

Karakteristik Analisis Spektrofotometri IR Ekstrak Batang Kebiul (*Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb) dengan Variasi Pelarut pada Maserasinya

Desy Amalia*, Karina Primatyas Ningrum, Septi Wulandari, Delta Baharyati

Program Studi S1 Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu

*Corresponding author's e-mail: damalia@unib.ac.id

DOI : 10.33088/jp.v5i1.1229

ABSTRACT

Caesalpinia bonduc (L.) Roxb is known to contain various secondary metabolites with antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties. Differences in solvent polarity influence the types of compounds extracted; therefore, functional group profiling is essential to identify active constituents. This study aimed to compare the FTIR-ATR spectral profiles of *C. bonduc* stem extracts obtained using three solvents of different polarities: ethanol, ethyl acetate, and *n*-hexane. Extraction was carried out by maceration, and characterization was performed using a Bruker Alpha II FTIR spectrophotometer within the 4000–400 cm^{-1} range. The ethanol extract exhibited strong absorption at 3430 cm^{-1} (–OH) and 1635 cm^{-1} (C=O), indicating polar compounds such as flavonoids and phenolics. The ethyl acetate extract showed distinctive bands at 1740 cm^{-1} (C=O ester), while the *n*-hexane extract displayed peaks at 2922–2858 cm^{-1} (C–H), associated with non-polar compounds such as fatty acids and terpenoids. Variations in absorption bands among the three extracts confirm that solvent polarity significantly affects the extracted chemical composition. This study demonstrates that differences in extraction solvents influence the composition of functional groups in the resulting chemical structures. Furthermore, the **FTIR-ATR method** has proven to be an effective technique for rapid and non-destructive characterization in identifying active compounds in medicinal plant extracts..

Keywords: *Caesalpinia_bonduc*; FTIR-ATR; Ethanol; Ethyl_acetate; N-hexane.

ABSTRAK

Tanaman kebiul (*Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb) dikenal mengandung berbagai metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba. Perbedaan polaritas pelarut dapat memengaruhi jenis senyawa yang terekstraksi, sehingga analisis profil gugus fungsi menjadi penting untuk mengidentifikasi komponen aktifnya. Penelitian ini bertujuan membandingkan profil spektrum FTIR-ATR dari ekstrak batang kebiul yang diperoleh menggunakan tiga pelarut berbeda, yaitu etanol, etil asetat, dan *n*-heksana. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi, dan karakterisasi dilakukan menggunakan spektrofotometer FTIR Bruker Alpha II pada rentang bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1} . Hasil menunjukkan bahwa ekstrak etanol menampilkan pita serapan kuat pada 3430 cm^{-1} (–OH) dan 1635 cm^{-1} (C=O), menandakan keberadaan senyawa polar seperti flavonoid dan fenolik. Ekstrak etil asetat menunjukkan serapan khas pada 1740 cm^{-1} (C=O ester), sedangkan ekstrak *n*-heksana menunjukkan serapan pada 2922–2858 cm^{-1} (C–H) yang menandakan senyawa non-polar seperti asam lemak dan terpenoid. Perbedaan pita serapan pada ketiga ekstrak menunjukkan bahwa polaritas pelarut berpengaruh signifikan terhadap jenis senyawa yang terekstraksi. Penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan pelarut ekstraksi mempengaruhi komposisi gugus fungsi dalam struktur senyawa yang dihasilkan. Selain itu, metode FTIR-ATR terbukti efektif sebagai teknik karakterisasi yang cepat dan non-destruktif dalam mengidentifikasi senyawa aktif pada ekstrak tanaman obat.

