

Analisis Profil ADMET Senyawa Jintan Hitam (*Nigella sativa* L.) secara In-Silico

Ihsan Jaya Fathurohman *, Taufik Muhammad Fakhri, M. Artabah Muchlisin

Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

jayaihsan26@gmail.com, taufikmuhammadf@gmail.com, artabahmuchlisin@umm.ac.id

Abstract. *Nigella sativa* L., commonly known as black cumin, is a medicinal plant recognized for its diverse bioactive compounds with various pharmacological properties. This study aims to evaluate the ADMET profile (Absorption, Distribution, Metabolism, Excretion, and Toxicity) of its active constituents through *in silico* analysis to assess their pharmacokinetic feasibility and safety as potential herbal drug candidates. A total of 65 secondary metabolites were retrieved from the KNApSACk database and evaluated using SwissADME and pkCSM web tools. The assessed parameters included water solubility, lipophilicity, gastrointestinal absorption, blood–brain barrier (BBB) permeability, CYP2C19 inhibition, skin penetration potential, and toxicity aspects such as Ames test, hepatotoxicity, skin sensitization, oral LD₅₀, LOAEL, and environmental toxicity. The findings revealed that 31 compounds complied with Lipinski's Rule of Five, 34 demonstrated BBB permeability, and 32 showed high gastrointestinal absorption. Most compounds had a bioavailability score above 0.50, indicating good systemic availability. Only one compound tested positive for mutagenicity (Ames test), and the overall toxicity predictions suggested a favorable safety profile. These results highlight the promising pharmacokinetic and safety characteristics of *Nigella sativa* bioactive compounds, reinforcing their potential for further development as safe, effective, and evidence-based herbal therapeutic agents.

Keywords: *Jintan Hitam, ADME, Toksisitas.*

Abstrak. Jintan hitam (*Nigella sativa* L.) merupakan tanaman obat yang dikenal luas karena kandungan senyawa bioaktifnya yang memiliki berbagai aktivitas farmakologis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil ADMET (Absorpsi, Distribusi, Metabolisme, Ekskresi, dan Toksisitas) secara *in silico* terhadap senyawa aktif dalam *Nigella sativa*, guna mengevaluasi potensi farmakokinetik dan toksikologisnya sebagai kandidat obat herbal. Sebanyak 65 senyawa metabolit sekunder diperoleh dari database KNApSACk dan dianalisis menggunakan SwissADME serta pkCSM. Parameter yang ditinjau mencakup kelarutan air, lipofilisitas, absorpsi saluran cerna, permeabilitas sawar darah otak (BBB), interaksi dengan enzim CYP2C19, penetrasi kulit, serta profil toksisitas (Ames test, hepatotoksisitas, skin sensitisation, LD₅₀, LOAEL, dan toksisitas lingkungan). Hasil menunjukkan bahwa 31 senyawa memenuhi aturan Lipinski, 34 senyawa dapat menembus BBB, dan 32 senyawa memiliki absorpsi gastrointestinal tinggi. Sebagian besar senyawa memiliki bioavailability score >0.50, serta menunjukkan potensi toksisitas yang rendah, di mana hanya satu senyawa positif terhadap uji Ames. Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar senyawa *Nigella sativa* memiliki sifat farmakokinetik yang mendukung dan aman untuk dikembangkan sebagai kandidat obat herbal. Penelitian ini memberikan dasar ilmiah untuk seleksi awal senyawa bioaktif berbasis tumbuhan, khususnya dalam mendukung pengembangan terapi alami yang efektif dan berbasis bukti.

Kata Kunci: *Jintan Hitam, ADME, Toksisitas.*

A. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat keanekaragaman hayati tumbuhan yang sangat tinggi. Berdasarkan data LIPI tahun 2019, tercatat sekitar 29.477 spesies tumbuhan telah berhasil diidentifikasi secara taksonomi, mencakup kelompok lumut, lumut kerak, pteridofita, dan spermatofita. Jumlah ini mewakili sekitar 9,47% dari total spesies tumbuhan yang ada di dunia (Muhith et al., 2022). Kekayaan hayati ini dimanfaatkan sebagai obat tradisional yang telah terbukti secara empiris menjaga kesehatan, mencegah, dan mengobati penyakit (Marwati & Amidi, 2019).

