

Literature Review: Pendekatan In Silico Potensi Senyawa dalam Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) sebagai Kandidat Antidiabetes

Saeful Amin¹, Mila Aulia², Puteri Tita Anjani³, Dhea Nova Leandra⁴

^{1,2,3,4} Program Studi S1 Farmasi Universitas Bakti Tunas Husada

Corresponding Author: Mila Aulia, e-mail: millaaulia41@gmail.com

Published: April, 2025

ABSTRAK

Diabetes mellitus telah menjadi krisis kesehatan global yang semakin mengkhawatirkan, dengan proyeksi International Diabetes Federation menunjukkan akan terdapat 783 juta penduduk dewasa yang mengalami diabetes pada tahun 2045. Latar belakang penelitian ini adalah kebutuhan akan solusi alternatif penanganan diabetes yang efektif, ekonomis, dan memiliki efek samping minimal. Tujuan penelitian adalah mengeksplorasi potensi senyawa dalam daun *Moringa oleifera* sebagai kandidat antidiabetes melalui pendekatan in silico dengan metode systematic literature review menggunakan protokol PRISMA. Metode penelitian dilakukan melalui pencarian komprehensif pada database elektronik seperti PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, dan Google Scholar. Penelitian menggunakan kriteria inklusi meliputi artikel penelitian original berbahasa Inggris dan Indonesia yang diterbitkan antara 2020-2024, dengan fokus pada pendekatan in silico terhadap senyawa *Moringa oleifera* dan analisis molekuler terkait antidiabetes. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa daun *Moringa oleifera* mengandung 41 senyawa bioaktif dengan potensi antidiabetes yang signifikan. Lima senyawa utama seperti chlorogenic acid, rhamnetin, quercetin, ellagic acid, dan apigenin menunjukkan mekanisme molekuler kompleks dalam menghambat enzim kunci diabetes, seperti DPP-IV, α -glukosidase, dan berinteraksi dengan reseptor insulin tyrosine kinase. Studi in silico membuktikan beberapa senyawa memiliki afinitas ikatan yang lebih baik dibandingkan obat konvensional. Kesimpulan penelitian menunjukkan potensi luar biasa daun *Moringa oleifera* sebagai kandidat terapi alternatif diabetes mellitus. Disarankan dilakukan serangkaian penelitian lanjutan, termasuk validasi eksperimental, uji in vitro dan in vivo, serta studi klinis fase awal untuk mengoptimalkan pengembangan intervensi terapi berbasis senyawa daun kelor.

Kata Kunci: *Moringa oleifera*, In silico, Antidiabetes, Senyawa bioaktif, Molecular docking

ABSTRACT

Diabetes mellitus has become an increasingly alarming global health crisis, with the International Diabetes Federation projecting 783 million adults will have diabetes by 2045. The research background is the need for alternative diabetes treatment solutions that are effective, economical, and have minimal side effects. The research aims to explore the potential of compounds in Moringa oleifera leaves as antidiabetic candidates through an in silico approach using a systematic literature review method with the PRISMA protocol. The research method was conducted through comprehensive searches in electronic databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, and Google Scholar. The study used inclusion criteria including original research articles in English and Indonesian published between 2020-2024, focusing on in silico approaches to Moringa oleifera compounds and molecular analysis related to antidiabetes. Research results revealed that Moringa oleifera leaves contain 41 bioactive compounds with significant antidiabetic potential. Five key compounds such as chlorogenic acid, rhamnetin, quercetin, ellagic acid, and apigenin demonstrated complex molecular mechanisms in inhibiting key diabetes enzymes, such as DPP-IV, α -glucosidase, and interacting with insulin tyrosine kinase receptors. In silico studies proved that some compounds have better binding affinity compared to conventional drugs. The research conclusion shows the remarkable potential of Moringa oleifera leaves as an alternative therapy candidate for diabetes mellitus. It is recommended to conduct a series of follow-up studies, including experimental validation, in vitro and in vivo testing, and early clinical phase studies to optimize the development of leaf compound-based therapy interventions.

