

**PENGARUH JENIS PELARUT TERHADAP KADAR
TOTAL KUMARIN EKSTRAK DAUN BROKOLI
(*Brassica oleracea* L.) DENGAN METODA
SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS**

KARYA TULIS ILMIAH



**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Pendidikan
Diploma III Kesehatan**

OLEH:

MEYSA ANANTA

NIM: PO.71.39.1.23.041

**KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
POLITEKNIK KESEHATAN PALEMBANG
PROGRAM STUDI FARMASI
PROGRAM DIPLOMA TIGA
2026**

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kumarin merupakan metabolit sekunder pada tumbuhan yang berperan penting dalam melindungi tanaman dari infeksi serta mengatur berbagai proses biokimia, seperti fotosintesis, respirasi, dan regulasi hormon (Önder, 2020). Selain fungsi fisiologis pada tanaman, kumarin juga diketahui mempunyai dampak farmakologis yang luas, diantaranya jadi antioksidan, antimikroba, antiinflamasi, antikanker, bahkan sebagai penghambat enzim monoamine oxidase (Srikrishna, Godugu, dan Dubey, 2016). Strukturnya juga stabil, ukuran molekulnya kecil, dan mudah dimodifikasi, sehingga cocok dijadikan dasar untuk pengembangan obat baru. Selain itu, kumarin juga punya sifat fluoresen dan fotokimia yang membuatnya digunakan dalam penelitian kimia dan biologi (Annunziata dkk., 2020). Fakta ini menunjukkan bahwa kumarin berpotensi bermanfaat bagi kesehatan manusia, sehingga penelitian terhadap senyawa ini menjadi penting. Diantara tumbuhan yang bisa dimanfaatkan yakni tumbuhan tumbuhan brokoli (*Brassica oleracea* L.).

Brokoli adalah sayuran kaya nutrisi yang mengandung vitamin, mineral, serat, dan senyawa bioaktif penting. Sayuran ini memiliki potensi sebagai pangan fungsional karena mampu memberikan berbagai manfaat kesehatan, termasuk sifat antioksidan, antiinflamasi, antikanker, dan antibakteri (Syed dkk., 2023). Namun, budidaya brokoli secara luas menghasilkan limbah dalam jumlah besar berupa

daun, batang, dan bagian tanaman yang tidak layak jual, yang dapat mencapai sekitar 70% dari total biomassa tanaman (Deng dkk., 2023). Menariknya, salah satu bagian brokoli yang sering dianggap limbah, yaitu daunnya, ternyata menyimpan senyawa bioaktif penting, termasuk fenolik, flavonoid, dan kumarin dengan aktivitas antioksidan tinggi (Zhao dkk., 2024). Pemanfaatan daun brokoli tidak hanya bermanfaat bagi kesehatan, tetapi juga dapat mengurangi penumpukan limbah pertanian sehingga mendukung keberlanjutan lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa bagian brokoli yang biasanya dibuang sebenarnya masih memiliki nilai dan dapat dimanfaatkan. Penelitian pada bagian brokoli lain, seperti bunga dan batang, menunjukkan bahwa jenis pelarut memengaruhi efisiensi ekstraksi senyawa bioaktif (Florian, Sisniegas dan Campos, 2025) menegaskan pentingnya pemilihan pelarut dalam ekstraksi kumarin.

Pemilihan pelarut dipengaruhi oleh prinsip “*like dissolves like*”, dimana pelarut polar lebih sesuai guna senyawa polar, namun pelarut nonpolar lebih sesuai untuk senyawa nonpolar (Zarrinmehr dkk., 2022). Penelitian Fetzer dkk. (2022) menunjukkan bahwa pelarut polar seperti etanol sangat efektif mengekstraksi kumarin dari biji cumaru, baik dengan metode soxhlet maupun ekstraksi tekanan tinggi, etanol mampu menghasilkan kumarin lebih banyak dibanding pelarut non-polar. Penelitian Susanto dkk., (2018) menunjukkan bahwa metanol 50% terbukti paling efektif mengekstraksi kumarin dari daun nyamplung (*C. Inophyllum*). Selain itu, penelitian Febriani dan Anam (2022), metanol juga menghasilkan kadar kumarin total tertinggi dari buah api-api (*Avicennia marina*) jauh lebih tinggi dibandingkan pelarut lainnya. Hasil penelitian tersebut menegaskan bahwa