Kata Kunci: *Caesalpinia_bonduc*, FTIR-ATR, Etanol, Etil_asetat, N-heksan

PENDAHULUAN

Tumbuhan sangat berperan penting dalam menjaga kesehatan

manusia dan meningkatkan kualitas hidup selama ribuan tahun. Saat ini tumbuhan sudah sangat banyak di explore untuk

dimanfaatkan sebagai komponen bernilai seperti obat-obatan, bumbu makanan, minuman, kosmetik, serta pewarna. Perhatian publik terhadap pemanfaatan tanaman sebagai obat semakin besar. *C. bonduc* (L.) Roxb (Sinonim: *Caesalpinia bonducella* (L.) Fleming; *Caesalpinia crista* (Linn.)) merupakan semak berduri yang termasuk dalam famili Fabaceae / Caesalpinaceae. Tanaman ini tersebar luas di seluruh dunia, khususnya di India, Sri Lanka, serta Kepulauan Andaman dan Nicobar. Di India, tanaman ini terutama ditemukan di daerah tropis (Asolkar LV, KK and OJ, 1992).

C. bonduc (L.) Roxb. (Caesalpinaceae), yang umum dikenal sebagai Kat Karanj dalam bahasa Hindi, daun mudanya secara tradisional digunakan untuk mengobati beberapa jenis tumor dan peradangan di beberapa desa terpencil di Kolli Hills, Distrik Namakkal, Tamil Nadu, India. batangan tanaman ini dimanfaatkan dalam pengobatan penyakit kulit, lepra, dan peradangan (Kirtikar and Basu, 1988). *C. bonduc* dilaporkan dalam Ayurveda, sistem pengobatan kuno dari India. Studi etnofarmakologi mengenai tumbuhan obat ini terus menarik perhatian para peneliti di seluruh dunia. Namun, kurangnya standar dan kontrol kualitas yang terverifikasi masih menjadi kendala signifikan dalam meningkatkan kepercayaan serta penerimaan formulasi Ayurvedic dan Siddha dalam praktik kesehatan modern (Bagul and Rajani, 2005).

Seluruh bagian tanaman ini memiliki khasiat obat dan banyak dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional. Penelitian Singh dan Raghav menunjukkan bahwa *C. bonduc* memiliki beragam aktivitas farmakologis, terutama sebagai antimikroba, antiinflamasi, antioksidan, antidiabetes, antimalaria, serta potensi dalam mengatasi gangguan sistem saraf, parasit, dan penyakit proliferasi (Raghav and Singh, 2012). Ekstrak dari batang *C.*

bonduc menunjukkan adanya berbagai senyawa fenolik, flavonoid, dan terpenoid yang berkontribusi terhadap aktivitas farmakologisnya (Pandey, Jain and Kumar, 2018). Studi phytochemicals dan analisis GC-MS (*gas chromatography-mass spectrometry*) mengungkapkan bahwa bagian batang kaya akan senyawa bioaktif seperti flavonoid dan fenolik yang bertanggung jawab atas sifat anti-inflamasi dan antioksidan tanaman ini (Pournaghi *et al.*, 2021). Hasil penelitian Muddapur 2014, dimana ekstrak etil asetat kulit batang *C. bonduc* menunjukkan efek hepatoprotektif yang signifikan dengan memperbaiki penanda stres oksidatif.

Pemeriksaan histologi menunjukkan struktur hati kembali normal tanpa nekrosis dan hanya sedikit perubahan lemak. Hasil ini menegaskan bahwa ekstrak *C. bonduc* dan silymarin memiliki potensi sebagai agen pelindung hati (M.Muddapur *et al.*, 2014). Pada penelitian Septi 2024 dimana menguji potensi toksisitas ekstrak etil asetat biji kebiul (*C. bonduc* (L.) Roxb) yang telah diteliti pada tanaman yang sama, menggunakan metode maserasi dengan variasi waktu ekstraksi dan diuji dengan metode *brine shrimp lethality test* (BSLT) terhadap *Artemia salina* Leach guna menentukan nilai LC₅₀, dengan hasil menunjukkan bahwa ekstrak tersebut bersifat toksik (Wulandari *et al.*, 2024).