Key Word: *Moringa oleifera*, In silico, Antidiabetes, Senyawa bioaktif, Molecular docking

PENDAHULUAN

Diabetes Federation (IDF) menunjukkan bahwa pada tahun 2045 akan terdapat sekitar 783 juta penduduk dewasa yang mengalami diabetes, dengan kontribusi signifikan dari negara-negara berkembang termasuk Indonesia (Sun et al., 2022). Kondisi ini mendorong para peneliti untuk secara kontinyu mengeksplorasi solusi alternatif yang lebih efektif, ekonomis, dan memiliki efek samping minimal dalam penanganan penyakit diabetes. *Moringa oleifera*, atau yang lebih dikenal dengan nama tanaman kelor, telah menjadi fokus intensif dalam penelitian fitofarmakologi karena potensi biologisnya yang sangat komprehensif. Tanaman yang berasal dari kawasan tropis ini telah lama digunakan dalam pengobatan tradisional di berbagai belahan dunia, namun baru belakangan ini mulai dikaji secara ilmiah untuk aktivitas antidiabetesnya. Kajian farmakologis menunjukkan bahwa daun kelor mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, glikosida, terpenoid, dan senyawa fenol yang memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar glukosa darah melalui mekanisme yang kompleks (Fatiqina et al., 2021). Pendekatan *in silico* telah menjadi metode yang semakin populer dalam penelitian farmasi modern, memungkinkan para peneliti untuk melakukan screening molekuler dan memprediksi aktivitas biologis suatu senyawa secara cepat, akurat, dan hemat biaya. Melalui teknik *computational molecular modeling*, peneliti dapat mensimulasikan interaksi molekuler, menyelidiki mekanisme kerja senyawa, dan memperkirakan potensi farmakologis dengan tingkat presisi yang tinggi sebelum memasuki tahap pengujian eksperimental (Sadybekov & Katritch, 2023).

Dalam konteks diabetes, pendekatan *in silico* memiliki peran strategis untuk mengidentifikasi senyawa-senyawa potensial yang dapat menghambat enzim kunci dalam metabolisme glukosa, seperti α -glukosidase dan α -amilase, serta menganalisis interaksi molekuler dengan reseptor yang terlibat dalam regulasi insulin. Hal ini memungkinkan peneliti untuk melakukan eksplorasi sistematis terhadap kandidat molekul antidiabetes dari daun kelor dengan efisiensi yang jauh lebih tinggi dibandingkan metode tradisional. Penelitian sebelumnya telah memberikan bukti awal yang menjanjikan tentang potensi antidiabetes dari *Moringa oleifera*. Namun, mekanisme molekuler yang mendasari aktivitas tersebut masih memerlukan investigasi lebih mendalam. Oleh karena itu, literature review ini bertujuan untuk mengkompilasi, menganalisis, dan mensintesis penelitian-penelitian terkini yang menggunakan pendekatan *in silico* untuk mengeksplorasi mekanisme molekuler senyawa dalam daun kelor sebagai kandidat antidiabetes.

Tujuan Khusus Penelitian:

- Mengidentifikasi senyawa bioaktif utama dalam daun *Moringa oleifera* yang memiliki potensi antidiabetes

- Menganalisis mekanisme molekuler interaksi senyawa dengan target terapi diabetes melalui pendekatan *in silico*
- Mengevaluasi komparasi efektivitas dan mekanisme kerja senyawa dari daun kelor dengan obat antidiabetes konvensional

Memberikan rekomendasi arah penelitian lanjutan dalam pengembangan kandidat terapi diabetes berbasis senyawa alami.

