

Antibacterial Activity Test of Fractionated Alkaloid Extract from Raru Bark (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) Against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* Bacteria

Uji Aktivitas Antibakteri Fraksinasi Alkaloid Ekstrak Kulit Kayu Raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Shakhila Salwa ^a, Anny Sartika Daulay ^{a*}, Yayuk Putri Rahayu ^a, Ridwanto ^a

^a Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muslim Nusantara Al-Washliyah, Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

*Corresponding Authors: annysartika@umnaw.ac.id

Abstract

Background: Indonesia is rich in medicinal plants, including *Cotylelobium melanoxylon* Pierre (raru bark), traditionally used to treat diarrhea, malaria, and diabetes. However, scientific validation of its alkaloid compounds and antibacterial potential is still limited. **Objective:** This study aimed to (1) fractionate alkaloids from raru bark extract using chloroform liquid-liquid extraction, (2) identify alkaloid functional groups via FT-IR spectroscopy, (3) quantify alkaloid levels in ethanol and methanol extracts using UV spectrophotometry, and (4) evaluate their antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. **Methods:** The research stages included plant material processing, ethanol/methanol extraction, phytochemical screening, alkaloid fractionation with chloroform, FT-IR analysis, UV spectrophotometry for alkaloid quantification, and antibacterial testing via disc diffusion at 40%, 50%, and 60% concentrations. **Results:** Alkaloid fractions were successfully isolated, containing functional groups N-H, C-N, C=O, aromatic C=C, and sharp C=O. The methanol extract yielded higher alkaloid levels ($21.03 \pm 0.10\%$) than ethanol ($18.95 \pm 0.09\%$). The 50% alkaloid fraction showed the strongest antibacterial activity, with inhibition zones of 21.1 mm (*E. coli*) and 23.1 mm (*S. aureus*). **Conclusion:** Raru bark alkaloids exhibit significant antibacterial effects, with methanol extract demonstrating superior alkaloid content and efficacy.

Keywords: Alkaloid, Antibacterial, Raru Bark Extract, FT-IR Spectroscopy, UV Spectrophotometry.

Abstrak

Latar Belakang: Indonesia memiliki keanekaragaman tumbuhan obat, termasuk kulit kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) yang secara empiris digunakan untuk mengobati diare, malaria, dan diabetes. Namun, validasi ilmiah senyawa alkaloid dan potensi antibakterinya masih terbatas. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk (1) memfraksinasi alkaloid ekstrak kulit kayu raru dengan ekstraksi cair-cair kloroform, (2) mengidentifikasi gugus fungsi alkaloid menggunakan spektroskopi FT-IR, (3) menentukan kadar alkaloid ekstrak etanol dan metanol dengan spektrofotometri UV, dan (4) menguji aktivitas antibakterinya terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. **Metode:** Tahapan meliputi pengolahan sampel, ekstraksi etanol/metanol, skrining fitokimia, fraksinasi alkaloid, analisis FT-IR, penetapan kadar alkaloid, dan uji antibakteri dengan metode difusi cakram pada konsentrasi 40%, 50%, dan 60%. **Hasil:** Fraksi alkaloid berhasil diisolasi dan mengandung gugus fungsi N-H, C-N, C=O, C=C aromatik, dan C=O tajam. Kadar alkaloid tertinggi ditemukan pada ekstrak metanol ($21,03 \pm 0,10\%$) dibanding etanol ($18,95 \pm 0,09\%$). Fraksi 50% menunjukkan aktivitas antibakteri terkuat dengan zona hambat 21,1 mm (*E. coli*) dan 23,1 mm (*S. aureus*). **Kesimpulan:** Alkaloid kulit kayu raru efektif sebagai antibakteri, dengan ekstrak metanol memberikan kadar dan aktivitas lebih optimal.

Kata Kunci: Alkaloid, Antibakteri, Ekstrak Kulit Kayu Raru, Spektroskopi FT-IR, Spektrofotometri UV.



Copyright © 2020 The author(s). You are free to : **Share** (copy and redistribute the material in any medium or format) and **Adapt** (remix, transform, and build upon the material) under the following terms: **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; **NonCommercial** — You may not use the material for commercial purposes; **ShareAlike** — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Article History:

Received: 27/02/2025,
Revised: 25/05/2025,
Accepted: 16/07/2025,
Available Online: 16/07/2025

QR access this Article



<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v8i3.951>

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki hutan tropis dengan keanekaragaman hayati dan memiliki banyak metabolit sekunder yang sering digunakan sebagai sumber bahan baku farmasi tradisional [1]. Sumatera merupakan pulau dengan keanekaragaman tumbuhan hutan tropis, meskipun hanya sedikit yang telah terbukti secara ilmiah mengandung senyawa aktif, tetapi masyarakat setempat banyak memanfaatkannya sebagai bahan obat secara tradisional, maka dari itu dapat memberikan kontribusi signifikan pada perkembangan obat-obatan modern [2].

Tanaman obat merupakan salah satu andalan dalam pengembangan produk tanaman obat, kualitas produk tanaman obat ditentukan oleh kandungan senyawa aktif yang merupakan hasil dari metabolisme sekunder dari suatu tanaman [3]. Salah satu contohnya adalah tumbuhan dari famili Dipterocarpaceae yaitu Kulit Kayu Raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre), yang dapat ditemukan tersebar di Sumatera dan Kalimantan dengan variasi spesies yang berbeda [2]. Kulit kayu raru memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder yaitu alkaloid, terpenoid, flavonoid, tanin, dan saponin [4].

Alkaloid merupakan salah satu golongan metabolit sekunder yang memiliki aktivitas fisiologis penting dan banyak ditemukan di alam. Secara umum, alkaloid berbentuk garam organik, padat, dan berkrystal, tetapi sifat fisika-kimianya (seperti warna) dapat bervariasi tergantung pada strukturnya. Sebagai contoh, meskipun banyak alkaloid yang tidak berwarna, beberapa alkaloid seperti berberin berwarna kuning. Alkaloid memiliki berbagai efek biologis, termasuk kemampuan untuk memengaruhi sistem saraf (sebagai stimulan, hipotensi, atau obat penenang), bersifat analgesik, antibakteri, serta digunakan dalam pengobatan penyakit jantung [5]. Alkaloid memiliki kemampuan sebagai antibakteri dengan mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian pada sel tersebut [6].

Secara pengalaman empiris masyarakat di Sumatera meyakini bahwa kulit batang kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) dimanfaatkan untuk obat tradisional dalam berbagai penyakit seperti Diabetes, diare dan malaria [7]. Kulit kayu raru dapat digunakan sebagai penghambat aktivitas antibakteri patogen yaitu *Staphylococcus aureus*, dan *Escherichia coli* [4]. *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* merupakan beberapa jenis flora normal yang berada di dalam tubuh manusia terutama pada mulut, hidung, kulit, mukosa, dan usus besar, akan tetapi dapat bersifat patogen sehingga menyebabkan timbulnya berbagai penyakit infeksi pada manusia [8].

Bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri penyebab penyakit diare akut yang dapat dialami oleh semua usia. Pada keadaan normal *Escherichia coli* dapat tumbuh pada saluran pencernaan, namun dapat bersifat patogen serta mampu menyerang hewan dan manusia pada keadaan tertentu seperti gangguan pencernaan serta imunosupresi pada *host* [9].

Luka terbuka merupakan pemicu utama masuknya bakteri *Staphylococcus aureus* kedalam tubuh manusia dan menimbulkan penyakit infeksi, dimana benda seperti debu dan kapas dapat menyebabkan terkontaminasinya luka tersebut [10]. Menurut penelitian Patricia (2023), bakteri *Staphylococcus aureus* dapat menginfeksi luka pada Diabetes Militus sehingga menyebabkan kerusakan jaringan yang disertai abses bernanah [11].

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, ketersediaan senyawa alkaloid pada kulit kayu raru cukup menarik untuk dikaji. Pada penelitian sebelumnya hanya di uji penetapan kadar alkaloid total menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis, belum ada yang menguji Fraksinasi Alkaloid serta Identifikasi senyawa alkaloid menggunakan spektroskopi FT-IR, dan Uji efektivitas penghambatan dari

ekstrak kulit Kayu Raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Pada penelitian penetapan kadar alkaloid menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Spektrofotometri UV-Vis dapat menghasilkan data berupa panjang gelombang maksimal, intensitas, efek pH dan pelarut, sedangkan dalam analisis kuantitatif, suatu berkas radiasi dikenakan pada cuplikan (larutan sampel) dan intensitas sinar radiasi yang diteruskan diukur besarnya [12]. Pada saat fraksinasi alkaloid dan identifikasi menggunakan spektroskopi FT-IR. Spektroskopi FT-IR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada suatu senyawa sebagai penanda adanya metabolit sekunder pada daerah sidik jari tertentu serta untuk mengetahui pengujian kualitatif beberapa komponen pada campuran yang tidak diketahui [13].

Metode Penelitian

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan tahapan meliputi pengumpulan dan pengolahan sampel kulit kayu raru, pembuatan larutan bahan, proses ekstraksi dengan metode maserasi, skrining fitokimia, identifikasi serta fraksinasi alkaloid menggunakan Spektrofotometri UV-Vis dan Spektroskopi FT-IR, serta uji aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Variabel bebas penelitian ini meliputi kulit kayu raru dalam bentuk simplisia, serbuk, ekstrak etanol dan metanol, serta fraksi hasil pelarut kloroform, sedangkan variabel terikat mencakup morfologi tumbuhan, karakteristik simplisia, kandungan metabolit sekunder, fraksi alkaloid, dan aktivitas antibakteri. Parameter yang diamati meliputi karakteristik simplisia (makroskopik, mikroskopik, kadar air, kadar sari larut, kadar abu), hasil skrining fitokimia (alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, steroid/triterpenoid, glikosida), kadar serta gugus fungsional alkaloid hasil fraksinasi, dan zona hambat pada uji antibakteri.

Bahan dan Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan berbagai bahan kimia dan biologi, antara lain kulit kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre), aquadest, metanol teknis, etanol teknis, HCl, NaOH, kafein, CHCl₃ (kloroform), Na₂O₄P·12H₂O (sodium tiosulfat), C₆H₈O₇·H₂O (asam sitrat), BCG (bromocresol green), dapar fosfat pH 4,7, NH₄OH (ammonium hidroksida), media NA (nutrient agar), DMSO, NaCl, H₂SO₄ (asam sulfat), dan BaCl₂ (barium klorida). Adapun alat-alat yang digunakan meliputi beaker glass, ayakan mesh 40, vortex, hot plate, tabung reaksi dan raknya, pipet volume, rotary evaporator, labu takar, waterbath, gelas ukur, pH meter, tanur, desikator, cawan porselin, neraca analitik, serta instrumen analisis seperti spektrometer UV-Vis dan spektroskopi FT-IR.

Persiapan dan Pengolahan Sampel Penelitian

Persiapan bahan dalam penelitian ini dimulai dengan pengambilan sampel kulit kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) yang dilakukan di daerah Sibolga, Tapanuli Tengah. Sampel diperoleh dengan cara mengikis kulit kayu dari pohonnya secara manual menggunakan pisau. Metode pengumpulan sampel dilakukan secara purposive, yaitu hanya mengambil sampel dari satu wilayah tanpa membandingkannya dengan daerah lain. Selanjutnya, dilakukan determinasi tanaman di Laboratorium Pengujian Bahan Herbal, Universitas Sumatera Utara, Medan (USU) untuk memastikan keakuratan jenis tanaman yang digunakan. Proses pengolahan sampel dimulai dengan sortasi basah untuk memisahkan kotoran dan bahan asing lain, dilanjutkan dengan pencucian menggunakan air mengalir guna membersihkan tanah dan pengotor yang menempel. Sampel kemudian dirajang menjadi potongan kecil untuk mempermudah proses pengeringan, pengepakan, dan penggilingan. Proses pengeringan dilakukan secara buatan menggunakan lemari pengering pada suhu 40–50 °C. Setelah kering, dilakukan sortasi kering untuk menghilangkan bagian tanaman yang tidak diinginkan dan sisa kotoran yang masih tertinggal. Simplisia kering yang diperoleh kemudian diserbukkan menggunakan blender, diayak untuk mendapatkan ukuran serbuk yang seragam, ditimbang, dan disimpan dalam wadah tertutup rapat hingga siap digunakan dalam proses penelitian selanjutnya [14].

Pembuatan Larutan Pereaksi

Pembuatan larutan pereaksi dilakukan sesuai metode standar yang tercantum dalam literatur resmi. Pereaksi Bouchardat dibuat dengan melarutkan 4 gram kalium iodida dalam 20 ml akuadest, kemudian ditambahkan 2 gram iodium sedikit demi sedikit hingga larut sempurna dan diencerkan hingga 100 ml [15]. Pereaksi Mayer dibuat dengan melarutkan 1,36 gram raksa (II) klorida ke dalam 60 ml akuadest, sementara 5 gram kalium iodida dilarutkan dalam 10 ml air pada wadah terpisah; kedua larutan dicampur dan diencerkan hingga 100 ml [15]. Untuk pereaksi Dragendorff, 8 gram bismut (II) nitrat dilarutkan dalam 20 ml asam nitrat pekat, kemudian dicampur dengan larutan 27,2 gram kalium iodida dalam 50 ml air, dibiarkan hingga memisah, lalu bagian jernih diencerkan sampai 100 ml [15].

Pereaksi Molish disiapkan dengan melarutkan 3 gram alfa-naftol dalam etanol dan kemudian diencerkan dengan asam nitrat 0,5 N hingga 100 ml [15]. Asam klorida 2N dibuat dengan mengencerkan 16,67 ml HCl pekat dalam air suling hingga 100 ml, sedangkan asam sulfat 2N dibuat dari 5,4 ml H₂SO₄ pekat [14]. Larutan FeCl₃ 1% disiapkan dengan melarutkan 1 gram besi (III) klorida dalam HCl 0,5 N dan menambahkan air hingga 100 ml [14]. Larutan timbal (II) asetat 0,4 M dibuat dengan melarutkan 15,17 gram timbal asetat dalam air suling bebas CO₂ [14], sedangkan larutan NaOH 2N disiapkan dengan melarutkan 8,002 gram NaOH dalam air suling hingga 100 ml [14]. Terakhir, pereaksi Liebermann-Burchard disiapkan dengan mencampurkan 5 ml asam asetat anhidrida dan 5 ml asam sulfat pekat, lalu ditambahkan etanol hingga 50 ml [14].