Keragaman tumbuhan ini merupakan anugerah dari Allah SWT yang harus dimanfaatkan untuk kemaslahatan umat. Rasulullah SAW pun telah mencontohkan penggunaan tanaman sebagai pengobatan melalui pendekatan *thibbun nabawi*, yang hingga kini masih diterapkan oleh masyarakat sebagai bagian dari warisan pengobatan alami yang efektif dan terjangkau (Adiyasa & Meiyanti, 2021).

Salah satu bentuk pemanfaatan keanekaragaman hayati di Indonesia adalah penggunaan tanaman obat, salah satunya jintan hitam (*Nigella sativa*). Tanaman ini berasal dari kawasan Asia Barat dan Mediterania, namun juga dapat tumbuh di berbagai wilayah lain seperti Asia Selatan, Timur Tengah, dan Eropa Selatan (Marwati & Amidi, 2019). Jintan hitam dikenal memiliki rasa khas yang pahit dan pedas, menyerupai kombinasi bawang merah, lada hitam, dan oregano. Ciri rasa tersebut menjadikannya sering digunakan sebagai bumbu masakan, obat herbal, serta bagian dari ramuan pengobatan tradisional khas Timur Tengah (Herawati et al., 2024).

Secara morfologis, tanaman ini memiliki tinggi antara 20 hingga 90 cm, dengan daun berbentuk terbagi halus. Bunganya berwarna beragam, antara lain putih, kuning, merah muda, biru pucat, dan ungu muda. Sementara itu, buahnya berbentuk kapsul yang terdiri atas 3 hingga 7 folikel, dan masing-masing folikel mengandung biji di dalamnya yang menjadi bagian utama yang dimanfaatkan secara farmakologis (Makmun et al., 2020).

Tanaman jintan hitam (*Nigella sativa*) memiliki kandungan berbagai kelompok senyawa bioaktif yang berkontribusi terhadap aktivitas farmakologisnya. Kelompok senyawa pertama adalah minyak atsiri, yang mencakup thymoquinone (TQ), thymohydroquinone, thymol, carvacrol, phellandrene, α -pinene, dan β -pinene (Supriyana et al., 2019). Selanjutnya, senyawa dari golongan fenol dan flavonoid meliputi asam galat, asam ferulat, asam vanilat, asam p-kumarat, asam klorogenat, katekin, kuersetin dan apigenin. Golongan alkaloid juga ditemukan, seperti nigellicine, dan magnoflorine (Anzelita et al., 2025).

Selain itu, terdapat senyawa saponin, antara lain nigelloside, sapindoside B, kaempferol-3-rutinoside, flaccinoside, dan α -hederin. Terakhir, senyawa dari golongan asam lemak terdiri atas asam linoleat, asam oleat, dan asam eikosadienoat (Siregar, 2022). Kandungan senyawa bioaktif di dalamnya, seperti thymoquinone, flavonoid, alkaloid, saponin, serta asam lemak esensial, memberikan beragam aktivitas farmakologis yang bermanfaat bagi tubuh (Muhammad Zaini et al., 2024).

Studi yang dilakukan oleh (Machmud et al., 2024) menunjukkan bahwa *Nigella sativa* memiliki potensi sebagai antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, imunomodulator, dan antikanker. Efek ini memungkinkan jintan hitam digunakan dalam terapi tambahan (adjuvant) untuk berbagai penyakit, seperti infeksi, gangguan pernapasan, gangguan metabolik, dan penyakit degeneratif. Maka dari itu pengembangan obat berbahan dasar senyawa aktif dari tanaman jintan hitam menjadi suatu hal yang menjanjikan untuk perkembangan dunia kesehatan.

