

Integrasi Kearifan Lokal dan Farmakogenetik dalam Pengembangan Pengobatan Alami Berbasis Personalized Medicine

Firman Rezaldi^{1*}, Yugga Tri Surahman²

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains, Universitas Situs Jaya Banten, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pendidikan Ganesha, Bali, Indonesia

*ytrisurahman@gmail.com

Keywords	Abstract
local wisdom, pharmacogenetics, ethnopharmacology, personalized medicine, herbal medicine	<i>The integration of local wisdom and pharmacogenetics has emerged as an innovative approach in developing natural medicine within the framework of personalized medicine. This study aims to critically examine the relationship, challenges, and future prospects of integrating traditional medicinal knowledge with modern genomic science. This research employed a narrative literature review approach using scientific articles indexed in Scopus, PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, and Google Scholar published between 2019 and 2024. The literature was analyzed through thematic synthesis focusing on ethnopharmacology, pharmacogenomics, herbal medicine, and personalized healthcare. The findings indicate that local wisdom-based medicine possesses strong empirical and cultural value but still faces limitations in molecular validation and scientific standardization. In contrast, pharmacogenetics provides a precise approach to individualized therapy based on genetic variability, although it often overlooks biological complexity and socio-cultural contexts. Emerging approaches such as ethnopharmacogenomics, metabolomics, and network pharmacology offer significant opportunities to bridge these two paradigms by explaining the multi-component and multi-target mechanisms of herbal medicine. However, major challenges remain, including limited genomic databases, lack of herbal standardization, and insufficient interdisciplinary collaboration. Therefore, the future development of natural medicine requires an integrative, evidence-based, and culturally sensitive healthcare framework.</i>
Kata Kunci	Abstrak
kearifan lokal, farmakogenetik, etnofarmakologi, pengobatan presisi, obat herbal	Integrasi kearifan lokal dan farmakogenetik menjadi pendekatan inovatif dalam pengembangan pengobatan alami berbasis personalized medicine. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara kritis hubungan, tantangan, dan prospek integrasi antara pengetahuan pengobatan tradisional dengan ilmu genomik modern. Penelitian menggunakan metode narrative literature review dengan sumber artikel ilmiah terindeks Scopus, PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, dan Google Scholar yang dipublikasikan pada tahun 2019-2024. Analisis dilakukan melalui thematic synthesis dengan fokus pada kajian etnofarmakologi, farmakogenomik, obat herbal, dan personalized healthcare. Hasil kajian menunjukkan bahwa pengobatan berbasis kearifan lokal memiliki

nilai empiris dan budaya yang kuat, namun masih menghadapi keterbatasan dalam validasi molekuler dan standarisasi ilmiah. Sebaliknya, farmakogenetik menawarkan pendekatan terapi presisi berbasis variasi genetik individu, tetapi sering kali belum mampu mengakomodasi kompleksitas biologis dan konteks sosial budaya. Pendekatan baru seperti etnofarmakogenomik, metabolomik, dan network pharmacology memberikan peluang besar dalam menjembatani kedua paradigma melalui penjelasan mekanisme multi-komponen dan multi-target pada obat herbal. Namun demikian, integrasi tersebut masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan database genomik, belum optimalnya standarisasi herbal, dan rendahnya kolaborasi multidisiplin. Oleh karena itu, pengembangan pengobatan alami di masa depan memerlukan pendekatan integratif, berbasis bukti ilmiah, dan tetap sensitif terhadap nilai-nilai budaya lokal.

