan memiliki sifat volatil serta aroma khas sesuai jenis tanamannya. Secara kimia, minyak esensial tersusun atas campuran kompleks senyawa organik seperti terpenoid, aldehida, ester, alkohol, dan fenolik yang mudah menguap pada suhu kamar (Kamal *et al.*, 2023). Senyawa ini tersimpan dalam kelenjar minyak, trikoma glanduler, atau saluran sekretori pada bagian tanaman seperti bunga, daun, batang, maupun buah. Minyak esensial berfungsi sebagai pertahanan alami tanaman terhadap hama serta membantu menarik penyerbuk melalui aroma volatilnya (Wirz *et al.*, 2022). Dalam industri, minyak esensial dimanfaatkan pada produk parfum, kosmetik, pangan, dan aromaterapi karena karakter aromanya yang kompleks dan alami. Secara fisik, minyak esensial umumnya berwarna bening hingga kekuningan, memiliki berat jenis lebih ringan dari air, dan indeks bias tinggi (Purwasih *et al.*, 2022). Sementara itu, karakter kimianya ditentukan oleh komposisi senyawa penyusunnya, di mana linalool, limonene, dan geraniol merupakan komponen utama penentu aroma (Fadri *et al.*, 2022).

Kombinasi antara senyawa utama dan minor menghasilkan keharuman yang khas dan kompleks pada setiap spesies tanaman. Namun, karena sifatnya yang mudah menguap dan teroksidasi, minyak esensial perlu disimpan dalam wadah tertutup rapat dan terlindung dari cahaya serta panas untuk menjaga kestabilan kimianya. Karakteristik fisik dan kimia minyak esensial berperan penting dalam menentukan dan daya simpan hasil ekstraksi (Wirz *et al.*, 2022). Kualitas minyak esensial dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jenis tanaman, kondisi lingkungan

tumbuh, umur panen, dan bagian tanaman yang digunakan. Menurut Sampaio *et al.* (2019), perbedaan fase pertumbuhan tanaman berpengaruh signifikan terhadap komposisi senyawa volatil yang terbentuk. Selain itu, intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan lingkungan memengaruhi aktivitas enzimatis pembentukan metabolit volatil (Purwasih *et al.*, 2022). Variasi ini menjelaskan mengapa minyak esensial dari spesies yang sama dapat memiliki profil kimia berbeda jika ditanam di lokasi berbeda.

## 2.2 Bunga Kopi Robusta

Bunga kopi Robusta berasal dari spesies yang sama yaitu *Coffea canephora* sehingga secara taksonomi mengikuti klasifikasi tanaman induknya. Bunga muncul dalam bentuk kelompok kecil pada ketiak daun dan berwarna putih dengan aroma khas yang kuat. Bunga ini berperan penting dalam proses reproduksi generatif tanaman kopi dan menjadi indikator fase pembentukan buah. Siklus pembungaan dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti curah hujan, suhu, dan panjang hari. Bunga kopi robusta secara morfologi memiliki bentuk dan penampilan menyerupai bunga melati (*Jasminum sambac*) dengan mahkota berwarna putih, berkelopak hijau, dan tersusun dalam bentuk tandan di ketiak daun. Bunga ini berukuran kecil, berdiameter 1–1,5 cm, dan mengeluarkan aroma harum semerbak saat mekar putih (Fajrin, 2017). Klasifikasi tanaman kopi robusta menurut Riastutid dkk. (2021), adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae  
 Sub-Kingdom : Angiospermae  
 Kelas : Dicotyloneae  
 Sub-Kelas : Sympetalae  
 Ordo : Rubiales  
 Familli : Rubiaceae  
 Genus : Coffea  
 Sub-Genus : Eucoffea  
 Species : *Coffea canephora*

Bunga ini biasanya bermekaran setelah musim hujan dan memiliki peran penting dalam proses penyerbukan tanaman (DePaula *et al.*, 2025). Struktur morfologinya terdiri atas mahkota, kelopak, benangsari, dan putik yang mengandung kelenjar minyak penghasil senyawa aromatik (Hafsah *et al.*, 2020). Bunga kopi dikenal menghasilkan aroma khas yang menyerupai perpaduan antara melati dan madu karena kandungan linalool, methyl salicylate, dan benzaldehyde yang tinggi (Syamsudin *et al.*, 2019). Senyawa-senyawa tersebut menjadikan bunga kopi bahan potensial untuk pembuatan minyak esensial yang bernilai ekonomi.

Kandungan volatil pada bunga kopi robusta dipengaruhi oleh fase perkembangan bunga. Menurut Rahmawati dkk. (2020), bunga sebelum penyerbukan mengandung senyawa aromatik lebih kompleks dibandingkan bunga setelah penyerbukan, karena aktivitas biosintetik mencapai puncaknya pada saat bunga baru mekar. Hafsah *et al.* (2020) juga melaporkan bahwa kandungan linalool dan benzyl alcohol menurun setelah penyerbukan akibat perubahan fisiologis pada jaringan bunga. Menurut Rahmawati dkk. (2020), kenampakan bunga sebelum penyerbukan segar, mahkota berwarna putih, dengan aroma yang sangat harum, sedangkan kenampakan bunga setelah penyerbukan sudah mulai layu, warna mahkota memudar, dan aromanya berkurang. Perbedaan kondisi fisiologis bunga kopi robusta disajikan pada Gambar 2.



(a)



(b)

Gambar 2. Bunga kopi sebelum penyerbukan (a), dan setelah penyerbukan (b)  
Sumber: Dokumentasi pribadi

### 2.3 Kandungan Senyawa Kimia Minyak Esensial Bunga Kopi

Minyak esensial bunga kopi mengandung berbagai jenis senyawa volatil yang membentuk karakter aromanya. Menurut Hafsah *et al.* (2020), senyawa utama yang ditemukan antara lain linalool, benzyl alcohol, methyl salicylate, geraniol, dan phenylethyl alcohol. Komposisi senyawa tersebut berkontribusi terhadap aroma floral, manis, dan segar yang menjadi ciri khas bunga kopi robusta (DePaula *et al.*, 2025). Selain itu, ditemukan juga senyawa minor seperti *hexanal* dan (E)-2-hexenal yang memberikan nuansa hijau pada aroma (Sampaio *et al.*, 2019). Berdasarkan penelitian Rahmawati dkk. (2020), bunga kopi robusta diketahui mengandung senyawa-aromatik penting seperti epoxygeraniol dan epoxynerol, serta turunan fenilpropanoid yang sangat berkontribusi terhadap aroma khas bunga kopi yang membedakannya dari bunga lain. Variasi komposisi senyawa ini dipengaruhi oleh varietas kopi, tahap perkembangan bunga, serta kondisi lingkungan tumbuh. Profil senyawa kimia tersebut menunjukkan potensi besar minyak esensial bunga kopi sebagai bahan dasar pewangi dan aromaterapi alami.