Kemajuan dalam teknik analisis seperti FT-IR telah menjadi alat yang sangat kuat untuk identifikasi serta penentuan senyawa fitokimia. Berdasarkan berbagai temuan literatur yang menyebutkan bahwa batang *C. bonduc* memiliki aktivitas farmakologis penting, seperti antiinflamasi, antitumor, hepatoprotektif, antidiabetes, serta mengandung beragam senyawa bioaktif (alkaloid, flavonoid, glikosida, saponin, tanin, dan triterpenoid), penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil gugus fungsi senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada batang tanaman tersebut melalui analisis FT-IR. Analisis dilakukan berdasarkan perbedaan pelarut yang digunakan dalam proses maserasi, seperti etanol, etil asetat, dan n-heksana. Penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi

senyawa bioaktif yang terdapat pada ekstrak *C. bonduc*, dengan bantuan teknik FT-IR, sehingga memberikan pemahaman lebih dalam terkait pemanfaatannya dalam pengobatan.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang dipakai yaitu Erlenmeyer, *Rotary Evaporator*, gelas ukur, vial, corong, pipet tetes, spatel, timbangan analitik, FT-IR.

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu Etanol 70 %, N-Heksan, Etil Asetat, Aseton.

Simplisia *C. bonduc* (L) Roxb.

Batang kebiul diambil dari tanaman (*C. bonduc* (L) Roxb.) yang di ambil dari desa Taba Lagan, Kecamatan Semidang Lagan, Kabupaten Bengkulu Tengah, Provinsi Bengkulu. Dan telah dilakukan identifikasi dan telah di verifikasi oleh Laboratorium Biologi. Batang kebiul dilakukan proses sortasi basah dan dikeringkan dengan oven pada suhu 45°C selama 24 jam.

Ekstraksi

Simplisia batang kebiul (*C. bonduc* (L) Roxb.) yang sudah dilakukan proses pengeringan, batang tersebut dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk halus. Sebanyak 100 gram serbuk batang diekstraksi dengan pelarut (Etanol 70%, N-Heksan, etil asetat) dengan perbandingan 1:5. Lalu maserat dilakukan proses pemisahan pelarut dengan menggunakan *rotary evaporator*.

Analisis FT-IR

Analisis FTIR dilakukan menggunakan FTIR *spectrophotometer* (Bruker Alpha II) dengan aksesoris *diamond single-bounce attenuated total reflection-crystal* (ATR). Pengukuran dilakukan dengan rentang bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} dengan

resolusi spectral 4 cm^{-1} dan 32 scans untuk tiap sampel ekstrak biji kebiul dengan pelarut etanol, etil asetat dan n-heksan. Spektrum latar belakang (*background*) direkam terlebih dahulu di kondisi yang sama tanpa sampel untuk koreksi baseline. Sampel Ekstrak kering lalu diletakkan langsung pada permukaan *cystral* ATR dengan tekanan konstan melalui adaptor tekanan, dan dilakukan perekaman spektrum. Setelah masing-masing pengukuran, *crystal* dibersihkan dengan aseton dan kain bebas-lint sebelum pengambilan sampel berikutnya (Syabana *et al.*, 2024 and Zhang *et al.*, 2022).

Analisis Data

Semua data spektrum diolah menggunakan perangkat lunak OPUS (Bruker Optics). Pemrosesan dilakukan meliputi: koreksi background otomatis, *ATR correction*, perataan baseline, dan normalisasi intensitas. Sinyal juga dihaluskan bila diperlukan menggunakan metode Savitzky–Golay untuk mengurangi noise tanpa menghilangkan puncak signifikan. Pemilihan puncak (*peak-picking*) dilaksanakan secara otomatis dengan threshold intensitas 1–3 % dan diverifikasi secara manual untuk memastikan posisi puncak terkait gugus fungsional utama (O–H, C–H, C=O, C–O, C=C). Spektrum akhir disajikan sebagai kurva transmitansi (%) terhadap bilangan gelombang (cm^{-1}), dengan sumbu-x dibalik (4000 \rightarrow 400 cm^{-1}) dan dilakukan overlay antar ekstrak untuk analisis komparatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

