STUDI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN PADA SEDIAAN GRANUL KOMBINASI EKSTRAK BUAH TENGKAWANG TUNGKUL DAN EKSTRAK CINCALOK SECARA *IN SILICO* DAN *IN VITRO* MENGGUNAKAN METODE FRAP

SKRIPSI

Oleh:

LAYLA SYAMSA

NIM. I1021221116

PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK

2026

STUDI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN PADA SEDIAAN GRANUL KOMBINASI EKSTRAK BUAH TENGKAWANG TUNGKUL DAN EKSTRAK CINCALOK SECARA *IN SILICO* DAN *IN VITRO* MENGGUNAKAN METODE FRAP

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Farmasi (S. Farm) pada Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura Pontianak

Oleh:

LAYLA SYAMSA

NIM. I1021221116

PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

SKRIPSI

STUDI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN PADA SEDIAAN GRANUL KOMBINASI EKSTRAK BUAH TENGKAWANG TUNGKUL DAN EKSTRAK CINCALOK SECARA *IN SILICO* DAN *IN VITRO* MENGGUNAKAN METODE FRAP

OLEH:

LAYLA SYAMSA

NIM. I1021221116

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran
Universitas Tanjungpura
Tanggal: 7 Januari 2026

Disetujui,

Pembimbing Utama,	Pembimbing Pendamping,
Fajar Nugraha, S.Farm., M.Sc., Apt.	**Hadi Kurniawan, S.Farm., M.Sc., Apt.**
NIP. 198907012020121010	**NIP. 198904192019031010**
Penguji Utama,	**Penguji Pendamping,**
Dr. Bambang Wijianto, M.Sc., Apt.	**apt. Enggy Erwansani., M.Farm**
NIP. 198412312009121005	**NIP. 198911182024061002**

Mengetahui,
Dekan Fakultas Kedokteran
Universitas Tanjungpura

dr. Ita Aranyanti, M.Pd.Ked
NIP. 198110042008012011

Lulus Tanggal : **7 Januari 2026**
No. SK Dekan FK : **548/DST/UN22.9/DT.00.10/2026**
Tanggal SK : **11 Februari 2026**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Layla Syamsa

NIM : I1021221116

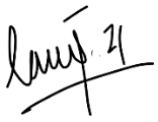
Jurusan/Prodi : Farmasi

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Pontianak, 7 Januari 2026

Yang Membuat Pernyataan,



Layla Syamsa

NIM. I1021221116

MOTTO

“Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras. Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(QS. Al-Insyirah: 7-8)

“Sesungguhnya Allah mencintai apabila salah seorang di antara kalian melakukan suatu pekerjaan, ia menyempurnakannya.”

(HR. Al-Baihaqi)

“Ilmu pengetahuan tanpa agama adalah lumpuh, dan agama tanpa ilmu adalah buta.”

(Albert Enstein)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahi robbil 'alamin segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat, pertolongan, dan ketetapan-Nya, sehingga karya ini dapat diselesaikan dengan baik. Setiap proses yang dilalui merupakan pelajaran berharga tentang kesabaran, ketekunan, dan keikhlasan dalam berusaha. Skripsi ini menjadi saksi bahwa dengan usaha, doa dan tawakal, setiap langkah yang ditempuh akan menemukan jalannya.