pemilihan pelarut sangat memengaruhi efektivitas ekstraksi kumarin, sehingga pelarut polar berperan penting dalam memperoleh ekstrak kumarin yang optimal. Namun, hingga kini belum ada studi yang meneliti secara khusus pengaruh jenis pelarut terhadap kadar kumarin pada daun brokoli.

Daun brokoli diekstraksi menggunakan metode soxhlet, yaitu teknik ekstraksi berulang dengan pelarut yang terus diperbarui sehingga senyawa target dapat diperoleh secara lebih optimal dan konsisten (Sander, 2017). Metode ini cocok untuk kumarin karena menurut penelitian Molnar dkk., (2017), penggunaan etanol dalam soxhlet menghasilkan kumarin paling banyak dan aktivitas antioksidannya lebih tinggi dibandingkan metode lain seperti maserasi atau ekstraksi dengan pelarut bertekanan tinggi.

Hasil ekstraksi selanjutnya dianalisis melalui uji pereaksi kimia sebagai tahap identifikasi awal untuk mendeteksi metabolit sekunder, termasuk indikasi keberadaan kumarin melalui reaksi warna. Selanjutnya, identifikasi yang lebih spesifik dilakukan menggunakan kromatografi lapis tipis (KLT), yang mampu memisahkan senyawa kumarin serta menampilkan bercak berfluoresensi di bawah sinar UV sebagai konfirmasi keberadaannya (Widelski dan Główniak, 2009). Senyawa kumarin terdeteksi sebagai bercak berwarna ungu dengan panjang gelombang maksimum 285 nm dan nilai R_f sebesar 0,33 (Ervina dkk., 2023).

Setelah ekstrak yang mengandung kumarin diperoleh, kadar kumarin perlu dianalisis secara akurat. Salah satu metode yang efektif adalah spektrofotometri UV-Vis, yang dapat mendeteksi senyawa berdasarkan panjang gelombang maksimum (λ_{max}) dari gugus kromofor aromatik secara sensitif dan tepat. Wang

dkk., (2022) melaporkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi dihidrokumarin, turunan kumarin, pada panjang gelombang maksimum 267 nm, sehingga metode ini cocok untuk menganalisis kadar kumarin dalam sampel cair dengan cepat dan efisien.

Berdasarkan hasil penelitian Febriani dan Anam (2022), pemilihan pelarut sangat memengaruhi efektivitas kadar kumarin total dalam ekstrak. Oleh karena itu, penelitiannya bermaksud guna mendapati dampak jenis pelarut atas ukuran jumlah kumarin dalam ekstrak daun brokoli (*Brassica oleracea* L.) memakai teknik spektrofotometri UV-Vis.

B. Rumusan Masalah

Daun brokoli (*Brassica oleracea* L.) merupakan sumber berbagai senyawa bioaktif, salah satunya kumarin yang memiliki potensi mendukung kesehatan. Namun, penelitian terkait kandungan kumarin pada daun brokoli masih masih belum banyak dilakukan, karena sebagian besar studi berfokus pada glukosinolat dan senyawa fenolik lainnya. Selain itu, jumlah senyawa bioaktif yang dihasilkan, termasuk kumarin, sangat bergantung pada jenis pelarut yang dipakai didala proses eksterasinya. Ekstraksi kumarin dalam penelitiannya dilakukan memakai tehnik Soxhlet. Dari sebabnya, penelitian tersebut dilakukan guna mendapati dampak variasi pelarut atas ukuran total kumarin yang diperoleh, yang selanjutnya dianalisis menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis.

