

**KAJIAN EKSTRAKSI MINYAK ESENSIAL BUNGA KOPI ROBUSTA
(*Coffea canephora*) DENGAN PELARUT ORGANIK SEBAGAI
AROMATERAPI SECARA *IN SILICO***

(Skripsi)

Oleh

**DEA MERANDA
2264051001**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

**KAJIAN EKSTRAKSI MINYAK ESENSIAL BUNGA KOPI ROBUSTA
(*Coffea canephora*) DENGAN PELARUT ORGANIK SEBAGAI
AROMATERAPI SECARA *IN SILICO***

Oleh

DEA MERANDA

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRACT

STUDY OF ESSENTIAL OIL EXTRACTION FROM ROBUSTA COFFEE FLOWERS (*Coffea canephora*) WITH ORGANIC SOLVENTS AS AROMATHERAPY BY IN SILICO

By

DEA MERANDA

*Robusta coffee flowers (*Coffea canephora*) are aromatic plant materials known to contain volatile compounds that contribute to their distinctive floral aroma. This study aims to analyze the characteristics of Robusta coffee flower essential oil at different physiological stages and solvent types, including extraction yields, sensory characteristics, chemical composition, and aromatherapy potential through an in silico approach. The research used a Randomized Complete Block Design with two factors, named flower physiological stage (before and after pollination) and solvent types (96% ethanol, acetone, ethyl acetate, n-hexane, and chloroform), with three replications. Extraction was performed using maceration for 24 hours at room temperature followed by solvent evaporation. The results showed that flowers harvested before pollination and extracted using n-hexane produced 0,72% yield and the most distinctive floral aroma. GC-MS analysis indicated that the essential oil was dominated by monoterpenes alcohols, ketones, hydrocarbones, aldehyde, and esters. Molecular docking analysis used AutoDock Vina showed that 2,6-octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-(Z) exhibited a binding affinity of -6.0 kcal/mol, which was stronger than that of the control ligands linalyl acetate (-5.8 kcal/mol) and borneol (-5.7 kcal/mol). The compound formed aromatic interactions with VAL76 and PHE72, also hydrophobic interactions with LYS235, ILE126, ALA236, VAL224, and VAL227 within the OR1A1 binding pocket, and indicated stable ligand-receptor interactions and had the potential to stimulate the central nervous system associated to the perception of floral aroma that calmed the mind.*

Keywords: *aromatherapy, robusta coffee flower, essential oil, molecular docking*

ABSTRAK

KAJIAN EKSTRAKSI MINYAK ESENSIAL BUNGA KOPI ROBUSTA (*Coffea canephora*) DENGAN PELARUT ORGANIK SEBAGAI AROMATERAPI SECARA *IN SILICO*

Oleh

DEA MERANDA

Bunga kopi robusta (*Coffea canephora*) merupakan bagian tanaman kopi yang memiliki aroma floral khas karena mengandung berbagai senyawa volatil. Penelitian ini bertujuan mengkaji karakteristik minyak esensial bunga kopi robusta pada perbedaan tahap fisiologis bunga dan jenis pelarut, meliputi rendemen ekstraksi, karakteristik sensori, komposisi kimia, serta potensi aromaterapi melalui pendekatan *in silico*. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dua faktorial, yaitu tahap fisiologis bunga (sebelum dan sesudah penyerbukan) dan jenis pelarut (alkohol 96%, aseton, etil asetat, n-heksan, dan kloroform) dengan tiga ulangan. Proses ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi selama 24 jam pada suhu ruang dan dilanjutkan dengan evaporasi pelarut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bunga sebelum penyerbukan yang diekstraksi menggunakan pelarut n-heksan menghasilkan rendemen 0,72% dan aroma floral paling khas. Analisis GC-MS menunjukkan bahwa minyak esensial bunga kopi didominasi oleh golongan senyawa monoterpen alkohol, keton, hidrokarbon, aldehid, dan ester. Analisis *molecular docking* menggunakan AutoDock Vina menunjukkan bahwa senyawa 2,6-octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-(Z) memiliki nilai *binding affinity* sebesar $-6,0$ kcal/mol, lebih kuat dibandingkan ligan kontrol linalyl acetate ($-5,8$ kcal/mol) dan borneol ($-5,7$ kcal/mol). Senyawa tersebut membentuk interaksi ikatan aromatik dengan VAL76 dan PHE72 serta ikatan hidrofobik dengan LYS235, ILE126, ALA236, VAL224, dan VAL227 pada kantong ikatan OR1A1 dan menunjukkan interaksi ligan-reseptor yang stabil dan berpotensi memicu saraf pusat terkait persepsi aroma floral yang bersifat menenangkan.

Kata kunci: aromaterapi, bunga kopi robusta, minyak esensial,
molecular docking

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **KAJIAN EKSTRAKSI MINYAK
ESENSIAL BUNGA KOPI ROBUSTA
(*Coffea canephora*) DENGAN PELARUT
ORGANIK SEBAGAI AROMATERAPI
SECARA *IN SILICO***

Nama Mahasiswa : **Dea Meranda**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2264051001

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Pertanian



1. Komisi Pembimbing

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

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

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

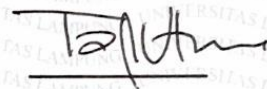
Ketua : Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc.



Sekretaris : Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A. C.EIA.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 19641118 198902 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 06 April 2026

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dea Meranda

NPM : 2264051001

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 dikemudian hari dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 16 April 2026
Yang membuat pernyataan



Dea Meranda
NPM. 2264051001

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung, pada tanggal 23 April 2004 sebagai anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Mahbur dan Almh. Ibu Elsiana. Penulis memulai Pendidikan di Taman Kanak-kanak (TK) Insan Mandiri pada tahun 2008-2009, Sekolah Dasar (SD) di SD IT Insan Mandiri pada tahun 2009-2016, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di MTs Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2016-2019, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 12 Bandar Lampung pada tahun 2019-2022. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2022 melalui jalur Seleksi Prestasi Khusus.

Pada bulan Januari-Februari 2025, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kertosari, Kecamatan Tanjung Sari, Kabupaten Lampung Selatan. Pada bulan Juli-Agustus 2025, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di *Concentrate Department* PT. Great Giant Pineapple (GGP) dengan judul laporan “Mempelajari Proses Produksi dan Analisis Mutu Produk *Pinapple Juice Concentrate* (PJC) di PT. Great Giant Pineapple Lampung Tengah”. Selama menjadi mahasiswa, penulis menjadi salah satu penerima Beasiswa Unggulan skema Masyarakat Berprestasi dari Kemendiktisaintek mulai tahun 2023, penulis juga menjadi salah satu delegasi *Credit Earning* pertukaran mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, ke An Giang University (AGU) di Vietnam tahun 2024. Penulis juga aktif mengikuti perlombaan pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) dan *essay* skala nasional hingga internasional di Malaysia tahun 2025, serta aktif dalam kegiatan Asistensi Praktikum Biologi (2023/2024), Pengolahan Limbah Agroindustri (2024/2025), dan Analisis Hasil Pertanian (2025/2026), serta penulis pernah menjadi bagian dari Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Penelitian pada tahun 2023 hingga 2024.

SANWACANA

Puji dan Syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala berkat, rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Ekstraksi Minyak Esensial Bunga Kopi Robusta (*Coffea canephora*) dengan Pelarut Organik sebagai Aromaterapi secara *In Silico*” ini dengan baik. Penyusunan tugas akhir yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung ini tidak terlepas dari keterlibatan berbagai pihak atas bimbingan, bantuan, dan dukungannya, sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih 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 sekaligus pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, bantuan, kritik, saran, arahan, dan nasihat selama penyelesaian skripsi penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc., selaku pembimbing pertama sekaligus pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, bantuan, kritik, saran, arahan, dan nasihat selama proses perkuliahan, penyusunan, hingga penyelesaian skripsi penulis.
4. Bapak Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si., selaku penguji yang telah memberikan kritik, saran, arahan, nasihat, dan evaluasi dalam perbaikan dan penyelesaian skripsi penulis.
5. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, *staff*, serta karyawan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang telah memberikan banyak ilmu, wawasan, dan bantuan kepada penulis.

6. Orang tua tercinta, Papa Mahbur dan Almh. Mama Elsiana yang selalu menjadi semangat hidup bagi penulis dan menjadi tempat penulis untuk pulang, terima kasih yang tak terhingga penulis ucapkan atas segala bentuk bantuan, motivasi, kasih sayang, nasihat, dan doa yang diberikan selama ini.
7. Kakak tersayang, Atu Cindy yang menjadi salah satu *role model* hidup dan tempat bercerita, terima kasih yang tak terhingga penulis ucapkan atas bantuan, semangat, motivasi, arahan, dan doa yang diberikan selama ini.
8. Sahabat-sahabat terdekat, Khyella, Claresta Salma, Elita Mulia, Embun Fitri, Adelia Erist, Dinda Salma, Mayada, Wulan, Calista, Devano, Omar, dan Vietnam's *friend* Trúc Linh yang telah menjadi tempat bercerita, memberi semangat, dan kebahagiaan selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi.
9. Teman-teman seperjuangan, Malya Arie, Titis Kusumaninghayu, Afifah, Annisa Yasmine, Aji Satriya, Nessa Maharani, Bang Rahmat, beserta laboran PMHP Mba Melia yang telah memberikan dukungan, kebahagiaan, dan saling membantu selama penelitian hingga penyelesaian skripsi.
10. Teman-teman Jurusan Teknologi Hasil Pertanian angkatan 2022, terima kasih atas bantuan, saran, pengalaman, dukungan, dan kebersamaannya selama ini.
11. Semua pihak yang telah berperan turut membantu selama proses penelitian, penyusunan, dan penyelesaian skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih telah menjadi bagian cerita dari perjalanan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun dan akan diterima dengan tangan terbuka. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk kita semua.