Karya ini penulis persembahkan kepada orang tua dan seluruh saudara yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang tanpa batas. Kepercayaan, pengorbanan, serta ketulusan yang diberikan menjadi sumber kekuatan utama dalam menghadapi berbagai tantangan selama proses penyusunan skripsi. Kebersamaan dan nasihat keluarga menjadi penopang yang menguatkan penulis untuk terus melangkah hingga tahap akhir.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh sahabat dari sd hingga kuliah, khususnya sahabat seperjuangan (Agnesia, Harnita, Nanda, dan Febriani) yang telah menemani perjalanan ini dengan ketulusan dan kebersamaan. Selain itu, apresiasi penulis berikan kepada *StrayKids* dan *KickFlip* yang melalui karya musik dan pesan positifnya telah menjadi penghibur serta sumber semangat di tengah kepenatan, sehingga penulis mampu menjaga motivasi dan konsistensi dalam menyelesaikan skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan karunianya, penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan judul ”Studi Aktivitas Antioksidan pada Sediaan Granul Kombinasi Ekstrak Buah Tengkawang Tungkul dan Ekstrak Cincalok Secara *In Silico* dan *In Vitro* menggunakan Metode FRAP” dengan baik. Penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan Program Sarjana (S1) prodi Farmasi pada Universitas Tanjungpura.

Penulisan skripsi yang tidak luput dari hambatan dan rintangan ini dapat terlewati berkat doa dan dukungan yang tulus dari berbagai pihak kepada penulis.. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini, penulis ingin menyampaikan rasa syukur dan terima kasih kepada pihak terlibat yang turut membantu proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga ini dapat diselesaikan.
2. dr. Ita Armyanti, M.pd. Ked, selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura
3. Dr. Bambang Wijianto, M.Sc., Apt, selaku Kepala Bagian Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura Pontianak.
4. Nera Umilia Purwanti. M. Sc, Apt. selaku Koordinator Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura Pontianak.

5. Meri Ropiqa, M.Pharm., Sci, Apt. Selaku Dosen Pembimbing Akademik yang sudah sabar dalam memberikan arahan dan dukungan kepada penulis dalam masa perkuliahan.
6. Fajar Nugraha, S.Farm., M.Sc., Apt. selaku Pembimbing Utama dan Hadi Kurniawan, S.Farm., M.Sc., Apt. selaku Pembimbing Pendamping yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, mengajarkan, dan memberikan semangat selama penulisan skripsi ini.
7. Dr.Bambang Wijianto, M.Sc., Apt. selaku Penguji Utama dan Apt. Enggy Erwansani, M.Farm., selaku Penguji Pendamping yang telah memberikan saran, penilaian, dan masukan selama penyusunan skripsi ini.
8. Para dosen dan civitas akademik di Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura Pontianak yang telah memberikan ilmu serta masukan dan saran.
9. Kedua oramg tua penulis, Edy dan Erni yang selalu mendukung saya dan selalu mendampingi saya dari awal hingga sekarang, saudara saya (Alfian, Woro, Anis, dan Ben) yang selalu mendo'akan serta menyemangati dan memberi perhatian terhadap saya.
10. Kepada diri sendiri yang telah mau berusaha hingga sekarang, tetap maju melewati tantangan dalam hidup ini. Sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
11. Teman seangkatan "Serdefa" khususnya "Beta Serdefa", teman-teman Ibnu Sina FK Untan serta teman-teman Tim penelitian BTC yang sudah berjuang, mendukung dan berbagi pengalaman bersama hingga sekarang.

12. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan doa, dukungan dan bantuan selama penyusunan skripsi ini, sehingga bisa terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini, masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Pontianak, Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
PERNYATAAN KEASLIAN ..... **iii**
MOTTO ..... **iv**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
DAFTAR TABEL ..... **xiv**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xv**
DAFTAR SINGKATAN ..... **xvi**
ABSTRAK ..... **xvii**
ABSTRACT ..... **xviii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
I.1 Latar Belakang 1
I.2 Rumusan Masalah 4
I.3 Tujuan Penelitian 4
I.4 Manfaat Penelitian 5
I.4.1 Untuk Institusi 5
I.4.2 Untuk Masyarakat 5
I.4.3 Untuk Industri 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**
II.1 Tinjauan Pustaka 6
II.1.1 Tanaman Tengkawang Tungkul 6
II.1.1.1 Klasifikasi Tanaman Tengkawang Tungkul 6
II.1.1.2 Deskripsi Tengkawang Tungkul 6
II.1.1.2 Kandungan Tengkawang Tungkul 8
II.1.2 Udang Rebon 11

