

TINJAUAN LITERATUR: MOLECULAR DOCKING FITOKIMIA INDONESIA TERHADAP TARGET TERAPEUTIK EMPAT JENIS KANKER

Saeful Amin^{1*}, Ghani Angga Tsani²

Universitas Bakti Tunas Husada^{1,2,3}

ghaniangga27@gmail.com

Received: 07-05-2025

Revised: 19-05-2025

Approved: 30-05-2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi senyawa bioaktif dari tanaman sebagai agen antikanker melalui pendekatan *in silico* menggunakan metode *molecular docking* dan analisis *drug-likeness*. Metode penelitian yang digunakan adalah *systematic literature review* terhadap 15 artikel ilmiah terbitan 2015–2025 yang mencakup interaksi senyawa flavonoid, alkaloid, dan terpenoid dari berbagai tanaman dengan reseptor protein kanker seperti ER- α , EGFR, COX-2, dan p53. Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa seperti *quercetin*, *curcumin*, *chalcone*, *retrofractamide*, dan *oxylaxanthone A* memiliki afinitas ikatan yang kuat terhadap reseptor target, dengan nilai ΔG kompetitif terhadap ligan natif. Evaluasi *drug-likeness* menunjukkan bahwa mayoritas senyawa memiliki karakteristik kimiawi yang sesuai untuk pengembangan obat. Simpulan dari studi ini menunjukkan bahwa pendekatan *molecular docking* efektif dalam menyaring senyawa fitokimia potensial sebagai kandidat fitofarmaka antikanker dan mendukung perlunya validasi lebih lanjut melalui uji biologis.

Kata Kunci : *Molecular Docking, Drug-Likeness, Senyawa Bioaktif, Protein Target Kanker*

PENDAHULUAN

Molecular docking kini banyak dimanfaatkan dalam riset penemuan obat karena efisien dan hemat biaya dalam memprediksi interaksi ligan-protein. Teknik ini berperan penting dalam penyaringan awal obat, termasuk mengevaluasi senyawa alami sebagai kandidat antikanker. Metode ini juga digunakan untuk memahami cara ligan berinteraksi dengan reseptor dalam proses pengembangan obat (Amin, Rosmiyati, *et al.*, 2023). *Rational Drug Design* (RRD) menurut (Fauziah *et al.*, 2023) adalah *molecular docking* mempercepat perancangan obat dengan mencocokkan senyawa dan reseptor aktif secara 3D untuk mengidentifikasi potensi efek farmakologis. Proses penemuan obat diakui cukup panjang dan mahal. Akibatnya, kecenderungan untuk menggunakan teknik kimia komputasional *in silico* dalam pemodelan molekuler (desain obat) masih banyak digunakan. (Sukma, 2019). Menurut statistik WHO tahun 2008, 68% populasi global terus bergantung pada sistem pengobatan tradisional, yang sebagian besar memanfaatkan tanaman untuk mengobati penyakit (Andriani *et al.*, 2016). Indonesia, sebagai negara dengan iklim tropis, memiliki kekayaan keanekaragaman hayati yang melimpah serta sumber daya obat-obatan yang melimpah. Oleh karena itu, fitofarmaka menjadi pilihan pengobatan yang menarik dan memiliki potensi untuk terus dikembangkan, Indonesia punya kisaran 30.000 spesies tumbuhan, di mana sekitar 7.000 tumbuhan termasuk dalam kategori tumbuhan berkhasiat obat, Beragam spesies tanaman dari alam yang berasal dari berbagai etnis digunakan sebagai obat yang memiliki khasiat untuk menjaga Kesehatan (Jupita *et al.*, 2025).