Kandungan kimia minyak esensial bunga kopi juga memiliki nilai bioaktif. Linalool dan methyl salicylate diketahui memiliki aktivitas antimikroba dan antiinflamasi (Wirz *et al.*, 2022). Benzyl alcohol dan geraniol memberikan efek relaksasi dan digunakan dalam terapi aroma untuk mengurangi stres dan kecemasan (Osada *et al.*, 2023). Aktivitas biologis ini menjadikan minyak bunga kopi tidak hanya bernilai dari sisi aroma, tetapi juga memiliki manfaat kesehatan potensial. Kandungan senyawa aktif tersebut juga dapat dimanfaatkan dalam formulasi kosmetik alami dan bahan terapi relaksasi.

### 2.4 Metode Penyulingan dengan Air dan Uap

Penyulingan dengan air dan uap (*water and steam distillation*) merupakan salah satu metode paling umum digunakan untuk mengekstraksi minyak esensial dari bahan tanaman berbunga. Prinsipnya adalah mengalirkan uap panas melalui bahan

yang terpapar atau tergantung di atas air mendidih, sehingga senyawa volatil terlepas bersama uap dan kemudian dikondensasikan menjadi cairan (Nuraini dan Wibowo, 2023). Metode ini memanfaatkan tekanan atmosfer dan suhu sekitar 100°C untuk menghindari degradasi termal pada senyawa volatil yang sensitif terhadap panas tinggi (Setiawan dan Hartono, 2022). Uap yang membawa senyawa volatil akan dikondensasi menjadi dua fase, yaitu minyak dan air (hidrosol), yang kemudian dipisahkan berdasarkan perbedaan berat jenis. Teknik ini dinilai efektif dan ramah lingkungan karena tidak memerlukan pelarut kimia (Kamal *et al.*, 2023).

Faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan penyulingan air dan uap meliputi rasio air terhadap bahan, ukuran partikel, waktu penyulingan, dan kecepatan aliran uap (Purwasih *et al.*, 2022). Rasio air yang optimal mencegah bahan menjadi gosong dan menjaga proses pelepasan senyawa volatil berjalan efisien. Ukuran bahan yang terlalu kecil dapat menyebabkan aliran uap tersumbat, sedangkan ukuran terlalu besar memperlambat ekstraksi. Selain itu, waktu penyulingan yang terlalu singkat menghasilkan minyak dengan rendemen rendah, sementara durasi yang terlalu lama menyebabkan degradasi senyawa volatil (Nuraini dan Wibowo, 2023). Penyulingan air dan uap banyak diterapkan pada bahan bunga seperti mawar, kenanga, dan kopi karena mampu mempertahankan aroma alami bahan (Setiawan dan Hartono, 2022). Alat penyulingan dengan air dan uap dapat disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Alat penyulingan dengan air dan uap  
Sumber : Dokumentasi pribadi

Setelah proses penyulingan selesai, minyak atsiri harus segera dipisahkan dari air setelah suhunya mencapai suhu kamar untuk mencegah terjadinya oksidasi yang dapat menimbulkan bau tengik akibat kontak antara minyak, air, dan udara. Pada metode penyulingan uap dan air (*hydro-steam distillation*), bahan diletakkan di atas rak atau saringan berlubang di dalam ketel suling yang berisi air mendidih. Uap panas yang dihasilkan akan mengalir melalui bahan tanpa membuatnya bersentuhan langsung dengan air. Ciri khas metode ini adalah penggunaan uap basah dan jenuh, sehingga bahan tidak mengalami pemanasan berlebih dan risiko gosong dapat dihindari (Pujiarti *et al.*, 2016). Selama distilasi berlangsung, tekanan uap membantu melepaskan minyak atsiri dari kelenjar minyak tanaman. Uap yang mengandung minyak kemudian dialirkan ke kondensor untuk dikondensasikan menjadi dua fase cair yang tidak saling bercampur, yaitu air dan minyak atsiri. Karena berat jenis minyak atsiri umumnya lebih rendah daripada air, lapisan minyak akan mengapung di bagian atas dan dapat dipisahkan dengan mudah.

## **2.5 Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)**

GC-MS merupakan kombinasi dua teknik analisis yaitu kromatografi gas untuk memisahkan senyawa volatil dan spektrometri massa untuk mengidentifikasi struktur molekul. Sampel diinjeksikan ke dalam kolom GC yang berisi fase diam kemudian dipisahkan berdasarkan volatilitas dan interaksi dengan fase diam. Senyawa yang keluar kolom selanjutnya diionisasi dalam spektrometer massa sehingga menghasilkan spektrum massa unik sebagai sidik jari masing-masing senyawa. Teknologi ini sangat sensitif dan mampu mendeteksi senyawa dalam jumlah sangat kecil. Prinsip kerja GC-MS menjadikannya alat penting untuk analisis komposisi minyak esensial. GC-MS memungkinkan identifikasi puluhan hingga ratusan senyawa volatil dengan sensitivitas tinggi dalam satu kali analisis. Penggunaan teknik ini telah banyak diterapkan untuk analisis profil aroma bunga kopi robusta maupun arabika (DePaula *et al.*, 2025)

Keunggulan utama GC-MS adalah kemampuan pemisahan dan identifikasi senyawa yang sangat tinggi, bahkan untuk campuran kompleks seperti minyak

esensial. Alat ini memiliki sensitivitas dan selektivitas tinggi sehingga dapat mendeteksi senyawa pada konsentrasi rendah. Waktu analisis relatif cepat dan hasilnya dapat dibandingkan dengan pustaka spektrum massa untuk memastikan identitas senyawa. GC-MS juga memungkinkan kuantifikasi semi-kuantitatif senyawa volatil tanpa memerlukan standar murni untuk setiap komponen. . Menurut Fadri *et al.* (2022), teknik ini mampu mengidentifikasi senyawa minor yang berkontribusi besar terhadap aroma meskipun konsentrasinya rendah. Hasil analisis GC-MS pada minyak bunga kopi menunjukkan adanya lebih dari 50 senyawa volatil yang berkontribusi pada aroma khasnya (Hafsah *et al.*, 2020).