Pemeriksaan Karakteristik Simplisia

Pemeriksaan karakteristik simplisia meliputi analisis makroskopik, mikroskopik, kadar air, kadar sari larut dalam air dan etanol, kadar abu total, serta kadar abu tidak larut asam [15,16]. Pemeriksaan makroskopik dilakukan dengan mengamati bentuk, warna, rasa, dan ukuran simplisia, sedangkan pemeriksaan mikroskopik melibatkan pengamatan irisan melintang dan membujur simplisia yang direndam dalam kloralhidrat di bawah mikroskop [15]. Kadar air ditentukan melalui destilasi toluen, sementara kadar sari larut dalam air dan etanol diukur dengan maserasi dan penguapan filtrat hingga bobot tetap [16]. Kadar abu total diperoleh dengan pemijaran simplisia pada suhu 600°C, sedangkan kadar abu tidak larut asam dihitung setelah perlakuan dengan HCl 2N. Susut pengeringan ditentukan dengan mengeringkan ekstrak pada suhu 105°C hingga bobot konstan [17].

Skrining Fitokimia Kulit Kayu Raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre)

Skrining fitokimia Kulit Kayu Raru meliputi uji alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, glikosida, serta steroid/triterpenoid. Untuk uji alkaloid, serbuk dan ekstrak metanol/etanol (0,5 g) direaksikan dengan HCl 2N dan air suling, dipanaskan, lalu disaring. Filtrat diuji dengan pereaksi Mayer (endapan putih/kuning), Bouchardat (endapan coklat-hitam), dan Dragendorff (warna merah/jingga). Hasil positif alkaloid ditandai dengan terbentuknya endapan atau kekeruhan pada minimal dua dari tiga reaksi [14]. Flavonoid diidentifikasi melalui reaksi dengan magnesium dan HCl pekat yang menghasilkan warna merah-jingga hingga ungu [14]. Saponin dideteksi melalui uji busa, di mana pembentukan busa stabil menunjukkan keberadaan senyawa tersebut [14]. Tanin diuji menggunakan FeCl₃, dengan perubahan warna menjadi biru kehitaman menandakan hasil positif [18]. Uji glikosida dilakukan dengan reaksi Molisch dan H₂SO₄, menghasilkan cincin ungu jika positif [14]. Steroid/triterpenoid diidentifikasi melalui reaksi Liebermann-Burchard, di mana warna hijau atau biru kehijauan menunjukkan keberadaan senyawa tersebut steroid [19].

Pembuatan Ekstrak Etanol dan Metanol Kulit Kayu Raru

Pembuatan ekstrak etanol dan metanol dari kulit kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) dilakukan dengan metode maserasi. Untuk ekstrak etanol, sebanyak 500 gram serbuk simplisia dimasukkan ke dalam bejana dan ditambahkan 3750 ml etanol 96%, kemudian didiamkan selama lima hari dalam kondisi terlindung dari cahaya sambil sesekali diaduk. Setelah itu, campuran diperas untuk memperoleh maserat I.

Ampas hasil pemerasan kemudian dibilas kembali dengan 1250 ml etanol 96%, dan kedua maserat digabungkan dalam wadah tertutup serta disimpan selama dua hari di tempat sejuk yang tidak terkena sinar matahari langsung. Setelah masa perendaman, maserat disaring dan hasilnya diuapkan menggunakan rotary evaporator pada suhu tidak melebihi 50 °C hingga diperoleh ekstrak kental [20].

Prosedur yang sama diterapkan dalam pembuatan ekstrak metanol, hanya dengan mengganti pelarut etanol menjadi metanol 96% dalam volume yang sama, yakni 3750 ml untuk maserasi awal dan 1250 ml untuk

pembilasan. Ekstrak metanol yang dihasilkan juga diperoleh melalui proses penyaringan dan penguapan menggunakan rotary evaporator hingga menjadi ekstrak kental [20].

Analisis Kuantitatif Alkaloid

Pembuatan Larutan Induk Kafein

50 mg kafein dilarutkan dengan akuades panas dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL sehingga diperoleh konsentrasi 1000 µg/mL. Kemudian dipipet sebanyak 2,5 mL dan ditambahkan akuades ke dalam labu ukur 25 mL sehingga diperoleh konsentrasi 100 µg/mL [1].

Pembuatan Larutan Bromocresol Green (BCG)

Ditimbang sebanyak 69,8 mg bromocresol green kemudian dicampurkan dengan 3 mL NaOH 2N dan 5 mL aquades. Lalu panaskan pada suhu 50-60°C selama 15 menit sampai larut sempurna. Kemudian dicampurkan dengan 1 liter aquades [1].

Pembuatan Buffer Phosfat pH 4,7

Dapar Phosfat pH 4,7 dibuat dengan cara disodium fosfat (Na_2HPO_4) 0,2M dicampurkan dengan asam sitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) 0,2M hingga menghasilkan pH 4,7 [1].

Pembuatan Panjang Gelombang Maksimum Kafein

Pembuatan panjang gelombang maksimum larutan kafein 100 ppm, di pipet 0,7 mL dari larutan kafein 100 µg/mL dimasukkan dalam labu ukur 10 mL menjadi konsentrasi 7 µg/mL. Kemudian diukur menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada range panjang gelombang 200-400 nm. Panjang gelombang maksimum tersebut digunakan untuk mengukur serapan dari sampel ekstrak Kulit kayu raru [21,22].

Pengukuran Kurva Standar Kafein

Dipipet 0,5 ; 0,7 ; 0,9 ; 1,1 ; 1,3 mL dari larutan standar kafein 100 ppm dan diencerkan sampai 10 mL sehingga diperoleh konsentrasi larutan standar berturut-turut adalah 5; 7; 9; 11; 13 µg/mL. Kemudian diukur absorbansi pada panjang gelombang 272 nm dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis [1,23].

Pembuatan Larutan Ekstrak Kulit Kayu Raru

Sebanyak 0,1 g ekstrak metanol dan etanol kulit kayu raru ditimbang, kemudian dilarutkan dalam etanol hingga volume 10 mL dan dikocok hingga homogen untuk memperoleh konsentrasi 1.000 µg/mL. Selanjutnya, sebanyak 1 mL larutan tersebut dipipet dan diencerkan dengan etanol hingga volume 10 mL, lalu dikocok kembali hingga homogen sehingga diperoleh konsentrasi 100 µg/mL [1].