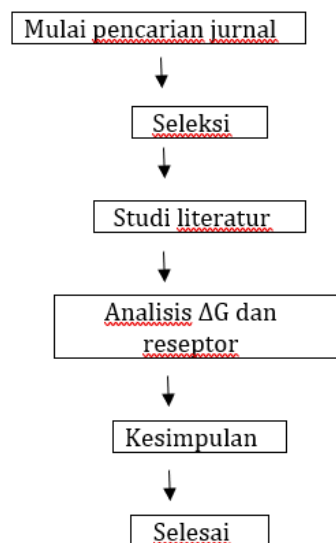
Salah satunya adalah tanaman kayu secang (*Caesalpinia sappan L.*) merupakan salah satu tanaman Indonesia yang memiliki potensi sebagai sumber senyawa bioaktif (Amin & Yuliana, 2016). Salah satu senyawa utama dari kayu secang, Brazilein, senyawa utama yang terdapat dalam kayu secang, memiliki aktivitas antikanker dengan

menghambat protein survivin yang berperan mencegah apoptosis (K. Hadi *et al.*, 2023). Kanker merupakan pertumbuhan sel abnormal yang dapat menyebar ke seluruh tubuh dan berpotensi mematikan. Prevalensi kanker Indonesia 1,79‰. Kanker ovarium yaitu tingkat kematian tinggi (Gabriel *et al.*, 2024). Kanker merupakan penyebab kematian terbesar di dunia. Penyakit ini diketahui memiliki tata laksana yang berbeda dari penyakit lainnya. Pengembangan obat saat ini berfokus pada pengarahannya pengobatan kanker ke lokasi yang penting untuk perkembangan kanker. (Hairunisa *et al.*, 2019).

Beberapa Jenis penyakit kanker yang banyak terdapat pada masyarakat pada saat ini ialah kanker paru, hati, perut, kolorektal, dan kanker payudara (Frimayanti, Djohari, *et al.*, 2021). Di antara jenis-jenis tersebut, kanker payudara adalah yang paling sering diteliti karena prevalensinya yang tinggi. Dengan 2,3 juta kasus yang terdeteksi setiap tahunnya, kanker payudara saat ini merupakan kanker yang paling umum di dunia. Diperkirakan bahwa faktor keturunan berkontribusi terhadap 41% risiko kanker payudara, sedangkan pengaruh genetika berkontribusi terhadap 18% risiko kanker payudara. (Amin, Aryanti, *et al.*, 2023). Kanker payudara adalah pertumbuhan kanker yang dapat memengaruhi jaringan payudara, yang terdiri dari kelenjar susu (kelenjar yang menghasilkan susu), saluran kelenjar (saluran susu), dan jaringan pendukung payudara (Rastini *et al.*, 2019). Kanker payudara melibatkan proliferasi sel payudara yang tidak terkontrol, biasanya di dalam epitel kelenjar susu dan lobulus (Amin, Aryanti, *et al.*, 2023). Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi senyawa alami berpotensi agen antikanker melalui studi molecular docking dan evaluasi drug-likeness dari jurnal ilmiah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *systematic literature review*. Proses seleksi artikel dilakukan dengan menyaring artikel ilmiah yang memuat data molecular docking dan evaluasi *drug-likeness* senyawa bioaktif dari tanaman terhadap target protein kanker. Database yang digunakan termasuk Google Scholar, ScienceDirect, dan PubMed. dari 15 artikel publikasi antara 2015-2025, yang mengidentifikasi senyawa seperti alkaloid, flavonoid, dan terpenoid, dengan potensi tinggi terhadap target protein kanker dan profil kimia yang mendukung pengembangan obat.



Gambar 1. Alur penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 1.
Hasil Ringkasan Artikel Terdahul