Bandar Lampung, 16 April 2026

Penulis,

Dea Meranda

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Bunga Kopi Robusta.....	7
2.1.1 Bunga Kopi Sebelum Penyerbukan.....	8
2.1.2 Bunga Kopi Setelah Penyerbukan.....	9
2.2 Minyak Esensial.....	10
2.3 Ekstraksi	10
2.4 Pelarut.....	11
2.4.1 Alkohol 96%.....	12
2.4.2 Aseton.....	12
2.4.3 Etil Asetat.....	13
2.4.4 Heksan.....	13
2.4.5 Kloroform.....	14
2.5 Kandungan Senyawa Minyak Bunga Kopi.....	15
2.6 Analisis Gas <i>Chromatography Mass Spectrometry</i> (GC-MS)	16
2.7 Uji <i>In Silico</i>	17
2.7.1 Ligan dan Protein Target.....	18
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	20

3.2 Bahan dan Alat	20
3.3 Metode Penelitian	21
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	22
3.5 Pengamatan.....	24
3.5.1 Rendemen Minyak.....	24
3.5.2 Karakteristik Sensori.....	24
3.5.3 Analisis GC-MS.....	26
3.5.4 Uji <i>In Silico</i>	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Rendemen	28
4.2 Karakteristik Sensori.....	30
4.2.1 Warna.....	31
4.2.2 Aroma	33
4.3 Analisis GC-MS	35
4.4 Uji <i>In Silico</i>	50
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik pelarut organik	11
2. Komponen senyawa bunga kopi robusta	15
3. Formula kombinasi perlakuan	21
4. Lembar kuesioner uji skoring	25
5. Senyawa hasil analisis GC-MS minyak esensial bunga kopi robusta ..	37
6. Uji <i>in silico</i> senyawa minyak bunga kopi robusta terhadap OR1A1	50
7. Tabulasi data rendemen minyak esensial bunga kopi robusta	64
8. Data uji deskriptif rendemen minyak esensial bunga kopi robusta	64
9. Tabulasi data pengujian warna minyak esensial bunga kopi robusta ...	65
10. Data uji deskriptif warna minyak esensial bunga kopi robusta	65
11. Tabulasi data pengujian aroma minyak esensial bunga kopi robusta ...	66
12. Data uji deskriptif warna aroma esensial bunga kopi robusta	66
13. Tabulasi data hasil GC-MS minyak esensial bunga kopi robusta	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Fase perkembangan bunga kopi hingga buah masak	8
2. Bunga kopi sebelum penyerbukan	9
3. Bunga kopi setelah penyerbukan	9
4. Struktur kimia alkohol 96%	12
5. Struktur kimia aseton	13
6. Struktur kimia etil asetat	13
7. Struktur kimia heksan	14
8. Struktur kimia kloroform	14
9. Ligan dan protein target	18
10. Diagram alir ekstraksi minyak esensial bunga kopi robusta	23
11. Prosedur uji <i>in silico</i> komponen kimia minyak esensial bunga kopi	27
12. Grafik data rendemen minyak esensial bunga kopi robusta	28
13. Grafik data pengujian warna minyak esensial bunga kopi robusta	31
14. Grafik data aroma minyak esensial bunga kopi robusta	33
15. Kromatogram minyak esensial bunga kopi	36
16. Struktur kimia senyawa hasil pengujian GC-MS	49
17. Proses ekstraksi ekstraksi minyak esensial bunga kopi robusta	63
18. Hasil pengamatan karakteristik sensori minyak esensial bunga kopi ...	65

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Provinsi Lampung dikenal sebagai salah satu daerah yang memiliki potensi besar dalam pengembangan berbagai jenis tanaman perkebunan. Kopi menjadi salah satu tanaman yang menempati posisi penting karena tidak hanya berperan sebagai komoditas unggulan, tetapi juga menjadi identitas khas daerah yang melekat. Kopi memiliki berbagai macam jenis, namun yang paling umum dibudidayakan dan bernilai ekonomis tinggi adalah kopi arabika (*Coffea arabica*) dan kopi robusta (*Coffea canephora*) (Rizwan, 2022). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023), kapasitas produksi kopi Lampung mencapai 105.807 ton dan meningkat pada tahun 2024 menjadi 141.918 ton. Peningkatan kapasitas produksi kopi tersebut tidak hanya terpusat di satu wilayah, melainkan merupakan hasil kontribusi dari berbagai daerah penghasil kopi di Provinsi Lampung, yaitu Kabupaten Lampung Barat, Tanggamus, dan Pesawaran yang telah dikenal luas sebagai daerah penghasil kopi robusta dengan kualitas terbaik (BPS, 2024).

Tingginya produksi kopi di Lampung berbanding lurus dengan melimpahnya bagian tanaman yang belum termanfaatkan secara optimal, salah satunya adalah bunga kopi. Perhatian utama dalam penelitian dan pengolahan selama ini hanya terpusat pada biji kopi, sementara bunga kopi cenderung dianggap sebagai limbah yang dibiarkan mengering di ranting (Supeno dan Erwan, 2018). Berdasarkan penelitian Rahmawati dkk. (2020), bahwa bunga kopi robusta memiliki potensi sebagai minyak esensial karena beraroma khas mirip dengan bunga melati, serta mahkotanya berwarna putih dan berbau harum semerbak sehingga layak dijadikan sumber bahan baku produk aromaterapi. Bunga kopi robusta terbukti

mengandung berbagai senyawa bioaktif serta sejumlah senyawa aromatik volatil golongan alkohol monoterpen seperti linalool, geraniol, 2,6-octadien-1-ol, dan senyawa ester terpena beraroma floral (Emura *et al.*, 1997; Hafisah *et al.*, 2020).

Minyak esensial bunga kopi dapat diekstraksi dengan berbagai metode, akan tetapi hal yang menjadi tantangan adalah cara menentukan metode ekstraksi yang tepat agar mampu menghasilkan rendemen minyak esensial yang tinggi tanpa merusak komponen aromatikanya. Berdasarkan penelitian Rahmawati dkk. (2020), menunjukkan bahwa metode ekstraksi perendaman dengan pelarut n-heksan menjadi salah satu teknik yang efektif untuk memperoleh minyak esensial bunga kopi robusta dengan rendemen yang tinggi dan karakter aroma yang sedikit menyerupai bunga aslinya. Keunggulan metode ini diperkuat oleh penelitian Kristian dkk. (2016) pada bunga melati, bahwa metode ekstraksi dengan pelarut n-heksan dengan ekstraksi 16 jam mampu menghasilkan perlakuan yang terbaik dengan karakteristik minyak berwarna kuning dan aromanya agak wangi khas melati. Metode ekstraksi dengan pelarut merupakan teknik melarutkan senyawa minyak esensial dari bahan alami menggunakan pelarut organik, sehingga sisa pelarut dapat diuapkan dan hanya tersisa minyak esensial sebagai hasil akhir. Salah satu bentuk dari metode ini adalah maserasi, yaitu proses perendaman bahan dalam pelarut pada suhu ruang tanpa pemanasan langsung. Metode ini termasuk ke dalam kategori ekstraksi padat-cair (*solid-liquid extraction*), yaitu pelarut akan menembus jaringan tanaman, melarutkan senyawa aktif, dan membawa hasil ekstraksi keluar menuju pelarut di sekitarnya melalui proses difusi. Pemilihan jenis pelarut organik yang digunakan disesuaikan dengan polaritas pelarut dan senyawa target minyak esensial bunga kopi. Prinsip yang digunakan adalah konsep “*like dissolves like*”, yaitu zat polar akan larut dalam pelarut polar dan zat non polar akan larut dalam pelarut non polar (Kristian, 2016).

Ekstraksi minyak esensial bunga kopi robusta dilakukan dengan pelarut organik pada dua kondisi fisiologis bunga, yaitu sebelum dan setelah penyerbukan. Bunga sebelum penyerbukan diketahui memiliki aroma yang lebih kuat dan kadar metabolit sekundernya lebih tinggi dibandingkan bunga setelah penyerbukan

karena aktivitas metabolitnya mulai menurun akibat sudah digunakan sebagai atraktan dan juga dialihkan menuju pembentukan bakal buah (Rahmawati dkk., 2020). Perendaman bunga dilakukan dengan lima jenis pelarut organik dengan polaritas berbeda, yaitu alkohol 96%, aseton, etil asetat, heksan, dan kloroform untuk mengetahui kemampuan masing-masing dalam melarutkan komponen minyak esensial pada bunga kopi robusta. Perhitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui efisiensi ekstraksi minyak esensial, lalu dianalisis karakteristik sensori dan dikorelasi sampel terbaiknya untuk dianalisis GC-MS memisahkan dan mengidentifikasi kelimpahan relatif komponen kimia (Putri dkk., 2025).

Data komponen kimia diuji *in silico* melalui metode komputasional untuk mensimulasikan dan memprediksi interaksi biologis antara senyawa aktif dengan target protein *olfactory receptor* melalui teknik *molecular docking*. Uji *in silico* juga dilakukan untuk menganalisis potensi sebagai aromaterapi dari senyawa volatil utama melalui interaksi dengan protein reseptor OR1A1 yang berperan dalam mekanisme persepsi penciuman aroma dan pengaktifan jalur saraf limbik yang berhubungan dengan relaksasi (Gakii *et al.*, 2021). Hasil penelitian terdahulu oleh Choi *et al.* (2022), menunjukkan bahwa aktivasi reseptor olfaktori tertentu oleh senyawa aromatik seperti linalool dan geraniol dapat meningkatkan efek antistress, sehingga relevan digunakan untuk memprediksi potensi minyak esensial bunga kopi robusta. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai ekstraksi minyak esensial bunga kopi robusta dengan pelarut organik untuk mengetahui pengaruh tahap perkembangan bunga dan jenis polaritas pelarut organik yang berbeda terhadap karakteristik sensori, rendemen, serta komponen kimia minyak esensial bunga kopi robusta yang dihasilkan untuk mengetahui potensinya sebagai aromaterapi.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui rendemen dan karakteristik sensori minyak esensial bunga kopi robusta yang diperoleh dari ekstraksi dengan berbagai pelarut.

2. Mengetahui komponen kimia minyak esensial bunga kopi robusta yang diperoleh dari ekstraksi dengan pelarut terbaik.
3. Mengetahui komponen kimia minyak esensial bunga kopi robusta sebagai aromaterapi secara *in silico*.

1.3 Kerangka Pemikiran

Bunga kopi (*Coffea canephora*) merupakan bagian tanaman yang masih jarang dimanfaatkan dan sering dianggap sebagai limbah karena dibiarkan mengering di ranting. Tanaman kopi dewasa mampu menghasilkan dalam satu hektar lahan mencapai lebih dari 30 juta kuntum bunga setiap tahunnya dan secara morfologi menyerupai bunga melati dengan mahkota berwarna putih menutupi bakal buah berisi dua bakal biji (Chairgulprasert *and* Kongsuwankeeree, 2017). Bunga kopi umumnya mulai mekar setelah hujan pada awal musim kemarau dan menjelang akhir musim kemarau berkembang menjadi buah yang siap dipanen (Fajrin, 2017). Menurut penelitian Emura *et al.* (1997) dan Hafsah *et al.* (2020), keberadaan senyawa linalool, geraniol, 2,6-octadien-1-ol, dan senyawa ester lainnya pada bunga kopi dapat menghasilkan aroma floral sehingga dapat dijadikan aromaterapi.