Penentuan Kadar Alkaloid Ekstrak Kulit Kayu Raru

Dipipet 2 mL ekstrak Kulit Kayu Raru masing-masing ekstrak etanol dan metanol. Lalu ditambahkan 2 mL dapar posfat pH 4,7 dan 2 mL larutan BCG. Kemudian diekstraksi dengan 3 mL kloroform sebanyak tiga kali menggunakan vortex. Diambil fase kloroform dan dimasukkan kedalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan kloroform sampai batas volume. Lalu diukur absorbansi pada panjang gelombang 272 nm menggunakan Spektrofotometer UV-Vis [24].

Fraksinasi Alkaloid dari Ekstrak Etanol dan Ekstrak Metanol Menggunakan Ekstraksi Cair-Cair Pelarut Kloroform

Ekstrak metanol dan ekstrak etanol yang diperoleh ditimbang sebanyak 25 g dilarutkan dengan aquadest sebanyak 100 mL. Kemudian ditambahkan dengan HCL 2M lalu diukur pH (1-3). Kemudian diekstraksi dengan pelarut kloroform sebanyak 50 mL dengan menggunakan alat corong pisah. Setelah diekstraksi terjadi dua lapisan yaitu lapisan air dan lapisan kloroform, selanjutnya lapisan air ditambahkan NH_4OH diukur pH (8-10). Kemudian diekstraksi kembali dengan pelarut kloroform sebanyak 50 mL dengan menggunakan alat corong pisah. Ekstrak kloroform yang diperoleh diuapkan di penangas air kemudian ditambahkan KBr, Lalu diukur absorbansi nya menggunakan Spektroskopi FT-IR [25].

Pengujian Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol dan Metanol Kulit Kayu Raru terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

Sebelum pengujian aktivitas antibakteri, seluruh peralatan yang digunakan disterilkan terlebih dahulu untuk mencegah kontaminasi. Alat-alat non-kaca disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit, sedangkan alat-alat gelas disterilkan dalam oven bersuhu 160–170°C selama 1 jam. Media, kawat ose, dan pinset disterilkan menggunakan nyala api Bunsen [26]. Media peremajaan bakteri menggunakan Nutrient Agar (NA), dibuat dengan melarutkan 5 gram serbuk NA ke dalam 250 mL aquadest, kemudian dipanaskan sambil diaduk hingga larut sempurna dan berwarna kuning jernih. Setelah itu, media disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit, dituangkan ke cawan petri steril, dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam [26]. Media uji menggunakan Mueller Hinton Agar (MHA), disiapkan dengan cara yang serupa, yakni melarutkan 5 gram MHA ke dalam 250 mL aquadest, kemudian dipanaskan dan disterilkan dengan autoklaf. Media yang telah steril dituang ke cawan petri dan diinkubasi untuk memastikan kesterilannya [26].

Pembuatan standar McFarland 0,5 dilakukan dengan mencampurkan 9,95 mL H₂SO₄ 1% dengan 0,05 mL BaCl₂ 1%, kemudian dikocok hingga homogen. Standar ini digunakan untuk menyamakan kekeruhan suspensi bakteri dengan konsentrasi sekitar $1,5 \times 10^8$ CFU/mL [27]. Larutan NaCl 0,9% dibuat dengan melarutkan 0,9 gram NaCl dalam aquadest steril hingga volume 100 mL, kemudian disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C (Maulana dkk., 2020). Suspensi bakteri disiapkan dengan cara menginokulasi koloni bakteri menggunakan ose steril ke dalam 10 mL larutan NaCl 0,9% steril, kemudian disesuaikan kekekeruhannya dengan standar McFarland 0,5 [27]. Semua tahapan tersebut dilakukan untuk memastikan keakuratan dan reproduktibilitas dalam uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol dan metanol kulit kayu raru terhadap *S. aureus* dan *E. coli*.

Pembuatan Konsentrasi Sampel, Kontrol Positif, dan Kontrol Negatif Timbang ekstrak etanol dengan melarutkan 3 gram ekstrak kental ke dalam 5 mL DMSO, untuk metanol dilarutkan 3 gram ekstrak kental kedalam 5 mL DMSO. Kontrol negatif pada penelitian ini menggunakan DMSO 10% dalam aquades dengan cara 10 mL DMSO dimasukkan ke dalam gelas ukur dan ditambahkan akuades sampai volumenya 100 mL. Kontrol positif yang digunakan sebagai pembanding yaitu antibiotik *levofloxacin* 5µg/disc dengan cara memasukkan 0,5 gram dilarutkan kedalam DMSO 5 mL lalu diambil 100 µL [26].

Preparasi dan Uji Aktivitas Antibakteri

Preparasi uji aktivitas antibakteri diawali dengan peremajaan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* melalui inokulasi satu ose koloni ke medium nutrient agar (NA), kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Suspensi bakteri dibuat dengan memindahkan satu ose koloni dari media NA ke dalam tabung reaksi berisi 10 mL NaCl fisiologis hingga mencapai kekeruhan setara standar McFarland. Uji daya hambat ekstrak etanol dan metanol kulit kayu raru terhadap kedua bakteri dilakukan menggunakan metode difusi agar dengan cakram kertas berdiameter 6 mm, karena metode ini dianggap sederhana, cepat, dan efisien dalam mengevaluasi aktivitas antibakteri. Media Mueller Hinton Agar (MHA) dituangkan ke dalam cawan petri hingga memadat, kemudian masing-masing suspensi bakteri sebanyak 100 µL ditetaskan ke permukaan media. Selanjutnya, cakram yang telah diberi ekstrak etanol dan metanol kulit kayu raru, kontrol positif (Levofloxacin), dan kontrol negatif (DMSO) ditempatkan pada media, lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Aktivitas antibakteri diamati melalui terbentuknya zona bening di sekitar cakram sebagai indikator zona hambat, yang kemudian diukur menggunakan jangka sorong [26]. Diameter zona hambat dinyatakan dalam satuan milimeter dan mencerminkan tingkat efektivitas antibakteri dari masing-masing ekstrak terhadap *E. coli* dan *S. aureus*.

Hasil Dan Pembahasan

Hasil Identifikasi Sampel

Hasil identifikasi sampel yang dilakukan di Laboratorium Herbarium Medanense (MEDA), Universitas Sumatra Utara, menunjukkan bahwa tumbuhan yang diteliti merupakan kayu raru dengan nama ilmiah *Cotylelobium melanoxylon* Pierre. Berdasarkan klasifikasi taksonomi, tumbuhan ini termasuk ke dalam Kingdom *Plantae*, Divisi *Spermatophyta*, Kelas *Dicotyledoneae*, Ordo *Malvales*, dan Famili *Dipterocarpaceae*. Genus dari tumbuhan ini adalah *Cotylelobium* dengan spesies *Cotylelobium melanoxylon* (Hook.f.) Pierre. Secara

lokal, tumbuhan ini dikenal dengan nama kayu raru. Identifikasi ini penting sebagai dasar dalam memastikan keaslian dan validitas sampel yang digunakan dalam penelitian.

Hasil Pengolahan Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) dengan cara dicuci lalu dikeringkan, Kemudian berat sampel setelah pengeringan adalah 3000 g dan diperoleh berat serbuk simplisia 1500 g, sehingga berat serbuk yang digunakan dalam metode maserasi adalah 500 g.