Berdasarkan permasalahan tersebut, bahwa rumusan permasalahan dalam penelitiannya yaki: Apakah perbedaan jenis pelarut memengaruhi kadar total

kumarin pada ekstrak daun brokoli (*Brassica oleracea* L.) yang dianalisis menggunakan metoda spektrofotometri UV-Vis?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Menentukan pengaruh jenis pelarut atas ukuran total kumarin pada ekstrak daun brokoli (*Brassica oleracea* L.) menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis.

2. Tujuan Khusus

- a. Menghitung rendemen ekstrak dari daun brokoli (*Brassica oleracea* L.) dengan menggunakan beberapa jenis pelarut.
- b. Menghitung ukuran total kumarin pada setiap ekstrak daun brokoli (*Brassica oleracea* L.) melalui teknik spektrofotometri UV-Vis.
- c. Membandingkan kadar kumarin total yang diperoleh setiap ekstrak daun brokoli (*Brassica oleracea* L.) dari masing-masing pelarut.
- d. Menentukan pelarut yang optimal untuk memperoleh ekstrak kumarin daun brokoli (*Brassica oleracea* L.) dengan kandungan tertinggi.

D. Manfaat Penelitian

Penelitiannya diinginkan bisa memberi keterangan ke masyarakat mengenai manfaat ini daun brokoli (*Brassica oleracea* L.) sebagai tanaman yang memiliki manfaat bagi kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akoudad, S., Darweesh, S. K. L., Leening, M. J. G., Koudstaal, P. J., Hofman, A., Van Der Lugt, A., Stricker, B. H., Ikram, M. A., dan Vernooij, M. W. 2014. Use of coumarin anticoagulants and cerebral microbleeds in the general population. *Stroke*, 45(11), 3436–3439.
- Al-Majedy, Y. K., Kadhum, A. A. H., Al-Amiery, A. A., dan Mohamad, A. B. 2017. Coumarins: The antimicrobial agents. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 8, 62–70.
- Annunziata, F., Pinna, C., Dallavalle, S., Tamborini, L., Pinto, A., Annunziata, F., Pinna, C., Dallavalle, S., Tamborini, L., dan Pinto, A. 2020. An Overview of Coumarin as a Versatile and Readily Accessible Scaffold with Broad-Ranging Biological Activities. *International Journal of Molecular Sciences* 2020, Vol. 21, 21(13), 1–83. <https://doi.org/10.3390/IJMS21134618>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI). 2023. *Pedoman Penyiapan Bahan Baku Obat Bahan Alam Berbasis Ekstrak/Fraksi*.
- Britt's Superfoods. 2024, April 9. *What are the health benefits of Broccoli stalks?* <https://brittsuperfoods.co.uk/blogs/blog/what-are-the-health-benefits-of-broccoli-stalks?srsId=AfmBOoo4rPy4WuGGDb82Tk3EvVHwnbN-CdpdQ-my1HmJ-7xaGqute04l>
- Chen, L. Z., Sun, W. W., Bo, L., Wang, J. Q., Xiu, C., Tang, W. J., Shi, J. B., Zhou, H. P., dan Liu, X. H. 2017. New arylpyrazoline-coumarins: Synthesis and anti-inflammatory activity. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 138, 170–181. <https://doi.org/10.1016/J.EJMECH.2017.06.044>
- Christian, G. D. 2004. *Analytical Chemistry* (6th ed.). John Wiley dan Sons.
- Deng, W. wen, Mei, X. ping, Cheng, Z. jun, gan, T. xiang, Tian, X., Hu, J. nan, Zang, C. ru, Sun, B., Wu, J., Deng, Y., Ghiladi, R. A., Lorimer, G. H., Keceli, G., dan Wang, J. 2023. Extraction of weak hydrophobic sulforaphane from broccoli by salting-out assisted hydrophobic deep eutectic solvent extraction. *Food Chemistry*, 405, 134817.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 1985. *Cara Pembuatan Simplisia*. Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan, Departemen Kesehatan RI.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2008. *Farmakope Herbal Indonesia Edisi I*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.