©JIFA: JURNAL ILMIAH FARMASI ATTAMRU
D 3 Farmasi Universitas Islam Madura

PENDAHULUAN

Kearifan lokal merupakan warisan budaya yang mengandung pengetahuan empiris masyarakat dalam menjaga kesehatan, termasuk dalam pemanfaatan tanaman obat tradisional. Di Indonesia, praktik pengobatan berbasis kearifan lokal masih banyak digunakan dan menjadi bagian dari sistem kesehatan pluralistik. Studi terbaru menunjukkan bahwa masyarakat masih memiliki tingkat kepercayaan dan penggunaan yang tinggi terhadap pengobatan tradisional sebagai alternatif maupun pelengkap pengobatan modern (Febriyanti *et al.*, 2024). Hal ini menegaskan bahwa kearifan lokal bukan sekadar budaya, tetapi memiliki potensi ilmiah yang relevan untuk dikembangkan dalam dunia kesehatan modern.

Namun demikian, penggunaan pengobatan tradisional seringkali belum didukung oleh validasi ilmiah yang kuat, khususnya terkait aspek keamanan, efektivitas, dan mekanisme kerja pada tingkat molekuler. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa praktik berbasis kearifan lokal memiliki nilai terapeutik, tetapi masih memerlukan pendekatan ilmiah untuk menguji validitasnya secara sistematis (Muhyidin *et al.*, 2026). Di sinilah pentingnya integrasi antara pengetahuan tradisional dan ilmu biomedis modern.

Perkembangan ilmu genetika, khususnya farmakogenetik, membuka peluang besar dalam memahami variasi respons individu terhadap obat, termasuk obat berbasis bahan alam. Farmakogenetik mempelajari bagaimana variasi genetik memengaruhi efektivitas dan keamanan terapi obat pada setiap individu, sehingga menjadi dasar dalam pengembangan *personalized medicine* (Dash *et al.*, 2024). Variasi genetik ini terbukti berperan dalam menentukan respons terapi serta risiko efek samping obat, yang dapat berbeda antar individu maupun populasi (Marzuki & Gayatri, 2020).

Lebih lanjut, penelitian terkini menunjukkan bahwa keberagaman genetik populasi sangat memengaruhi hasil terapi, sehingga pendekatan farmakogenetik menjadi krusial, terutama di negara berkembang dengan keragaman etnis tinggi seperti Indonesia (Ausi *et al.*, 2024). Di sisi lain, penelitian tentang keanekaragaman genetik dan kimia tanaman obat di Asia menunjukkan bahwa sumber daya hayati lokal memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi obat yang terstandarisasi dan berbasis bukti ilmiah (Komatsu,

2023). Hal ini memperkuat urgensi untuk mengkaji hubungan antara kearifan lokal dan kode genetik, terutama dalam konteks pengembangan pengobatan alami yang lebih presisi.

Studi-studi sebelumnya umumnya membahas etnofarmakologi dan farmakogenomik sebagai domain ilmiah yang terpisah. Penelitian tentang pengobatan tradisional cenderung berfokus pada efek terapeutik empiris dan dimensi budaya, sementara studi farmakogenomik terutama menekankan variabilitas genetik dan respons obat individual. Namun, studi tinjauan yang terbatas telah secara kritis mengeksplorasi integrasi epistemologis antara pengobatan berbasis kearifan lokal dan ilmu genomik modern dalam kerangka pengobatan alami yang dipersonalisasi. Oleh karena itu, tinjauan komprehensif diperlukan untuk menjembatani kedua paradigma ini dan mengidentifikasi peluang masa depan untuk pengembangan perawatan kesehatan integratif dan berbasis bukti.

Berdasarkan hal tersebut, integrasi antara kearifan lokal dan pendekatan farmakogenetik menjadi suatu paradigma baru dalam pengembangan pengobatan alami di masa depan. Pendekatan ini tidak hanya berpotensi meningkatkan efektivitas terapi, tetapi juga menjamin keamanan penggunaan obat berbasis bahan alam sesuai dengan profil genetik individu. Oleh karena itu, artikel review ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif hubungan antara kearifan lokal dan kode genetik dalam mendukung pengembangan pengobatan alami yang berbasis bukti dan berorientasi pada *personalized medicine*.