Linalool, methyl salicylate, benzyl alcohol, dan geraniol muncul sebagai puncak utama dengan persentase relatif tinggi, sedangkan senyawa minor seperti  $\alpha$ -terpineol, nerol, dan citronellol juga terdeteksi dalam jumlah kecil (DePaula *et al.*, 2025). Analisis ini penting untuk membedakan profil aroma antar varietas atau metode ekstraksi. Profil senyawa yang dihasilkan memberikan gambaran menyeluruh tentang potensi aroma serta menjadi dasar pemilihan senyawa kunci yang berkontribusi terhadap karakteristik sensori minyak bunga kopi. Data GC-MS juga menjadi langkah awal untuk analisis lanjut menggunakan *in silico*, guna memprediksi interaksi senyawa-senyawa tersebut dengan reseptor penciuman manusia.

## 2.6 Analisis *In Silico*

Analisis *in silico* merupakan pendekatan berbasis komputer yang digunakan untuk memprediksi interaksi antara molekul volatil dan reseptor penciuman. Teknik ini dilakukan melalui *molecular docking*, yaitu simulasi penempelan molekul ligan (senyawa volatil) pada sisi aktif reseptor untuk menghitung energi pengikatan dan kestabilan kompleks (Harini dan Sowdhamini, 2016). Analisis *in silico* digunakan untuk menilai potensi senyawa volatil seperti linalool, geraniol, dan benzyl alcohol dalam menstimulasi reseptor penciuman manusia *Olfactory receptor* OR1A1. Proses *in silico* dimulai dari pemodelan struktur tiga dimensi reseptor yang diperoleh dari basis data seperti *Protein Data Bank* (PDB) atau hasil

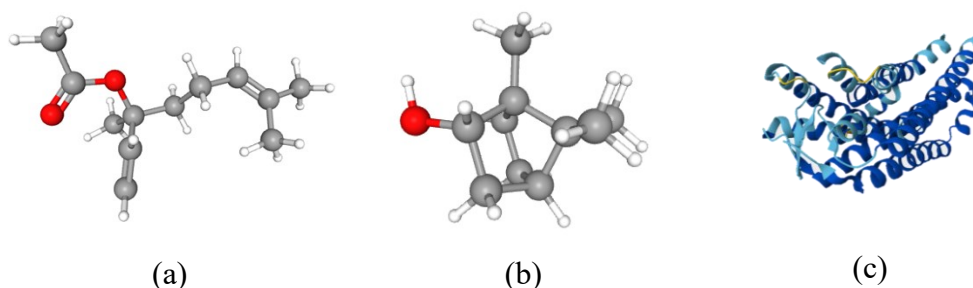
*homology modeling* (Nidianti *et al.*, 2016). Senyawa volatil yang telah diidentifikasi melalui GC-MS kemudian digunakan sebagai ligan untuk simulasi docking. Menurut Nidianti (2016), hasil analisis memberikan nilai energi ikatan (*binding energy*), jumlah ikatan hidrogen, dan residu asam amino yang berinteraksi dengan ligan

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa minyak esensial bunga kopi memiliki potensi aktivitas biologis yang berkaitan dengan efek aromaterapi. Komponen volatil utama seperti linalool, geraniol, dan benzyl alcohol berperan penting dalam memberikan aroma menenangkan yang dapat memengaruhi sistem saraf pusat melalui stimulasi reseptor olfaktori. Mekanisme ini melibatkan jalur saraf yang terhubung dengan sistem limbik otak, yaitu area yang berperan dalam pengaturan emosi dan suasana hati. Linalool diketahui mampu menurunkan aktivitas neuron yang terkait dengan kecemasan dan menimbulkan efek relaksasi, sedangkan geraniol memiliki kemampuan menstabilkan kadar dopamin dan serotonin yang berperan dalam pengendalian stres (Satou *et al.*, 2024). Selain itu, methyl salicylate yang juga ditemukan pada bunga kopi memiliki efek analgesik ringan dan dapat memberikan rasa nyaman pada sistem sensorik

Pendekatan analisis *in silico* dapat digunakan untuk memperkirakan interaksi molekuler antara komponen kimia minyak esensial bunga kopi dengan protein target yang berperan dalam aromaterapi untuk pengendalian stres. Melalui *molecular docking* dapat diamati afinitas ikatan (*binding affinity*) atau energi interaksi antara ligan senyawa esensial bunga kopi dengan makromolekul gen *olfactory receptor* OR1A1. Energi ikatan antara ligan dengan makromolekul ini memberikan gambaran mengenai kekuatan potensinya secara biologis sebagai aromaterapi (Harini and Sowdhamini, 2016). Hasil analisis *docking* ini akan menjadi dasar dalam menilai kemungkinan minyak esensial bunga kopi robuat dapat digunakan sebagai aromaterapi antistres tanpa perlu melakukan uji biologis langsung.

### 2.6.1 Ligan dan Protein Target

Ligan merupakan molekul yang digunakan sebagai senyawa uji dalam studi *in silico*, khususnya pada analisis molecular docking. Ligan berperan sebagai kandidat senyawa yang diprediksi memiliki aktivitas biologis melalui interaksi dengan protein target. Protein target adalah makromolekul biologis yang menjadi sasaran interaksi ligan dalam simulasi molecular docking. Pemilihan protein target didasarkan pada relevansi biologisnya terhadap aromaterapi. Struktur tiga dimensi ligan diperoleh dari basis data kimia seperti *PubChem*, sedangkan struktur protein target diperoleh dari *UniProt*. Interaksi antara ligan dan protein target dianalisis melalui simulasi molecular docking untuk memprediksi afinitas ikatan dan stabilitas kompleks. Parameter utama yang diamati meliputi energi ikatan (*binding energy*), jenis interaksi (ikatan aromatik dan interaksi hidrofobik), serta residu asam amino yang terlibat dalam pengikatan. Struktur ligan dan protein yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ligan dan protein target  
Sumber : *PubChem* (2026) dan *UniProt* (2026)

Keterangan:

- a) Struktur 3D linalyl acetate
- b) Struktur 3D borneol
- c) Struktur protein target OR1A1

Linalyl acetate dan borneol merupakan senyawa yang termasuk dalam kelompok komponen volatil minyak esensial. Linalyl acetate adalah senyawa golongan ester monoterpen yang banyak ditemukan dalam minyak lavender dan berperan dalam pembentukan aroma floral yang lembut. Menurut Putriyanti dkk. (2024), linalyl

acetate bersama linalool merupakan konstituen utama minyak lavender yang berkontribusi terhadap karakteristik aroma serta aktivitas biologisnya. Senyawa ini dilaporkan memiliki kaitan dengan efek relaksasi dan sedatif dalam aplikasi aromaterapi. Borneol merupakan senyawa monoterpen yang juga banyak ditemukan dalam berbagai minyak esensial dan dikenal memiliki aroma khas. Zhou *et al.* (2025) melaporkan bahwa borneol memiliki aktivitas biologis yang berkaitan dengan sistem saraf pusat, termasuk potensi efek neuroprotektif dan sedatif. Borneol juga sering dikaitkan dengan efek menenangkan dalam penggunaan berbasis aroma.