Referensi	Tanaman/senyawa	Software	Kanker	Reseptor	Hasil
(Amin, Aryanti, et al., 2023)	Kulit buah manggis (Garcinia mangostana L.) Senyawa : oxyloxanthone A, 8-Deoxygartanin, dan Demetylcalabaxanthone.	YASARA, MarvinSketch, PLANTS, Discovery Studio Visualizer, OpenMM	Kanker payudara	PDB (1QKM, 1X7R, 1X7J, 6QGG, 2QA8)	Toxyloxanthone A $\Delta G = -80,53$ kkal/mol. Native ligand (1X7J) $\Delta G = -76,68$ kkal/mol.
(Ikhtiarudin et al., 2022)	Senyawa : flavonol, 3-(3-chloropropoxy)-2-(4-methoxyphenyl)-4H-chromen-4-on (TF4)	ChemDraw Professional 15, MOE 2021.0901, dan Discovery Studio Visualizer 2021 (Biovia)	Kanker payudara	estrogen alfa (ER- α) PDB (1A52) dan (3ERT)	TF4 pada reseptor estrogen alfa (ER- α) adalah sekitar $\Delta G = -9.14$ hingga $\Delta G = -9.50$ kkal/mol
(Effendi et al., 2023)	Senyawa : Tamoxifen (TAM), lima analog tamoxifen dan 4-hidroksitamoxifen	LANTS, Yasara, LigPlot, MarvinSketch 5.2.	Kanker payudara	estrogen- α PDB (3ERT)	analog tamoxifen 1 $\Delta G = -101,34875$ kkal/mol 4-hidroksitamoxifen $\Delta G = -101,3429$ kkal/mol
(Sabandar et al., 2023)	Tanaman : daun jambu biji (Psidium guajava L.) Senyawa : kuersetin	PLANTS, ChemAxon, YASARA dan Pymol	Kanker payudara	estrogen alfa (RE-a) PDB (1UOM)	Kuersetin $\Delta G = -71,10$ kkal/mol ligan native $\Delta G = -133,41$ kkal/mol Tamoksifen $\Delta G = -93,79$ kkal/mol.
(Rahmadani et al., 2024)	Senyawa : kalkon	MarvinSketch 23.4, Avogadro 1.2.0, AutoDock 4.2 dan BIOVIA Discovery Visualizer 2020	Kanker payudara	Estrogen Receptor alpha (ER α) PD B (3ERT)	Kalkon 1 $\Delta G = -8,67$ kkal/mol Kalkon 2 $\Delta G = -8,88$ kkal/mol 4-hidroksitamoksifen (4OHT) $\Delta G = -11,87$ kkal/mol
(Prasetiawati et al., 2021)	ekstrak Syzigium cumini Senyawa : antosianidin	ChemDraw® Ultra 12.0 dan Chem3D® Pro, Marvin Sketch, AutoDock Tools® dan AutoDock4/Auto Grid4, Discovery Studio Visualizer® dan Python Molecular Viewer®	Kanker paru	EGFR) bermutasi (L858R, T790M, V948R)	Malvidin $\Delta G = -9,83$ kkal/mol
(S. Hadi et al., 2025)	Tanaman : cabe jawa (Piper retrofractum Vahl) Senyawa : Retrofractamide C, Pipereicosalidine,	PyMOL, PLANTS dan Discovery Studio	Kanker paru	EGFR PDB (5ug8)	Retrofractamide $\Delta G = -102.076$ kkal/mol EGFR $\Delta G = -106.882$ kkal/mol