Pengembangan awal suatu kandidat obat dapat dilakukan melalui pendekatan *in silico*, seperti prediksi profil ADMET (Absorpsi, Distribusi, Metabolisme, Ekskresi, dan Toksisitas) (Yasin et al., 2020). Di samping itu, keberhasilan suatu senyawa sebagai obat sangat bergantung pada profil ADMET yang baik, mengingat banyak kegagalan dalam uji klinis disebabkan oleh masalah farmakokinetik yang tidak terdeteksi pada tahap awal pengujian (Dar & Mir, 2017). Oleh karena itu, pemodelan *in silico* digunakan sebagai metode skrining awal yang efisien untuk menyaring senyawa yang berpotensi gagal dalam tahap pengembangan obat lanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil ADMET secara *in silico* dari senyawa bioaktif yang terkandung dalam tanaman jintan hitam (*Nigella sativa*), guna mengevaluasi potensi farmakokinetik dan toksisitasnya sebagai kandidat obat alami. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal yang berguna dalam menilai kelayakan senyawa aktif jintan hitam untuk dikembangkan sebagai obat herbal berbasis bukti ilmiah, serta berkontribusi dalam pemanfaatan

B. Methode

```

graph TD
    A[Pengumpulan Senyawa Aktif Tanaman Anggur Merah] --> B[Pencarian Kode SMILES dari Masing-masing Senyawa]
    B --> C[Website Data Base PubChem]
    B --> D[Analisis Profil Farmakokinetika Senyawa]
    C --> E[SwissADME]
    D --> F[Analisis Profil Toksisitas Senyawa]
    E --> G[Pkcsn]
    F --> G
    G --> H[Pengumpulan Data dan Pembahasan]
    H --> I[Kesimpulan]
  
```

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

ISSN: 2828-2116

2016). Pada **Tabel 1**. Sebanyak 65 senyawa metabolit sekunder telah berhasil diidentifikasi dalam tanaman *Nigella sativa* berdasarkan data dari database KNApSACk.

Senyawa-senyawa ini tersebar di berbagai bagian tanaman, seperti biji, daun, batang, dan akar, yang menunjukkan adanya keragaman biosintesis metabolit dalam sistem biologis tanaman tersebut. Distribusi senyawa yang tidak terbatas pada satu bagian tanaman mencerminkan tingkat kompleksitas kimiawi dari jintan hitam, serta mengindikasikan bahwa setiap bagian tanaman berpotensi memiliki aktivitas biologis yang berbeda (Radam & Purnamasari, 2017).

Setiap senyawa menunjukkan variasi dalam nilai *molecular weight* (MW), yang mencerminkan perbedaan struktur kimia dasar antar senyawa tersebut. Perbedaan ini berperan penting dalam menentukan sifat farmakokinetik dan farmakodinamik suatu senyawa, seperti kelarutan, permeabilitas membran, distribusi dalam tubuh, serta kemampuan senyawa untuk mencapai target biologisnya (Suseno et al., 2018).

Tabel 1. Senyawa Aktif Jinten Hitam (*Nigella sativa* L.)

No	Compound name	CAS_ID	MW	SMILES
1	(+)-Citronellol	1117-61-9	156.27	<chem>CC(C)=CCC[C@@H](C)CCO</chem>
2	(-)-Butyrospermol	472-28-6	426.72	<chem>CC(C)=CCC[C@@H](C)[C@@H]1CC[C@]2(C)C3=C[C@H]4C(C)(C)[C@@H](O)CC[C@]4(C)[C@H]3CC[C@@]12C</chem>
3	(3beta,5alpha)-Stigmastan-3-ol	83-45-4	416.72	<chem>CC[C@H](CC[C@@H](C)[C@H]1CC[C@H]2[C@@H]3CC[C@H]4C[C@@H](O)CC[C@]4(C)[C@H]3CC[C@@]12C)C(C)C</chem>
4	(S)-2,3-Epoxysqualene	7200-26-2	426.72	<chem>CC(C)=CCC/C(C)=C/CC/C(C)=C/CC/C=C(\C)CC/C=C(\C)CC[C@@H]1OC1(C)C</chem>
5	14,20-Dimethylheptacosanol	1047678-34-1	424.79	<chem>CCCCCCCC(C)CCCCC(C)CCCCCCCCCCCCCO</chem>
6	2,5-Dihydroxy-p-cymene	2217-60-9	166.22	<chem>Cc1cc(O)c(C(C)C)cc1O</chem>
7	24-Ethylidenelophenol	474-40-8	426.72	<chem>C/C=C(/CC[C@@H](C)C1CCC2C3=CCC4[C@H](C)[C@@H](O)CC[C@]4(C)C3CC[C@@]21C)C(C)C</chem>
8	24-Methylenecycloartan-3beta-ol	1449-09-08	440.74	<chem>C=C(CC[C@@H](C)[C@H]1CC[C@@]2(C)[C@@H]3CC[C@H]4C(C)(C)[C@@H](O)CC[C@@]45C[C@@]35CC[C@]12C)C(C)C</chem>
9	4(10)-Thujene	3387-41-5	136.23	<chem>C=C1CCC2(C(C)C)CC12</chem>
10	4-Methoxythujane	1100111-06-5	168.28	<chem>CO[C@]1(C)CC[C@]2(C(C)C)C[C@@H]21</chem>