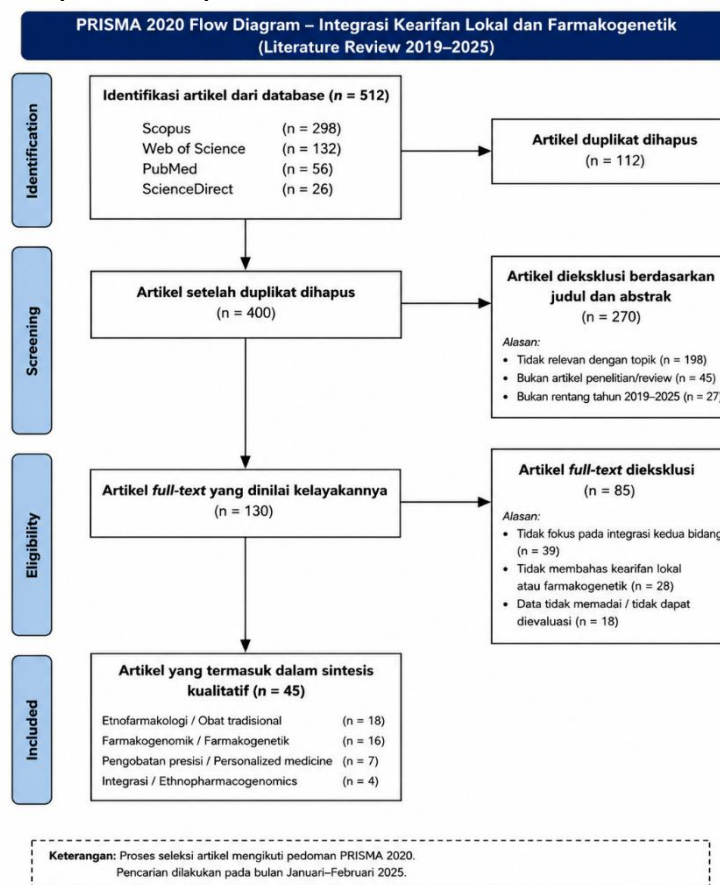
METODE

Penelitian ini menggunakan metode literature review dengan pendekatan narrative review untuk mengkaji integrasi antara kearifan lokal dalam pengobatan tradisional dan perkembangan ilmu farmakogenetik sebagai dasar pengembangan pengobatan alami berbasis *personalized medicine*. Pendekatan narrative review dipilih karena mampu memberikan pemahaman komprehensif mengenai perkembangan konsep, temuan empiris, serta arah penelitian masa depan dari berbagai disiplin ilmu yang saling berkaitan (Snyder, 2019). Selain itu, metode ini memungkinkan peneliti melakukan sintesis kritis terhadap hubungan antara pengobatan tradisional, etnofarmakologi, dan farmakogenomik dalam konteks sistem kesehatan modern.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari artikel ilmiah nasional dan internasional bereputasi yang terindeks pada database Scopus, PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, dan Google Scholar sebagai sumber pendukung. Literatur yang dianalisis dipublikasikan dalam rentang tahun 2019–2024 dengan prioritas pada artikel terbaru tahun 2023–2024 guna memperoleh perkembangan mutakhir terkait farmakogenetik, ethnopharmacology, dan *personalized medicine*. Proses pencarian literatur dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci seperti “local wisdom AND pharmacogenetics”, “traditional medicine AND genetic variation”, “herbal medicine AND personalized medicine”, “ethnopharmacology AND genomics”, serta “natural medicine AND pharmacogenomics”.