Upaya untuk memperoleh minyak esensial dari bunga kopi telah dilakukan dengan berbagai metode ekstraksi seperti destilasi, enflurasi, maserasi, *Pressurized Hot Water Extraction* (PHWE), dan *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE). Pemilihan metode ekstraksi sangat menentukan karakteristik minyak, jumlah senyawa volatil yang terekstrak, serta kesesuaian aroma dengan bunga aslinya (Putri dkk., 2025). Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang lebih selektif terhadap komponen aromatik sensitif panas, salah satunya menggunakan pendekatan maserasi, yaitu perendaman dalam pelarut organik yang akan menembus jaringan bunga, melarutkan senyawa aktif, dan membawa hasil ekstraksi keluar menuju pelarut di sekitarnya (Kristian, 2016).

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Rahmawati dkk. (2020), menunjukkan bahwa metode maserasi dengan pelarut heksan menghasilkan rendemen yang tinggi dan aroma yang sedikit menyerupai bunga kopi asli, sementara metode *hydrodiffusion* memberikan aroma yang lebih kuat, tetapi dengan rendemen yang relatif rendah. Metode maserasi menggunakan n heksan dapat menghasilkan 15 senyawa kimia dan terdapat 3 senyawa kimia dengan kadar terbesar yaitu 1-methylbutyl hexadecanoate pentanoic acid; 5-hydroxy-, 2,4-di-t-butylphenyl esters, dan 1,4-dimethyl-4,5,7,8- tetrahydromimidazo. Selain itu, menurut penelitian Wirz *et al.* (2022), maserasi bunga kopi dengan pelarut metanol menghasilkan karakteristik sensori menyerupai aroma madu dan aprikot kering, serta teridentifikasi senyawa seperti kafein dan asam klorogenat, sedangkan pelarut kloroform menghasilkan identifikasi senyawa berupa asam lemak jenuh. Penggunaan pelarut yang berbeda dapat mengekstraksi komponen kimia yang bervariasi dalam minyak bunga, sehingga menunjukkan aktivitas senyawa dalam kadar berbeda dan berpotensi dijadikan aromaterapi (Assa dkk., 2021).

Selain metode ekstraksi, faktor lain yang mempengaruhi hasil minyak esensial adalah tahap fisiologis bunga dan jenis pelarut yang digunakan. Penelitian Utomo dkk. (2020), menyatakan bahwa bunga kopi mengandung senyawa volatil dalam kadar yang berbeda antara fase sebelum dan setelah penyerbukan. Hal ini diperkuat oleh penelitian Rahmawati dkk. (2020), membandingkan minyak bunga kopi sebelum dan setelah penyerbukan yang menyatakan bahwa rendemen tertinggi, kandungan metabolit sekunder yang lebih aktif, dan karakteristik sensori yang lebih kuat terdapat pada bunga kopi sebelum penyerbukan. Pemilihan jenis pelarut didasarkan pada prinsip kimia “*like dissolves like*”, yaitu zat polar akan larut dalam pelarut polar, sedangkan zat nonpolar akan larut dalam pelarut nonpolar (Kristian, 2016). Dengan demikian, variasi pelarut yang digunakan seperti alkohol, aseton, etil asetat, n-heksana, dan kloroform dapat mengekstraksi berbagai jenis senyawa dengan polaritas yang berbeda (Sihombing dkk., 2025).

Perhitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui efisiensi ekstraksi minyak esensial dari bahan bunga kopi yang digunakan pada setiap perlakuan (Rahmawati

dkk., 2020). Pengujian karakteristik aroma dan warna minyak bunga kopi dilakukan oleh panelis terlatih yang telah terbiasa mengenali karakter aroma minyak bunga kopi melalui metode skoring (Fahrulsyah dkk., 2019). Hasil uji karakteristik sensori perlakuan pelarut terbaik kemudian dikorelasi dengan analisis GC-MS untuk memisahkan dan mengidentifikasi kelimpahan relatif komponen volatil (Hotmian dkk., 2025). Data hasil komponen kimia GC-MS kemudian diuji *in silico* untuk memprediksi interaksi antara senyawa aktif dan target protein OR1A1 untuk menghubungkan persepsi sensorik dengan komponen volatil dominan melalui *molecular docking*.

Uji *in silico* dilakukan untuk menganalisis potensi senyawa volatil utama melalui interaksi dengan protein reseptor OR1A1 yang berperan dalam mekanisme persepsi aroma dan pengaktifan jalur saraf yang berhubungan dengan relaksasi, sehingga pendekatan ini dapat digunakan untuk memprediksi potensi minyak esensial bunga kopi sebagai aromaterapi (Gakii *et al.*, 2021). Meskipun telah ada beberapa penelitian yang mengkaji mengenai ekstraksi bunga kopi, akan tetapi belum ada penelitian secara spesifik yang mengkaji ekstraksi bunga kopi robusta dengan variasi pelarut organik dan kombinasi penggunaan fase fisiologis bunga kopi yang berbeda-beda sebagai aromaterapi secara *in silico*. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan tahap perkembangan fisiologis bunga kopi sebelum penyerbukan (A1) dan sesudah penyerbukan (A2) terhadap variasi pelarut organik dengan polaritas berbeda, yaitu alkohol 96% (B1), aseton (B2), etil asetat (B3), heksan (B4), dan kloroform (B5) dan ditemukan kombinasi perlakuan terbaik pada sensori, rendemen, dan komponen kimia yang berperan sebagai aromaterapi.

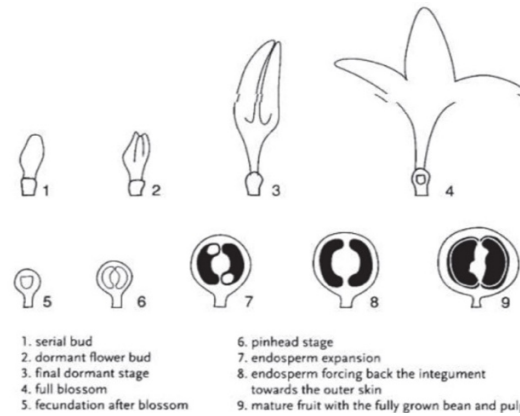
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bunga Kopi Robusta

Bunga kopi robusta (*Coffea canephora*) merupakan organ generatif dari tanaman kopi jenis robusta yang berperan dalam proses reproduksi dan pembentukan buah. Tanaman kopi robusta dikenal memiliki ketahanan lebih tinggi terhadap suhu dan penyakit dibandingkan arabika. Tanaman ini memiliki produktivitas optimal pada suhu 22–28°C dan ketinggian tanam hingga ±800 mdpl. Bunga kopi robusta secara morfologi memiliki bentuk dan penampilan menyerupai bunga melati (*Jasminum sambac*) dengan mahkota berwarna putih dan tersusun di ketiak daun berbentuk dompolan dan termasuk tipe perbungaan majemuk. Bunganya berukuran kecil, berdiameter 1–1,5 cm, dan mengeluarkan aroma harum semerbak saat mekar putih (Fajrin, 2017). Kelopak bunga menutupi bakal buah dari dua bakal biji yang akan berkembang menjadi buah kopi. Waktu mekar bunga terjadi secara serempak setelah turun hujan pertama pada awal musim kemarau dan berlangsung 3–5 hari sebelum layu dan rontok (Rahmawati dkk., 2020).

Taksonomi tanaman kopi robusta yang menghasilkan bunga kopi adalah sebagai berikut (Rizwan, 2022).

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Rubiales
Famili : Rubiaceae
Genus : Coffea L.
Spesies : *Coffea canephora*



Gambar 1. Fase perkembangan bunga kopi hingga buah masak
Sumber: Owen (2020)

Bahan baku penelitian ini menggunakan bunga kopi segar yang berasal dari tanaman kopi robusta varietas Komari yang dibudidayakan di Kabupaten Tanggamus. Bunga kopi tersebut dikelompokkan berdasarkan kondisi sebelum dan setelah penyerbukan untuk melihat perbedaan karakter fisiologisnya. Bunga kopi tumbuh pada ketiak daun dalam bentuk dompolan dan termasuk tipe perbungaan majemuk yang umum dijumpai dan fase perkembangannya dari tunas hingga menjadi buah matang disajikan pada Gambar 1. Perbedaan fase perkembangan bunga dapat memengaruhi aktivitas metabolisme, struktur jaringan, serta jumlah dan jenis senyawa volatil yang dihasilkan sehingga berpengaruh terhadap kualitas bahan baku penelitian (Rahmawati dkk., 2020).

2.1.1 Bunga Sebelum Penyerbukan

Bunga sebelum penyerbukan didefinisikan sebagai bunga kopi yang masih berada pada fase kuncup hingga hampir mekar dan belum mengalami proses penyerbukan. Bunga pada fase ini memiliki warna putih cerah dan tekstur jaringan yang lebih kaku karena sel-selnya masih utuh dan segar. Aktivitas metabolisme bunga sebelum penyerbukan berlangsung tinggi karena tanaman menghasilkan aroma dan nektar untuk menarik serangga penyerbuk (DePaula *et al.*, 2024). Produksi senyawa volatil pada fase ini juga lebih banyak karena bunga masih berfungsi aktif sebagai organ reproduksi (Wirz *et al.*, 2022). Bunga kopi sebelum penyerbukan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bunga kopi sebelum penyerbukan
Sumber: Dokumentasi pribadi

2.1.2 Bunga Setelah Penyerbukan

Bunga setelah penyerbukan didefinisikan sebagai bunga kopi yang sudah mengalami penyerbukan dan mulai memasuki tahap awal pembentukan bakal buah. Bunga pada fase ini terlihat lebih layu, warnanya berubah menjadi putih kecokelatan, dan teksturnya lebih lunak serta mudah rusak. Aktivitas metabolisme bunga setelah penyerbukan mulai berkurang karena energi tanaman dialihkan untuk perkembangan bakal buah sehingga produksi aroma dan nektar ikut menurun (DePaula *et al.*, 2024). Perbedaan kondisi ini menyebabkan kandungan senyawa kimia bunga setelah penyerbukan berbeda dibandingkan bunga sebelum penyerbukan sehingga keduanya penting untuk dibandingkan (Rahmawati dkk., 2020). Bunga kopi setelah penyerbukan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bunga kopi setelah penyerbukan
Sumber: Dokumentasi pribadi

2.2 Minyak Esensial

Minyak esensial (*essential oil*) berasal dari gabungan kata *essential* yang bermakna “inti” atau “esensi”, dan *oil* yang berarti “minyak”, sehingga secara harfiah berarti minyak yang mengandung esensi tanaman. Minyak esensial merupakan campuran kompleks senyawa volatil yang diekstraksi dari bagian tanaman seperti bunga, daun, kulit buah atau akar melalui metode khusus seperti destilasi atau ekstraksi pelarut dan memiliki aroma yang khas serta kandungan senyawa bioaktif. Sifat yang khas dari minyak esensial antara lain mudah menguap pada suhu ruang dan beraroma khas. Sifat volatil dan komposisi yang kompleks menjadikan minyak esensial tidak hanya sebagai penyumbang aroma, tetapi juga sebagai bahan dalam aplikasi aromaterapi (Azizah, 2022). Salah satu tanaman yang memiliki potensi sebagai sumber minyak esensial adalah bunga kopi. Sifat aroma minyak esensial bunga kopi digambarkan lembut, manis, dan menyerupai wangi bunga melati (*Jasminum sambac*) dengan sedikit nuansa *floral* yang memberikan kesan menenangkan (Hafsah *et al.*, 2020).