METODOLOGI

Systematic literature review dengan pendekatan PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) digunakan untuk mengeksplorasi secara komprehensif literatur ilmiah terkait pendekatan *in silico* potensi senyawa dalam daun kelor (*Moringa oleifera* L.) sebagai kandidat antidiabetes. Metode PRISMA dipilih karena kemampuannya dalam menyediakan kerangka sistematis dan transparan untuk melakukan review literature, memungkinkan peneliti untuk melakukan identifikasi, skrining, kelayakan, dan inklusi studi secara metodologis dan reproducible (Page et al., 2021). Pendekatan ini memastikan bahwa setiap tahapan penelitian dokumentasi dilakukan dengan protokol yang terstandar, mengurangi bias seleksi, dan meningkatkan validitas temuan ilmiah.

Strategi Pencarian

Strategi pencarian literatur dilakukan secara komprehensif menggunakan berbagai database elektronik bereputasi internasional, mencakup PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, dan Google Scholar. Proses pencarian difokuskan pada publikasi berbahasa Inggris dan Indonesia yang diterbitkan antara tahun 2020-2024, dengan menggunakan kombinasi kata kunci yang telah dirumuskan secara sistematis. Kata kunci utama yang digunakan meliputi: "*Moringa oleifera*", "*in silico*", "antidiabetic", "molecular docking", "computational analysis", "phytochemical screening", dengan menggunakan operator Boolean (AND, OR) untuk mengoptimalkan sensitivitas dan spesifisitas pencarian.

Protokol pencarian dirancang dengan mempertimbangkan kriteria PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome):

- Population: Senyawa dalam daun *Moringa oleifera*
- Intervention: Pendekatan *in silico*
- Comparison: Metode analisis molekuler konvensional
- Outcome: Potensi antidiabetes

Penelusuran dilakukan dengan memperhatikan variasi ejaan, sinonim, dan istilah terkait untuk memastikan tidak ada literatur relevan yang terlewatkan. Peneliti juga melakukan manual searching pada

referensi artikel terpilih untuk mengidentifikasi studi tambahan yang mungkin tidak terdeteksi dalam pencarian elektronik.

Seleksi Studi

Proses seleksi studi dilakukan melalui empat tahapan sistematis PRISMA, dimulai dari identifikasi, skrining, kelayakan, hingga inklusi. Pada tahap identifikasi, seluruh publikasi dari database elektronik dikumpulkan dan duplikasi dihapus menggunakan perangkat lunak manajemen referensi (Mendeley). Tahap skrining dilakukan dengan meninjau judul dan abstrak untuk mengevaluasi relevansi awal, dengan kriteria inklusi yang telah ditetapkan sebelumnya.

Kriteria inklusi meliputi:

- Publikasi artikel penelitian original
- Fokus pada pendekatan *in silico* terhadap senyawa *Moringa oleifera*
- Memiliki analisis molekuler terkait antidiabetes
- Diterbitkan pada rentang tahun 2020-2024
- Tersedia full-text
- Artikel berbahasa Inggris atau Indonesia

Kriteria eksklusi mencakup:

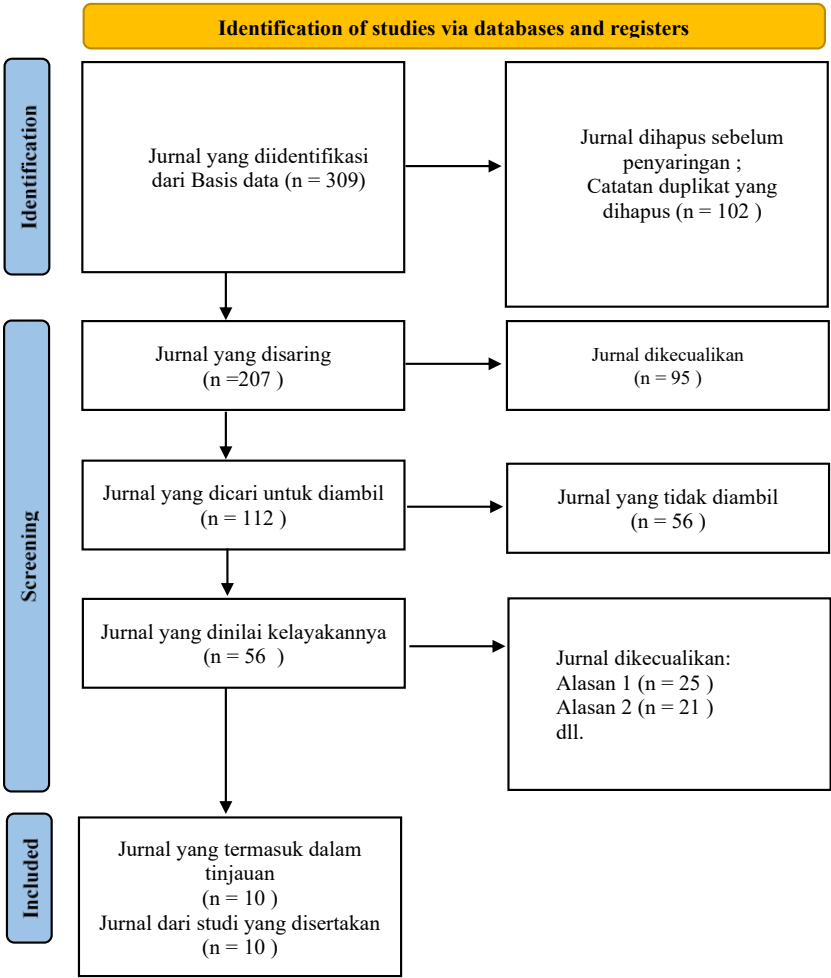
- Laporan kasus
- Review artikel sebelumnya
- Studi dengan metodologi yang tidak jelas
- Artikel duplikat
- Publikasi di luar rentang waktu yang ditentukan

Proses seleksi dilakukan secara independen oleh dua peneliti untuk mengurangi potensi bias, dengan mekanisme diskusi dan konsensus untuk menyelesaikan perbedaan pendapat.

Ekstraksi dan Analisis Data

Ekstraksi data dilakukan menggunakan formulir standar yang dirancang sebelumnya, mengumpulkan informasi komprehensif dari setiap studi yang memenuhi kriteria inklusi. Variabel ekstraksi mencakup karakteristik studi, metodologi *in silico* yang digunakan, senyawa spesifik dari *Moringa oleifera*, target molekuler, hasil analisis, dan temuan kunci. Analisis data dilakukan dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif melibatkan sintesis naratif untuk mengidentifikasi tema, pola, dan mekanisme molekuler yang konsisten dalam literatur. Analisis kuantitatif mencakup perhitungan statistik deskriptif untuk mengkarakterisasi distribusi metodologi, frekuensi senyawa yang dianalisis, dan konsistensi hasil. Penilaian kualitas metodologi dilakukan menggunakan kriteria penilaian sistematis untuk studi *in silico*, mempertimbangkan aspek seperti kejelasan protokol komputasi, validasi metode,

kesesuaian alat analisis, dan reproduibilitas hasil. Setiap studi diberi skor kualitas untuk memberikan bobot pada analisis akhir.



Gambar 1. Flowchart PRISMA

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Ekstraksi Data Jurnal Terkait Pendekatan In Silico Potensi Senyawa dalam Daun Kelor (Moringa oleifera L.) sebagai Kandidat Antidiabetes

N o	Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Metode In Silico	Target Molekuler	Senyawa Potensial	Skor Binding Affinity	Hasil Penelitian Terkait Antidiabetes	Kesimpulan Utama
1	(Kandee pan et al., 2022)	Phytochemical Screening, GCMS Profile, and In-silico properties of Bioactive Compounds in	GCMS Profiling, Skrining Fitokimia	Tidak spesifik	41 Senyawa Bioaktif	Tidak spesifik	Teridentifikasi 41 senyawa bioaktif dengan potensi pengembangan agen terapeutik	Baseline untuk pengembangan kandidat obat