Linalyl acetate dan borneol digunakan sebagai ligan kontrol positif. Penggunaan kedua senyawa tersebut didasarkan pada laporan literatur yang menunjukkan bahwa keduanya merupakan senyawa volatil dengan aktivitas biologis yang telah banyak dikaji, khususnya dalam konteks minyak esensial dan aromaterapi. Protein target yang digunakan dalam penelitian ini adalah reseptor olfaktori manusia OR1A1. Pemilihan OR1A1 didasarkan pada perannya sebagai reseptor olfaktori yang terlibat dalam pengenalan senyawa aroma pada manusia, sehingga lebih relevan untuk mengevaluasi potensi senyawa volatil sebagai agen aromaterapi. Yang *et al.* (2021), menyatakan bahwa reseptor olfaktori merupakan bagian dari keluarga *G protein-coupled receptor* (GPCR) yang berfungsi mengenali molekul bau melalui mekanisme pengikatan ligan. Interaksi antara senyawa volatil dan reseptor olfaktori menjadi tahap awal dalam proses transduksi sinyal bau. Pemilihan linalyl acetate dan borneol sebagai kontrol positif dinilai sesuai karena keduanya merupakan senyawa volatil yang memiliki karakteristik aroma jelas serta telah dilaporkan memiliki aktivitas biologis. Adanya ligan kontrol positif, hasil interaksi senyawa volatil uji terhadap OR1A1 dapat dibandingkan, sehingga interpretasi data *molecular docking* menjadi lebih jelas dan terarah.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Mutu Hasil Pertanian, Pascasarjana Fakultas Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Oktober tahun 2025 hingga Januari tahun 2026.

#### **3.2 Bahan dan Alat Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bunga kopi robusta klon Komari yang di dapatkan di Kecamatan Ulu Belu, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung, aquades, heksan, alumunium foil, plastik *wrap*, kertas saring, tisu, es batu dan sodium sulfat anhidrat.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat penyulingan air dan uap, timbangan digital (joil), erlenmyer (pyrex), beaker (pyrex), pipet tetes (pyrex), corong gelas (pyrex), klem, statif, labu pemisah (duran), labu evaporasi (pyrex), *rotary vacuum evaporator* (IKA), tabung *Eppendorf*, komputer, software untuk analisis *in silico* dan alat-alat gelas lainnya.

#### **3.3 Metode Penelitian**

Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama yaitu kondisi fisiologis bunga kopi robusta sebelum penyerbukan (A1) dan sesudah penyerbukan (A2), sedangkan faktor kedua yaitu lama penyulingan 0,5 jam (L1), 1 jam (L2), 1,5 jam (L3), 2 jam (L4), 2,5 jam (L5), 3 jam, (L6), dan 3,5 jam (L7). Empat belas kombinasi untuk

kedua faktor yaitu A1L1, A1L2, A1L3, A1L4, A1L5, A1L6, A1L7, A2L1, A2L2, A2L3, A2L4, A2L5, A2L6, dan A2L7. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dalam bentuk tabel dan gambar. Karakteristik aroma terbaik selanjutnya diuji dengan GC-MS untuk mengetahui komposisi kimia minyak esensial bunga kopi. Data yang diperoleh dilanjutkan pengujian *in silico* yang ditampilkan dalam bentuk gambar dan tabel. Tata letak fisiologis penyerbukan dan lama penyulingan minyak esensial bunga kopi robusta disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tata letak perlakuan kondisi fisiologis bunga dan lama waktu penyulingan pada ekstraksi minyak esensial bunga kopi robusta

A \ L	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
A1	A1L1	A1L2	A1L3	A1L4	A1L5	A1L6	A1L7
A2	A2L1	A2L2	A2L3	A2L4	A2L5	A2L6	A2L7

Keterangan :

A1	: Bunga sebelum penyerbukan	L1	: 0,5 jam
A2	: Bunga setelah penyerbukan	L2	: 1,0 jam
		L3	: 1,5 jam
		L4	: 2,0 jam
		L5	: 2,5 jam
		L6	: 3,0 jam
		L7	: 3,5 jam