2.3 Ekstraksi

Ekstrak adalah pelarut pekat yang diperoleh dengan mengekstraksi senyawa aktif dari bahan nabati atau hewani menggunakan pelarut yang tepat. Ekstraksi adalah proses pemisahan bahan aktif dari jaringan tumbuhan menggunakan pelarut yang sesuai (Ananda dkk., 2021). Ekstraksi pelarut merupakan metode pemisahan komponen aktif dari bahan alami menggunakan pelarut organik yang sesuai berdasarkan prinsip kelarutan “*like dissolves like*”, yaitu senyawa polar akan larut dalam pelarut polar, sedangkan senyawa non-polar akan larut dalam pelarut non-polar (Kristian, 2016). Teknik ini termasuk dalam kategori *solid–liquid extraction*, yaitu pelarut menembus jaringan tanaman, melarutkan senyawa target, dan kemudian membawa hasil ekstraksi keluar melalui proses difusi. Keunggulan metode ini terletak pada kemampuannya mengekstraksi senyawa volatil tanpa merusak struktur kimianya karena proses dilakukan pada suhu ruang tanpa pemanasan langsung (Wahyuningsih dkk., 2024).

2.4 Pelarut

Salah satu keberhasilan proses ekstraksi ini adalah penggunaan pelarut yang harus dipertimbangkan saat penggunaannya. Pertimbangan utama dalam memilih kelarutan yang tinggi, aman dan tidak beracun. Pelarut yang dipakai dalam proses ekstraksi harus mampu melarutkan bahan yang digunakan tanpa menyebabkan perubahan kimia pada komponen ekstrak. Pelarut organik seperti n-heksana, etil asetat, aseton, etanol, dan kloroform banyak digunakan dalam proses ekstraksi minyak esensial karena masing-masing memiliki polaritas yang berbeda sehingga dapat melarutkan berbagai jenis senyawa sesuai gugus targetnya (Rahmawati, 2019). Pemilihan pelarut dengan polaritas yang sesuai akan mempengaruhi rendemen, warna, aroma, dan profil senyawa minyak yang dihasilkan (Kristian, 2016). Karakteristik pelarut organik untuk ekstraksi disajikan pada Tabel 1.

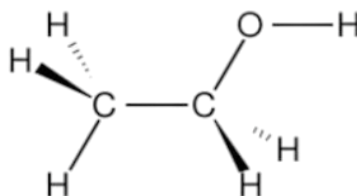
Tabel 1. Karakteristik pelarut organik untuk ekstraksi komponen bioaktif tanaman

No	Pelarut organik	Polaritas			Titik didih (°C)	Kelarutan dalam air (%)
		€	°P	Konstanta dielektrik (25°C)		
1	Pentana	0	-	1,84	36,2	0,010
2	Heksana	0	0,1	2,01	68,7	0,010
3	Dietil eter	-	2,8	5,02	35	-
4	Diklorometan	-	3,1	-	40,5	-
5	Kloroform	-	4,1	4,75	61,0	-
6	Etil Asetat	0,38	4,4	6,02	77,1	9,800
7	Aseton	0,47	5,1	20,70	56,2	Larut
8	Alkohol	0,68	4,3	24,30	78,3	Larut
9	Metanol	0,73	5,1	32,63	64,8	Larut
10	Air Murni	0,90	10,2	78,54	100	Larut

Sumber: Rahmawati (2019)

2.4.1 Alkohol 96%

Alkohol 96% merupakan pelarut polar yang banyak digunakan dalam proses ekstraksi senyawa bioaktif dari bahan alam. Pelarut ini termasuk dalam golongan polar, sehingga efektif untuk mengekstraksi senyawa-senyawa polar seperti flavonoid, fenol, dan alkaloid. Alkohol 96% memiliki titik didih $78,3^{\circ}\text{C}$, konstanta dielektrik 24,3 menjadikannya stabil digunakan pada proses maserasi tanpa merusak struktur senyawa volatil. Alkohol memiliki rumus molekul $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ dengan berat molekul 46,07 g/mol. Alkohol 96% bersifat tidak berwarna, mudah menguap, dan memiliki bau khas yang menyengat. Selain itu, penggunaan alkohol 96% juga dianggap lebih aman secara toksikologis dibandingkan pelarut organik nonpolar karena memiliki tingkat volatilitas sedang dan residu mudah menguap pada suhu ruang (Syaiful dkk., 2022). Struktur kimia alkohol 96% disajikan pada Gambar 4.

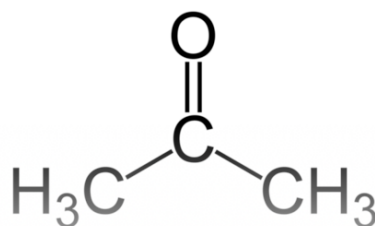


Gambar 4. Struktur kimia alkohol 96%
Sumber: Iswara dkk. (2014)

2.4.2 Aseton

Aseton merupakan pelarut semi-polar yang mampu melarutkan senyawa polar maupun nonpolar ringan, sehingga sering disebut sebagai pelarut intermediat dalam proses ekstraksi minyak esensial dan metabolit sekunder, Aseton memiliki rumus molekul $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ dan berat molekul sebesar 58,08 g/mol dengan titik didih $56,2^{\circ}\text{C}$. Pelarut ini sangat mudah menguap, tidak berwarna, dan memiliki bau khas tajam yang mudah dikenali. Sifat kelarutan aseton yang tinggi terhadap air dan sebagian besar untuk ekstraksi senyawa seperti ester dan aldehid dari bahan alam. Aseton mampu mengekstraksi senyawa volatil dengan efektif tanpa menyebabkan degradasi termal karena memiliki titik didih relatif rendah yang

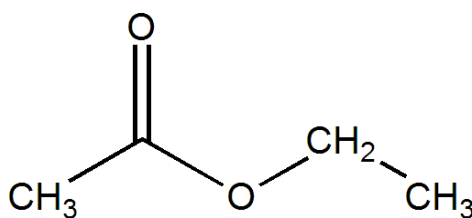
meminimalkan kerusakan senyawa aromatik sensitif panas (Adisti dkk., 2023). Struktur kimia aseton dapat disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur kimia aseton
Sumber: Solanki (2023)

2.4.3 Etil Asetat

Etil asetat adalah pelarut dengan tingkat kepolaran sedang yang sifatnya mudah menguap, tidak terlalu beracun dan tidak menyerap air dari udara. Senyawa ini biasanya dihasilkan melalui reaksi esterifikasi antara etanol dan asam asetat. Etil asetat memiliki rumus molekul $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ yang dikenal juga sebagai $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ dengan berat molekul 88,106 g/mol. Etil asetat umumnya dimanfaatkan sebagai pelarut dalam industri termasuk cat, pelapis, pewarna, perekat, dan plastik. Kelarutannya meningkat pada suhu yang lebih tinggi, tetapi tidak stabil dalam air yang mengandung basa atau asam (Mafiana, 2022). Struktur kimia etil asetat disajikan pada Gambar 6.

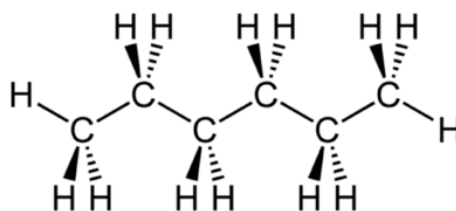


Gambar 6. Struktur kimia etil asetat
Sumber: Kadarohman dkk. (2022)

2.4.4 Heksan

Heksan merupakan pelarut nonpolar yang banyak digunakan untuk ekstraksi senyawa volatil, minyak atsiri, dan lipid karena kemampuannya melarutkan

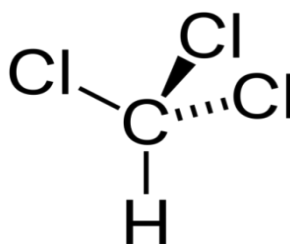
senyawa hidrokarbon, terpenoid, ester, dan komponen aromatik nonpolar lainnya. Heksan memiliki rumus molekul C_6H_{14} dan berat molekul 86,18 g/mol, dengan titik didih $68,7^{\circ}C$, konstanta dielektrik 1,89, dan indeks bias 1,37. Pelarut ini berbentuk cairan tidak berwarna dan sangat mudah menguap. Penelitian Kristian dkk. (2016), menunjukkan bahwa penggunaan heksan menghasilkan minyak esensial dengan aroma alami yang paling menyerupai bunga aslinya. Struktur kimia heksan disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur kimia heksan
Sumber: Singh (2023)

2.4.5 Kloroform

Kloroform merupakan pelarut yang semipolar yang mempunyai indeks nilai bias 1,45 yang merupakan pelarut efektif terhadap berbagai senyawa organik. Larutan kloroform mampu melarutkan lipid, ester, dan hidrokarbon. Kloroform adalah cairan yang sangat mudah menguap dengan titik didih sekitar $61,2^{\circ}C$. Zat ini memiliki bau yang khas dan sedap serta tidak berwarna sehingga menjadikannya mudah dikenali melalui baunya. Senyawa ini memiliki rumus molekul $CHCl_3$ dengan berat molekul sebesar 119,38 g/mol (Mariana dkk., 2018). Struktur kimia kloroform disajikan pada Gambar 6.