- Dinas Pertanian. 2021, June 17. *Budidaya Brokoly Di Desa Pancasari*.
- Dixon, R. A. 2001. Natural products and plant disease resistance. *Nature* 2001 411:6839, 411(6839), 843–847. <https://doi.org/10.1038/35081178>
- Döll, S., Kuhlmann, M., Rutten, T., Mette, M. F., Scharfenberg, S., Petridis, A., Berreth, D. C., dan Mock, H. P. 2018. Accumulation of the coumarin scopolin under abiotic stress conditions is mediated by the Arabidopsis thaliana THO/TREX complex. *Plant Journal*, 93(3), 431–444.
- Emami, S., dan Dadashpour, S. 2015. Current developments of coumarin-based anti-cancer agents in medicinal chemistry. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 102, 611–630. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.08.033>
- Ervina, M., Wea, V. K. C., Oktaviani, A., Hartanti, L., Sinansari, R., Wilianto, Y. R., Steven, dan Caroline. 2023. Solvent preextraction influenced to coumarin and glucose binding capacity of cinamomi's extracts. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 14(2), 69.
- Febriani, A. K., dan Anam, K. 2022. Identifikasi Kumarin Dan Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Total Kumarin Pada Ekstrak Buah Api-Api Putih (A. Marina) Coumarin Identification And Effect Of Solvents On Total Coumarin Content Of Api-Api Putih Fruit (A. Marina) Extract. In *Medical Sains : Jurnal Ilmiah Kefarmasian* (Vol. 7, Number 4).
- Fetzer, D. E. L., Kanda, L. R. S., Xavier, L. A., da Cruz, P. N., Errico, M., dan Corazza, M. L. 2022. Lipids and coumarin extraction from cumaru seeds (*Dipteryx odorata*) using sequential supercritical CO₂+solvent and pressurized ethanol. *The Journal of Supercritical Fluids*, 188, 105688.
- Florian, V. N. E., Sisniegas, C. G. M., dan Valdiviezo-Campos, J. E. 2025. Pengaruh Pelarut Ekstraksi Berbeda terhadap Kandungan Fenolik Total dan Aktivitas Antioksidan Brassica oleracea var. italica. *Jurnal Farmakognosi I*, 17(1), 58–62. <https://doi.org/10.5530/pj.2025.17.7>
- Generasi Biologi. 2025. *Kromatografi Lapis Tipis (TLC): Penjelasan Lengkap*.
- Gudiño, I., Martín, A., Casquete, R., Prieto, M. H., Ayuso, M. C., dan Córdoba, M. G. 2022. Evaluation of broccoli (*Brassica oleracea* var. italica) crop by-products as sources of bioactive compounds. *Scientia Horticulturae*, 304, 111284. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2022.111284>
- Hanani, E. 2015. *Analisis Fitokimia* (V. T. Dwinita dan H. A. Hadinata, Eds.). EGC.
- Harborne, J. B. 1998. *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis* (3rd Edition). Springer (Chapman & Hall).
- Hinotek. 2025. *SF Series Spectrophotometer: 752N UV-VIS Spectrophotometer*

Specifications. <https://www.hinotek.com/wp-content/uploads-by-customer/brochure/spectrophotometer/sf/sf-spectrophotometer.pdf>