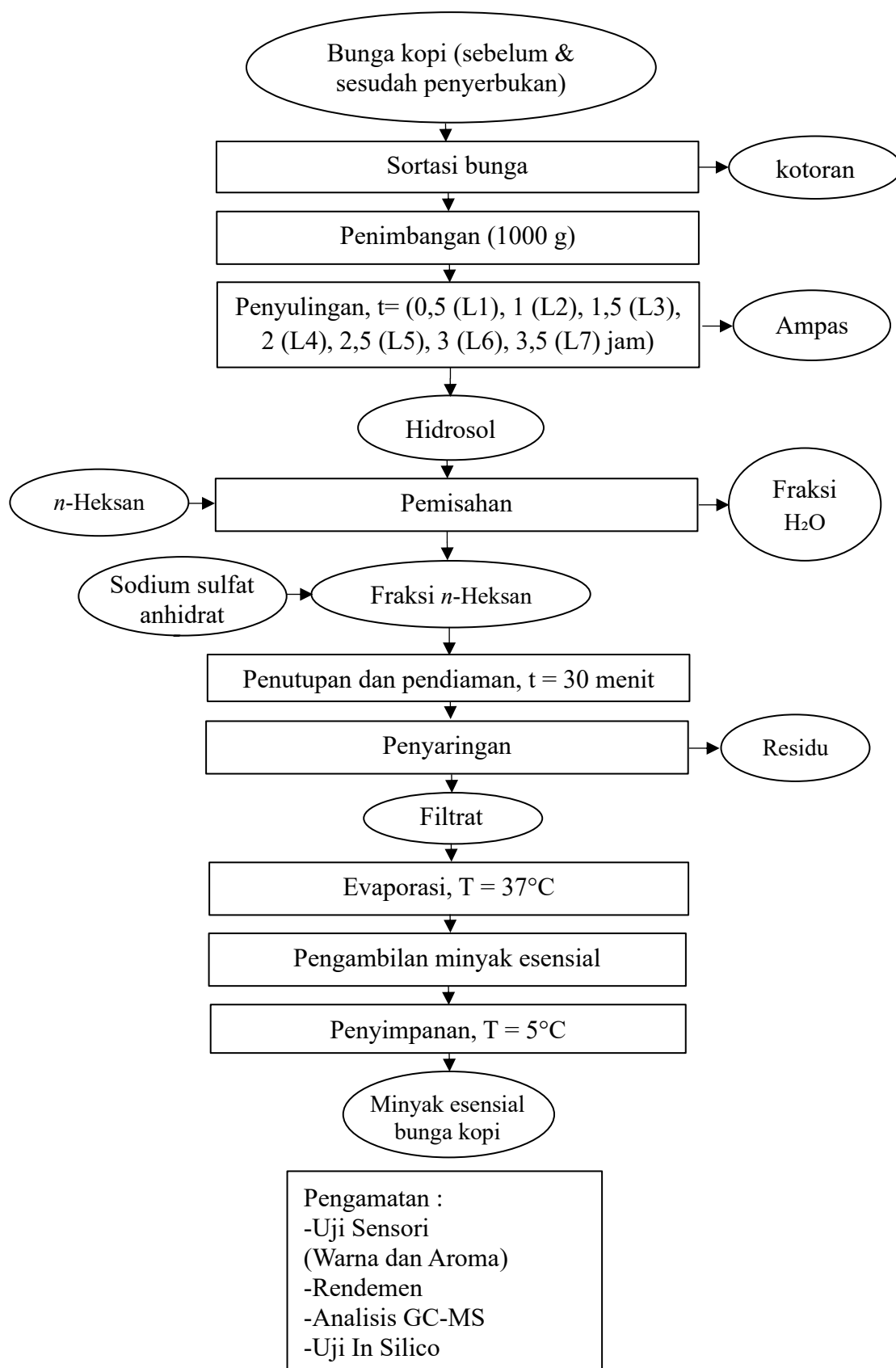
### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Proses ekstraksi minyak esensial bunga kopi robusta dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut. Setelah dipetik, bunga kopi dilakukan penanganan awal di lokasi kebun dengan dibungkus menggunakan daun pisang untuk mempertahankan kelembapan alami dan mengurangi paparan langsung terhadap udara. Selanjutnya, bunga dilapisi dengan kertas koran yang berfungsi menyerap kelembapan berlebih serta melindungi bahan dari tekanan mekanis selama pengangkutan. Bunga kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik sebagai lapisan terluar untuk melindungi bahan dari kontaminasi lingkungan luar hingga tiba di lokasi penelitian. Bunga kopi selanjutnya disortir untuk memilih bunga

yang segar serta memisahkannya dari kotoran seperti daun atau serangga. Setelah proses sortasi, bunga ditimbang sebanyak 1000 g.

Alat penyulingan kemudian disiapkan dengan cara mengisi ketel penyuling dengan air hingga batas di bawah saringan serta menambahkan air es ke dalam kondensor. Setelah air dalam ketel mendidih, bunga kopi diletakkan di atas saringan, kemudian alat ditutup rapat dan proses penyulingan dimulai. Cairan hasil penyulingan (hidrosol) ditampung, dan proses ini dilakukan sesuai perlakuan lama penyulingan, yaitu 0,5 jam (L1), 1 jam (L2), 1,5 jam (L3), 2 jam (L4), 2,5 jam (L5), 3 jam, (L6), dan 3,5 jam (L7). Hidrosol yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam labu pemisah dan diekstraksi menggunakan pelarut heksana dengan perbandingan 1:1. Setelah dikocok dan dibiarkan memisah, terbentuk dua lapisan: lapisan heksana di bagian atas dan lapisan air di bagian bawah.

Lapisan heksana yang mengandung minyak atsiri ditampung ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan sodium anhidrat untuk mengikat sisa air. Campuran ini ditutup dan didiamkan selama 30 menit dan setelah itu, cairan disaring menggunakan kertas saring, dan filtratnya diuapkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* pada suhu 37 °C dengan kecepatan 70 rpm. Sebelum proses evaporasi, labu evaporasi kosong ditimbang terlebih dahulu. Proses dihentikan ketika pelarut heksana telah seluruhnya menguap, yang ditandai dengan tidak adanya lagi tetesan pada labu limbah. Setelah selesai, labu berisi minyak ditimbang untuk menentukan rendemen minyak yang diperoleh. Minyak bunga kopi yang dihasilkan kemudian dilarutkan kembali dengan 1 mL heksana secara bertahap untuk memudahkan pemipetan, lalu dimasukkan ke dalam tabung *Eppendorf* dan disimpan pada suhu 5 °C. Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap karakteristik sensoris (warna dan aroma), rendemen minyak, komposisi kimia menggunakan GC-MS, serta uji *in silico*. Diagram alir proses ekstraksi minyak esensial bunga kopi robusta disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir proses ekstraksi minyak esensial bunga kopi robusta  
Sumber: Kapelle dkk. (2023) yang telah dimodifikasi

### 3.5 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada minyak esensial bunga kopi robusta untuk empat belas perlakuan meliputi karakteristik sensori, rendemen, komposisi senyawa kimia, dan uji *in silico*. Setelah minyak esensial bunga kopi didapatkan melalui proses penyulingan air dan uap, minyak langsung di hitung rendemennya. Hasil semua minyak esensial bunga kopi yang diperoleh selanjutnya akan di uji sensori. Pengamatan sensori meliputi warna dan aroma menggunakan uji skoring oleh panelis terlatih. Hasil perlakuan terbaik didapatkan dari hasil uji sensori yang selanjutnya di analisis komposisi senyawa kimianya dengan alat GC-MS. Senyawa yang didapatkan dari analisis GC-MS dilanjutkan dengan uji *in silico*.

#### 3.5.1 Uji Sensori

Pengujian sensori dilakukan untuk menilai karakteristik minyak esensial bunga kopi yang meliputi aspek warna dan aroma menggunakan metode uji skoring. Metode ini bertujuan untuk memperoleh penilaian objektif terhadap mutu visual dan aroma yang dihasilkan dari proses penyulingan dengan air dan uap. Penilaian dilakukan oleh sepuluh panelis terlatih yang memiliki kompetensi dan pengalaman dalam bidang peracikan parfum. Panelis yang dipilih merupakan peracik parfum profesional yang telah terbiasa mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengklasifikasikan berbagai karakter aroma berdasarkan intensitas, kompleksitas, serta kualitas aromatiknya. Pengalaman tersebut mendukung kemampuan panelis dalam menilai profil aroma minyak esensial bunga kopi secara lebih sensitif dan terstandar. Data hasil uji sensori kemudian digunakan untuk menentukan perlakuan terbaik berdasarkan skor panelis terhadap parameter warna dan aroma minyak esensial yang dihasilkan. Berikut kuisisioner yang akan digunakan dalam uji sensori untuk menilai warna dan aroma (uji skoring) yang disajikan pada Gambar 6.