Seleksi artikel dilakukan melalui beberapa tahapan yang mengacu pada pedoman PRISMA 2020 (Page et al., 2021), dimulai dari identifikasi artikel berdasarkan kata kunci, penyaringan judul dan abstrak, evaluasi full text sesuai kriteria inklusi dan eksklusi, hingga penetapan artikel final yang relevan untuk dianalisis. Kriteria inklusi meliputi artikel penelitian asli maupun review article yang ditulis dalam bahasa Inggris atau Indonesia, terindeks pada database bereputasi, membahas aspek kearifan lokal, tanaman obat tradisional, farmakogenetik, farmakogenomik, atau personalized medicine, serta memiliki akses full text. Sementara itu, artikel duplikat, editorial, proceeding singkat, abstrak konferensi tanpa full text, dan artikel yang tidak relevan dengan topik integrasi pengobatan tradisional dan genetika dikeluarkan dari proses analisis seperti yang disajikan pada gambar 1.

Data dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif melalui thematic synthesis dengan mengelompokkan temuan ke dalam beberapa tema utama, yaitu konsep kearifan lokal dalam pengobatan alami, peran tanaman obat tradisional dalam kesehatan masyarakat, dasar farmakogenetik dan variasi respons obat, integrasi pengobatan tradisional dengan personalized medicine, serta tantangan dan prospek pengembangan pengobatan alami berbasis kode genetik. Hasil sintesis kemudian digunakan untuk membangun pemahaman yang lebih komprehensif mengenai peluang integrasi antara kearifan lokal dan farmakogenetik dalam mendukung pengembangan sistem kesehatan modern yang lebih presisi, adaptif, dan berbasis bukti ilmiah.



Gambar 1. PRISMA Flow Diagram

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil telaah literatur menunjukkan bahwa integrasi antara kearifan lokal dan farmakogenetik mengalami perkembangan signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Pendekatan pengobatan tradisional yang sebelumnya lebih banyak dipandang sebagai praktik empiris berbasis budaya kini mulai dikaji menggunakan pendekatan molekuler dan genomik modern. Perkembangan ini menunjukkan adanya pergeseran paradigma dari pendekatan tradisional yang bersifat holistik menuju model pengobatan alami berbasis bukti ilmiah dan personalized medicine. Namun demikian, proses integrasi tersebut masih menghadapi berbagai tantangan epistemologis, terutama terkait perbedaan cara pandang antara sistem pengobatan tradisional dan pendekatan biomedis modern.

Kearifan lokal dalam pengobatan tradisional terbukti memiliki nilai terapeutik yang signifikan dalam berbagai masyarakat. Penggunaan tanaman obat secara turun-temurun tidak hanya merepresentasikan praktik budaya, tetapi juga mencerminkan akumulasi pengetahuan empiris yang berkembang melalui pengalaman masyarakat selama bertahun-tahun. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa obat herbal memiliki karakteristik multi-komponen dan multi-target, sehingga mekanisme kerjanya jauh lebih kompleks dibandingkan obat sintesis konvensional (Li et al., 2023). Kompleksitas tersebut menyebabkan pengobatan herbal sulit dijelaskan menggunakan pendekatan farmakologi klasik yang umumnya berfokus pada hubungan satu senyawa dengan satu target biologis.

Perkembangan teknologi metabolomik dan network pharmacology mulai memberikan kontribusi penting dalam menjelaskan mekanisme kerja tanaman obat secara lebih komprehensif. Pendekatan metabolomik mampu mengidentifikasi perubahan metabolit endogen akibat intervensi herbal sehingga dapat membantu menjembatani kesenjangan antara bukti empiris dan validasi molekuler (Wang et al., 2024). Selain itu, network pharmacology memungkinkan identifikasi interaksi biologis yang kompleks antara berbagai senyawa aktif herbal dengan banyak target molekuler secara simultan. Meskipun demikian, upaya modernisasi pengobatan tradisional sering kali masih cenderung mereduksi kompleksitas herbal menjadi sekadar isolasi senyawa aktif tunggal, padahal efektivitas terapi herbal justru banyak dipengaruhi oleh interaksi sinergistik antar senyawa.