		Methanolic Leaf Extracts of Moringa oleifera						
2	(Amin, 2024)	Studi In Silico Senyawa Aktif Daun Kelor (Moringae oleifera F) sebagai Anti SARS-CoV-2	Molecular Docking, Molecular Dynamic Simulation	Reseptor SARS-CoV-2	1. 4-(4-asetilrhamnosida) 2. 4-O-alpha-L-Rhamnopyranosylglucosinabin	- 108,15 kcal/mol	Meskipun fokus pada SARS-CoV-2, menunjukkan potensi interaksi molekuler senyawa kelor	Berpotensi untuk aplikasi terapeutik lanjutan
3	(Mishra & Talapatra, 2022)	Prediction of Toxicity, Pharmacokinetics of Selected Phytochemicals of Leaf of Drumstick dan Molecular Docking Studies on Two Receptors as Insulin Tyrosine Kinase	Molecular Docking, Farmakokinetik	Reseptor Insulin Tirosin Kinase	1. Serpentine 2. Niazirin 3. Anthraquinone	Tidak spesifik	Serpentine dan Niazirin menunjukkan energi ikatan yang menguntungkan pada reseptor insulin	Berpotensi sebagai kandidat obat antidiabetes
4	(Shady et al., 2022)	Mechanistic Wound Healing and Antioxidant Potential of Moringa oleifera Seeds Extract	Molecular Docking, Profil Metabolik	Protein Terkait Penyembuhan Luka	Quercetin, Caffeic acid, Kaempferol	Tidak spesifik	Menunjukkan potensi antioksidan dan penurunan marker inflamasi terkait diabetes	Sumber senyawa bioaktif dengan kemampuan antioksidan

Diskusi/Pembahasan

Signifikansi Diabetes Mellitus dan Potensi Obat Alami

Diabetes mellitus telah menjadi krisis kesehatan global yang semakin mengkhawatirkan. Menurut (Mesileya et al., 2025), penyakit ini mempengaruhi lebih dari 422 juta orang dan menyebabkan 1,5 juta kematian setiap tahun, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Kompleksitas penanganan diabetes mendorong para peneliti untuk mengeksplorasi solusi alternatif, salah satunya melalui pemanfaatan tanaman obat tradisional seperti Moringa oleifera. Moringa oleifera, yang sering disebut sebagai "pohon ajaib" (Fareed, 2021), telah menarik perhatian peneliti karena potensi farmakologisnya yang luar biasa. Tanaman ini tidak hanya kaya akan nutrisi, tetapi juga

mengandung sejumlah senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai agen terapi alternatif untuk diabetes mellitus.

Profil Fitokimia dan Senyawa Bioaktif Utama

Analisis Komprehensif Kandungan Fitokimia (Kandeepan et al., 2022) melalui analisis Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GCMS) mengungkapkan kompleksitas kimia daun *Moringa oleifera*. Penelitian mereka mengidentifikasi 41 senyawa berbeda, dengan beberapa senyawa menonjol yang memiliki potensi farmakologis signifikan. Senyawa-senyawa utama yang terdeteksi meliputi:

- Hexadecanoic acid
- Phytol
- 9-Octadecenamide
- Monomethyl malonate
- Sorbitol
- Inositol

Analisis fitokimia lebih lanjut oleh (Kandeepan et al., 2022) mengungkapkan keberadaan berbagai kelas senyawa penting, termasuk:

- Alkaloid
- Flavonoid
- Glikosida
- Fenol
- Saponin
- Steroid
- Terpenoid

Identifikasi Senyawa Potensial Antidiabetes

Studi sistematis dari berbagai penelitian *in silico* mengungkapkan sejumlah senyawa dengan potensi antidiabetes yang sangat menjanjikan. (Mesileya et al., 2025) mengidentifikasi lima senyawa teratas dengan aktivitas inhibisi DPP-IV yang signifikan:

- Chlorogenic acid
- Rhamnetin
- Quercetin
- Ellagic acid
- Apigenin

Senyawa-senyawa ini menunjukkan afinitas ikatan yang luar biasa dengan reseptor DPP-IV, dengan skor docking berkisar antara -8,342 hingga -6,796 kcal/mol, secara signifikan melampaui kinerja obat standar Alogliptin.