**KUESIONER UJI SKORING**

Nama : \_\_\_\_\_ Tanggal : \_\_\_\_\_

Produk : Minyak esensial bunga kopi robusta

Dihadapan anda disajikan 14 sampel minyak esensial bunga kopi robusta yang diberi kode secara acak. Anda diminta untuk mengamati warna dan aroma, kemudian berikan skor pada kolom yang sesuai berdasarkan penilaian anda sesuai keterangan yang dilampirkan.

	Kode Sampel													
	215	154	786	564	479	382	645	811	985	112	753	247	581	417
Warna														
Aroma														

Keterangan :

<p>Warna :</p> <p>5 = Bening</p> <p>4 = Kurang bening</p> <p>3 = Bening kekuningan</p> <p>2 = Bening kecoklatan</p> <p>1 = Coklat</p>	<p>Aroma :</p> <p>5 = Sangat floral</p> <p>4 = Floral</p> <p>3 = Agak floral</p> <p>2 = Tidak floral</p> <p>1 = Sangat tidak floral</p>
---	---

Gambar 6. Kuisisioner uji skoring warna dan aroma minyak esensial bunga kopi robusta

### 3.5.2 Rendemen

Rendemen adalah perbandingan jumlah (kuantitas) yang dihasilkan dari ekstrak tanaman aromatik. Rendemen menggunakan satuan persen (%). Semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan, maka ekstrak minyak atsiri yang dihasilkan semakin banyak pula (Sukardi dkk., 2022). Perhitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui seberapa besar ekstrak yang dihasilkan dengan cara membagi berat ekstrak minyak dengan berat bahan dalam satuan gram yang dikalikan dengan 100 % (Rahmawati dkk., 2020). Berikut rumus rendemen :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Hasil ekstraksi (g)}}{\text{Berat bahan (g)}} \times 100\%$$

### 3.5.3 Analisis GC-MS

Minyak esensial bunga kopi robusta diidentifikasi senyawa kimianya menggunakan instrumen GC-MS. Sampel dengan perlakuan terbaik akan diinjeksi ke alat GC-MS untuk dianalisis. Hasil analisis komponen kimia yang terkandung dalam minyak bunga kopi dibaca melalui analisis kromatogram dengan membandingkan waktu retensi dengan indeks retensi Kovats. Data yang diperoleh antara lain nama senyawa, waktu retensi, persentasi area, dan persentase kecocokan.

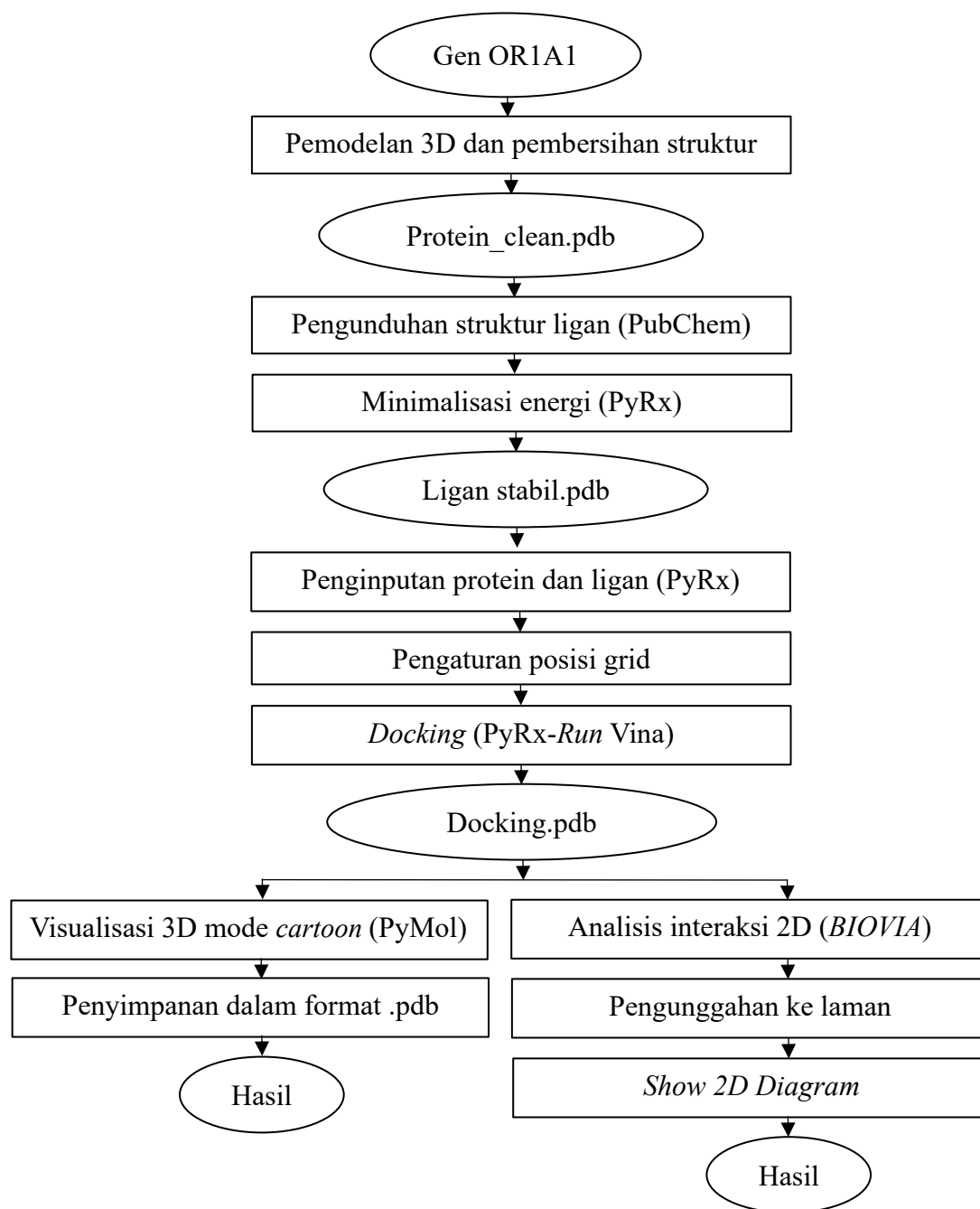
### 3.5.4 Uji *In Silico* Minyak Esensial Bunga Kopi

Proses uji *in silico* dilakukan melalui beberapa tahapan berurutan yang saling berkaitan. Tahap pertama dimulai dengan pencarian data gen atau protein target pada basis data NCBI (gen OR1A1), kemudian sekuen protein tersebut disimpan dalam format FASTA. File FASTA ini selanjutnya digunakan pada *SwissModel* untuk memprediksi struktur tiga dimensi protein melalui proses *homology modeling*. Dari hasil pencarian, dipilih model dengan tingkat kesamaan sekuen tertinggi serta nilai kualitas model terbaik, lalu hasilnya disimpan dalam format PDB. Struktur protein tersebut kemudian dibuka pada PyMOL untuk proses pembersihan, yaitu menghilangkan molekul air dan residu yang tidak diperlukan sehingga diperoleh protein bersih, yang kemudian disimpan kembali sebagai `protein_clean.pdb`.