- Jiang, Y., Zhang, Y., Liu, Y., Zhang, J., Jiang, M., Nong, C., Chen, J., Hou, K., Chen, Y., dan Wu, W. 2024. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Are Key to Promoting the Growth and Furanocoumarin Synthesis of *Angelica dahurica* var. *formosana* under Low-Nitrogen Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(13), 6964–6978.
- Kaleka, N. 2017. *Budi Daya Brokoli*. Bisa Publishing.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2017. *Farmakope Herbal Indonesia* (Edisi II). Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Keri, R. S., Sasidhar, B. S., Nagaraja, B. M., dan Santos, M. A. 2015. Recent progress in the drug development of coumarin derivatives as potent antituberculosis agents. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 100, 257–269. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.06.017>
- Khalil, H. E., Abdelwahab, M. F., Emeka, P. M., Badger-Emeka, L. I., Abdel Hafez, S. M. N., AlYahya, K. A., Ahmed, A. S. F., Anter, A. F., Abdel-Wahab, N. M., Matsunami, K., dan Ibrahim Selim, A. H. 2022. Chemical Composition and Valorization of Broccoli Leaf By-Products (*Brassica oleracea* L. Variety: *Italica*) to Ameliorate Reno-Hepatic Toxicity Induced by Gentamicin in Rats. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(14), 6903.
- Latif, S., Sameeullah, M., Abbasi, H. Q., Masood, Z., Demiral Sert, T., Aslam, N., Pekdemir, T., Imren, M., Çiftçi, V., Saba, K., Malik, M. S., Ijaz, F., Batool, N., Mirza, B., dan Waheed, M. T. 2024. Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) leaves exhibit significant antidiabetic potential in alloxan-induced diabetic rats: the putative role of ABC vacuolar transporter for accumulation of Quercetin and Kaempferol. *Frontiers in Pharmacology*, 15.
- Le, T. N., Sakulsataporn, N., Chiu, C. H., dan Hsieh, P. C. 2020. Polyphenolic Profile and Varied Bioactivities of Processed Taiwanese Grown Broccoli: A Comparative Study of Edible and Non-Edible Parts. *Pharmaceuticals* 2020, Vol. 13, Page 82, 13(5), 82. <https://doi.org/10.3390/PH13050082>
- Liu, Y. P., Yan, G., Xie, Y. T., Lin, T. C., Zhang, W., Li, J., Wu, Y. J., Zhou, J. Y., dan Fu, Y. H. 2020. Bioactive prenylated coumarins as potential anti-inflammatory and anti-HIV agents from *Clausena lenis*. *Bioorganic Chemistry*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2020.103699>
- Lončar, M., Jakovljević, M., Šubarić, D., Pavlić, M., Služek, V. B., Cindrić, I., dan Molnar, M. 2020. Coumarins in Food and Methods of Their Determination. *Foods* 2020, Vol. 9, Page 645, 9(5), 645.

- Lutfiyati, H., Yuliasuti, F., Hidayat, I. W., Pribadi, P., Putri, M., Pradani, K., Fakultas, F. /, Kesehatan, I., Magelang, U. M., dan Muhammadiyah, U. 2017. *Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Brokoli (Brassica Oleracea L Var Italica)*.
- Mainkar, P., Ray, A., dan Chandrasekhar, S. 2024. SOLVENTS: From Past to Present. *ACS Omega*, 9(7), 7271.
- Manurung, H., Kustiawan, W., Kusuma, I. W., Marjenah, M., dan Nugroho, R. A. 2019. Growth, phytochemical profile, and antioxidant activity of cultivated tabat barito (*Ficus deltoidea* Jack) under drought stress. *International Journal of Biosciences (IJB)*, 14(1), 366–378.
- Marjoni, Mhd. R. 2016. *Dasar-Dasar Fitokimia untuk Diploma III Farmasi* (T. Ismail, Ed.). Trans Info Media.
- Matysik, E., Woźniak, A., Paduch, R., Rejdak, R., Polak, B., dan Donica, H. D. 2016. The New TLC Method for Separation and Determination of Multicomponent Mixtures of Plant Extracts. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2016, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2016/1813581>
- Mishra, S., Pandey, A., dan Manvati, S. 2020. Coumarin: An emerging antiviral agent. *Heliyon*, 6(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03217>
- Missouri Botanical Garden. 2025. *Brassica oleracea (Italica Group)*. <https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?taxonid=268653&isprofile=1&basic=broccoli>
- Molnar, M., Jerković, I., Suknović, D., Rajs, B. B., Aladić, K., Šubarić, D., dan Jokić, S. 2017. Screening of Six Medicinal Plant Extracts Obtained by Two Conventional Methods and Supercritical CO₂ Extraction Targeted on Coumarin Content, 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl Radical Scavenging Capacity and Total Phenols Content. *Molecules : A Journal of Synthetic Chemistry and Natural Product Chemistry*, 22(3), 348.
- National Center for Biotechnology Information (NCBI). 2025. *PubChem Compound Summary for CID 323, Coumarin*. U.S. National Library of Medicine. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/323>
- Nie, G., Wu, F., Duan, Z., Wang, S., Ao, B., Zhou, P., dan Zhang, J. 2024. Genome-wide analysis of the cytochrome P450 superfamily suggests its roles in coumarin biosynthesis and salt stress response in *Melilotus albus*. *Environmental and Experimental Botany*, 220, 105718.
- Önder, A. 2020. Anticancer activity of natural coumarins for biological targets. *Studies in Natural Products Chemistry*, 64, 85–109.
- Pérez-Cruz, K., Moncada-Basualto, M., Morales-Valenzuela, J., Barriga-González,