Mekanisme Molekuler Interaksi dengan Target Terapi Diabetes

Pendekatan *in silico* memberikan wawasan mendalam tentang mekanisme interaksi molekuler senyawa daun kelor dengan berbagai target terapi diabetes. Beberapa mekanisme utama yang teridentifikasi meliputi:

1. Inhibisi Enzim DPP-IV, (Mesileya et al., 2025) menunjukkan bahwa senyawa seperti Chlorogenic acid dan Rhamnetin memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menghambat enzim DPP-IV, yang berperan kritis dalam regulasi glukosa darah.
2. Modulasi Reseptor Insulin Tyrosine Kinase, (Mishra & Talapatra, 2022) menggunakan molecular docking untuk menyelidiki interaksi senyawa dengan reseptor insulin tyrosine kinase. Serpentine dan Niazirin menunjukkan energi ikatan yang sangat menguntungkan pada reseptor A, mengindikasikan potensi mereka dalam meningkatkan sensitivitas insulin.
3. Penghambatan Enzim α -Glukosidase, (Bumolo, 2025) membuktikan bahwa metabolit sekunder seperti lutein dan 4-(α -L-rhamnopyranosyloxy)benzyl glucosinolate memiliki kemampuan penghambatan enzim α -glukosidase yang superior, dengan afinitas ikatan -10,93 dan -10,27 kcal/mol.
4. Interaksi dengan Protein Metabolisme Glukosa, (Fareed, 2021) mengidentifikasi interaksi spesifik antara senyawa Moringa oleifera dengan protein kunci dalam jalur metabolisme glukosa, termasuk Anthraquinone, Serpentine, dan Laurifolin.
5. Analisis Properti Elektronik dan Kimia, Analisis Density Functional Theory (DFT) yang dilakukan (Mesileya et al., 2025) mengungkapkan properti elektronik yang menarik dari senyawa-senyawa utama:
 - Energi celah pita rendah
 - Kemampuan elektron-penerima yang kuat
 - Stabilitas kimia yang tinggi
 - Reaktivitas yang optimal

Komparasi dengan Obat Antidiabetes Konvensional

Perbandingan sistematis menunjukkan potensi senyawa daun kelor dalam melampaui obat-obatan konvensional:

1. Dibandingkan dengan Pioglitazone
2. (Amanah et al., 2022) membandingkan senyawa aktif seperti marumosiide A, quercetin, dan asam ferulat dengan pioglitazone. Meskipun menunjukkan potensi, diperlukan penelitian lanjutan untuk konfirmasi definitif.
3. Perbandingan dengan Acarbose
4. (Bumolo, 2025) menunjukkan bahwa senyawa seperti lutein berpotensi lebih efektif dibandingkan acarbose dalam menghambat α -glukosidase.

5. Analisis Profil Keamanan
6. Studi ADMET yang dilakukan (Mesileya et al., 2025) mengkonfirmasi profil keamanan yang menguntungkan, dengan minimal sitotoksitas dan karakteristik drug-likeness yang positif.