Gambar 8. Struktur kimia kloroform
Sumber: Hidayati (2018)

2.5 Kandungan Senyawa Minyak Bunga Kopi

Bunga kopi ialah salah satu bagian tanaman kopi yang memiliki kandungan metabolit kompleks dengan potensi aromatik yang cukup tinggi. Berdasarkan penelitian Rahmawati dkk. (2020), bunga kopi robusta diketahui mengandung senyawa volatil yang memberikan aroma menyerupai bunga melati. Senyawa-senyawa tersebut termasuk dalam kelompok monoterpenoid dan seskuiiterpenoid yang berperan dalam pembentukan aroma alami minyak esensial (Utomo dkk., 2020). Komponen senyawa bunga kopi terdiri atas dua kelompok, yaitu senyawa volatil aromatik seperti kelompok alkohol, aldehid, keton, ester, dan terpenoid dan senyawa bioaktif non-volatil (Wirz *et al.*, 2022). Penelitian Rahmawati dkk. (2020), menunjukkan bahwa ekstrak bunga kopi robusta dengan pelarut n-heksana menghasilkan 15 senyawa kimia dominan yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen senyawa bunga kopi robusta

No	Waktu	Komponen	% Kecocokan	% Area
1	14,474	Nonadecane	64,25	1,77
2	14,698	Pentanoic acid, 5-hydroxy-, 2,4-di-t-butylphenyl esters	79,85	13,46
3	18,649	Nonadecane	41,95	1,93
4	20,479	Tetradecane	75,14	1,00
5	23,18	1,4-Dimethyl-4,5,7,8-tetrahydroimidazo- [4,5-E]-1,4-diazepin-5,6(6H)-dione	78,42	20,33
6	24,389	Tritetracontane	30,36	6,80
7	27,376	Palmitic anhydride	78,51	4,46
8	31,345	Tritetracontane	30,99	10,32
9	32,158	1-methylbutyl hexadecanoate	88,68	1,16
10	33,628	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-1- (hydroxymethyl)ethyl ester	61,14	1,82
11	35,089	Triteracantane	30,66	1,15
12	38,901	Triteracantane	32,19	11,83
13	42,626	1-Decanol, 2-hexyl-	27,33	1,01
14	53,595	1-Hentetracontanol	36,35	3,68
15	60,446	Pentatriacontane	39,90	4,01

Sumber: Rahmawati dkk. (2020)

2.6 Analisis Gas *Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS)

Teknik analisis Gas *Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS) adalah teknik yang menggabungkan dua metode yaitu gas kromatografi dan spektrometri massa. Kombinasi dari kedua teknik tersebut menghasilkan data yang lebih akurat dalam identifikasi senyawa karena dilengkapi dengan struktur molekulnya (Rienoviar dan Setyaningsih, 2018). Kromatografi gas adalah metode untuk menganalisis sampel dengan secara fisik mengubahnya menjadi molekul yang lebih kecil. Spektroskopi massa adalah metode analisis sampel yang dianalisis mengubah menjadi gas ion-ion. Pada GC hanya terjadi pemisahan untuk mendapatkan komponen yang diinginkan, sedangkan bila dilengkapi dengan MS (berfungsi sebagai detektor) akan dapat mengidentifikasi komponen tersebut karena bisa membaca spektrum bobot molekul pada suatu komponen juga terdapat *reference* pada *software*.

Prinsip kerja kromatografi gas ialah perubahan fase sampel menjadi fase gas mencakup pemanasan pada tempat penyuntikan, pemisahan komponen campuran secara spesifik pada kolom yang telah disiapkan, dan pendeteksian tiap komponen menggunakan detektor (Mina, 2023). Spektrometri massa adalah metode analisa identifikasi senyawa oleh atom atau molekul dari sampel yang diionisasi dan dipisahkan berdasarkan *mass to charge* (m/z). Kromatogram adalah representasi grafis hasil kromatografi yang menggambarkan intensitas deteksi terhadap waktu atau volume eluen (pemisah) yang melewati sistem. Hal tersebut berarti bahwa setiap puncak pada kromatogram mencerminkan komponen tertentu dalam sampel. Posisi puncak menunjukkan waktu atau volume eluen ketika komponen tersebut melewati detektor, sedangkan tinggi puncak menggambarkan konsentrasi atau jumlah komponen tersebut dalam sampel.

Retention Time (RT) atau waktu retensi mengacu pada waktu yang dibutuhkan oleh komponen tertentu dalam sampel untuk melewati kolom kromatografi dalam GC sebelum akhirnya mencapai detektor MS. Kemudian, didapatkan data waktu retensi kromatogram dengan beberapa puncak senyawa (kelimpahan terbesar dapat dilihat dari grafik yang paling tinggi) (Mina, 2023). Hasil dari data

spektogram didapatkan pola fragmentasi, sehingga struktur masing-masing senyawa dapat diketahui. Selain itu, dari kromatografi didapat data % area (MS) yang digunakan untuk menghitung konsentrasi zat dan memberikan informasi mengenai kontribusi masing-masing komponen dalam sampel yang dapat digunakan untuk analisis kuantitatif dan perbandingan antara sampel yang berbeda.

2.7 Uji *In Silico*

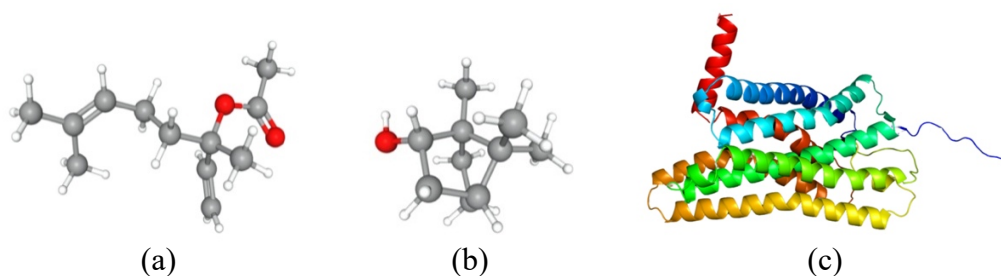
Uji *in silico* merupakan pendekatan komputasional yang digunakan untuk memprediksi interaksi antara senyawa aktif (ligan) dengan protein target menggunakan simulasi berbasis komputer. Metode ini menjadi alternatif dalam tahap awal penelitian *drug discovery* atau skrining aktivitas biologi senyawa bioaktif karena mampu menggambarkan afinitas pengikatan (*binding affinity*), kestabilan kompleks, dan residu asam amino yang berperan dalam interaksi. Proses *docking* bertujuan untuk meniru mekanisme senyawa ligan berikatan dengan sisi aktif protein serta menghitung energi ikatan untuk menentukan potensi aktivitas biologisnya (Fajarini dkk., 2025). Hasil *docking* dapat dijadikan dasar untuk memprediksi aktivitas farmakologis, toksisitas, atau potensi senyawa dalam minyak esensial bunga kopi secara molekuler tanpa perlu uji biologis langsung.

Pendekatan *in silico* juga dapat diterapkan terhadap reseptor olfaktori (*olfactory receptor proteins*) untuk memprediksi mekanisme senyawa volatil bunga kopi berinteraksi dengan sistem penciuman manusia. Reseptor olfaktori merupakan protein membran tipe G-protein *coupled receptor* (GPCR) yang berperan dalam mendeteksi molekul aromatik dan mengirimkan sinyal saraf yang menghasilkan persepsi aroma. Analisis ini dilakukan dengan mengunduh sekuens gen reseptor *olfactory* dari NCBI, kemudian melakukan pemodelan 3D menggunakan SWISS-MODEL dan dilanjutkan dengan *molecular docking* antara senyawa volatil utama dengan protein reseptor seperti OR1A1 yang berperan dalam persepsi aroma. Hasil *docking* terhadap reseptor *olfactory* memberikan nilai *binding affinity* dan kestabilan pengikatan ligan pada kantung aktif reseptor (Gakii *et al.*, 2021). Uji *in silico* juga dilakukan untuk mengevaluasi potensi antistress dari senyawa volatil

utama melalui interaksi dengan protein reseptor OR1A1 yang berperan dalam mekanisme persepsi aroma floral dan pengaktifan jalur saraf limbik yang berhubungan dengan relaksasi, sehingga pendekatan ini relevan digunakan untuk memprediksi efek relaksasi minyak esensial bunga kopi robusta secara molekuler (Gakii *et al.*, 2021). Pendekatan ini dilakukan sebagai interpretasi yang lebih komprehensif antara data kimia hasil GC-MS dengan persepsi sensori aroma sehingga hubungan antara senyawa volatil bunga kopi dan reseptor *olfactory* manusia dapat dijelaskan secara molekuler.

2.7.1 Ligan dan Protein Target

Ligan atau senyawa aktif merupakan komponen penting dalam analisis *molecular docking*. Ligan berfungsi sebagai molekul kecil yang berinteraksi dengan target protein untuk membentuk ikatan yang stabil melalui ikatan non-kovalen, seperti ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik. Pendekatan *in silico* menggunakan *molecular docking* digunakan sebagai tahap awal untuk menyaring berbagai senyawa aktif sebelum dilakukan pengujian eksperimental di laboratorium. Metode ini memprediksi afinitas ikatan dan mode interaksi antara ligan dan protein target secara komputasional, sehingga dapat menghemat waktu, biaya, dan sumber daya penelitian. Validasi struktur ligan dilakukan menggunakan basis data *PubChem* dan protein target menggunakan basis data NCBI untuk memastikan keakuratan sebelum proses *docking* dilakukan. Struktur ligan dan protein target yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Ligan dan protein target
Sumber: *Pubchem* (2025) dan NCBI (2025)

Keterangan:

- a). Struktur 3D Linalyl Acetate
- b). Struktur 3D Borneol
- c). Struktur target protein OR1A1

Senyawa kontrol linalyl acetate dan borneol digunakan sebagai *reference ligand* (*comparative control*) dalam simulasi *molecular docking* untuk membandingkan potensi senyawa volatil minyak esensial bunga kopi terhadap reseptor olfaktori OR1A1. Linalyl acetate merupakan senyawa ester monoterpen yang banyak ditemukan tanaman aromatik seperti *Lavandula angustifolia* (lavender), serta dikenal sebagai komponen utama pembentuk aroma pada produk parfum dan aromaterapi komersial dengan karakter aroma floral, manis, dan segar yang berkaitan dengan efek relaksasi. Borneol merupakan senyawa monoterpen alkohol yang terdapat pada *Cinnamomum camphora* dengan karakter aroma segar, herbal, sedikit kamper, dan balsamik yang memberikan sensasi dingin dan efek menenangkan, sehingga sering digunakan dalam formulasi aromaterapi dan produk farmasi inhalasi (Afrianti dkk., 2021).