II.1.2.1 Klasifikasi Udang Rebon 11
II.1.2.2 Deskripsi Udang Rebon 11
II.1.2.3 Cincalok 12
II.1.3 Radikal Bebas 14
II.1.4 Antioksidan 16
II.1.5 Penambatan Molekul (*Molecular Docking*) 19
II.1.6 Ligan 21
II.1.6.1 Asam Stearat 22
II.1.6.2 Asam Oleat 23
II.1.6.3 Asam Palmitat 24
II.1.6.4 Astaxanthin 25
II.1.6.5 Omega 3 26
II.1.6.6 Omega 6 28
II.1.7. Reseptor Antioksidan 29
II.1.7.1 KEAP1 29
II.1.7.2 Glutathione Peroxidase 30
II.1.7.3 Peroxiredoxine 5 32
II.1.8 Jenis-Jenis Ikatan Kimia 33
II.1.8.1 Ikatan Ion 33
II.1.8.2 Ikatan Kovalen 33
II.1.8.3 Ikatan Dipol-dipol 34
II.1.8.4 Ikatan *Van der waals* 34
II.1.8.5 Ikatan Hidrogen 35
II.1.8.6 Ikatan Hidrofob 35
II.1.9 Metode FRAP 36
II.1.10 *Microplate Reader* (ELISA *Reader*) 37
II.1.11 Sediaan Granul 39
II.2. Landasan Teori 39
II.3 Kerangka Konsep 42
II.4 Hipotesis 42

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 43
III.1 Alat dan Bahan 43
III.1.1 Alat 43
III.1.2 Bahan 44
III.2 Tempat dan Waktu Penelitian 44
III.3 Sampel Penelitian 45
III.4 Rancangan Penelitian 47
III.4.1 *Molecular Docking* 47
III.4.1.1 Preparasi Struktur Ligan 47
III.4.1.2 Preparasi Struktur Molekul Reseptor 47
III.4.1.3 Validasi Metode 48
III.4.1.4 Penambatan Molekul (*Molecular Docking*) Ligan pada Reseptor 49
III.4.2 Aktivitas Antioksidan Secara *In Vitro* dengan Metode FRAP 49
III.4.3 Analisis Data 50
III.5 Skema Penelitian 52
III.6 Jadwal Penelitian 53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 54
IV.1 *Molecular Docking* 54
IV.1.1 Preparasi Struktur Molekul Reseptor 55
IV.1.2 Preparasi Struktur Ligan 56
IV.1.3 Validasi Metode 60
IV.1.4 Penambatan Molekul Ligan Pada Reseptor 63
IV.1.4.1 Interaksi KEAP1 dengan Ligan Uji 63
IV.1.4.2 Interaksi GPx dengan Ligan Uji 68
IV.1.4.3 Interaksi PRDX5 dengan Ligan Uji 73
IV.2 Uji Aktivitas Antioksidan Secara In Vitro dengan Metode FRAP 78
IV.3 Uji Korelasi 86
BAB V PENUTUP 89