Di sisi lain, farmakogenetik berkembang sebagai pendekatan yang menawarkan terapi presisi berbasis variasi genetik individu. Konsep ini memberikan peluang besar dalam meningkatkan efektivitas dan keamanan terapi karena respons obat pada setiap individu dapat berbeda sesuai profil genetiknya. Namun, literatur terbaru menunjukkan bahwa penerapan farmakogenetik pada pengobatan alami masih menghadapi keterbatasan. Senyawa alami diketahui bekerja melalui banyak jalur biologis sekaligus sehingga tidak dapat dipetakan secara linear seperti obat sintesis (Luo et al., 2024). Selain itu, pendekatan genomik modern sering kali kurang mempertimbangkan faktor lingkungan, budaya, pola konsumsi, dan proses pengolahan herbal yang dapat memengaruhi efektivitas terapi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa proses fermentasi dan modifikasi bahan herbal mampu mengubah profil bioaktif serta efek farmakologis tanaman obat secara signifikan (Luo et al., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas pengobatan alami tidak hanya dipengaruhi oleh faktor genetik individu, tetapi juga oleh konteks budaya dan metode pengolahan tradisional yang digunakan masyarakat. Oleh karena itu, klaim bahwa farmakogenetik mampu sepenuhnya mempersonalisasi pengobatan alami masih memerlukan pengembangan lebih lanjut agar mampu mengakomodasi kompleksitas biologis dan sosial secara lebih menyeluruh.

Hasil kajian juga menunjukkan bahwa integrasi antara kearifan lokal dan farmakogenetik tidak selalu berjalan harmonis, melainkan menghadapi konflik paradigma yang cukup mendasar. Pengobatan tradisional pada umumnya menggunakan pendekatan holistik dengan mempertimbangkan keseimbangan tubuh, lingkungan, dan budaya, sedangkan farmakogenetik lebih berorientasi pada pendekatan reduksionis berbasis hubungan gen dan respons obat. Penelitian terbaru tentang network pharmacology menunjukkan bahwa herbal bekerja melalui jaringan target biologis yang kompleks dan saling terhubung, bukan hanya satu target spesifik (Lee et al., 2024). Oleh karena itu, integrasi kedua pendekatan tidak dapat dilakukan dengan sekadar menerapkan logika farmakogenetik modern ke dalam sistem pengobatan tradisional.

Penelitian lain menunjukkan bahwa efektivitas terapi herbal justru meningkat ketika mempertimbangkan interaksi multitarget dan kombinasi berbagai senyawa aktif dalam tanaman obat (Woyessa et al., 2024). Dengan demikian, integrasi yang ideal memerlukan paradigma baru yang tidak hanya berfokus pada presisi genetik, tetapi juga mampu mempertimbangkan kompleksitas biologis, ekologis, dan budaya dalam pengobatan alami.

Sebagai respons terhadap keterbatasan tersebut, muncul pendekatan etnofarmakogenomik yang menggabungkan variasi genetik populasi dengan praktik pengobatan tradisional. Pendekatan ini dinilai lebih realistis karena tidak menempatkan pengetahuan lokal dan ilmu genomik sebagai dua paradigma yang saling bertentangan, melainkan sebagai sistem yang dapat saling melengkapi. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa variasi genetik tidak hanya terdapat pada manusia sebagai pengguna terapi, tetapi juga pada tanaman obat itu sendiri, sehingga memengaruhi efektivitas dan konsistensi terapeutik bahan herbal (Chen, 2024).

Selain itu, implementasi farmakogenomik dalam pengobatan tradisional juga perlu mempertimbangkan aspek etika, sosial, dan budaya agar tidak menimbulkan marginalisasi terhadap pengetahuan lokal masyarakat (Kumar et al., 2026). Dalam konteks ini, pendekatan etnofarmakogenomik berpotensi menjadi model integratif yang mampu menghubungkan validasi ilmiah modern dengan nilai-nilai budaya lokal secara lebih seimbang.