Rekomendasi dan Arah Penelitian Lanjutan

Berdasarkan sintesis komprehensif studi in silico, beberapa rekomendasi penelitian lanjutan dapat diusulkan:

Validasi Eksperimental

1. Uji in vitro dan in vivo untuk senyawa potensial
2. Konfirmasi mekanisme molekuler melalui studi biologi sel
3. Pengembangan model pengujian toksisitas yang lebih canggih

Pendekatan Penelitian Inovatif

1. Investigasi potensi sinergistik antarsenyawa
2. Pengembangan formulasi kombinasi
3. Analisis metabolomik mendalam

Eksplorasi Klinis

1. Studi farmakokinetik komprehensif
2. Uji klinis fase awal
3. Pengembangan prototipe intervensi terapi

KESIMPULAN

Artikel komprehensif ini mengungkap potensi luar biasa daun *Moringa oleifera* (kelor) sebagai kandidat terapi alternatif diabetes mellitus melalui pendekatan in silico yang canggih. Penelitian menunjukkan bahwa daun kelor mengandung beragam senyawa bioaktif dengan mekanisme molekuler kompleks yang dapat berinteraksi secara efektif dengan target terapi diabetes. Dari 41 senyawa bioaktif yang teridentifikasi, beberapa senyawa utama seperti chlorogenic acid, rhamnetin, quercetin, lutein, dan serpentine menunjukkan potensi spektakuler dalam menghambat enzim kunci seperti DPP-IV, α -glukosidase, dan berinteraksi dengan reseptor insulin tyrosine kinase. Studi in silico ini tidak hanya mengungkap mekanisme molekuler interaksi senyawa, tetapi juga membuktikan bahwa beberapa senyawa dari daun kelor memiliki afinitas ikatan yang lebih baik dibandingkan obat konvensional seperti Alogliptin, Pioglitazone, dan Acarbose. Analisis properti elektronik dan kimia tambahan mengonfirmasi stabilitas dan reaktivitas optimal senyawa-senyawa ini, yang semakin memperkuat potensi mereka sebagai kandidat terapi diabetes.

Untuk mengoptimalkan penelitian dan pengembangan potensi daun kelor sebagai intervensi antidiabetes, disarankan dilakukan serangkaian penelitian lanjutan yang komprehensif. Pertama, validasi eksperimental menjadi kunci, yang meliputi uji in vitro dan in vivo untuk mengkonfirmasi mekanisme

molekuler yang telah diidentifikasi melalui pendekatan *in silico*. Penelitian perlu difokuskan pada pengembangan model pengujian toksisitas yang lebih canggih dan melakukan investigasi mendalam tentang potensi sinergistik antarsenyawa bioaktif. Selanjutnya, diperlukan analisis metabolomik yang komprehensif untuk memahami interaksi kompleks antara berbagai senyawa dalam daun kelor. Tahap klinis penelitian mensyaratkan studi farmakokinetik yang mendalam, diikuti dengan uji klinis fase awal untuk mengevaluasi keamanan dan efikasi senyawa-senyawa potensial. Pengembangan prototipe intervensi terapi yang inovatif dengan memanfaatkan senyawa bioaktif daun kelor dapat menjadi terobosan dalam pengelolaan diabetes mellitus. Kerja sama lintas disiplin antara fitokimia, biologi molekuler, farmakologi, dan klinis akan menjadi kunci kesuksesan pengembangan kandidat obat berbasis daun kelor ini di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanah, D., Fauziyah, M., Putri, N. R., Afajar, H. K., Fikriyyah, A., & Manalu, R. T. (2022). Penghambatan Aktivitas Enzim Aldosa Reduktase dari Senyawa Aktif Daun Tanaman Kelor (*Moringa Oleifera* L.): Studi In-Silico. *Jurnal Farmasi Higea*, 14(2), 183. <https://doi.org/10.52689/higea.v14i2.454>
- Amin, S. (2024). *STUDI IN SILICO SENYAWA AKTIF DAUN KELOR (Moringae oleifera F) SEBAGAI ANTI SARS-CoV-2*. 7(2), 181–195.
- Bumolo, N. (2025). In Silico Study of the Potential of *Moringa oleifera* Secondary Metabolites as α - Glucosidase Inhibitors. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 5(1), 132–141. <https://doi.org/10.37311/ijpe.v5i1.28749>
- Fareed, M. M. (2021). *The in-silico approaches: structural , functional proteins- association elucidation of Moringa oleifera phytochemicals against the tyrosine kinase receptor protein of Diabetes mellitus*. 1(3), 1–29. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5516297>
- Fatiqina, A., Amrulloh, H., Apriana, I., Lestaria, A., Erawantia, B., Saputria, A., Gitaa, M., Fitriantia, M., Sathuluric, R. R., Kurniawand, Y. S., Wulane, R. M. S., & Saqib, M. (2021). A Comparative Study on Phytochemical Screening and Antioxidant Activity of Aqueous Extract from Various Parts of *Moringa oleifera*. *Indonesian Journal of Natural Pigments*, 3(2), 43–47. <https://doi.org/10.47352/bioactivities.2963-654x.183>
- Hasan, R., Panah, F. C., & Bahi, R. R. R. (2022). Docking Molekuler Senyawa Potensial Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Reseptor Folat. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 2(2), 519–526.
- Kandeepan, C., Sabitha, M., Parvathi, K., Senthilkumar, N., Ramya, S., Boopathi, N. M., & Jayakumararaj, R. (2022). Phytochemical Screening, GCMS Profile, and In-silico properties of Bioactive Compounds in Methanolic Leaf Extracts of *Moringa oleifera*. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 12(2), 87–99. <https://doi.org/10.22270/jddt.v12i2.5250>
- Mesileya, K. T., Onyeka, P. C., Ogologo, M. C., Aderiye, M. A., Prosper, S., Ayomide, A. E., Avwojekpaye, M. O., Omokoye, O. O., & Bodun, D. S. (2025). *Moringa Oleifera Bioactive Compounds as a Novel DPP-IV Inhibitor: An In-Silico Study*. 1(1), 1–11.
- Mishra, K., & Talapatra, S. N. (2022). PREDICTION OF TOXICITY, PHARMACOKINETICS OF