Referensi	Tanaman/senyawa	Software	Kanker	Reseptor	Hasil
	Retrofractamide A, Piperlongumine, dan Piperine				
(Wahyudi & Roza, 2021)	ekstrak daun tanaman Zodia (Evodia suaveolens)	Autodock 1.5.7, Biovia Discovery.	Kanker paru	EGFR PDB (4LL0)	2,6-dimethylocta-3,5,7-trien-2-ol $\Delta G = +0,75$ kkal/mol
(Lestari et al., 2024)	Senyawa : CNP0179931 adalah H-pyrazole-5-carboxamide	BIOVIA Discovery Studio Visualizer 2019, Auto Dock Tools versi 1.5.6, LiganScout Advance versi 4,3 DecoyFinder 2.0, dan BindingDB	Kanker paru	EGFR PDB (5D41)	CNP0179931 $\Delta G = -11,65$ kkal/mol
(Frimayanti, Djohari, et al., 2021)	Senyawa : analog kalkon	ChemDraw Ultra 12.0 AutoDock Vina dan PyMOL	Kanker paru	PDB (4HFZ)	MDM2 (4HFZ) $\Delta G = -7,2$ kkal/mol
(Dhuha et al., 2018)	senyawa : turunan kumarin, kalkon, dan urea	Hyperchem® release 8.0, (MOE)	Kanker hati	VEGFR2	kode ZINC12138892.
(Veronika & Roza, 2021)	Senyawa : 5,6-O-Benzylidene-L-ascorbic acid	AutoDock Tools versi 1.5.6, PyMOL®	Kanker hati	protein sel kanker hati	HepG2 $\Delta G = -5,53$ kkal/mol
(Putri et al., 2019)	Senyawa : Kuersetin	Autodock 4.2, HyperChem 8, Open Babel dan Chimera 1.10.1	Kanker Kolorektal	COX-2 dan Caspase-3	COX-2 $\Delta G = -9,54$ kkal/mol Caspase-3 $\Delta G = -4,59$ kkal/mol
(Indrasari et al., 2022)	Tanaman : daun kersen (Muntingia calabura L.) Senyawa : 2',4'-dihydroxy-3'-methoxydihydrochalcone, (-)-3'-methoxy-2'4',6-trihydroxyhydrochalcone, (2s)-(-)-5'-hydroxy-7,3',4'-trimethoxy flavanone	AutoDock 1.5.6, AutoDock Tools, Swiss Target Prediction, SuperPred, SeaSearch, Toxtree dan SwissADME	Kanker Kolorektal	Cyclin D1, TCF4, EGFR, GSK-3 β dan p53	Muntingone $\Delta G = -9,4$ kkal/mol binding senyawa pada GSK-3 β $\Delta G = -9,0$ kkal/mol
(Sativa et al., 2024)	Tanaman : temulawak Senyawa : kurkumin, bisdemetoksikurkumin, demetoksikurkumin, dan xanthorrhizol dan doxorubicin	Avogadro 2 dan molview.org.	Kanker Kolorektal	rotein Lck PDB (2OF2)	Xanthorrhizol $\Delta G = -6,26$ kkal/mol Demethoxycurcumin $\Delta G = -6,88$ kkal/mol

Molecular docking adalah metode komputasi memprediksi reseptor dan ligan melalui simulasi, dengan tujuan konformasi dan energi bebas ikatan dalam interaksi keduanya (Frimayanti, Lukman, *et al.*, 2021). Ligan adalah molekul yang berikatan dengan biomolekul. Ligan bisa molekul kecil, ion, atau protein yang berikatan dengan heliks ganda DNA (JARRE, 2022). Pada kanker payudara memiliki reseptor hormon estrogen, progesteron, dan protein (Warjianto *et al.*, 2020). Dalam literatur ini kebanyakan menggunakan Estrgen- α , reseptor estrogen yang berperan dalam mengatur

transkripsi gen dan memodulasi aktivitas biologis (Fauziah et al., 2023). Sejalan dengan penelitian dari (Wulandari et al., 2021) menyebutkan kanker paru umumnya melibatkan reseptor EGFR, yang termasuk golongan glikoprotein reseptor transmembran. Sementara itu, pada kanker hati, reseptor yang terlibat adalah VEGFR2 (Izzaturahmi et al., 2023).

Pada kanker kolorektal, beberapa reseptor yang terlibat antara lain COX-2, Caspase-3, Cyclin D1, TCF4, EGFR, GSK-3 β , p53, dan protein Lck. COX-2 adalah enzim yang mengubah asam arakidonat menjadi prostaglandin dan eikosanoid lainnya, yang mempengaruhi proses seperti regulasi siklus sel, penghambatan apoptosis, deposisi matriks ekstraseluler, dan angiogenesis. COX-2 berperan dalam perkembangan berbagai jenis kanker melalui berbagai tahapan karsinoma (DIANA, 2023). Hal ini sejalan dengan penelitian dari (HAMID, 2020) yang menyebutkan caspase-3 juga merupakan target penting dalam terapi kanker. Peningkatan ekspresi Cyclin D1 dapat memperpendek fase G1, dan ekspresinya yang tinggi ditemukan pada berbagai jenis kanker (Cahyanur & Irawan, 2021). TCF4 adalah faktor transkripsi dari keluarga TCF/LEF yang berperan dalam jalur Wnt/ β -catenin. TCF4 berinteraksi dengan β -catenin di inti sel untuk mengaktifkan transkripsi gen yang terkait dengan proliferasi dan diferensiasi sel, termasuk dalam kanker kolorektal. Beberapa situs pengikatan TCF4 ditemukan pada promotor gen MDR1, menjadikannya target langsung kompleks TCF4/ β -catenin. Penghambatan interaksi ini dapat mengurangi pertumbuhan sel kanker kolorektal (He & Gan, 2023).