Meskipun memiliki prospek yang menjanjikan, implementasi integrasi antara kearifan lokal dan farmakogenetik masih menghadapi berbagai tantangan struktural. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan data genomik populasi lokal, khususnya di negara berkembang dengan keragaman etnis yang tinggi seperti Indonesia. Keterbatasan tersebut menyebabkan personalized medicine berpotensi bias terhadap populasi tertentu yang lebih banyak terwakili dalam database genom global. Selain itu, standarisasi bahan herbal dan konsistensi kualitas produk alami juga masih menjadi permasalahan utama dalam pengembangan pengobatan berbasis tanaman obat.

Di sisi lain, perkembangan teknologi seperti metabolomik, bioinformatika, artificial intelligence, dan big data membuka peluang baru dalam mengatasi kompleksitas pengobatan alami berbasis genomik. Teknologi tersebut memungkinkan analisis interaksi biologis yang lebih luas dan mendalam dibandingkan pendekatan farmakologi konvensional. Namun demikian, kemajuan teknologi tidak akan memberikan dampak optimal tanpa adanya dukungan kebijakan, regulasi, serta kolaborasi multidisiplin antara peneliti farmasi, ahli genomik, praktisi kesehatan, dan pemegang pengetahuan tradisional. Oleh karena itu, pengembangan pengobatan alami berbasis personalized medicine di masa depan memerlukan pendekatan integratif yang tidak hanya berbasis teknologi dan validasi ilmiah, tetapi juga sensitif terhadap konteks budaya dan keberlanjutan sumber daya lokal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa kearifan lokal dan farmakogenetik merupakan dua pendekatan yang memiliki kekuatan sekaligus keterbatasan dalam pengembangan pengobatan alami. Kearifan lokal unggul dalam aspek empiris, holistik, dan kontekstual karena berkembang melalui pengalaman budaya masyarakat secara turun-temurun, namun masih menghadapi keterbatasan dalam validasi ilmiah dan standarisasi molekuler. Sebaliknya, farmakogenetik menawarkan pendekatan terapi yang lebih presisi berbasis variasi genetik individu, tetapi cenderung reduksionis dan belum sepenuhnya mampu mengakomodasi kompleksitas biologis serta dimensi sosial budaya dalam pengobatan tradisional.

Integrasi antara kedua pendekatan tersebut menunjukkan potensi besar dalam membangun sistem pengobatan alami berbasis personalized medicine yang lebih efektif, aman, dan adaptif terhadap keragaman genetik maupun budaya masyarakat. Pendekatan seperti etnofarmakogenomik, network pharmacology, dan metabolomik menjadi dasar penting dalam menjembatani hubungan antara pengetahuan tradisional dan ilmu genomik modern. Selain itu, perkembangan bioinformatika dan kecerdasan buatan juga membuka peluang baru dalam menganalisis kompleksitas interaksi multi-komponen pada tanaman obat secara lebih komprehensif.

Secara praktis, hasil kajian ini dapat menjadi landasan dalam pengembangan obat herbal terstandarisasi berbasis profil genetik populasi lokal sehingga mampu

meningkatkan efektivitas terapi dan meminimalkan risiko efek samping penggunaan obat alami. Integrasi kearifan lokal dan farmakogenetik juga berpotensi mendukung pengembangan layanan kesehatan integratif yang lebih personal dan berbasis bukti ilmiah, khususnya di negara dengan keragaman etnis dan sumber daya hayati tinggi seperti Indonesia.

Meskipun demikian, implementasi pendekatan ini masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan database genomik populasi lokal, belum optimalnya standardisasi bahan herbal, rendahnya integrasi multidisiplin, serta minimnya regulasi yang secara khusus mengatur pengembangan personalized natural medicine. Oleh karena itu, diperlukan dukungan kebijakan yang lebih kuat melalui pengembangan regulasi standardisasi obat herbal berbasis genomik, peningkatan investasi riset multidisiplin, serta penguatan kolaborasi antara akademisi, praktisi kesehatan, industri farmasi, dan pemegang pengetahuan tradisional.