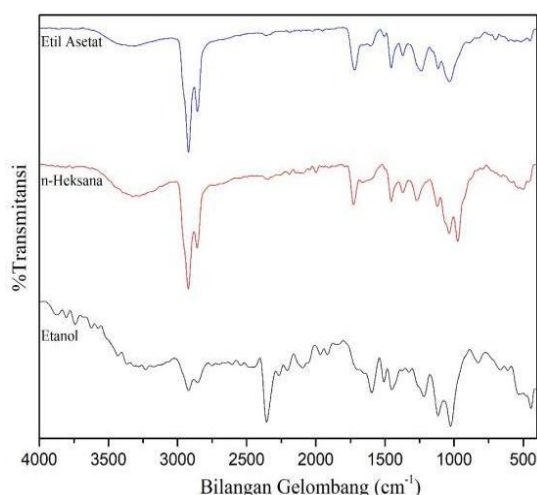
Batang kebiul diambil dari tanaman (*C. bonduc* (L) Roxb.) yang di ambil dari desa Taba Lagan, Kecamatan Semidang Lagan, Kabupaten Bengkulu Tengah, Provinsi Bengkulu. Dan telah dilakukan identifikasi dan telah di verifikasi oleh Laboratorium Biologi. Hasil verifikasi menyatakan bahwa batang kebiul ini dengan spesies *C. bonduc* (L.) Roxb masuk kedalam family Fabaceae. Batang kebiul dilakukan proses pembuatan simplisia dimana dilakukan sortasi basah dengan tujuan untuk membersihkan dengan cara mencuci batang kebiul dari bahan

pengotor yang terbawa seperti tanah, gulma, atau bagian tanaman yang tidak digunakan. Proses pasca panen selanjutnya pengeringan dengan oven pada suhu 45°C selama 24 jam dengan tujuan mengurangi kadar air hingga 10% sesuai dengan standarisasi simplisia pada farmakope menghindari tumbuh dan berkembangnya kapang, khamir, bakteri dan jamur yang akan merusak bioaktivitas dari simplisia (Depkes RI, 1995).

Simplisia batang kebiul (*C. bonduc* (L) Roxb.) yang sudah dilakukan proses pengeringan, batang tersebut dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk halus. Sebanyak 100 gram serbuk batang dimaserasi, maserasi dilakukan dengan perbedaan 3 pelarut yang berbeda yaitu etanol 70%, N-Heksana, dan etil asetat. Metode maserasi dipilih karena merupakan metoda yang paling aman untuk menghindari senyawa-senyawa terpolabil, dimana senyawa akan rusak karena berkontak langsung dengan suhu tinggi. Keuntungan metode ini yaitu mudah dan tidak perlu pemanasan sehingga kecil kemungkinan bahan alam menjadi rusak atau terurai (Susanty and Bachmid, 2016). Maserasi dilakukan dengan perbandingan 1:5 selama 3x24 jam dan 6x pengulangan, hal ini dilakukan agar metabolit yang terkandung dalam batang kebiul maksimal ditarik dan berpindah ke pelarut. Lalu maserat dilakukan proses pemisahan pelarut dengan menggunakan *rotary evaporator*, sebuah alat dengan sistem vakum yang berfungsi menurunkan tekanan pada labu evaporator dengan tujuan untuk menurunkan tekanan didid pelarut yang akan diupakan sehingga menjaga sampel dari kerusakan akibat suhu pemanasan yang terlalu tinggi. Gaya sentrifugal dan gaya friksional antara dinding labu yang berotasi dengan cairan sampel akan tersebar luas di labu merupakan keuntungan dan cara efektif agar panas merata dan meminimalisir

terjadinya bumping atau tabrakan dari molekul dalam sampel (Harwood and Moody, 1989).