Hasil Pemeriksaan Karakterisasi Simplisia

Pemeriksaan Makroskopik Simplisia Kayu Raru

Pengamatan makroskopik dilakukan dengan cara mengamati secara langsung kondisi fisik dari kulit kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) yang digunakan. Hasil pemeriksaan secara makroskopik kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) dapat dilihat di tabel yaitu sebagai berikut :

Tabel 1. Pengamatan Makroskopik kulit kayu raru

No.	Parameter Organoleptis	Keterangan
1	Bentuk	Berbentuk silinder, ketebalan kulit 0,3 cm, panjang kulit kayu raru 10 cm.
2	Warna	Coklat
3	Bau	Khas

Pemeriksaan Mikroskopik Serbuk Simplisia

Hasil pemeriksaan serbuk simplisia kulit kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) secara mikroskopik terlihat adanya sel gabus, ca. oksalat yang berbentuk prisma, sklerenkim serta parenkim.

Pemeriksaan Karakterisasi Simplisia

Karakterisasi merupakan suatu langkah awal untuk mengendalikan mutu simplisia agar diperoleh bahan baku yang seragam dan akhirnya dapat menjamin efek farmakologi tanaman tersebut [28]. Karakterisasi simplisia mencakup penetapan kadar air, kadar abu total, kadar abu yang tidak larut dalam asam, kadar sari yang larut dalam air dan kadar sari yang larut dalam etanol. Hasil karakterisasi simplisia kulit kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil karakterisasi serbuk simplisia kulit kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre)

No	Parameter	Hasil Pemeriksaan	Syarat MMI 1995	Keterangan
1	Kadar air	3,33%	≤ 10	Memenuhi syarat
2	Kadar abu total	6,34%	$\leq 9,5\%$	Memenuhi syarat
3	Kadar abu tidak larut asam	0,78%	$\leq 1,5\%$	Memenuhi syarat
4	Kadar sari larut air	25,87%	$\geq 16,5\%$	Memenuhi syarat
5	Kadar sari larut etanol	14,62%	$\geq 10\%$	Memenuhi syarat

Keterangan :

$\leq$ = Tidak lebih dari

$\geq$ = Tidak kurang dari

Berdasarkan tabel diatas pemeriksaan kadar air pada serbuk simplisia dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terkandung didalam simplisia. Persyaratan kadar air simplisia umumnya tidak lebih dari 10%, karena jumlah air yang tinggi dapat menjadi media pertumbuhan bakteri dan jamur yang dapat merusak senyawa yang terkandung di dalam simplisia [14]. Hasil pemeriksaan karakterisasi kadar air simplisia yang diperoleh adalah 3,33%.

Pemeriksaan kadar sari yang larut dalam air dan etanol pada serbuk simplisia bertujuan sebagai perkiraan kasar kandungan senyawa-senyawa aktif yang bersifat larut air dan senyawa aktif yang bersifat larut etanol [14]. Hasil pemeriksaan karakterisasi serbuk simplisia kulit kayu raru diperoleh kadar sari yang larut dalam air 25,87% sedangkan kadar sari yang larut dalam etanol 14,62 %.

Pemeriksaan kadar abu total pada serbuk simplisia kulit kayu raru dilakukan untuk mengetahui kadar senyawa anorganik dalam simplisia dan diperoleh kadar abu total sebesar 6,34%. Hasil karakterisasi kadar abu yang tidak larut dalam asam dilakukan untuk mengetahui zat yang terkandung didalam sampel yang tahan terhadap asam dan diperoleh kadar abu tidak larut asam sebesar 0,78% [14].

Hasil Ekstraksi

Metode ekstraksi yang digunakan yaitu metode maserasi dengan menggunakan pelarut etanol dan metanol. Maserasi merupakan metode ekstraksi yang memiliki cara kerja yang sederhana serta relatif mudah dan sering digunakan dalam proses penyarian untuk senyawa yang tidak tahan terhadap panas (Tiwari dkk, 2011). Etanol dan metanol adalah pelarut netral terhadap senyawa yang terkandung pada simplisia serta mampu mencegah tumbuhnya jamur dan juga bakteri [29].

Prinsip kerja dari metode maserasi yaitu pelarut akan menembus dinding sel lalu masuk kedalam rongga sel yang mengandung zat aktif, sehingga zat aktif tersebut akan larut dalam pelarut yang digunakan. Hasil maserat yang didapat sebanyak 5000 mL dengan pelarut etanol dan metanol. Kemudian diuapkan dengan menggunakan alat rotary sehingga diperoleh ekstrak kental berwarna coklat kehitaman sehingga evaporator nilai rendemen yang didapat pada ekstrak etanol dan metanol kulit kayu raru dapat dilihat ditabel 3.

Tabel 3. Hasil rendemen ekstrak etanol dan metanol kulit kayu raru

Nilai Rendemen Etanol	Nilai Rendemen Metanol
17,6291 %	18,7968

Rendemen ekstrak kulit kayu raru dengan menggunakan metode maserasi dapat dilihat pada Tabel 3 menunjukkan penggunaan jenis pelarut metanol dan etanol memberikan pengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan. Pelarut methanol dan etanol akan melarutkan senyawa yang berbeda polaritasnya. Senyawa yang terekstrak dalam pelarut lalu berdifusi keluar akibat gaya yang ditimbulkan karena adanya perbedaan konsentrasi di dalam dan di luar sel. Prinsip like-dissolve like menerangkan, senyawa polar akan terlarut dalam pelarut polar atau sebaliknya [30].

Hasil Skrining Fitokimia

Hasil skrining fitokimia yang dilakukan terhadap serbuk kulit kayu raru dan juga ekstrak etanol dan metanol kulit kayu raru dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4. Hasil skrining fitokimia serbuk kulit kayu raru dan ekstrak etanol dan metanol kulit kayu raru

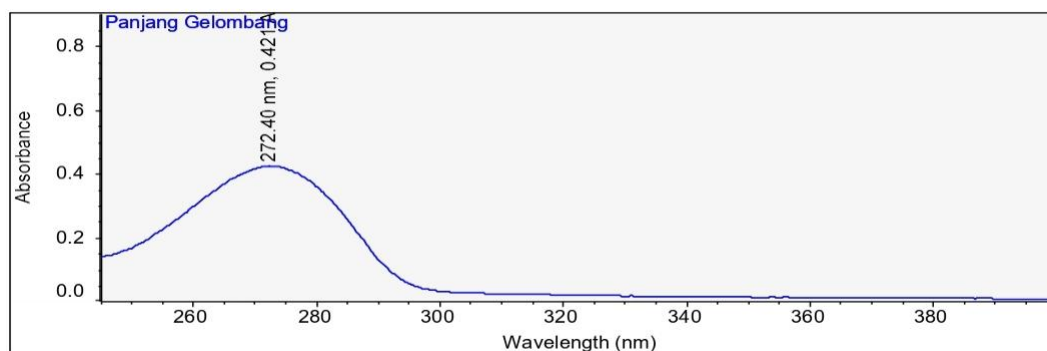
No	Golongan senyawa	Serbuk	Ekstrak Etanol	Ekstrak Metanol
1.	Alkaloid	+	+	+
	+ Mayer	+	+	+
	+ Dragendroff	+	+	+
	+ Bouchardath	+	+	+
2.	Tanin	+	+	+
3.	Saponin	+	+	+
4.	Flavonoid	+	+	+
5.	Steroida / Triterpenoida	+	+	+
6.	Glikosida	+	+	+