Data Lengkap:



Senyawa dengan MW yang terlalu tinggi umumnya memiliki kesulitan dalam menembus membran sel atau sawar darah-otak, sehingga dapat menghambat efektivitas terapi. Sebaliknya, senyawa dengan MW yang terlalu rendah mungkin lebih mudah diserap tetapi memiliki afinitas atau spesifisitas target yang rendah (Darusman, 2021). Oleh karena itu, pemahaman terhadap MW merupakan aspek penting dalam evaluasi awal kelayakan suatu senyawa sebagai kandidat obat, karena secara langsung memengaruhi bioavailabilitas dan potensi terapeutiknya.

Pada **Tabel 2**. Ditampilkan data Analisis ADME senyawa aktif jinten hitam (*Nigella sativa* L.), terdapat beberapa parameter seperti Nilai *Consensus Log P* merefleksikan tingkat lipofilisitas yang bervariasi antar senyawa, yang berpengaruh terhadap kemampuan senyawa dalam menembus membran lipid. Sementara itu, klasifikasi *ESOL* menggambarkan perbedaan tingkat kelarutan senyawa dalam air. Parameter absorpsi saluran cerna (*GI absorption*) dan permeabilitas sawar darah otak (*BBB permeant*) memberikan gambaran mengenai kapasitas distribusi senyawa di dalam tubuh. Hasil prediksi terhadap inhibisi enzim *CYP2C19* menunjukkan adanya potensi interaksi metabolik yang perlu diperhatikan dalam formulasi obat. Nilai *Log Kp* mengindikasikan variasi kemampuan penetrasi kulit. Selain itu, kesesuaian dengan aturan Lipinski dan skor *bioavailability* yang tinggi menunjukkan bahwa senyawa-senyawa tersebut memiliki potensi yang menjanjikan untuk dikembangkan sebagai obat oral (Winiwarter et al., 2018).

Tabel 2. Analisis ADME Senyawa Aktif Jinten Hitam (*Nigella sativa* L.)

<i>Molecule</i>	<i>Formula</i>	<i>Consensus Log P</i>	<i>ESOL Class</i>	<i>GI absorption</i>	<i>BBB permeant</i>	<i>CYP2C19 inhibitor</i>	<i>log Kp (cm/s)</i>	<i>Lipinski (violations)</i>	<i>Bioavailability Score</i>
<i>Molecule 1</i>	C10H20O	2.92	<i>Soluble</i>	<i>High</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>	-4.48	0	0.55
<i>Molecule 2</i>	C30H50O	7.35	<i>Poorly soluble</i>	<i>Low</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	-2.36	1	0.55
<i>Molecule 3</i>	C29H52O	7.10	<i>Poorly soluble</i>	<i>Low</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	-2.93	1	0.55
<i>Molecule 4</i>	C30H50O	7.10	<i>Poorly soluble</i>	<i>Low</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	-2.93	1	0.55
<i>Molecule 5</i>	C29H60O	9.82	<i>Poorly soluble</i>	<i>Low</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	0.75	1	0.55
<i>Molecule 6</i>	C10H14O2	2.39	<i>Soluble</i>	<i>High</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>	-5.23	0	0.55
<i>Molecule 7</i>	C30H50O	7.24	<i>Poorly soluble</i>	<i>Low</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	-2.49	1	0.55
<i>Molecule 8</i>	C31H52O	7.82	<i>Poorly soluble</i>	<i>Low</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	-1.67	1	0.55
<i>Molecule 9</i>	C10H16	3.25	<i>Soluble</i>	<i>Low</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>	-4.94	1	0.55
<i>Molecule 10</i>	C11H20O	2.80	<i>Soluble</i>	<i>High</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>	-5.44	0	0.55