Ekstrak kering yang diperoleh kemudian dilakukan analisis gugus fungsinya. Gugus fungsi utama pada ekstrak batang kebiul (*Albizia lebbek* L.) yang diperoleh dengan tiga pelarut berbeda, etanol, etil asetat, dan heksan, diidentifikasi melalui analisis spektroskopi inframerah transformasi Fourier (FTIR) yang dilakukan dengan metode *Attenuated Total Reflectance* (ATR). Tingkat polaritas yang dimiliki oleh setiap pelarut berpengaruh terhadap jenis dan jumlah senyawa yang dapat diekstraksi. Menurut spektrum FTIR, perbedaan intensitas dan posisi pita serapan menunjukkan perubahan komposisi kimia yang disebabkan oleh selektivitas pelarut terhadap senyawa polar dan non-polar. Profil FTIR tiga pelarut dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Profil FTIR Ekstrak Batang Kebiul

Spektrum FTIR ekstrak etanol batang kebiul menunjukkan pita serapan lebar dan kuat pada daerah 3430 cm^{-1} , yang mengindikasikan keberadaan gugus hidroksil ($-\text{OH}$) dari alkohol, fenol, atau air teradsorpsi [4]. Pita ini merupakan ciri khas senyawa polar yang berperan dalam aktivitas antioksidan, seperti flavonoid dan senyawa fenolik (Syabana *et al.*, 2024). Pita pada 2921 cm^{-1} menunjukkan getaran ulur C-H dari

gugus alkana, sedangkan pita di 1595 cm^{-1} dan 1450 cm^{-1} menunjukkan getaran C=C aromatik dari struktur cincin benzena. Sementara itu, pita di daerah 1116–1024 cm^{-1} berkaitan dengan getaran ulur C–O dari alkohol atau eter.

Keterkaitan antara pola serapan ini dengan karakter pelarut etanol semakin jelas jika dikaitkan dengan kemampuan etanol dalam melarutkan senyawa polar. Kehadiran gugus O–H yang dominan menandakan kemampuan pelarut etanol untuk mengekstraksi senyawa polar seperti fenolik, flavonoid, tanin, dan asam organik. Hal ini selaras dengan hasil penelitian Triawan *et al.* (2020), yang melaporkan bahwa pelarut polar seperti etanol mampu mengekstrak senyawa dengan aktivitas antioksidan tinggi akibat kandungan gugus donor elektron (–OH dan C=O) (Triawan *et al.*, 2025). Hasil ini juga sejalan dengan laporan Chauhan dan Mittal (2022) pada *Piper longum*, di mana ekstrak etanol menunjukkan serapan kuat pada daerah O–H dan C=O yang mengindikasikan tingginya kandungan senyawa bioaktif (Triawan *et al.*, 2025). Secara keseluruhan, profil spektrum etanol memperlihatkan dominasi senyawa polar yang mengandung gugus hidroksil dan karbonil, memperkuat dugaan bahwa ekstrak etanol batang kebiul berpotensi mengandung polifenol, flavonoid, serta turunan asam organik yang berperan dalam aktivitas biologisnya.

Profil FTIR etil asetat menunjukkan pita kuat pada sekitar 1740 cm^{-1} , yang merupakan karakteristik gugus C=O dari ester atau senyawa karbonil. Adanya serapan di sekitar 3350 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus O–H, menandakan sebagian senyawa fenolik juga ikut terekstraksi. Pita di sekitar 2920 cm^{-1} mengindikasikan gugus C–H dari senyawa alifatik, dan pita di 1200 cm^{-1} menunjukkan C–O dari gugus ester atau eter. Gugus fungsi ini menunjukkan bahwa etil asetat mengekstraksi senyawa semi-polar, seperti flavonoid aglikon, ester, dan asam fenolat (Tradit

et al., 2011). Pelarut ini sering digunakan untuk memisahkan senyawa menengah polaritas antara yang larut di etanol dan n-heksana.