V.1 Kesimpulan 89
V.2 Saran..... 90
DAFTAR PUSTAKA 91
LAMPIRAN.....116

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

Gambar 1. Pohon Tengkawang Tungkul 8
Gambar 2. Buah Tengkawang Tungkul 11
Gambar 3. Udang Rebon (*Acetes* sp.) 12
Gambar 4. Cincalok 13
Gambar 5. Struktur 2D Asam Stearat 23
Gambar 6. Struktur 2D Asam Oleat 24
Gambar 7. Struktur 2D Asam Palmitat 25
Gambar 8. Struktur 2D Astaxanthin 26
Gambar 9. Struktur 2D DHA dan EPA 27
Gambar 10. Struktur 2D Asam Linoleat 29
Gambar 11. Struktur KEAP1 30
Gambar 12. Struktur Glutathione Peroxidase 31
Gambar 13. Struktur Peroxiredoxine 5 33
Gambar 14. Reaksi redoks untuk kompleks Fe dalam TPTZ 37
Gambar 15. *Microplate* 38
Gambar 16. Kerangka Konsep Penelitian 42
Gambar 17. Skema Penelitian 52
Gambar 18. Visualisasi 3D Interaksi KEAP1 dengan Ligan Uji 64
Gambar 19. Visualisasi 3D Interaksi GPx dengan Ligan Uji 69
Gambar 20. Visualisasi 3D Interaksi PRDX5 dengan Ligan Uji 74
Gambar 21. Tampilan Sampel Pada *Microplate* 82
Gambar 22. Grafik Konsentrasi vs %inhibisi 82

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

Tabel 1. Kategori Antioksidan Berdasarkan Nilai IC50 18
Tabel 2. Kategori Antioksidan Berdasarkan Nilai AAI..... 19
Tabel 3. Formulasi Optimum Sediaan Granul Kombinasi 46
Tabel 4. Jadwal Penelitian..... 53
Tabel 5. Hasil Struktur 3D Reseptor 56
Tabel 6. Hasil Penentuan Fisikokimia Ligan 57
Tabel 7. Struktur dan Energi Total Ligan Uji..... 59
Tabel 8. Visualisasi Validasi Metode..... 61
Tabel 9. Parameter Uji dan Hasil Validasi Metode 62
Tabel 10. Interaksi KEAP1 dengan Ligan Uji 64
Tabel 11. Interaksi GPx dengan Ligan Uji..... 70
Tabel 12. Interaksi PRDX5 dengan Ligan Uji 75
Tabel 13. Hasil Nilai IC50 83
Tabel 14. Uji Korelasi 86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran **Halaman**

Lampiran 1. Perhitungan *In Vitro* 116
Lampiran 2. Data Pengukuran Uji FRAP 121
Lampiran 3. Analisis Data 138
Lampiran 4. Dokumentasi 139
Lampiran 5. Determinasi Tanaman Tengkawang 140
Lampiran 6. Hasil Uji Kandungan Buah Tengkawang Tungkul 141

DAFTAR SINGKATAN

AAI	: *Antioxidant Activity Index*
Cu	: Cuprum
$FeCl_3$	: Besi (III) Klorida
FRAP	: *Ferric Reduction Assay Power*
GPx	: glutathione peroksidase
HCl	: Hidrogen Klorida
IC_{50}	: *Inhibition Concentration 50*
KEAP1	: *Kelch-like ECH-associated protein* 1
NRF2	: *Nuclear factor-erythroid-2 related factor 2*
PDB	: *Protein Data Bank*
PRDX5	: *Peroxiredoxine*
PUFA	: *Polyunsaturated Fatty Acid*
PVP	: Polivinilpirolidon
RMSD	: *Root Mean Square Deviation*
RNS	: *Reactive Nitrogen Species*
ROS	: *Reactive Oxygen Species*
SOD	: Superoksida Dismutase
TPTZ	: 2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazin

ABSTRAK

Stres oksidatif berperan dalam patogenesis penyakit degeneratif yang prevalensinya di Indonesia masih tinggi, seperti hipertensi (34,1%), stroke (10,9‰), diabetes melitus (2%), dan kanker (1,8‰). Penggunaan antioksidan sintetis berisiko karsinogenik sehingga diperlukan sumber antioksidan alami. Ekstrak buah tengkawang tungkul dan ekstrak cincalok mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai antioksidan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi aktivitas antioksidan ekstrak tunggal dan granul kombinasi keduanya secara *in silico* dan *in vitro*. Studi *in silico* menggunakan *molecular docking* untuk memprediksi interaksi senyawa uji terhadap reseptor KEAP1, glutathione peroxidase (GPx), dan peroxiredoxin-5 (PRDX5) berdasarkan energi bebas ikatan (ΔG). Hasil *in silico* menunjukkan bahwa DHA memiliki ikatan paling stabil pada KEAP1 (ΔG = −7,29 kcal/mol), sedangkan EPA pada GPx (ΔG = −7,52 kcal/mol) dan PRDX5 (ΔG = −5,51 kcal/mol), yang mengindikasikan potensi modulasi sistem pertahanan antioksidan seluler. Uji *in vitro* menggunakan metode Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) menunjukkan bahwa ekstrak tengkawang, ekstrak cincalok, dan granul kombinasi memiliki aktivitas antioksidan lemah hingga tidak aktif dengan nilai IC_{50} masing-masing 402,61 ± 3,75 μg/mL; 927,87 ± 3,18 μg/mL; dan 870,74 ± 35,49 μg/mL, sedangkan vitamin C menunjukkan aktivitas sangat kuat (IC_{50} 14,73 ± 0,59 μg/mL). Perbedaan hasil *in silico* dan *in vitro* menegaskan bahwa afinitas ligan–reseptor tidak selalu berbanding lurus dengan kapasitas reduksi langsung, sehingga integrasi kedua pendekatan diperlukan untuk evaluasi antioksidan yang komprehensif.

Kata kunci: antioksidan, FRAP, *molecular docking*, *in silico*, *in vitro*

ABSTRACT

Oxidative stress has been demonstrated to play a role in the pathogenesis of degenerative diseases that are still prevalent in Indonesia, including hypertension (34.1%), stroke (10.9‰), diabetes mellitus (2%), and cancer (1.8‰). The utilisation of synthetic antioxidants carries a carcinogenic risk, thus necessitating the use of natural sources of antioxidants. Tengkawang tungkul fruit extract and cincalok extract have been found to contain bioactive compounds with antioxidant potential. The objective of this study is to evaluate the antioxidant activity of single extracts and a combination of both in silico and in vitro. The in silico study employs molecular docking to predict the interaction of test compounds with KEAP1, glutathione peroxidase (GPx), and peroxiredoxin-5 (PRDX5) receptors based on bond free energy (ΔG). The in silico results demonstrated that DHA exhibited the most stable bond with KEAP1 (ΔG = −7.29 kcal/mol), while EPA demonstrated the most stable bond with GPx (ΔG = −7.52 kcal/mol) and PRDX5 (ΔG = −5.51 kcal/mol). These findings suggest the potential for modulation of the cellular antioxidant defence system. In vitro testing using the Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) method demonstrated that tengkawang extract, cincalok extract, and the combination granules exhibited weak to inactive antioxidant activity, with IC50 values of 402.61 ± 3.75 μg/mL; 927.87 ± 3.18 μg/mL; and 870.74 ± 35.49 μg/mL, respectively. In contrast, vitamin C exhibited significantly stronger activity, with an IC50 value of 14.73 ± 0.59 μg/mL. The discrepancies observed between in silico and in vitro results serve to underscore the notion that ligand–receptor affinity does not invariably correlate with direct reduction capacity. Consequently, a holistic approach encompassing both of these methodologies is imperative for a comprehensive antioxidant evaluation.