- G., Navarrete-Encina, P., Núñez-Vergara, L., Squella, J. A., Olea-Azar, C., Pérez-Cruz, K., Moncada-Basualto, M., Morales-Valenzuela, J., Barriga-González, G., Navarrete-Encina, P., Núñez-Vergara, L., Squella, J. A., dan Olea-Azar, C. 2018. Synthesis and antioxidant study of new polyphenolic hybrid-coumarins. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(4), 525–537.
- Rabar, M. 2020. *Kumarin – Priprava, svojstva i reakcije* [Undergraduate Thesis (Završni rad), University of Zagreb, Faculty of Science].
- Reich, E., Schibli, A., dan DeBatt, A. 2008. Validation of High-Performance Thin-Layer Chromatographic Methods for the Identification of Botanicals in a cGMP Environment. *Journal of AOAC International*, 91(1), 13–20.
- Rizky Agung, M., dan Purwanto, S. 2016. Ekstraksi Minyak Dari Biji Kurma (*Phoenix Dactylifera* L.) Dengan Metode Soxhlet Extraction Dengan Menggunakan Etil Asetat. In *Jurnal Teknik Kimia USU* (Vol. 5, Number 2).
- Robledo-O’Ryan, N., Moncada-Basualto, M., Mura, F., Olea-Azar, C., Matos, M. J., Vazquez-Rodriguez, S., Santana, L., Uriarte, E., Moncada-Basualto, M., Lapier, M., dan Maya, J. D. 2017. Synthesis, antioxidant and antichagasic properties of a selected series of hydroxy-3-arylcoumarins. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 25(2), 621–632.
- Ruan, J., Haerdter, R., dan Gerendás, J. 2010. Impact of nitrogen supply on carbon/nitrogen allocation: a case study on amino acids and catechins in green tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] plants. *Plant Biology (Stuttgart, Germany)*, 12(5), 724–734.
- Sander, L. C. 2017. Soxhlet Extractions. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 122, 1. <https://doi.org/10.6028/JRES.122.004>
- Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., dan Latha, L. Y. (2011). Extraction, Isolation and Characterization of Bioactive Compounds from Plants’ Extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 8(1), 1–10.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., dan Crouch, S. R. 2018. *Principles of Instrumental Analysis* (7th Edition). Cengage Learning.
- Snyder, L. R., Kirkland, J. J., dan Dolan, J. W. 1997. *Introduction to Modern Liquid Chromatography* (2nd Edition). Wiley.
- Srikrishna, D., Godugu, C., dan Dubey, P. K. 2016. A Review on Pharmacological Properties of Coumarins. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 18(2).
- Susanto, D. F., Hapsari, S., Trilutfiani, Z., Borhet, A., Aparamarta, H. W., Widjaja, A., dan Gunawan, S. 2018. Effect of solvent polarity levels on separation of