Ekstrak dengan pelarut n-heksana menunjukkan pita di 3325 cm^{-1} (O–H), 2922–2858 cm^{-1} (C–H), dan 1726 cm^{-1} (C=O). Kehadiran gugus karbonil diikuti oleh pita pada 1454 cm^{-1} (C–H bending) dan 1370 cm^{-1} (C–H geminal dimetil) menunjukkan adanya asam lemak, ester, dan terpenoid non-polar. Pita di 659 cm^{-1} menunjukkan kemungkinan ikatan C–H aromatik atau C–C out-of-plane pada senyawa hidrokarbon aromatik. Hal ini sesuai dengan literatur bahwa n-heksana mampu melarutkan senyawa lipofilik seperti fitosterol, terpen, dan asam lemak jenuh, yang berperan penting dalam aktivitas antimikroba dan antiinflamasi (Isah and Ibrahim, 2021).

Tabel 1: Perbandingan Bilangan Gelombang dan Interpretasi Gugus Fungsional Ekstrak Batang Kebiul

Bilangan Gelombang			Gugus Fungsional
Etanol	Etil Asetat	N-Heksana	
3430 (kuat)	3350 (sedan 9)	3325 (lemah)	–OH (hidroksil, fenol, alkohol)
2921, 2856	2920	2922, 2858	C–H (uluran alifatik)
-	1740	1726	C=O (ester, karbonil, laktone)
1595	-	1660	C=C (aromatik atau alkena terkonjugasi)
1450	1450	1454	C–H bending (CH_2/CH_3) dan C=C aromatik
1327	1350	1370	C–H bending (metil)
1116, 1024	1200, 1110	1120, 1035	C–O (alkohol, eter, ester, karboksilat)
825, 665	750-700	659	C–H aromatik (<i>out-of-plane bending</i>)

Hasil pada penelitian ini memiliki kesamaan dengan temuan FTIR pada ekstrak biji *C. bonduc* oleh Samriani et al. (2024), di mana spektrum polar memperlihatkan pita kuat pada daerah 3400–1600 cm⁻¹ akibat dominasi fenolik dan flavonoid, sedangkan fraksi non-polar memperlihatkan pita C–H dan C=O khas lipid (Samriani et al., 2024). Perbedaan relatif intensitas pita karbonil pada fraksi etil asetat dan n-heksana dalam penelitian ini menunjukkan bahwa batang kebiul memiliki kandungan lipid dan ester cukup signifikan, sehingga gugus karbonil tetap terdeteksi bahkan pada pelarut non-polar.

Secara keseluruhan, hasil FTIR menunjukkan bahwa ekstrak etanol mengandung gugus polar (–OH, C–O, C=C aromatik) yang berkaitan dengan senyawa flavonoid, tanin, dan polifenol, ekstrak etil asetat didominasi oleh gugus semi-polar (C=O ester, C–O eter), sedangkan ekstrak n-heksana menampilkan gugus non-polar (C–H alifatik dan C=O lemah) yang mengindikasikan keberadaan terpenoid, fitosterol, dan asam lemak. Masing-masing prediksi gugus fungsi dapat dilihat pada tabel 1. Perbedaan ini menegaskan bahwa polaritas pelarut berperan krusial dalam menentukan profil fitokimia ekstrak batang kebiul, serta mengindikasikan potensi aktivitas biologis yang berbeda antar pelarut.

KESIMPULAN

Analisis FTIR-ATR terhadap ekstrak batang kebiul (*Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb) dengan pelarut etanol, etil asetat, dan n-heksana menunjukkan perbedaan profil gugus fungsi yang mencerminkan variasi polaritas senyawa yang terekstraksi. Etanol cenderung mengekstraksi senyawa polar seperti flavonoid dan fenolik, etil asetat