Keywords: antioxidant, *FRAP*, *molecular docking*, *in silico*, *in vitro*

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Setiap organisme tersusun atas sel sebagai unit terkecil dasar penyusun jaringan dan organ tubuh.[1] Seiring bertambahnya usia, fungsi sel mengalami penurunan yang dapat berkembang secara perlahan menjadi penyakit degeneratif, seperti hipertensi, diabetes, kanker, stroke, dan lain-lain.[2–3] Berdasarkan data Riskesdas 2018, prevalensi beberapa penyakit di Indonesia mencakup asma (2,4%), kanker (1,8‰), stroke (10,9‰), ginjal kronis (3,8‰), gangguan sendi (7,3%), diabetes melitus (2%), penyakit jantung (1,5%), hipertensi (34,1%), dan obesitas (IMT ≥ 27) sebesar 21,8%.[4] Penyakit degeneratif salah satunya disebabkan oleh akumulasi radikal bebas yang melebihi kapasitas sistem antioksidan endogen, sehingga menimbulkan stres oksidatif yang merusak membran lipid, protein, dan DNA sel, serta mempercepat degenerasi jaringan. Radikal bebas dapat berasal dari lingkungan, seperti asap rokok, sinar matahari, racun, makanan tinggi lemak, dan obat-obatan tertentu.[5,6] Tubuh manusia secara alami memiliki antioksidan endogen yang berperan menetralisir radikal bebas melalui donasi elektron tanpa menjadi radikal bebas baru.[7–9] Namun, saat radikal bebas berlebih, diperlukan antioksidan eksogen.[10] Berdasarkan sumbernya, antioksidan eksogen terbagi menjadi alami dan sintetis. BHA, BHT, dan TBHQ merupakan contoh antioksidan sintetis yang meskipun efektif, diketahui bersifat karsinogenik dan berpotensi menimbulkan karsinogenesis.[8] Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif dari sumber

alami yang terbukti mampu menetralisir ROS tanpa efek samping, serta berperan dalam mencegah peroksidasi lipid dan penyakit degenerative.[11–13]

Penelitian oleh Fajriaty (2025) menyatakan bahwa uji aktivitas antioksidan pada ekstrak etanol buah tengkawang tungkul dengan metode FRAP menghasilkan IC_{50} senilai 29,88 µg/mL yang tergolong antioksidan sangat kuat. Sementara pada studi oleh Selviana dkk (2021) menyatakan bahwa hasil uji aktivitas antioksidan ekstrak n-heksan cincalok dengan metode DPPH menghasilkan IC_{50} senilai 207,8 µg/mL, yang tergolong antioksidan sedang.[14,15] Namun, pada penelitian oleh Chintong dkk (2019) menunjukkan bahwa hasil EC_{50} ABTS astaxanthin dari limbah udang sebesar 7,7 µg/mL lebih kecil dibanding EC_{50} ABTS vitamin C sebesar 20,8 µg/mL yang menandakan astaxanthin memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat.[16] Pada penelitian sebelumnya, oleh Tamma (2025) telah dihasilkan formulasi optimum sediaan granul kombinasi ekstrak buah tengkawang tungkul dan ekstrak cincalok.[17] Menurut hasil penelitian Yunitasari dkk (2024) terbukti sediaan granul effervecent dapat meningkatkan IC_{50} dari ekstrak bayam batik *(Amaranthus bicolar)* yang semula 28,98 µg/mL menjadi 13,55 µg/mL.[18]

Tengkawang tungkul (*Shorea stenoptera*) merupakan tanaman endemik Kalimantan Barat yang berpotensi sebagai sumber lemak nabati berkualitas. Buahnya dilaporkan mumilik kadar lemak tertinggi (49,42%) dan kadar air terendah (9,85%) dibandingkan spesies *Shorea* lainnya.[19] Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa *S. stenoptera* mengandung berbagai asam lemak, seperti asam stearat, oleat, dan palmitat.[20,21] Selain itu, Kalimantan Barat juga memiliki produk fermentasi khas berupa cincalok yang mengandung asam lemak bebas, termasuk

astaxanthin, omega-3 (DHA, EPA), dan omega-6.[22] Tengkawang tungkul mengandug asam oleat dimana menurut penelitian oleh Palomino dkk (2022) asam oleat dapat melindungi sel endotel manusia dari stres oksidatif pada konsentrasi fisiologis, sedangkan cincalok mengandung astaxanthin yang memiliki gugus hidroksil, berperan sebagai donor elektron, sehingga berpotensi kuat sebagai antioksidan dalam menghambat pembentukan radikal bebas.[23,24] Potensi senyawa-senyawa ini dalam afinitas farmakologi dapat dianalisis melalui pendekatan komputasi seperti penambatan molekul.[25]