Keterangan :

- : Tidak mengandung golongan senyawa
- + : Mengandung golongan senyawa

Hasil Pengukuran Panjang Gelombang Absorbansi Maksimum

Pengujian alkaloid diawali dengan pengukuran panjang gelombang maksimum dari larutan baku kafein dan dapat diukur dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis berada pada rentang 200-400 nm untuk ultraviolet dan 400-750 untuk visible. Pada penelitian ini, untuk menentukan kadar alkaloid digunakan larutan standar, dimana larutan standar yang digunakan adalah kafein dengan panjang gelombang 272 nm. Penetapan panjang gelombang maksimum adalah untuk mencapai kekuatan serapan maksimum dan untuk meminimalkan kesalahan pembacaan serapan semaksimal mungkin. Hasil pengukuran yang didapat adalah 272 nm. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 1.



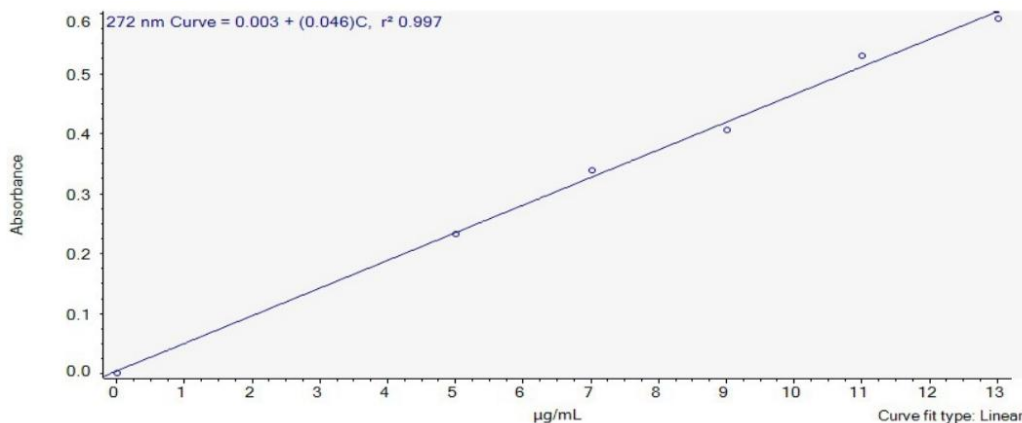
Gambar 1. Panjang Gelombang Kafein

Hasil Pengukuran Kurva Kalibrasi Kafein

Pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan berbagai konsentrasi larutan baku kafein yaitu 5; 7; 9; 11; dan 13 $\mu\text{g/mL}$ dari larutan standar 100 $\mu\text{g/mL}$. Kemudian diukur absorbansi pada panjang gelombang 272 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Penentuan kurva kalibrasi diperoleh berdasarkan hukum *lambert-beer*. Terdapat garis lurus yang diperoleh dari hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi. Semakin besar konsentrasi kafein, absorbansi yang dihasilkan semakin besar. Absorbansi yang baik menurut literature adalah 0,2-0,8. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai Absorbansi Larutan Baku Kafein

Konsentrasi	Absorbansi	Persamaan Regresi
0	0,000	$y = 0,046x + 0,003$
5	0,232	
7	0,338	
9	0,405	
11	0,528	
13	0,592	



Gambar 2. Kurva Kalibrasi Kafein

Hasil analisis menunjukkan bahwa persamaan regresi yang diperoleh dari larutan baku kafein adalah $y = 0,046x + 0,003$, dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,997. Nilai linieritas tersebut menunjukkan adanya hubungan korelatif yang sangat kuat antara konsentrasi dan absorbansi. Hubungan ini dapat dilihat secara visual pada Gambar 2.

Hasil Analisis Kadar Alkaloid Ekstrak Kulit Kayu Raru

Penetapan kadar alkaloid dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis, yang dikenal sebagai metode analisis yang efisien, sederhana, dan memerlukan volume sampel yang

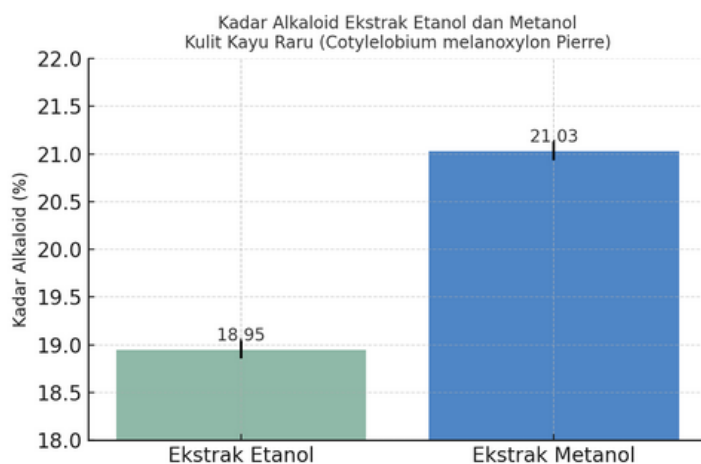
relatif kecil serta waktu analisis yang singkat. Prinsip kerja metode ini didasarkan pada pembentukan kompleks berwarna antara senyawa alkaloid dan pereaksi bromokresol green (BCG) dalam medium asam lemah, yaitu menggunakan buffer fosfat pH 4,7. Interaksi antara alkaloid dan BCG menghasilkan kompleks yang dapat dideteksi secara kuantitatif melalui pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Sebelum dilakukan pengukuran, senyawa alkaloid dalam sampel diekstraksi dengan pelarut kloroform sebanyak tiga kali. Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan selektivitas analisis, dengan memastikan bahwa hanya senyawa alkaloid yang terisolasi dalam fase organik. Konsentrasi alkaloid dalam sampel dihitung berdasarkan persamaan regresi linier $y = ax + b$, yang diperoleh dari kurva kalibrasi larutan baku kafein. Nilai x sebagai konsentrasi sampel diperoleh melalui substitusi nilai absorbansi ke dalam persamaan tersebut, dan selanjutnya digunakan untuk menghitung kadar alkaloid.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar alkaloid dalam fraksi ekstrak etanol kulit kayu raru adalah sebesar $18,95 \pm 0,09\%$, sedangkan dalam fraksi ekstrak metanol mencapai $21,03 \pm 0,10\%$. Perbedaan kadar ini dapat dikaitkan dengan sifat pelarut yang digunakan. Metanol, sebagai pelarut polar, memiliki kemampuan ekstraksi yang lebih tinggi terhadap senyawa alkaloid dibandingkan dengan etanol, yang bersifat semi-polar. Hal ini disebabkan oleh polaritas metanol yang lebih tinggi, yang memungkinkan pelarut tersebut mengekstrak lebih banyak senyawa alkaloid, yang secara umum bersifat polar dan basa.