Data Lengkap:



Hasil analisis menunjukkan bahwa sebanyak 12 senyawa aktif dalam *Nigella sativa* memiliki nilai *Consensus Log P* mendekati atau di bawah nol, yang mengindikasikan kelarutan tinggi dalam air. Sementara itu, 52 senyawa lainnya memiliki nilai *Log P* di atas nol, menunjukkan sifat lipofilik yang lebih dominan, sehingga lebih mudah larut dalam lemak (Falcón-Cano et al., 2020). Berdasarkan klasifikasi *ESOL*, terdapat 39 senyawa yang tergolong larut (*soluble*), 8 senyawa *moderately soluble*, dan 18 senyawa *poorly soluble*, yang berarti sebagian besar senyawa menunjukkan kelarutan yang cukup baik dalam air.

Dalam parameter permeabilitas sawar darah otak (*BBB permeant*), sebanyak 34 senyawa termasuk dalam kategori “yes” (dapat menembus *BBB*), sedangkan 31 senyawa termasuk “no”, yang menunjukkan bahwa sekitar setengah dari senyawa aktif berpotensi mencapai sistem saraf pusat. Untuk parameter absorpsi saluran cerna (*GI absorption*), 32 senyawa dikategorikan memiliki absorpsi tinggi (*high*), sedangkan 33 senyawa lainnya memiliki absorpsi rendah (*low*), yang mengindikasikan bahwa kemampuan penyerapan usus relatif seimbang antar senyawa (Monteiro et al., 2018).

Selanjutnya, analisis terhadap parameter *CYP2C19 inhibitor* menunjukkan bahwa hanya dua senyawa yang berpotensi menghambat enzim *CYP2C19*, sedangkan 63 senyawa lainnya tidak menunjukkan potensi inhibisi, sehingga risiko interaksi metabolik relatif rendah. Berdasarkan nilai *Log Kp*, terdapat empat senyawa dengan nilai mendekati nol, yang menunjukkan kemampuan penetrasi kulit yang baik.

Dalam hal kelayakan oral, sebanyak 31 senyawa tidak melanggar aturan Lipinski, mengindikasikan potensi pengembangan sebagai obat oral. Terakhir, berdasarkan *bioavailability score*, tiga senyawa memiliki skor di bawah 0,50 (<50%), sedangkan sisanya memiliki skor di atas 0,50 (>50%), yang menunjukkan bahwa sebagian besar senyawa berpotensi memiliki bioavailabilitas sistemik yang baik.

Seluruh parameter yang dianalisis memberikan gambaran menyeluruh mengenai karakteristik farmakokinetik senyawa aktif dalam *Nigella sativa*, yang berperan penting dalam proses seleksi awal kandidat obat. Evaluasi ini memungkinkan identifikasi senyawa yang tidak hanya memiliki potensi aktivitas biologis, tetapi juga memenuhi kriteria kelarutan, absorpsi, metabolisme, distribusi jaringan, dan bioavailabilitas yang memadai.

Tabel 3. Prediksi Toksisitas Senyawa Aktif Jinten Hitam (*Nigella sativa* L.)

No	Compound name	AMES toxicity	Oral Rat Acute Toxicity (LD50)	Oral Rat Chronic Toxicity (LOAEL)	Hepatotoxicity	Skin Sensitisation	T.Pyriiformis toxicity	Minnow toxicity
1	(+)-Citronellol	No	1.723	2.033	No	Yes	0,715	1.034
2	(-)-Butyrospermol	No	2,406	1,072	No	No	0,616	-2,002
3	(3beta,5alpha)-Stigmastan-3-ol	No	3,13	1,109	No	No	0,347	-2,314
4	(S)-2,3-Epoxysqualene	No	1,566	0,75	No	No	0,678	-3,28
5	14,20-Dimethylheptacosanol	No	1,842	0,718	No	Yes	0,321	-3,872
6	2,5-Dihydroxy-p-cymene	No	2,129	2,423	No	Yes	1,236	0,981