mengekstraksi senyawa semi-polar seperti ester dan aglikon flavonoid, sedangkan n-heksana mengekstraksi senyawa non-polar seperti terpenoid dan asam lemak. Perbedaan pita serapan pada masing-masing pelarut mengonfirmasi bahwa tingkat polaritas memengaruhi keberagaman metabolit sekunder dalam ekstrak. Dengan demikian, teknik FTIR-ATR merupakan metode yang cepat, akurat, dan non-destruktif untuk mengkarakterisasi komponen kimia utama pada ekstrak tanaman obat seperti kebiul, serta dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan potensi farmakologisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Asolkar LV, KK, K. and OJ, C. (1992) *To Glossary of Indian Medicinal Plants with Active Principles*. Part 1. New Delhi, India: PID-CSIR.
- Bagul, M. and Rajani, M. (2005) *Phytochemical Evaluation of Classical Formulation: A Case Study*. 42nd edn. India: Indian Drugs.
- Depkes RI (1995) *Farmakope Indonesia*. IV. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Harwood, L. M. and Moody, C. (Christopher J. . (1989) *Experimental organic chemistry: principles and practice*. Oxford; Boston: Blackwell Scientific Publications.
- Isah, Y. and Ibrahim, M. . (2021) 'analysis of phytocomponents in the n-hexane extract from the stem bark of *parinari polyandra* (benth) using ftir and gc-ms', 14(2), pp. 15–19.
- Kirtikar, K. and Basu, B. (1988) *Indian Medicinal Plants*. 2 nd. Dehradun, India: Inter Book Distributors.
- M.Muddapur, U. et al. (2014) 'Evaluation of acute and sub-acute toxicity effect of ethanol extract from *Caesalpinia bonducella* seed kernel .', 3(3), pp. 120–124.
- Pandey, D. D., Jain, A. P. and Kumar, A. (2018) 'Caesalpinia bonducella: A pharmacological important plant', *The Pharma Innovation Journal*, 7(12), pp. 190–193.

- Pournaghi, N. *et al.* (2021) 'Bioassay-guided isolation of flavonoids from caesalpinia bonduc (L.) Roxb. and evaluation of their cytotoxicity', *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 20(1), pp. 274–282. doi: 10.22037/ijpr.2020.112557.13824.
- Raghav, P. K. and Singh, V. (2012) 'Review on pharmacological properties of Caesalpinia bonduc L', *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 2(3), pp. 514–530. Available at: <http://www.openaccessscience.com>.
- Samriani Samriani *et al.* (2024) 'Phytochemical screening, GC-MS, FTIR, and antibacterial activity of methanol extract of Caesalpinia Bonduc (L.) Roxb. seeds', *AIP Publishing*, 2774(1).
- Susanty, S. and Bachmid, F. (2016) 'Perbandingan metode ekstraksi maserasi dan refluks terhadap kadar fenolik dari ekstrak tongkol jagung (*Zea mays L.*)', *Jurnal Konversi*, 5(2), p. 87. doi: 10.24853/konversi.5.2.87-92.
- Syabana, M. A. *et al.* (2024) 'Profil FTIR , kandungan fenolik , dan aktivitas penangkapan radikal bebas ekstrak daun talas beneng (*Xanthosoma undipes K . Koch*) dari pelarut dengan polaritas yang berbeda', 18(4), pp. 943–954. doi: 10.21107/agrointek.v18i4.22376.
- Tradit, A. J. *et al.* (2011) 'extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts Institute for Research in Molecular Medicine (INFORM), Universiti Sains Malaysia , Minden 11800 ,' 8, pp. 1–10.
- Triawan, D. A. *et al.* (2025) 'Classification using FTIR and UV-Vis spectra combined with chemometrics and GC-MS profiles of Brucea javanica fruit extracts with different extracting solvents'.
- Wulandari, S. *et al.* (2024) 'Uji toksisitas ekstrak etil asetat biji kebiul', 11(2), pp. 32–46.
- Zhang, Y. *et al.* (2022) 'Use of ATR-FTIR Spectroscopy and Chemometrics for the Variation of Active Components in Different Harvesting Periods of *Lonicera japonica*', 2022. doi: 10.1155/2022/8850914.