Penelitian di masa depan perlu diarahkan pada pemetaan genomik populasi lokal, validasi klinis tanaman obat berbasis farmakogenomik, pengembangan database ethnopharmacogenomics, serta integrasi teknologi artificial intelligence dan big data dalam pengembangan personalized herbal medicine. Dengan demikian, pengobatan alami di masa depan tidak hanya menjadi alternatif terapi, tetapi dapat berkembang menjadi bagian integral dari sistem kesehatan presisi yang berkelanjutan, berbasis bukti ilmiah, dan tetap menghargai nilai-nilai kearifan lokal.

DAFTAR RUJUKAN

- Ausi, Y., Barliana, M. I., Postma, M. J., & Suwantika, A. A. (2024). One step ahead in realizing pharmacogenetics in low- and middle-income countries: What should we do? *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 17, 4863–4874. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S458564>
- Chen, S. (2024). Biosynthesis of natural products from medicinal plants: Challenges, progress and prospects. *Chinese Herbal Medicines*, 16(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.chmed.2024.01.001>
- Dash, B., Shireen, M., Kumar, S., Goel, A., Semwal, P., & Rani, R. (2024). A comprehensive review: Pharmacogenomics and personalized medicine customizing drug therapy based on individual genetics profiles. *Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi*, 40, e20240011. <https://doi.org/10.62958/j.cjap.2024.011>

- Febriyanti, R. M., Saefullah, K., Susanti, R. D., et al. (2024). Knowledge, attitude, and utilization of traditional medicine within the plural medical system in West Java, Indonesia. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 24, Article 64. <https://doi.org/10.1186/s12906-024-04368-7>
- Komatsu, K. (2024). Comprehensive study on genetic and chemical diversity of Asian medicinal plants, aimed at sustainable use and standardization of traditional crude drugs. *Journal of Natural Medicines*, 78(2), 267–284. <https://doi.org/10.1007/s11418-023-01770-2>
- Kumar, I., Vishwakarma, S. K., Singh, P. K., Kumar, U., Singh, R. P., Madheshiya, P., et al. (2026). Ethnopharmacological exploration of Indian medicinal plants: From traditional knowledge to modern medicine. *Phytochemistry Reviews*, 1–37. <https://doi.org/10.1007/s11101-026-10234-w>
- Lee, W. Y., Park, K. I., Bak, S. B., Lee, S., Bae, S. J., Kim, M. J., et al. (2024). Evaluating current status of network pharmacology for herbal medicine focusing on identifying mechanisms and therapeutic effects. *Journal of Advanced Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2024.12.040>
- Li, L., Yang, L., Yang, L., He, C., He, Y., Chen, L., et al. (2023). Network pharmacology: A bright guiding light on the way to explore the personalized precise medication of traditional Chinese medicine. *Chinese Medicine*, 18(1), 146. <https://doi.org/10.1186/s13020-023-00853-2>
- Luo, X., Dong, M., Liu, J., Guo, N., Li, J., Shi, Y., & Yang, Y. (2024). Fermentation: Improvement of pharmacological effects and applications of botanical drugs. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1430238. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1430238>
- Marzuki, J. E., & Gayatri, A. (2020). *Farmakogenomik: Pendekatan farmakologi menuju personalised medicine*. Universitas Surabaya Repository. <http://repository.ubaya.ac.id/id/eprint/38831>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Wang, Z., Guo, S., Cai, Y., Yang, Q., Wang, Y., Yu, X., et al. (2024). Decoding active compounds and molecular targets of herbal medicine by high-throughput metabolomics technology: A systematic review. *Bioorganic Chemistry*, 144, 107090. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2023.107090>

Woyessa, A. M., Bultum, L. E., & Lee, D. (2024). Designing combinational herbal drugs based on target space analysis. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 24(Suppl 1), 179. <https://doi.org/10.1186/s12906-024-04455-9>