Kedua senyawa kontrol tersebut dipilih karena memiliki aktivitas relaksasi yang telah diketahui melalui interaksi dengan sistem saraf pusat, sehingga dapat digunakan sebagai standar pembandingan untuk mengevaluasi kekuatan afinitas ikatan senyawa volatil bunga kopi terhadap reseptor OR1A1. Protein target OR1A1 adalah salah satu reseptor olfaktori pada manusia yang berperan dalam mendeteksi senyawa aroma. Reseptor ini merupakan protein yang terdapat pada sel penciuman di hidung dan dapat berikatan dengan molekul volatil tertentu. Aktivasi OR1A1 akan mengirimkan sinyal ke otak sehingga menghasilkan persepsi aroma tertentu (Choi *et al.*, 2022).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Mutu Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium Kimia dan Bioproses, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Kawasan Sains Teknologi B.J Habibie, Serpong, Kabupaten Tangerang Selatan, Provinsi Banten pada bulan Oktober tahun 2025 hingga bulan Januari tahun 2026.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bunga kopi robusta varietas Komari yang diperoleh dari daerah Perkebunan Kopi, Kecamatan Air Naningan, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung yang dibedakan berdasarkan 2 tahap fase fisiologis bunga kopi, yaitu bunga kopi sebelum penyerbukan dan bunga kopi sesudah penyerbukan, lalu pelarut organik yang diperoleh dari CV. Panca Kimia seperti alkohol 96%, aseton, etil asetat, heksan, dan kloroform, serta bahan lainnya seperti kertas saring *Whatman*, *aluminium foil*, plastik *wrap*, sarung tangan plastik, dan *tissue*.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan analitik, toples kaca, saringan, *laminar air flow*, labu pemisah, kuvet, *beaker glass* (1000mL), pipet tetes, pinset, Erlenmeyer (1000mL) (*Pyrex*), corong gelas, klem, statif, labu evaporasi, *rotary vacuum evaporator*, kondesor, labu pemisah, spatula, botol kecil kaca 8mL, seperangkat alat GC-MS, dan seperangkat peralatan komputer dan *software* untuk uji *in silico*.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dua faktorial. Faktor pertama yaitu tahap fisiologis bunga kopi: sebelum penyerbukan (A1) dan sesudah penyerbukan (A2). Faktor kedua yaitu jenis pelarut organik: alkohol 96% (B1), aseton (B2), etil asetat (B3), heksan (B4), dan kloroform (B5). Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 30 satuan percobaan. Analisis data dilakukan secara deskriptif pada perhitungan rendemen, karakteristik sensori, pengujian komponen kimia GC-MS, dan uji *in silico*. Kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Formula kombinasi perlakuan

Perlakuan		
Kelompok 1	Kelompok 2	Kelompok 3
A ₂ B ₄	A ₂ B ₁	A ₂ B ₃
A ₁ B ₄	A ₂ B ₂	A ₂ B ₅
A ₂ B ₃	A ₁ B ₃	A ₁ B ₂
A ₂ B ₅	A ₂ B ₃	A ₂ B ₄
A ₁ B ₂	A ₂ B ₅	A ₁ B ₄
A ₂ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₅
A ₂ B ₂	A ₁ B ₅	A ₁ B ₁
A ₁ B ₃	A ₁ B ₁	A ₂ B ₁
A ₁ B ₅	A ₂ B ₄	A ₂ B ₂
A ₁ B ₁	A ₁ B ₄	A ₁ B ₃

Sumber: Rahmawati dkk. (2020); Wirz *et al.* (2022) yang dimodifikasi

Keterangan

A1 = Bunga Kopi Sebelum Penyerbukan

A2 = Bunga Kopi Sesudah Penyerbukan

B1= Alkohol 96%

B2= Aseton

B3= Etil Asetat

B4= Heksan

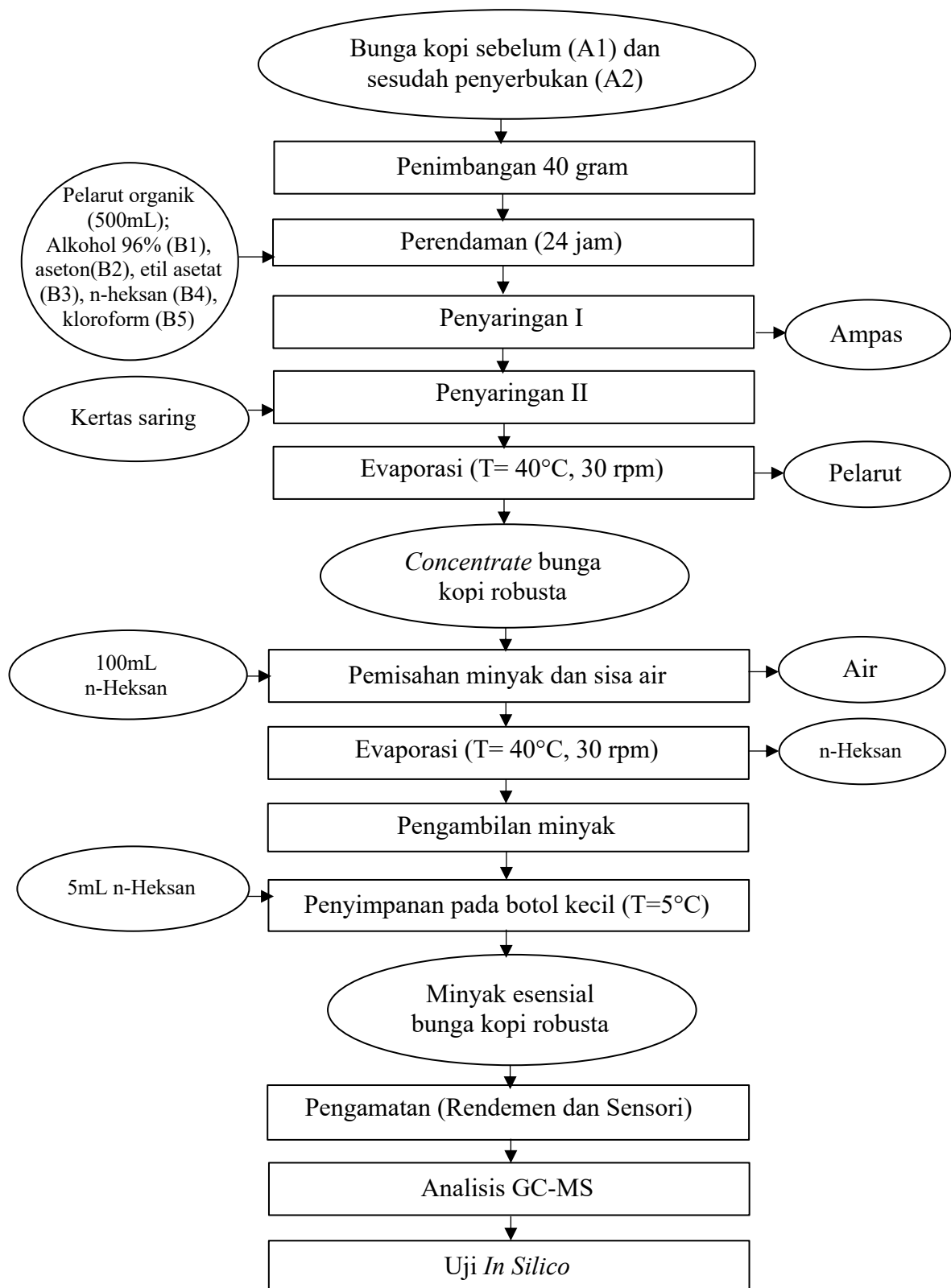
B5= Kloroform

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Bunga kopi robusta varietas Komari dipanen dari kebun kopi Kecamatan Air Nanningan, Kabupaten Tanggamus. Bunga yang digunakan pada dua tahap fisiologis, yaitu sebelum penyerbukan (A1) dan sesudah penyerbukan (A2). Bunga kopi ditimbang sebanyak 40 g untuk setiap perlakuan dan dimasukkan ke dalam wadah perendaman berupa toples kaca berpenutup rapat. Setiap wadah ditambahkan 500 mL pelarut organik sesuai perlakuan, yaitu alkohol 96% (B1), aseton (B2), etil asetat (B3), n-heksan (B4), dan kloroform (B5).

Proses maserasi atau perendaman bunga kopi dilakukan selama 24 jam pada suhu ruang ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) di tempat yang gelap. Setelah 24 jam, hasil perendaman disaring pertama menggunakan saringan untuk memisahkan residu bunga dari filtrat pelarut dan untuk yang kedua filtrat disaring dengan kertas saring *Whatman*. Filtrat yang diperoleh kemudian dievaporasi menggunakan *vacuum rotary evaporator* pada suhu 40°C dan tekanan 30 rpm untuk menguapkan pelarut hingga diperoleh ekstrak minyak esensial pekat.