Tahap berikutnya adalah persiapan senyawa aktif (ligan) dari hasil analisis GC-MS. Senyawa yang diperoleh selanjutnya dimasukkan ke PubChem, kemudian diunduh dalam format 3D *conformer* (.sdf). File tersebut dibuka pada PyRx melalui fitur *Open Babel* untuk dilakukan proses *energy minimization*, sehingga struktur ligan menjadi lebih stabil. Hasil minimisasi selanjutnya disimpan dalam format .pdb. Tahap *docking* dilakukan pada PyRx dengan menggunakan *AutoDock Vina*, di mana protein OR1A1 bersih digunakan sebagai *macromolecule* dan senyawa hasil minimisasi sebagai *ligand*. Setelah itu, dilakukan pengaturan posisi grid, kemudian program dijalankan dengan perintah *Run Vina* untuk memperoleh

hasil interaksi. File hasil penggabungan protein dan ligan disimpan dalam format .pdb untuk analisis lebih lanjut.

Visualisasi hasil docking dilakukan kembali menggunakan PyMOL dengan cara membuka protein OR1A1 dan ligan hasil *docking* secara bersamaan. Tampilan dapat diatur menggunakan preset *ligand sites* serta mode cartoon untuk memperjelas posisi ligan pada situs aktif protein. Struktur kompleks tersebut kemudian disimpan kembali dalam format .pdb. Tahap selanjutnya adalah analisis interaksi dua dimensi yang dilakukan melalui BIOVIA *Discovery Studio Visualizer* dengan mengunggah file hasil docking ke laman dan menjalankan perintah *Show 2D diagram*. Hasilnya berupa visualisasi 2D yang menampilkan jenis interaksi seperti ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik, beserta residu asam amino yang berperan dalam pengikatan. Seluruh tahapan tersebut menghasilkan data berupa nilai afinitas ikatan (*binding affinity* dalam kcal/mol) dan peta interaksi protein-ligan yang dapat digunakan untuk menganalisis kekuatan serta karakteristik pengikatan senyawa aktif terhadap reseptor olfaktori OR1A1. Prosedur uji *in silico* disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Prosedur uji *in silico* komponen minyak esensial bunga kopi terhadap gen OR1A1

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bunga kopi sebelum penyerbukan selama penyulingan 2 jam menghasilkan karakteristik sensori terbaik dengan skor warna 3,7 (bening kekuningan), skor aroma 4,9 (sangat floral), dan rendemen 0.76 %.
2. Analisis GC-MS menunjukkan bahwa minyak esensial bunga kopi robusta tersusun atas 17 senyawa dominan meliputi benzyl alcohol, trans-linalool oxide, phenylethyl alcohol, benzyl nitrile, 2H-pyran-3-ol, 6-ethenyltetrahydro-2,2,6-trimethyl-, benzene, (isocyanomethyl)-, 2,6-octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (z)-, geraniol, 1-tetradecene, benzyl benzoate, 1-tricosene, cetene, 3-octadecene, (e)-, 1-docosene, 1-hexacosene, dan 1-tetracosene.
3. Hasil uji *in silico* terhadap protein reseptor OR1A1 menunjukkan bahwa benzyl benzoate berpotensi sebagai aromaterapi dengan binding affinity sebesar -7,7 kcal/mol, lebih kuat dibandingkan kontrol linalyl acetate (-7,0 kcal/mol) dan borneol (-6,5 kcal/mol), serta memiliki ikatan aromatik dengan residu TYR265, ikatan hidrogen dengan residu LYS186 dan terdapat interaksi hidrofobik dengan residu ALA175, PRO183, dan LEU187.

### 5.2 Saran

Disarankan untuk mengoptimalkan waktu penyulingan guna mencegah degradasi senyawa dan munculnya aroma menyimpang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adani, R., dan Pujiastuti, S. 2017. Prinsip dasar dan penerapan metode destilasi dalam pemisahan minyak atsiri. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 14(2):45-51.
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Statistik kopi Indonesia 2023*. BPS RI. 94 hlm.
- Cagliero, C., Rubiolo, P., Bicchi, C., dan Cordero, C. 2020. Volatile Composition of *Coffea arabica* Flowers by Headspace GC–MS Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 68(3):569-577.
- Chairgulprasert, V. and Kongsuwankeeree, K. 2017. Preliminary photochemical screening and antioxidant activity of robusta coffee blossom. *Thammasat International Journal of Science and Technology*. 22(1):1-8.
- Chemat, F., Vian, M. A., Fabiano-Tixier, A.-S., Nutrizio, M., Jambrak, A. R., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Binello, A., and Cravotto, G. 2022. Towards substitution of hexane as extraction solvent of food products and ingredients with no regrets. *Foods*. 11(21):1-33.
- DePaula, J., Cunha, S. C., Partelli, F. L., Fernandes, J. O., and Farah, A. 2025. Major bioactive compounds, volatile and sensory profiles of *Coffea canephora* flowers and infusions for waste management in coffee production. *Foods*. 14(6):1-20.
- Emura, M., Nohara, I., Toyoda, T., and Kanisawa, T. 1997. The volatile constituents of the coffee flower (*Coffea arabica* L.). *Flavour and Fragrance Journal*. 12(1):9-13.
- Fadri, M., Utami, N., dan Susanti, R. 2022. Analisis senyawa volatil minyak atsiri bunga tropis menggunakan GC–MS. *Jurnal Kimia dan Aplikasi*. 8(3):87-94.
- Fajrin, N. 2017. Kajian Pengembangan Agroindustri Minyak Atsiri Berbasis Bunga Di Provinsi Lampung. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung. 71 hlm.
- Hafsah, H., Iriawati, I., and Syamsudin, T. S. 2020. Dataset of volatile compounds from flowers and secondary metabolites from the skin pulp, green beans, And peaberry green beans of robusta coffee. *Data in Brief*. 29:105219.