No	Compound name	AMES toxicity	Oral Rat Acute Toxicity (LD50)	Oral Rat Chronic Toxicity (LOAEL)	Hepatotoxicity	Skin Sensitisation	T.Pyriiformis toxicity	Minnow toxicity
7	24-Ethylidenelophenol	No	2,96	1,096	No	No	0,405	-2,047
8	24-Methylenecycloartan-3beta-ol	No	3,304	1,23	No	No	0,296	-2,284
9	4(10)-Thujene	No	1,554	2,276	No	No	0,85	0,735
10	4-Methoxythujane	No	1,716	2,003	No	Yes	0,807	1,357

Data Lengkap:



Pada **Tabel 3**. Ditampilkan hasil analisis *in-silico* terhadap parameter toksisitas senyawa aktif *Nigella sativa* L. mengindikasikan bahwa mayoritas senyawa memiliki profil keamanan yang baik. Dari total 65 senyawa yang dianalisis, hanya satu senyawa yang menunjukkan potensi mutagenik berdasarkan hasil positif pada uji Ames, sementara sisanya (98,5%) dinyatakan aman dari risiko mutagenesis. Terkait hepatotoksitas, sebanyak delapan senyawa (12,3%) terdeteksi berpotensi toksik terhadap hati, sedangkan 57 senyawa lainnya tidak menunjukkan indikasi tersebut. Uji *skin sensitisation* menunjukkan bahwa 24 senyawa (36,9%) berpotensi menyebabkan iritasi kulit, sementara 40 senyawa lainnya bersifat non-iritan.

Parameter toksisitas oral yang diwakili oleh nilai LD₅₀ menunjukkan bahwa sebagian besar senyawa memiliki nilai di atas 1,5 log mol/kg, yang mengindikasikan tingkat toksisitas akut yang rendah pada hewan uji. Selain itu, nilai LOAEL yang tergolong tinggi memperlihatkan bahwa efek toksik kronis baru muncul pada dosis tinggi, yang mencerminkan margin keamanan yang relatif luas.

Dari sisi toksisitas lingkungan, parameter *Tetrahymena pyriformis* dan *Minnow toxicity* menunjukkan nilai rendah, menandakan bahwa senyawa-senyawa tersebut memiliki dampak ekotoksik yang minimal. Berdasarkan temuan ini, senyawa aktif *Nigella sativa* menunjukkan potensi besar sebagai kandidat obat dengan profil toksisitas yang mendukung, meskipun verifikasi eksperimental melalui uji *in vitro* dan *in vivo* tetap diperlukan sebagai langkah lanjutan dalam proses pengembangan obat.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis *in silico* terhadap 65 senyawa aktif dalam *Nigella sativa* L., sebagian besar senyawa menunjukkan profil ADMET yang mendukung sebagai kandidat obat herbal. Sebanyak 31 senyawa memenuhi aturan Lipinski, 34 senyawa mampu menembus sawar darah otak, dan 32 senyawa memiliki absorpsi saluran cerna yang tinggi.

Selain itu, hanya satu senyawa yang menunjukkan potensi mutagenik, serta sebagian besar menunjukkan tingkat toksisitas akut dan kronis yang rendah. Hasil ini mengindikasikan bahwa senyawa bioaktif *Nigella sativa* berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai obat berbasis tanaman dengan tingkat keamanan dan efikasi yang menjanjikan.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan apresiasi dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Bapak Dr. Apt. Suwendar, M.Si., selaku Dekan FMIPA Universitas Islam Bandung (Unisba), serta Ibu Dr. Apt. Dina Mulyanti, M.Si., selaku Ketua Program Studi Farmasi FMIPA Unisba, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama proses studi dan penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan secara khusus kepada Bapak Apt. Taufik Muhammad Fakhri, M.S.Farm., dan Bapak Apt. M. Artabah Muchlisin, M.S.Farm., selaku dosen pembimbing, atas arahan, masukan kritis, serta motivasi yang sangat berharga dalam penyusunan dan penyelesaian penelitian ini.

Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih kepada seluruh dosen dan staf Program Studi Farmasi Unisba atas ilmu, bimbingan, dan bantuan administratif yang diberikan selama masa studi. Tidak lupa, penulis menyampaikan rasa terima kasih mendalam kepada sistem pendukung pribadi serta rekan-rekan sejawat yang telah memberikan kontribusi berupa ide, pandangan, bantuan finansial, serta waktu dan semangat yang sangat berarti dalam menyelesaikan penelitian ini. Semoga segala bentuk bantuan dan kebaikan yang diberikan menjadi amal jariyah yang terus mengalir pahalanya bagi semua pihak yang terlibat.

Daftar Pustaka

- Adiyasa, M. R., & Meiyanti, M. (2021). Pemanfaatan obat tradisional di Indonesia: distribusi dan faktor demografis yang berpengaruh. *Jurnal Biomedika Dan Kesehatan*, 4(3), 130–138. <https://doi.org/10.18051/jbiomedkes.2021.v4.130-138>
- Andi Wilda Angraini, Muhammad Asri SR, & Widya Ariati. (2024). FORMULASI SEDIAAN SERUM DARI EKSTRAK ETANOL DAUN NANGKA (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) SEBAGAI ANTIJERAWAT TERHADAP *Propionibacterium acnes*. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*, 7(2), 132–146. <https://doi.org/10.29313/jiff.v7i2.3033>
- Anzelita, A., Lubis, A. A., & Yunus, M. (2025). Efek Protektif Ekstrak Jinten Hitam (*Nigella sativa* L.) terhadap Gambaran Histopatologi Ginjal Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) yang Diinduksi Tetrasiklin. *Sciences and Clinical Pharmacy Research Journal*, 2(2), 11. <https://doi.org/10.47134/scpr.v2i2.3975>
- Dar, A. M., & Mir, S. (2017). Molecular Docking: Approaches, Types, Applications and Basic Challenges. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*, 08(02), 8–10. <https://doi.org/10.4172/2155-9872.1000356>
- Darusman, F. (2021). Pengaruh Pembentukan Kompleks Inklusi Ibuprofen-B-Siklodekstrin Dengan Metode Kopresipitasi Terhadap Kelarutan Dan Laju Disolusi. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*, 4(2), 12–21. <https://doi.org/10.29313/jiff.v4i2.7535>
- Falcón-Cano, G., Cabrera-Pérez, M. Á., & Molina, C. (2020). ADME prediction with KNIME: In silico aqueous solubility consensus model based on supervised recursive random forest approaches. *ADMET and DMPK*, 8(3), 251–273. <https://doi.org/10.5599/admet.852>
- Gandana, M. V., Lestari, F., & Tri Laksono, B. (2025). The Immunostimulant Effect of Raspberry (*Rubus idaeus*) Fruit Ethanol Extract Through Carbon Clearance Index and Organ Index. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*, 8(1), 20–29. <https://doi.org/10.29313/jiff.v8i1.4820>
- Hartono Wijaya, S., Tanaka, Y., Altaf-Ul-Amin, Md., Hirai Morita, A., Mochamad Afendi, F., Batubara, I., Ono, N., K. Darusman, L., & Kanaya, S. (2016). Utilization of KNApSACk Family Databases for Developing Herbal Medicine Systems. *Journal of Computer Aided Chemistry*, 17(0), 1–7. <https://doi.org/10.2751/jcac.17.1>