EGFR (Epidermal Growth Factor Receptor) adalah reseptor tirosin kinase yang penting dalam jalur pensinyalan seluler yang mengatur pertumbuhan dan proliferasi sel. Ekspresinya yang meningkat pada jaringan tumor, termasuk kanker kolorektal (CRC), sering dikaitkan dengan prognosis yang buruk (Shin et al., 2024). GSK-3 β berfungsi dalam penghancuran kompleks β -catenin. Bersama CK I, Axin, dan APC, GSK-3 β memfosforilasi β -catenin, yang kemudian dikenali dan dihancurkan oleh E3 ubiquitin ligase (β -TrCP) (Zhu & Li, 2023). p53 adalah protein penekan tumor yang berfungsi menjaga kestabilan genom dengan menghentikan siklus sel saat terjadi kerusakan DNA. Jika kerusakan dapat diperbaiki, siklus sel dilanjutkan, namun jika tidak, p53 akan menginduksi apoptosis untuk menghilangkan sel berpotensi kanker (Parwanto, 2023). Lck (Lymphocyte-specific protein tyrosine kinase) adalah kinase tirosin yang spesifik untuk sel limfosit, dan termasuk dalam keluarga Src kinases (SFKs). Lck juga dikenal sebagai Leukocyte C-terminal Src kinase (LSK) atau p56lck. Sejalan dengan penelitian (De Sanctis et al., 2024) Kinase ini berperan krusial dalam memulai dan mengatur jalur pensinyalan intraseluler dengan cara memfosforilasi tirosin, yang mengubah konformasi protein dan memungkinkan interaksi protein-protein yang mengatur sinyal positif dan negatif dalam sel.

Proses molecular docking digunakan untuk mengevaluasi potensi senyawa antikanker payudara terhadap reseptor HER-2 dan estrogen- β menggunakan perangkat lunak seperti AutoDock Tools. Tujuannya adalah memilih ligan terbaik berdasarkan energi ikatan dan konstanta inhibisi. Ligan dengan energi ikatan lebih rendah dari ligan natif menunjukkan afinitas lebih tinggi, sementara konstanta inhibisi yang lebih kecil menunjukkan afinitas yang lebih kuat terhadap reseptor (Fauziah et al., 2023). Hasil docking menunjukkan berbagai jenis interaksi molekuler yang mempengaruhi kekuatan. Sesuai (Fauziah et al., 2023) menyatakan Ikatan hidrogen mencerminkan interaksi spesifik antara ligan dan asam amino reseptor, sedangkan interaksi hidrofobik meningkatkan afinitas dan efektivitas senyawa. Banyaknya interaksi residu asam amino

juga mencerminkan stabilitas kompleks. Energi bebas Gibbs (ΔG binding) digunakan untuk mengukur stabilitas konformasi kompleks ligan-reseptor; semakin negatif nilainya, semakin stabil dan spontan interaksinya.