Apabila masih terdapat kandungan air yang tersisa maka dilakukan fraksinasi (pemisahan) menggunakan 100mL n-Heksan secara bertahap dan dievaporasi kembali menggunakan *rotary vacuum evaporator*. Terakhir, hasil ekstrak ditimbang dan dihitung rendemennya, kemudian diambil menggunakan n-Heksan dan minyak esensial bunga kopi robusta disimpan dalam botol kaca kecil berukuran 8 mL pada suhu 5°C . Setelah itu dilakukan uji sensori untuk didapatkan perlakuan pelarut terbaik untuk dilakukan analisis GC-MS. Hasil analisis GC-MS berupa komponen kimia selanjutnya dilakukan uji *in silico* terhadap OR1A1 untuk dianalisis potensinya sebagai aromaterapi. Proses ekstraksi dan pengamatan minyak esensial bunga kopi robusta disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram alir ekstraksi minyak esensial bunga kopi robusta
 Sumber: Rahmawati (2019); Hidayat dkk. (2016) yang dimodifikasi

3.5 Pengamatan

3.5.1 Rendemen Minyak

Rendemen minyak esensial dihitung untuk mengetahui efisiensi proses ekstraksi menggunakan metode maserasi. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan berat minyak esensial yang diperoleh setelah evaporasi dengan berat bahan kering bunga kopi yang digunakan. Nilai rendemen dinyatakan dalam persen (%). Nilai rendemen yang tinggi menunjukkan pelarut yang digunakan efektif dalam melarutkan komponen volatil minyak esensial dari bunga kopi robusta. Data rendemen yang diperoleh digunakan sebagai dasar untuk menentukan kombinasi terbaik antara tahap fisiologis bunga dan jenis pelarut terhadap efektivitas ekstraksi. Rendemen dihitung menggunakan rumus (Rahmawati, 2019):

$$\text{Hasil ekstraksi (gram)} = \text{Berat labu kering} - \text{Berat labu kosong}$$

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

3.5.2 Karakteristik Sensori

Karakteristik sensori minyak esensial bunga kopi robusta diamati berdasarkan dua parameter utama, yaitu aroma dan warna. Pengamatan dilakukan secara visual dan organoleptik terhadap minyak hasil ekstraksi yang telah melalui proses evaporasi, kemudian disimpan pada suhu 5°C sebelum dilakukan penilaian. Uji sensori dilakukan menggunakan metode skoring oleh 8 orang penjual parfum yang memiliki pengalaman dalam mengenali aroma wewangian. Penilaian aroma dilakukan dengan cara mencium langsung minyak esensial dari masing-masing sampel untuk menilai tingkat intensitas aroma, sedangkan warna diamati berdasarkan kejernihan dan intensitas warna minyak.

Setiap panelis memberikan skor dengan skala 1 hingga 5 sesuai dengan tingkat kesesuaian aroma dan warna yang diamati. Setiap panelis diberi penjelasan mengenai prosedur penilaian, penggunaan biji kopi *roasted* untuk menetralkan penciuman antar sampel, serta pedoman penilaian berdasarkan skala intensitas. Hasil penilaian sensori kemudian dikumpulkan dalam bentuk skor untuk setiap sampel, yang selanjutnya dianalisis guna menentukan perlakuan terbaik berdasarkan jenis pelarut dan tahap fisiologis bunga. Data hasil uji sensori digunakan sebagai penentuan perlakuan terbaik terhadap hasil ekstraksi minyak esensial bunga kopi berdasarkan jenis pelarut dan tahap fisiologis bunga. Penilaian sensori juga digunakan untuk mendukung interpretasi hasil analisis GC-MS, sehingga hubungan antara persepsi aroma dengan komponen kimia dominan dapat dijelaskan secara komprehensif. Kuesioner uji skoring minyak esensial bunga kopi *robusta* meliputi parameter aroma dan warna disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Lembar kuesioner uji skoring

<u>KUESIONER UJI SKORING</u>										
							Hari/tanggal :			
Nama		:								
Produk		: Minyak esensial bunga kopi <i>robusta</i>								
<p>Anda diminta untuk memberikan angka 1 sampai 5 pada kolom yang sesuai berdasarkan penilaian dan pernyataan anda terhadap parameter warna dan aroma minyak esensial bunga kopi <i>robusta</i>. Gunakan biji kopi untuk menetralkan penciuman sebelum menilai sampel berikutnya.</p>										
Penilaian	Kode Sampel									
	468	121	712	214	423	215	718	576	421	321
Warna										
Aroma										
Parameter Warna					Parameter Aroma					
1= Keruh, kuning-kecoklatan					1 = Sangat tidak floral					
2= Sedikit keruh, kuning keemasan					2 = Tidak floral					
3= Jernih, kuning-keemasan					3 = Sedikit floral					
4= Jernih, kuning-muda cerah					4 = Floral					
5= Sangat jernih, kuning-muda cerah					5 = Sangat floral					

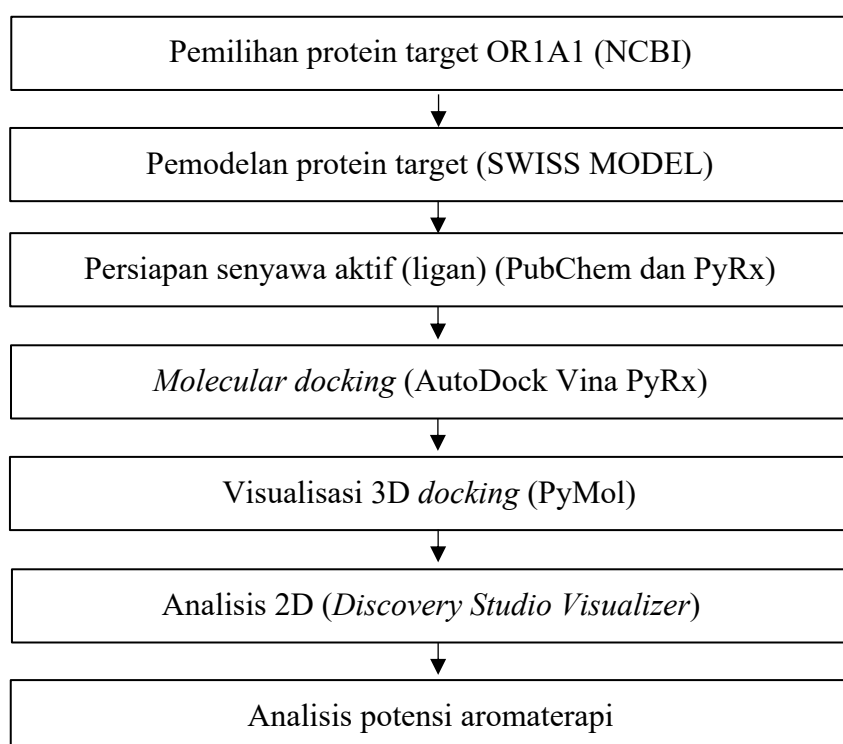
3.5.3 Analisis GC-MS

Analisis komponen kimia minyak esensial bunga kopi dilakukan menggunakan *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (GC-MS). Sampel minyak diuapkan pada suhu 40°C hingga tidak mengandung pelarut, kemudian disuntikkan ke alat GC-MS untuk dianalisis. Hasil analisis berupa kromatogram yang menunjukkan waktu retensi (*Retention Time*, RT) dari masing-masing senyawa volatil, serta spektrogram massa untuk mengidentifikasi struktur molekulnya berdasarkan basis data NIST. Identifikasi dilakukan terhadap senyawa volatil utama yang berkontribusi pada aroma khas bunga kopi seperti golongan terpenoid dan ester, serta senyawa pendukung seperti senyawa metabolit yang berperan sebagai penstabil senyawa volatil (Rahmawati dkk., 2020; Wirz *et al.*, 2022). Persentase area puncak digunakan untuk menentukan kelimpahan relatif setiap senyawa. Data GC-MS kemudian dikaitkan dengan hasil pengamatan sensori untuk melihat hubungan antara karakteristik aroma dengan komponen kimia dominan.

3.5.4 Uji *In Silico*

Uji *in silico* dilakukan untuk mengetahui potensi interaksi molekuler antara senyawa aktif hasil GC-MS dengan protein target, khususnya *olfactory receptor* (OR1A1) yang berperan dalam persepsi aroma. Tahapan pelaksanaan uji *in silico* dimulai dengan pemilihan protein target OR1A1 menggunakan data sekuens protein yang diperoleh dari basis data NCBI dalam format FASTA dan struktur tiga dimensinya dimodelkan menggunakan SWISS-MODEL dengan mempertimbangkan nilai GMQE dan QMEAN tertinggi sebagai indikator kualitas sehingga model 3D terbaik dapat dipilih dan disimpan dalam format pdb. Struktur protein OR1A1 yang telah dimodelkan kemudian dibersihkan dari molekul air dan ligan bawaan menggunakan PyMOL. Setelah itu dilakukan persiapan struktur senyawa aktif yang diunduh dari *PubChem* dalam format sdf, kemudian dikonversi ke format pdb serta diminimasi energinya menggunakan Open Babel di PyRx agar stabil dan siap untuk proses *docking* (Waterhouse *et al.*, 2018).

Proses *molecular docking* dilakukan menggunakan AutoDock Vina di PyRx dengan memasukkan struktur protein OR1A1 yang telah bersih dan senyawa aktif yang sudah diminimasi energi untuk menghitung nilai *binding affinity* sebagai ukuran kekuatan interaksi ligan dan reseptor, semakin negatif nilainya maka semakin kuat dan stabil interaksi yang terbentuk antara senyawa volatil dan protein target (Zhao *et al.*, 2023). Hasil *docking* divisualisasikan secara 3D menggunakan PyMOL serta dianalisis lebih lanjut secara 2D menggunakan *Discovery Studio Visualizer* untuk mengidentifikasi jenis ikatan non kovalen dan residu asam amino yang berperan dalam pengikatan seperti ikatan hidrogen, pi sigma, hidrofobik, *alkyl*, dan pi *alkyl* (Waterhouse *et al.*, 2018). Tahap akhir berupa interpretasi hasil menunjukkan nilai *binding affinity* yang mengindikasikan bahwa senyawa dengan interaksi paling kuat yang berperan sebagai komponen utama penentu aroma floral khas bunga kopi robusta (Gakii *et al.*, 2021). Diagram alir prosedur *uji in silico* komponen kimia minyak esensial bunga kopi robusta terhadap gen OR1A1 disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Prosedur *uji in silico* komponen kimia minyak esensial bunga kopi robusta terhadap gen OR1A1

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Ekstraksi minyak esensial bunga kopi sebelum penyerbukan dengan pelarut heksan menghasilkan karakteristik sensori terbaik dengan skor warna sebesar 4,2 (jernih-kuning muda cerah), skor aroma sebesar 3,4 (sedikit khas bunga kopi), dan rendemen sebesar 0,72%.
2. Hasil analisis GC-MS terhadap minyak esensial bunga kopi yang diperoleh dari ekstraksi dengan pelarut terbaik diperoleh senyawa dominan 2,6-octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z), nonadecane, cetene, 1-octadecanol, 1-tricosene, 1-nonadecene, 1-tetracosene, tricosane, heneicosane, pentacosane, 1-hexacosene, heptacosane, dan squalene.
3. Senyawa 2,6-octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-(Z) memiliki *binding affinity* $-6,0$ kcal/mol terhadap reseptor OR1A1, lebih kuat dibandingkan senyawa kontrol borneol ($-5,7$ kcal/mol) dan linalyl acetate ($-5,8$ kcal/mol), serta terdapat interaksi ikatan aromatik dengan VAL76 dan PHE72, serta ikatan hidrofobik dengan ILE92, LYS80, LEU107, TRP149, dan PHE103.