SELECTED PHYTOCHEMICALS OF LEAF OF DRUMSTICK (*Moringa* Sp.) AND MOLECULAR DOCKING STUDIES ON TWO RECEPTORS AS INSULIN TYROSINE KINASE FOR ANTIDIABETIC POTENTIAL. *Journal of Advanced Scientific Research*, 13(02), 67–75. <https://doi.org/10.55218/jasr.202213210>

Ni Komang Angelina Sinta Pratiwi. (2023). Potensi Berbagai Tanaman sebagai Nutrasetikal Diabetes Melitus dengan Mekanisme Kerja Menghambat Enzim α -Glukosidase. *Prosiding Workshop Dan Seminar Nasional Farmasi*, 2, 512–530. <https://doi.org/10.24843/wsnf.2022.v02.p41>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Sadybekov, A. V., & Katritch, V. (2023). Computational approaches streamlining drug discovery. *Nature*, 616(7958), 673–685. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05905-z>

Shady, N. H., Mostafa, N. M., Fayez, S., Abdel-Rahman, I. M., Maher, S. A., Zayed, A., Saber, E. A., Khowdiary, M. M., Elrehany, M. A., Alzubaidi, M. A., Altemani, F. H., Shawky, A. M., & Abdelmohsen, U. R. (2022). Mechanistic Wound Healing and Antioxidant Potential of *Moringa oleifera* Seeds Extract Supported by Metabolic Profiling, In Silico Network Design, Molecular Docking, and In Vivo Studies. *Antioxidants*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/antiox11091743>

Sun, H., Saeedi, P., Karuranga, S., Pinkepank, M., Ogurtsova, K., Duncan, B. B., Stein, C., Basit, A., Chan, J. C. N., Mbanya, J. C., Pavkov, M. E., Ramachandaran, A., Wild, S. H., James, S., Herman, W. H., Zhang, P., Bommer, C., Kuo, S., Boyko, E. J., & Magliano, D. J. (2022). IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 183(109119), 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.109119>