Perbedaan struktur kimia antara metanol dan etanol juga memengaruhi kemampuannya dalam melarutkan senyawa. Metanol memiliki gugus metil tunggal (CH_3OH), sedangkan etanol memiliki gugus etil ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), yang menyebabkan metanol lebih polar karena memiliki lebih sedikit atom karbon yang bersifat hidrofobik. Alkaloid, sebagai senyawa polar, lebih larut dalam pelarut polar seperti metanol. Oleh karena itu, metanol dapat mengekstrak kandungan alkaloid dalam jumlah lebih besar dibandingkan etanol [31–33].

Konsistensi nilai kadar alkaloid dari enam kali pengulangan menunjukkan bahwa metode spektrofotometri UV-Vis yang digunakan memiliki tingkat presisi yang baik dan dapat diandalkan untuk analisis kandungan alkaloid dari bahan alam, khususnya kulit kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre).

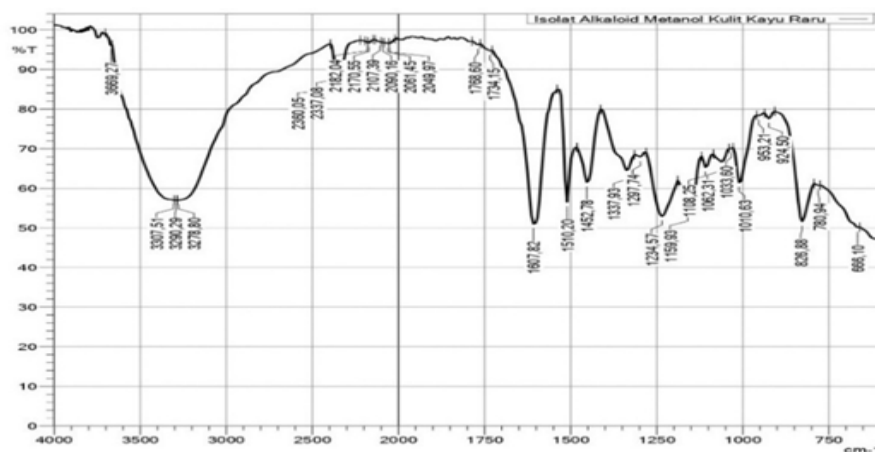


Gambar 3. Grafik kadar alkaloid ekstrak etanol dan ekstrak metanol kulit kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre). Hasil menunjukkan bahwa kadar alkaloid lebih tinggi pada ekstrak metanol ($21,03 \pm 0,10\%$) dibandingkan dengan ekstrak etanol ($18,95 \pm 0,09\%$).

Hasil Pengujian Fraksinasi Alkaloid Ekstrak Etanol dan Ekstrak Metanol dari Ekstraksi Cair-Cair Pelarut Kloroform Menggunakan FT-IR

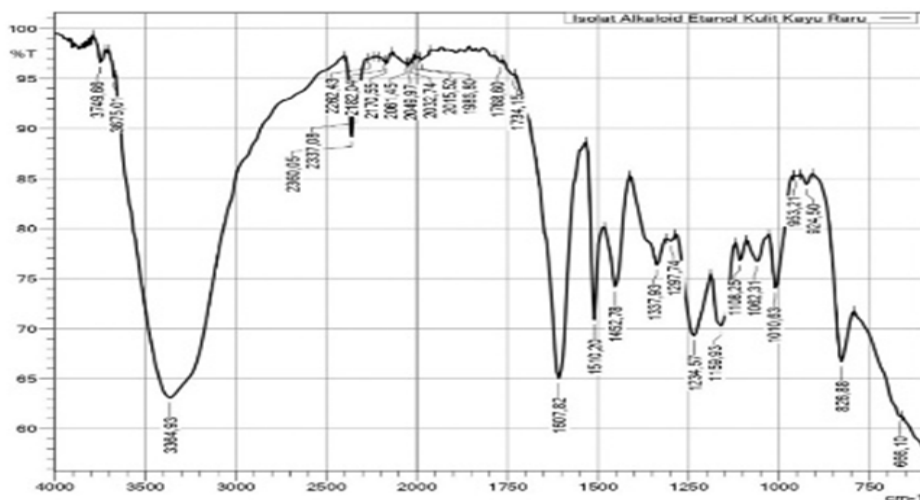
Pengujian fraksinasi alkaloid dilakukan menggunakan metode ekstraksi cair-cair. Ekstraksi cair-cair dilakukan bertujuan untuk mengambil senyawa (zat-zat) kimia baru atau menemukan pelarut baru yang memberikan hasil ekstraksi yang lebih baik. Pengujian ekstraksi cair-cair dilakukan dengan cara ekstrak etanol dan ekstrak metanol kulit kayu raru diekstraksi dengan corong pisah dan menggunakan pelarut kloroform. Hasil fraksi alkaloid ekstrak etanol dan ekstrak metanol kulit kayu raru selanjutnya diidentifikasi

dengan menggunakan spektrofotometer infra merah (FT-IR). Hasil analisis menggunakan spektroskopi infra merah dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5



Gambar 4. Hasil Spektrum Fraksi Alkaloid Metanol Kulit Kayu Raru

Hasil analisis fraksi alkaloid methanol kulit kayu raru menggunakan spektroskopi infra merah pada gambar 4 menunjukkan adanya gugus N-H pada daerah bilangan gelombang $3278,80\text{ cm}^{-1}$, $3290,29\text{ cm}^{-1}$ dan $3307,51\text{ cm}^{-1}$ dan diperkuat dengan adanya gugus C-N pada daerah bilangan gelombang $2107,39\text{ cm}^{-1}$, $2170,55\text{ cm}^{-1}$, $2182,04\text{ cm}^{-1}$, $2337,08\text{ cm}^{-1}$ dan $2360,05\text{ cm}^{-1}$. Pada bilangan panjang gelombang $1734,15\text{ cm}^{-1}$ dan $1768,60\text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus C=O dengan bentuk pita sedang. Pada bilangan gelombang $1337,93\text{ cm}^{-1}$ dan $1452,78\text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus C=C dari senyawa aromatic dengan bentuk pita tajam. Adanya gugus C=O dengan bentuk pita tajam pada daerah bilangan gelombang $1062,31\text{ cm}^{-1}$, $1108,25\text{ cm}^{-1}$, $1159,93\text{ cm}^{-1}$ dan $1234,57\text{ cm}^{-1}$ memberikan kekuatan adanya gugus ester. Maka hasil identifikasi dengan menggunakan spektroskopi infra merah pada sampel isolat alkaloid ekstrak methanol kulit kayu raru teridentifikasi mengandung senyawa alkaloid.