- xanthone and coumarin from *Calophyllum inophyllum* leaves extract. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 334(1), 012071.
- Syed, R. U., Moni, S. S., Break, M. K. Bin, Khojali, W. M. A., Jafar, M., Alshammari, M. D., Abdelsalam, K., Taymour, S., Alreshidi, K. S. M., Elhassan Taha, M. M., dan Mohan, S. 2023. Broccoli: A Multi-Faceted Vegetable for Health: An In-Depth Review of Its Nutritional Attributes, Antimicrobial Abilities, and Anti-inflammatory Properties. *Antibiotics*, 12(7), 1157.
- Taniguchi, M., dan Lindsey, J. S. 2018. Database of Absorption and Fluorescence Spectra of >300 Common Compounds for use in PhotochemCAD. *Photochemistry and Photobiology*, 94(2), 290–327.
- Uvaraj, D., Alharbi, N. S., Kadaikunnan, B., Thiruvengadam, M., dan Venkidasamy, B. 2024. Comprehensive study on the differential extraction and comparison of bioactive health potential of the Broccoli (*Brassica oleracea*). *International Journal of Medical Sciences*, 21(4), 593–611.
- Wagner, H., dan Bladt, S. 1996. *Plant Drug Analysis: A Thin Layer Chromatography Atlas* (2nd Edition). Springer Science & Business Media.
- Wahyuni, S. 2023. *Spektroskopi UV-VIS: Prinsip, Cara Kerja, Hukum Lambert Beer*. Warung Sains Teknologi. <https://warstek.com/spektroskopi-sinar-ultra-violet-visible-uv-vis-prinsip-cara-kerja-hukum-lambert-beer-kegunaan-lengkapcontoh/>
- Wahyuningsih, S., Sundari, U. Y., Yunita, I., Pagalla, D. B., Kalalinggi, S. Y., Alpian, D., Nurmalasari, E., Suryandani, H., Ramlah, & Nasrullah, M. (2024). *Ekstraksi Bahan Alam* (Edisi 2024). CV. Gita Lentera.
- Wang, X., Xu, J., Ji, R., Bian, H., Feng, X., Jiang, Z., Guo, X., Zhang, Y., dan Abdalla, A. N. 2022. Detection of Dihydrocoumarin in Coconut Juice via Photoelectric Detection System Based on Ultraviolet Absorption Spectrometry. *Sensors* 2022, Vol. 22, Page 8267, 22(21), 8267.
- Widelski, J., dan Głowniak, K. 2009. Coumarins: TLC Analysis. In J. Cazes (Ed.), *Encyclopedia of Chromatography* (3rd ed.). CRC Press.
- Witaicenis, A., Seito, L. N., Da Silveira Chagas, A., De Almeida, L. D., Luchini, A. C., Rodrigues-Orsi, P., Cestari, S. H., dan Di Stasi, L. C. 2014. Antioxidant and intestinal anti-inflammatory effects of plant-derived coumarin derivatives. *Phytomedicine*, 21(3), 240–246.
- Wu, B., Shi, S., Zhang, H., Lu, B., Nan, P., dan Yun, A. 2023. Anabolic metabolism of autotoxic substance coumarins in plants. *PeerJ*, 11, e16508.
- Zarrinmehr, M. J., Daneshvar, E., Nigam, S., Gopinath, K. P., Biswas, J. K., Kwon,

- E. E., Wang, H., Farhadian, O., dan Bhatnagar, A. 2022. The effect of solvents polarity and extraction conditions on the microalgal lipids yield, fatty acids profile, and biodiesel properties. *Bioresource Technology*, 344, 126303.
- Zhao, Y., Zhang, Y., Yang, H., Xu, Z., Li, Z., Zhang, Z., Zhang, W., dan Deng, J. 2024. A comparative metabolomics analysis of phytochemicals and antioxidant activity between broccoli floret and by-products (leaves and stalks). *Food Chemistry*, 443, 138517.
- Zhong, L., Liao, P. R., Liu, C. Z., Qian, J. P., He, W. C., Luo, B., dan Yang, Q. 2021. [Effects of drought stress on physiological and biochemical and chemical components of *Cinnamomum cassia* seedlings]. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi* = *Zhongguo Zhongyao Zazhi* = *China Journal of Chinese Materia Medica*, 46(9), 2158–2166.