- Handayani, R. 2017. *Teknologi Penyulingan Minyak Atsiri*. Universitas Brawijaya Press. Malang. 15 hlm.
- Harini, S., dan Sowdhamini, R. 2016. Computational analysis of odorant–receptor interactions in aromatic compounds. *PLOS ONE*.10(6):0128810.
- Hedayati, S., Tarahi, M., Madani, A., Mazloomi, S. M., and Hashempur, M. H. 2025 Towards a greener future: sustainable innovations in the extraction of lavender (*Lavandula* spp.) essential oil. *Foods*. 14(100):1-30.
- Husni, A., Rachmawati, N., dan Purnomo, D. 2016. Pengaruh metode distilasi terhadap rendemen dan mutu minyak atsiri daun jeruk purut. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 38(1):33-40
- Kamal, A., Suryani, N., dan Pratama, A. 2023. Karakteristik fisik dan kimia minyak atsiri bunga kenanga (*Cananga odorata*) hasil destilasi uap-air. *Jurnal Teknologi Pangan dan Industri*. 34(1):22-30.
- Kapelle, A., Rumbiak, W., dan Rahantoknam, E. 2023. Ekstraksi minyak atsiri bunga cengkeh menggunakan metode destilasi air dan uap. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*. 8(2):45-52.
- Nguyen, T. M. T., Cho, E. J., Song, Y., Oh, C. H., Funada, R., and Bae, H. J. 2019. Use of coffee flower as a novel resource for the production of bioactive compounds, melanoidins, and bio-sugars. *Food Chemistry*. 299:125120
- Nidianti, D. 2016. Analisis *In Silico* Interaksi Senyawa Aromatik Terhadap Reseptor Olfaktori Manusia. *Tesis*. Institut Teknologi Bandung. 80 hlm.
- Nidianti, D., Ardhana, I., and Widayarsi, L. 2016. Homology modeling of olfactory receptors for essential oil ligands. *Indonesian Journal of Computational Chemistry*. 3(2):56-65.
- Nohara, I., Emura, M., Toyoda, T., and Kanisawa, T. 1997. Epoxygeranoil and epoxynerol from coffee flower (*Coffea arabica* L.). *Journal of Essential Oil Research*. 9(6): 727-729.
- Nuraini, L., dan Wibowo, R. 2023. Prinsip kerja metode hydro-steam distillation pada ekstraksi minyak atsiri. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 18(2):77–85.
- Osada, T., Kobayashi, T., dan Nakamura, Y. 2023. Interaction of floral volatiles with human olfactory receptors: Insights from molecular docking. *Frontiers in Molecular Biosciences*. 10:117-128.
- Pujiarti, R., Widiyastuti, E., dan Sulistyowati, E. 2016. Penyulingan minyak atsiri bunga kenanga dengan metode air dan uap. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 8(2): 93–101.

- Purwasih, D., Wulandari, A., dan Ramadhan, M. 2022. Pengaruh suhu dan waktu destilasi terhadap karakteristik minyak atsiri bunga mawar. *Jurnal Teknologi Pertanian Indonesia*. 14(2):65–72.
- Putri, A. N., Sari, R., dan Kurniawan, H. 2025. Pengaruh metode ekstraksi terhadap rendemen dan aroma minyak atsiri bunga lokal Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi Pertanian*. 9(1):50–58.
- Putriyanti, A., Mulyani, Y., Yunita, S. R. I. D., Ernawati, Wilis, H., Rinaldi, M. D., Ulfah, R. R. M., Jungjunan, R. A., Septiani, Y., dan Budiana, W. 2024. Review jurnal: pemanfaatan lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) sebagai aromaterapi. *Farmaka*. 22(3):396-406.
- Rahmawati, S. H., Utomo, T.P., S., dan Suroso, E. 2020. Kajian ekstraksi komponen aromatik bunga kopi robusta (*Coffea chanepora*). *Journal of Tropical Upland Resources (J. Trop. Upland Res.)*. 2(1): 121–131.
- Riastuti, D., Puspita, A., dan Hartati, R. 2021. Taksonomi dan morfologi tanaman kopi robusta (*Coffea canephora*). *Jurnal Agrotek Indonesia*. 6(2):112–120.
- Sampaio, B. L., Edrada-Ebel, R., dan Da Costa, F. B. 2019. Effect of the environment on the secondary metabolic profile of *Tithonia diversifolia*: a model for environmental metabolomics of plants. *Scientific Reports*. 6:29265
- Sari, J. A., Wusnah, dan Azhari. 2021. Pengaruh suhu dan waktu terhadap proses penyulingan minyak sereh wangi (*Cymbopogon nardus* L.). *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*. 1(1):22-28.
- Satou, T., Kamagata, M., Nakashima, S., Mori, K., and Yoshinari, M. 2024. Effect of inhaled linalool on the autonomic nervous system in awake mice. *Sage Journals*. 19(2):1-5
- Setiawan, D., dan Hartono, A. 2022. Optimalisasi proses penyulingan uap dan air dalam ekstraksi minyak atsiri bunga kenanga. *Jurnal Rekayasa Proses dan Produk*. 10(3):101–109.
- Sukardi, A., Handoko, R., dan Nurhayati, S. 2022. Pengaruh waktu distilasi terhadap rendemen dan kualitas minyak atsiri sereh wangi (*Cymbopogon nardus*). *Jurnal Industri Hasil Pertanian*. 17(1):33–40.
- Syamsudin, H., Hafsah, and Iriawati. 2019. Data set on volatile compound of coffee flowers at different annual rainfall. *Data in Brief*. 26:104418
- Utomo, T.P., Banuwa, I. S., Subeki., Ibrahim, G.A., dan Rahmawati, S. C. 2020. Percontohan unit penyulingan komponen aromatik bunga kopi di Desa Bumi Jawa, Batanghari Nuban, Lampung Timur. *Wikra Parahita : Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 4(2): 121-126.

- Wirz, K., Schwarz, S., Richling, E., Walch, S. G., and Lachenmeier, D. W. 2022. Coffee flower as a promising novel food – chemical characterization and sensory evaluation. *Biology and Life Sciences Forum*. 1(2):1-6.
- Yang, D., Zhou, Q., Labroska, V., Qin, S., Darbalaei, S., Wu, Y., Yuliantie, E., Xie, L., Tao, H., Cheng, J., Liu, Q., Zhao, S., Shui, W., Jiang, Y., and Wang, M. W. 2021. G protein-coupled receptors: Structure- and function-based drug discovery. *Signal Transduction and Targeted Therapy*. 6(7):1-27.
- Zhou, Y., Mei, X., and Wang, C. 2025. Borneol's pre-clinical analgesic efficacy: Mediated by receptor and immune mechanisms. *Journal of Pain Research*. 18(1):4085-4104.