KESIMPULAN

Bahwa pendekatan molecular docking merupakan metode *in silico* yang efektif untuk mengidentifikasi senyawa alami potensial sebagai agen antikanker. Berbagai senyawa fitokimia dari tumbuhan Indonesia, seperti kuersetin, kurkumin, kalkon, retrofractamide, dan oxylaxanthone A, menunjukkan afinitas ikatan kuat terhadap protein target kanker (misalnya EGFR, ER- α , COX-2, p53), dengan nilai ΔG yang kompetitif terhadap ligan natif. Evaluasi drug-likeness juga mengindikasikan karakteristik kimiawi yang mendukung potensi pengembangan senyawa-senyawa tersebut sebagai kandidat obat. Temuan ini mendukung eksplorasi lebih lanjut melalui simulasi dinamika molekul dan validasi biologis (*in vitro* dan *in vivo*) untuk mengoptimalkan pengembangan fitofarmaka sebagai terapi antikanker.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, S., Aryanti, R., & Aprilia, A. Y. (2023). Studi *In Silico* Senyawa yang Terkandung dalam Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.) Sebagai Antikanker Payudara. *Prosiding Seminar Nasional Diseminasi Penelitian*, 3(September), 2964–6154.
- Amin, S., Rosmiyati, R., Aprilia, A. Y., Adlina, S., & Prasetyo, A. (2023). Penambatan Senyawa Antivirus Pada Reseptor Non Structural Protein Sebagai Agen Terapeutik Covid-19. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-Ilmu Keperawatan, Analis Kesehatan Dan Farmasi*, 23(1), 51–61.
- Amin, S., & Yuliana, A. (2016). Analisis Dan Uji Kestabilan Zat Warna Kayu Secang (*Caesalpinia Sappan* L.) Menggunakan Spektrofotometer UV-Visible Dan Inframerah. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-Ilmu Keperawatan, Analis Kesehatan Dan Farmasi*, 15(1), 56.
- Andriani, Y. Y., Rahmiyani, I., Amin, S., & Lestari, T. (2016). Kadar Fenol Total Ekstrak Daun Dan Biji Pepaya (*Carica Papaya* L) Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-Ilmu Keperawatan, Analis Kesehatan Dan Farmasi*, 15(1), 73.
- Cahyanur, R., & Irawan, C. (2021). Cyclin D1 and Chemotherapy Response. *Indonesian Journal of Cancer*, 15(1), 41.
- De Sanctis, J. B., Garmendia, J. V., Duchová, H., Valentini, V., Puskasu, A., Kubíčková, A., & Hajdúch, M. (2024). Lck Function and Modulation: Immune Cytotoxic Response and Tumor Treatment More Than a Simple Event. *Cancers*, 16(15).
- Dhuha, N. S., Haeria, & Puspita, A. D. (2018). Studi Potensi Senyawa Turunan Kumarin-Kalkon-Urea Sebagai Anti-Kanker Hati Secara *In Silico*: Penelusuran Farmakofor, Skrining Virtual, Dan Pentautan Molekul. *Jurnal Farmasi UIN Alauddin Makassar*, 6(2), 121–128.
- DIANA, D. (2023). Analisis Ekspresi Cyclooxygenase-2 (Cox-2) Dan Ki-67 Pada Karsinoma Skuamous Dan Dely Diana. *Universitas Hasanuddin Makassar*, 2.
- Effendi, N., Saputri, N., airin, Purnomo, H., & Aminah. (2023). *In Silico* ADME-T dan Molekular Docking Analog Tamoxifen Sebagai Kandidat Agen Terapi Kanker Payudara. *Media Farmasi*, 19(1), 10.
- Fauziah, A., Fatharani, A., Nurawaliah, C. M., Rivianto, F. A., Sakina, I. V., Rahmawati, M., & Nurfadhila, L. (2023). Molecular Docking Senyawa Yang Berpotensi Sebagai