- Herawati, H., El Fithriyah, R., & Ruswandi, A. A. Q. (2024). Efektivitas Ekstrak Etanol Biji Anggur Merah (*Vitis vinifera*) terhadap Jumlah Fibroblas pada Perawatan Ortodonti. *E-GiGi*, 13(1), 138–144. <https://doi.org/10.35790/eg.v13i1.55057>
- Machmud, M. D., Indah Lestari Daeng Kanang, Nesyana Nurmadilla, Prema Hapsari Hidayati, & Ida Royani. (2024). Literature Review: Efek Pemberian Jintan Hitam (*Nigella sativa*) Sebagai Terapi pada Diabetes Melitus Tipe 2. *Fakumi Medical Journal: Jurnal Mahasiswa Kedokteran*, 4(9), 637–647. <https://doi.org/10.33096/fmj.v4i9.500>
- Makmun, A., Surdam, Z., & Gunawan, A. M. (2020). Uji Efektivitas Ekstrak Jintan Hitam (*Nigella Sativa*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus Aureus* Pada Medium MHA (Mueller Hinton Agar). *Window of Health: Jurnal Kesehatan*, 3(1), 001–009. <https://doi.org/10.33096/woh.v3i1.632>
- Marwati, M., & Amidi, A. (2019). Pengaruh Budaya, Persepsi, Dan Kepercayaan Terhadap Keputusan Pembelian Obat Herbal. *Jurnal Ilmu Manajemen*, 7(2), 168. <https://doi.org/10.32502/jimn.v7i2.1567>
- Monteiro, A. F. M., De Viana, J. O., Nayariseri, A., Zondegoumba, E. N., Mendonça Junior, F. J. B., Scotti, M. T., & Scotti, L. (2018). Computational studies applied to flavonoids against Alzheimer's and Parkinson's diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7912765>
- Muhammad Zaini, C., Indo Virawati, D., Gizi, J., & Kesehatan Kementerian Kesehatan Kalimantan Timur, P. (2024). Pengaruh Pemberian Ekstrak Jinten Hitam Terhadap Kadar Hemoglobin Pada Remaja Putri Dengan Anemia Di SMPN 22 Samarinda. *Ejournal.Poltekkes-Kaltim.Ac.Id*, 1(2), 2024.
- Muhith, Abd., Fitrah Dewi, R., Hidayati, N., Syawiril Ammah, E., Jauhari, J., & Fathkul Wahab, A. (2022). Pemanfaatan Obat Bahan Alam Untuk Menjaga Imunitas Tubuh Berdasarkan Kajian Etnobotani Dan Thibbun Nabawi. *Al-Hikmah: Jurnal Agama Dan Ilmu Pengetahuan*, 19(1), 85–94. [https://doi.org/10.25299/al-hikmah:jaip.2022.vol19\(1\).8434](https://doi.org/10.25299/al-hikmah:jaip.2022.vol19(1).8434)
- Radam, R. R., & Purnamasari, E. (2017). Uji FITOKIMIA SENYAWA KIMIA AKTIF AKAR NIPAH (*Nyfa fruticans* WURMB) SEBAGAI TUMBUHAN OBAT DI KALIMANTAN SELATAN. *Jurnal Hutan Tropis*, 4(1), 28. <https://doi.org/10.20527/jht.v4i1.2879>
- Rizky Hadyan, M. (n.d.). *Uji Aktivitas Sitotoksik Ekstrak Etanol Daun Sirsak (Annona muricata L.) yang Tumbuh di Daerah Cianjur Menggunakan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT)*. <https://journals.sangkuriangpublisher.com/pharmacomedic>
- Siregar. (2022). No ש מה את קשה לראות את מה ש, דאעץ, הכיבאמת לנגד העינים. (8.5.2017), 2005–2003.
- Supriyana, S., Aryati, E., Sadimin, S., & Utami, W. J. D. (2019). Kemampuan Obat Kumur Ekstrak Jinten Hitam Sediaan Kantong Celup Terhadap Monosit Dan Neutrofil Pada Adhesi *Streptococcus Mutan*. *Link*, 15(2), 36–41. <https://doi.org/10.31983/link.v15i2.5384>
- Suseno, N., Padmawijaya, K. S., Wirana, J. W., & Julio, M. (2018). Pengaruh Berat Molekul Kitosan terhadap Kelarutan Karboksimetil Kitosan. *Seminar Nasional Polimer XI 2018*, 6(9), 1–9.
- Winiwarter, S., Ahlberg, E., Watson, E., Oprisiu, I., Mogemark, M., Noeske, T., & Greene, N. (2018). In silico ADME in drug design - Enhancing the impact. *ADMET and DMPK*, 6(1), 15–33. <https://doi.org/10.5599/admet.6.1.470>

Yasin, S. A., Azzahra, A., Ramadhan, N. E., & Mylanda, V. (2020). Studi Penambatan Molekuler dan Prediksi ADMET Senyawa Bioaktif Beberapa Jamu Indonesia terhadap SARS-CoV-2 Main Protease (Mpro). *Berkala Ilmiah Mahasiswa Farmasi Indonesia (BIMFI)*, 7(2), 24–41. <https://doi.org/10.48177/bimfi.v7i2.45>