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini yaitu diperlukan kajian lebih lanjut mengenai pemanfaatan minyak esensial bunga kopi sebagai bahan aromaterapi dengan mempertimbangkan formulasi produk dan efektivitas penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelshafeek, K., Abdelkareem, M. and Saad, F.A. 2018. GC/MS analysis of the volatile constituents from *Arum cyreniacum* flowers. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*.13(4): 01-04.
- Adisti, J. P. dan Idris, M. 2023. Pengaruh ekstrak pegagan (*Centella asiatica* L.) dengan beberapa jenis pelarut sebagai biostimulan terhadap pertumbuhan sawi pagoda (*Brassica rapa* var. *narinosa* L.) . *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. 11(1): 54-61.
- Ambarwati, R., Handayani, M.T.R., Irwanto, M.F., Efrilia, M., Tasya, H.N., Indrayoni, P., Chandra, P.P.B., Andini, S., Fatmi, M., Yulianita, Y. and Oktavilantika, D.M. 2025. *Botani Farmasi*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia. Jambi. 170hlm.
- Assa, A., Indriana, D., Amalia, A. N., dan Wulandari, R. 2021. Potensi senyawa aktif biji kopi sebagai *immunomodulator* (ulasan). *Jurnal Riset Teknologi Industri*. 15(2): 279-290.
- Azizah, S. R. 2022. Pemanfaatan *essential oils* sebagai aromaterapi dalam perawatan kulit. *MEDFARM: Jurnal Farmasi dan Kesehatan*. 11(1): 62-77.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2024. Peningkatan Produksi Kopi Robusta. Badan Pusat Statistik. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia.
- 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.
- Choi, N. Y., Wu, Y. T., and Park, S. A. 2022. Effects of olfactory stimulation with aroma oils on psychophysiological responses of female adults. *International journal of environmental research and public health*. 19(9): 1-11.
- 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.
- Fahrulsyah, F., Utomo, T. P., Suroso, E., dan Hidayati, S. 2019. Analisis nilai tambah minyak bunga kopi robusta di Lampung. *Journal of Tropical Upland Resources*. 3(1): 1-11.
- Fajarini, S. R., Amin, S., Habib, B. M., dan Darmawan, M. R. 2025. From laboratory to algorithm: the role of computational methods in new drug design discovery in the digital era. *Jurnal Farmasimed (JFM)*. 8(1): 1-10.
- Fajrin, N. 2017. Kajian Pengembangan Agroindustri Minyak Atsiri Berbasis Bunga Di Provinsi Lampung. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- Fita, F., 2023. The Analysis of attractant compound from *Neoregelia spectabilis* as breeding site of *Aedes albopictus*. *Jurnal Matematika dan Sains (JMS)*. 3(2): 45-52.
- Gakii, C., Bwana, B. K., Mugambi, G. G., Mukoya, E., Mireji, P. O., and Rimiru, R. 2021. In silico-driven analysis of the *Glossina morsitans* antennae transcriptome in response to repellent or attractant compounds. *PeerJ*. 9(3): 112–120.
- 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): 1-9.
- Hidayati, E. 2018. Pengaruh Jenis Pelarut dan Waktu Kestabilan sebagai Dasar Pembuatan Test Kit Timbal. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Jawa Timur.
- Hu, K., Chen, J., Shi, T., Wei, X., Wang, Y., Li, S., and Shi, G. 2026. Selenium enhances floral terpene emission in tree peony by upregulating MEP pathway genes and terpene synthase genes. *Industrial Crops and Products*. 239(1): 122386.
- Hotmian, E., Suoth, E., Fatimawali, F., dan Tallei, T. 2021. Analisis GC-MS (gas chromatography-mass spectrometry) ekstrak metanol dari umbi rumput teki (*Cyperus rotundus* L.). *Pharmacon*. 10(2): 849-856.
- Iswara, F. P., Rubiyanto, D., dan Julianto, T. S. 2014. Analisis senyawa berbahaya dalam parfum dengan kromatografi gas-spektrometri massa berdasarkan material safety data sheet (MSDS). *Indonesian Journal of Chemical Research*. 18-27.
- Julianto, T. S. 2016. *Minyak Atsiri Bunga Indonesia*. Deepublish. Yogyakarta. 197hlm.

- Kadarohman, A., Salima, G., Salim, A. H., Safitri, A., Gustiawan, K. H., Sardjono, R. E., dan Khumaisah, L. L. 2022. Fructone synthesis from ethanol and acetic acid. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 11(3): 250-258.
- Kristian, J., Zain, S., Nurjanah, S., Widyasanti, A., dan Putri, S. H. 2016. Pengaruh lama ekstraksi terhadap rendemen dan mutu minyak bunga melati putih menggunakan metode ekstraksi pelarut menguap (*solvent extraction*). *Jurnal Teknotan*. 10(2): 34-43.
- Mafiana, C. 2022. Aktivitas antibakteri dan antioksidan ekstrak kulit petai (*Parkia speciosa* hassk.) Berdasarkan perbedaan jenis pelarut. *Skripsi*. Universitas PGRI Semarang. Jawa Tengah.
- Maibang, S.R., Nasution, F.M., Manullang, M., Damanik, S.N., Siregar, A.R., Turnip, Y.H. and Jahro, I.S., 2025. Studi tentang polaritas dan sifat elektrolit buah impor melalui percobaan sederhana. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*. 5(4): 1307-1317.
- Mariana, E., Cahyono, E., dan Nurcahyo, B. 2018. Validasi metode kuantitatif metanol dalam urin menggunakan gas kromatografi *flame ionization detector*. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(3): 277-284
- Mina, M. 2023. Analisis Senyawa Metabolit Sekunder dari Ekstrak Metanol Daun Paria Gunung (*Cardiospermum halicacabum* L.) Berdasarkan Perbedaan Habitat. *Doctoral dissertation*. UIN Ar-Raniry. Banda Aceh.
- Novariska, S. 2024. Gambaran Skrining Fitokimia Ekstrak Kulit Buah Nanas Madu Hasil Ekstraksi Maserasi Dengan Pelarut Berbeda Polaritas. *Doctoral Dissertation*. Poltekkes Kemenkes Tanjung Karang. Lampung.
- Owen, T. 2020. Coffee seed structure and coffee bean defects. Library Sweet. <https://library.sweetmarias.com> Diakses pada 20 Februari 13.10 WIB
- Pasaribu, R.K.U., Iqbal, M., Rahayu, I.D., and Triyandi, R., 2025. Pengaruh pemilihan pelarut terhadap rendemen ekstrak daun hijau (*Camellia sinensis*) menggunakan metode ekstraksi maserasi. *Sains Medisina*. 3(5): 275-279.
- Putri, M.K., Elivitasari, A., dan Fajri, M.A. 2025. Review metode ekstraksi dan kandungan kimia bunga kopi (*Coffea sp.*). *Forte Journal*. 5(1): 1-9.
- Rabbaniyyah, M., Estikomah, S. A., dan Artanti, L. O. 2021. Uji daya hambat fraksi n-heksan, kloroform, dan etanol ekstrak daun kitolod (*Isotoma longiflora*) terhadap bakteri *Shigella sonnei*. *Pharmasipha*. 5(1): 9-14.
- Rahmawati, S. H. 2019. Kajian Ekstraksi Komponen Aromatik Bunga Kopi robusta (*Coffea chanephora*). Universitas Lampung. *Thesis*. Universitas Lampung. Lampung.

- 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.
- Rienoviar, R. dan Setyaningsih, D. 2018. Studi senyawa aroma ekstrak andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium*) dari beberapa pelarut menggunakan *gas chromatography-mass spectro* (GC-MS). *Indonesian Journal of Industrial Research*. 35(2): 85-90.
- Rizwan, M. P. 2022. *Budidaya kopi*. Cv. Azka Pustaka. Pasaman Barat. 115hlm.
- Syaiful, A. Z., Hermawati, H., dan Sonda, M. 2022. Pengaruh lama pengaktifan ragi untuk fermentasi kulit kopi arabika menjadi aromaterapi. *Jurnal Saintis*. 3(2): 37-49.
- Sihombing, C. M., Jahro, I. S., Gurning, M. A., Aulianti, D., Situmorang, E. H. N., Simaremare, H. G. M., dan Syafitri, A. 2025. Analisis komprehensif senyawa kovalen polar dan nonpolar pada tanaman obat keluarga: identifikasi dan potensi penggunaannya. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*. 5(1): 157-168
- Singh, R. 2023. Hexane Formula – properties, structure, and uses. Physicswallah India. <https://www.pw.live/about-us> Diakses pada 10 November 14. 20 WIB
- Supeno, B. dan Erwan, N. M. L. E. 2018. Diversifikasi pemanfaatan limbah kulit buah kopi untuk produk yang bernilai ekonomis tinggi di Kabupaten Lombok Utara. Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat dan *Corporate Social Responsibility*. 1(2): 449–457.
- 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.
- Wahyuningsih, S., Yunita, I., Sundari, U. Y., Pagalla, D. B., Kalalinggi, S. Y., Alpian, D., Nurmalasari, E., Suryandani, H., Ramlah, S., dan Nasrullah, M. 2024. *Ekstraksi Bahan Alam*. Padang, Indonesia: Gita Lentera Redaksi.
- Waterhouse, A., Bertoni, M., Bienert, S., Studer, G., Tauriello, G., Gumienny, R., and Schwede, T. 2018. SWISS-MODEL: homology modelling of protein structures and complexes. *Nucleic acids research*. 46(1): 296-303.
- Wijaya, J., 2018. Pengaruh Jenis Pelarut pada Ekstraksi Metode Ultrasonik terhadap Aktivitas Antioksidan dan Proteksi dari Sinar Uv Ekstrak Senyawa Bioaktif Kulit Pisang (*Musa paradisiaca*) Candi. *Doctoral dissertation*. Universitas Brawijaya. Jawa Timur.

- 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.
- Yulianti, W., Ayuningtiyas, G., Martini, R. dan Resmeiliana, I., 2020. Pengaruh metode ekstraksi dan polaritas pelarut terhadap kadar fenolik total daun kersen. *Jurnal Sains Terapan*. 10(2): 41-49.
- Zhao, J., Wu, C., and Song, G. 2023. Structure-based virtual screening and molecular docking for discovery of novel anti-inflammatory agents. *Computational Biology and Chemistry*. 12(1): 1-4.