- Antikanker Payudara: Literature Review. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 6(2), 416–427.
- Frimayanti, N., Djohari, M., & Khusnah, A. N. (2021). Molekular Docking Senyawa Analog Kalkon sebagai Inhibitor untuk Sel Kanker Paru-Paru A549. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 19(1), 87.
- Frimayanti, N., Lukman, A., & Nathania, L. (2021). Studi molecular docking senyawa 1,5-benzothiazepine sebagai inhibitor dengue DEN-2 NS2B/NS3 serine protease. *Chempublish Journal*, 6(1), 54–62.
- Gabriel, K., Hidayat, N. N., Khaerani, F. A., & Gaharani, P. E. (2024). *Studi in Silico Senyawa Metabolit Sekunder Daun Kenikir (Cosmos Caudatus)*. 47(2), 85–98.
- Hadi, K., Setiami, C., Azizah, W., Hidayah, W., & Fatisa, Y. (2023). Kajian Aktivitas Antioksidan Dari Kayu Secang (*Caesalpinia Sappan* L.). *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 13(2), 48–59.
- Hadi, S., Khadijah, N., & Febriani, N. R. (2025). *Prediksi aktivitas Piper retrofractum Vahl terhadap reseptor EGFR yang berkontribusi terhadap kanker paru paru menggunakan docking*. 3(1).
- Hairunisa, I., Normaidah, N., Ressaydy, S. S., & Azhari, F. (2019). Identifikasi Dan Molecular Docking Komponen Utama Minyak Kulit Buah Jeruk Nipis Sebagai Agen Antikanker. *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina (JIIS): Ilmu Farmasi Dan Kesehatan*, 4(2), 314–322.
- HAMID, A. S. (2020). Ekspresi Caspase-3 Pada Pulpa Gigi Kelinci Setelah Aplikasi Bahan Pulp-Out Sebagai Alternatif Bahan Devitalisasi Pulpa. *Universitas Hasanuddin Makassar*, 1–23.
- He, K., & Gan, W. J. (2023). Wnt/ β -catenin signaling pathway in the development and progression of colorectal cancer. *Cancer Management and Research*, 15(May), 435–448.
- Ikhtiarudin, I., Dona, R., Frimayanti, N., Utami, R., Susianti, N., & Septama, A. W. (2022). Sintesis, Karakterisasi Struktur, dan Kajian Molecular Docking Senyawa Turunan 4'-Metoksi Flavonol sebagai Antagonis Reseptor Estrogen Alpha (ER- α) pada Kanker Payudara. *Jurnal Riset Kimia*, 13(2), 236–249.
- Indrasari, T., Herowati, R., & Harmastuti, N. (2022). Studi Biokemoinformatika Metabolit Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) sebagai Agen Kanker Kolorektal. *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia (Pharmaceutical Journal of Indonesia)*, 19(2), 251.
- Izzaturahmi, A. S., Pauziah, A. S. U., Virliana, A., Sitinjak, G. M. L., Ramadhiany, Z. Z., Elaine, A. A., Sitinjak, B. D. P., & Aulifa, D. L. (2023). In Silico Study of Licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) on VEGFR-2 Receptors in Breast Cancer. *Indonesian Journal of Biological Pharmacy*, 3(3), 137–153.
- JARRE, S. (2022). *Synthesis, Molecular Docking Study And Characterization Of Essential Metal Compounds Reacting Fe(Ii) And Mn(Ii) With Prolinedithiocarbamate And Testing The Activity As Breast Anticancer (Mcf-7). Ii*.
- Jupita, Sasongko, G. H., Hardianti, A. N., Muftiana, E., Karomah, N., & Sela. (2025). *Analisis In Silico Senyawa Tapak Dara (Catharanthus Roseus L .) pada reseptor Checkpoint Kinase 1 Sebagai Antikanker*. 3(1), 12–24.
- Lestari, N. A., Isrul, M., Ramadhan, D. S. F., & Fatahu. (2024). Skrining Virtual Berbasis Farmakofor Dari Database Bahan Alam Sebagai Inhibitor Alosterik Mutan T790M/C797 EGFR Untuk Penemuan Obat Kanker Paru. *Jurnal Pharmacia Mandala Waluya*, 3(3), 168–186.
- Parwanto, E. (2023). *Biologi Sel Dan Jaringan*.