Sediaan granul kombinasi ekstrak buah tengkawang tungkul dan ekstrak cincalok secara sinergis dapat menghasilkan produk dengan potensi aktivitas antioksidan nabati dan hewani yang baik. Oleh karena itu, dilakukan studi pendahuluan melalui metode *docking* untuk mengevaluasi potensi interaksi senyawa aktif yakni asam stearat, asam oleat, dan asam palmitat dari buah tengkawang tungkul serta omega 3 DHA EPA, omega 6, dan astaxanthin dari cincalok terhadap reseptor antioksidan seperti KEAP1, Glutation Peroksidase (GPx), dan Peroxiredoxin (Prdx) 5 yang berperan dalam sistem pertahanan seluler terhadap stres oksidatif.[26-29] Studi ini dilanjutkan dengan uji *in vitro* menggunakan metode FRAP *(Ferric Reducing Antioxidant Power*) dan ELISA-*reader*, yang secara teknis sederhana namun efektif untuk menentukan kapasitas antioksidan dari kedua ekstrak.[30] Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan ekstrak etanol buah tengkawang tungkul dan ekstrak aseton cincalok secara *in silico* dan *in vitro*.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana afinitas farmakologi senyawa asam stearat, asam oleat, dan asam palmitat yang terkandung dalam buah tengkawang tungkul (*Shorea stenoptera* Burck.) serta senyawa astaxanthin, omega 3 DHA EPA, dan omega 6 dalam cincalok terhadap reseptor KEAP1, GPx, dan Peroxiredoxin 5 secara *in silico*?
2. Bagaimana aktivitas antioksidan ekstrak dan sediaan granul kombinasi buah tengkawang tungkul (*Shorea stenoptera* Burck.) dan cincalok dengan menggunakan metode FRAP?

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis afinitas farmakologi senyawa asam stearat, asam oleat, dan asam palmitat yang terkandung dalam buah tengkawang tungkul (*Shorea stenoptera* Burck.) serta senyawa astaxanthin, omega 3 DHA EPA, dan omega 6 dalam cincalok terhadap reseptor KEAP1, GPx, dan Peroxiredoxin 5 secara *in silico*.
2. Mengevaluasi aktivitas antioksidan ekstrak dan sediaan granul kombinasi buah tengkawang tungkul (*Shorea stenoptera* Burck.) dan cincalok dengan menggunakan metode FRAP.

I.4 Manfaat Penelitian

I.4.1 Untuk Institusi

Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang farmasi, khususnya pada cabang ilmu farmasi bahan alam dan kimia medisinal, dengan menambah pengetahuan mengenai aktivitas antioksidan dari sediaan granul kombinasi ekstrak buah tengkawang tungkul (*Shorea stenoptera* Burck.) dan cincalok berdasarkan hasil uji *in silico* dan *in vitro*. Penelitian ini memperluas wawasan ilmiah dalam pengembangan agen terapeutik berbasis bahan alam.

I.4.2 Untuk Masyarakat

Penelitian ini memberikan informasi ilmiah mengenai potensi antioksidan alami dari kombinasi sumber daya nabati dan hewani lokal, yaitu buah tengkawang tungkul dan cincalok. Temuan ini diharapkan dapat mendorong pemanfaatan bahan-bahan lokal sebagai alternatif dalam upaya pencegahan penyakit degeneratif, serta meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya penggunaan produk alami dalam menjaga kesehatan.

I.4.3 Untuk Industri

Penelitian ini dapat menjadi landasan ilmiah bagi industri farmasi dalam mengembangkan produk berbasis bahan alam, terutama yang bersumber dari buah tengkawang tungkul dan cincalok, sebagai kandidat bahan baku potensial untuk sediaan farmasi dengan aktivitas antioksidan. Hal ini membuka peluang inovasi dalam pengembangan sediaan terapeutik alami yang bernilai ekonomi dan kesehatan tinggi.