- Prasetiawati, R., Suherman, M., Permana, B., & Rahmawati, R. (2021). Molecular Docking Study of Anthocyanidin Compounds Against Epidermal Growth Factor Receptor (EGFR) as Anti-Lung Cancer. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 8(1), 8.
- Putri, P. V. P., Susanti, N. M. P., & Laksmiani, N. P. L. (2019). Senyawa Kuersetin Sebagai Agen Antikanker Kolorektal Secara in Silico. *Jurnal Kimia*, 166.
- Rahmadani, A., Tasya, I., Lestari, W. Y., Kadir, N. A., Saputri, M., Erika, F., Usman, Sukemi, Arifian, H., Salam, S., Herman, & Rijai, L. (2024). Sintesis, Molecular Docking dan Aktivitas Sitotoksik Senyawa Analog Kalkon Berbasis Alfa Tetralone terhadap Sel Kanker Payudara MCF-7. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 3(1), 242–247.
- Rastini, M. B. O., Giantari, N. K. M., Adnyani, K. D., & Laksmiani, N. P. L. (2019). Molecular Docking Aktivitas Antikanker Dari Kuersetin Terhadap Kanker Payudara Secara in Silico. *Jurnal Kimia*, 180.
- Sabandar, H. W. P., Purnomo, H., & Arifin, I. (2023). Molecular Docking Senyawa Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) terhadap Reseptor Estrogen Alfa Sebagai Model Kandidat Antikanker Payudara. *Jurnal Ilmu Farmasi Dan Farmasi Klinik*, 1, 19.
- Sativa, N. O., Putri, A. O., Natasya, Z., Rislia, R. A., Ulfa, L., Karima, M. A., Balqis, S., Saputro, A. H., & Auli, W. N. (2024). Penambatan Molekul Senyawa Aktif *Curcuma Xanthorrhiza* Roxb Kandidat Anti Kanker Kolorektal Terhadap Reseptor *Lymphocyte-Specific Protein Tyrosine Kinase* Molecular. 9(2), 1–23.
- Shin, J. H., Kim, M. J., Kim, J. Y., Choi, B., Kang, Y., Kim, S. H., Lee, H. J., Kwon, D., Cho, Y. B., Kim, K. K., Chun, E., & Lee, K. Y. (2024). USP21-EGFR signaling axis is functionally implicated in metastatic colorectal cancer. *Cell Death Discovery*, 10(1).
- Sukma, chindy melati. (2019). Docking Molekuler Senyawa Alkaloida (Trisindolina Dan Sa2014) Terhadap Protein P53 Termutasi Residu 273. *Departemen Biologi Fakultas Sains Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Veronika, N., & Roza, D. (2021). *Studi In Silico Potensi Senyawa Asam Askorbat Sebagai Anti Kanker Hati*. (Media webblog, motivasi belajar, hasil belajar dan ikatan kimia), 275–279.
- Wahyudi, Y., & Roza, D. (2021). Docking Molekular Potensi Senyawa 2,6-Dimethylocta-3,5,7-Trien-2-Ol Terhadap Senyawa 4LL0 Anti Kanker Paru. *Jurusan Kimia FMIPA UNIMED*, (Media webblog, motivasi belajar, hasil belajar dan ikatan kimia), 275–279.
- Warjianto, W., Soewoto, W., Alifianto, U., & Wujoso, H. (2020). Hubungan Reseptor Estrogen, Reseptor Progesteron dan Ekspresi Her-2/Neu Dengan Grading Histopatologi pada Pasien Kanker Payudara di RSUD dr. Moewardi Surakarta. *Smart Medical Journal*, 3(2), 96.
- Wulandari, F., Utami, W., Rohana, E., & Prabhata, W. R. (2021). Efikasi Terapi Epidermal Growth Factor Receptor-Tyrosine Kinase Inhibitor (EGFR-TKIs) pada Kanker Paru. *Generics : Journal of Research in Pharmacy*, 87(12), 947–947.
- Zhu, Y., & Li, X. (2023). Advances of Wnt Signalling Pathway in Colorectal Cancer. *Cells*, 12(3), 1–22.