Gambar 5. Hasil Spektrum Isolat Alkaloid Etanol Kulit Kayu Raru

Hasil analisis fraksi alkaloid etanol kulit kayu raru menggunakan spektroskopi infra merah pada gambar 5 menunjukkan adanya gugus N-H pada daerah bilangan gelombang $3364,93\text{ cm}^{-1}$ dan diperkuat dengan adanya gugus C-N pada daerah bilangan gelombang $2262,43\text{ cm}^{-1}$, $2337,08\text{ cm}^{-1}$ dan $2360,05\text{ cm}^{-1}$. Pada bilangan panjang gelombang $1734,15\text{ cm}^{-1}$ dan $1768,60\text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus C=O dengan bentuk pita sedang. Pada bilangan gelombang $1337,93\text{ cm}^{-1}$ dan $1452,78\text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus C=C dari senyawa aromatic dengan bentuk pita tajam. Adanya gugus C=O dengan bentuk pita tajam pada daerah bilangan gelombang $1062,31\text{ cm}^{-1}$, $1108,25\text{ cm}^{-1}$, $1159,93\text{ cm}^{-1}$ dan $1234,57\text{ cm}^{-1}$ memberikan kekuatan adanya gugus ester. Maka hasil identifikasi dengan menggunakan spektroskopi infra merah pada sampel fraksi alkaloid ekstrak etanol kulit kayu raru teridentifikasi mengandung senyawa alkaloid. Data hasil FT-IR mengenai gugus fungsi yang terbentuk pada fraksi alkaloid ekstrak methanol dan etanol dapat dilihat pada tabel 6 .

Tabel 6. Hasil Analisis Spektrum Infra Merah Gugus Fungsi Senyawa dari Fraksi Alkaloid Ekstrak Etanol dan Metanol Kulit Kayu Raru.

Sampel	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) Pada Spektra Infra Merah	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) Pada Pustaka Stanley dkk (1998)	Bentuk Pita	Gugus Fungsi
Fraksi Ekstrak Metanol	3278,80, 3290,29, dan 3307,51	3200-3600	Sedang	N – H
	2107,39, 2170,55, 2182,04, 2337,08 dan 2360,05	2400-2100	Sedang	C – N
	1734,15 dan 1768,60	1900-1650	Sedang	C = O
	1337,93 dan 1452,78	1475-1300	Tajam	C = C Aromatik
	1062,31, 1108,25, 1159,93 dan 1234,57	1050-1270	Tajam	C = O
	3364,93	3200-3600	Sedang	N -H
	2262,43, 2337,08 dan 2360,05	2400-2100	Sedang	C -N
Fraksi Ekstrak Etanol	1734,15 dan 1768,60	1900-1650	Sedang	C = O
	1337,93 dan 1452,78	1475-1300	Tajam	C = C Aromatik
	1062,31, 1108, 25, 1159,93 dan 1234,57	1050-1270	Tajam	C = O

Senyawa alkaloid memiliki sifat basa yang disebabkan oleh ikatan nitrogen sehingga pada proses pemisahannya dilakukan dengan mengubahnya pada pH tertentu yang dikenal dengan metode cair-cair secara asam basa. Metode cair-cair untuk memisahkan komponen kimia diantara dua fase pelarut yang tidak saling bercampur. Alkaloid yang bebas akan bersifat sedikit polar sehingga dapat larut dalam kloroform. Digunakan pelarut kloroform karena memiliki daya larut alkaloid yang besar dibandingkan pelarut lain [34]. Senyawa alkaloid pada sampel fraksi melalui proses pengasaman dengan ditambahkan asam klorida sampai pH 3 akan terbentuk endapan yang mana perubahan tersebut disebabkan ikatan garam menjadi alkaloid bebas. Pengasaman tersebut bertujuan untuk menarik alkaloid dan terbentuknya garam alkaloid amina serta memperbesar kelarutan alkaloid. Setelah dilakukan pengasaman yang menghasilkan garam alkaloid akan dibasakan kembali dengan menggunakan pelarut amoniak sampai pH 10 untuk menghidrolisis garam alkaloid menjadi senyawa alkaloid basa bebas. Lalu dilakukan pengujian FTIR [35].

Hasil analisis spektroskopi FT-IR fraksi alkaloid ekstrak etanol dan fraksi alkaloid ekstrak metanol menunjukkan adanya serapan dari beberapa gugus fungsi. Alkaloid merupakan golongan senyawa metabolit sekunder yang bersifat basa dengan satu atau lebih atom nitrogen yang umumnya berada dalam gabungan sistem siklik [36]. Dari hasil spektrum spektroskopi FT-IR fraksi alkaloid ekstrak etanol dan fraksi alkaloid ekstrak metanol pada tabel 6 menunjukkan adanya gugus fungsi yang didapatkan yaitu N-H, C-N, C=O, C=C, dan C=O. Alkaloid merupakan senyawa organik yang umumnya memiliki struktur kimia berupa sistem cincin heterosiklik, dengan atom nitrogen sebagai atom hetero utama. Komponen penyusun alkaloid meliputi unsur karbon, hidrogen, nitrogen, dan oksigen. Kehadiran atom nitrogen dalam struktur cincin memberikan sifat kebasaaan (alkalis) pada senyawa alkaloid. Dalam penelitian ini, identifikasi senyawa alkaloid dilakukan menggunakan spektroskopi inframerah (FTIR) terhadap fraksi alkaloid dari ekstrak etanol dan metanol kulit kayu raru. Hasil analisis menunjukkan adanya gugus fungsi yang khas dari senyawa alkaloid, sehingga dapat disimpulkan bahwa fraksi yang diperoleh mengandung senyawa alkaloid [37–40].

Hasil Pengujian Antibakteri

Pengujian aktivitas antibakteri bertujuan untuk mengetahui kemampuan daya hambat fraksi alkaloid ekstrak etanol dan ekstrak metanol kulit kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Pengujian aktivitas ini dilakukan dengan metode difusi agar menggunakan kertas cakram. Media yang digunakan adalah MHA (*Mueller Hinton Agar*).

Dilakukan perlakuan yaitu kontrol positif (levofloxacin), kontrol negatif (DMSO), dan fraksi alkaloid ekstrak etanol dan ekstrak metanol kulit kayu raru dengan konsentrasi 40%, 50%, dan 60%. Proses inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 24 jam agar bakteri dapat tumbuh dengan optimal. Penghambatan

pertumbuhan bakteri dikatakan positif ditandai dengan adanya zona hambat (wilayah jernih) disekitar kertas cakram yang diukur dengan menggunakan jangka sorong [27].

Tabel 7. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Fraksi Alkaloid Ekstrak Etanol dan Ekstrak Metanol Kulit Kayu Raru

Bakteri Uji	Perlakuan	Konsentrasi Larutan Uji	Diameter Zona Hambat (mm)			Rata-Rata	Kategori
			I	II	III		
<i>Escherichia Coli</i>	Kontrol Negatif (DMSO)	0	0	0	0	0	Lemah
	Isolat Alkaloid	40%	16,9	17,0	16,3	16,7	Kuat
	Ekstrak Etanol	50%	20,8	21,2	21,3	21,1	Sangat Kuat
		60%	22,4	23,5	23,3	23,0	Sangat Kuat
	Isolat Alkaloid	40%	18,9	19,2	19,6	19,2	Kuat
	Ekstrak Metanol	50%	21,6	21,8	22,4	21,9	Sangat Kuat
		60%	23,5	24,1	24,5	24,0	Sangat Kuat
	Kontrol Positif (Levofloxacin)	10%	29,2	29,5	29,2	29,3	Sangat Kuat
<i>Staphylococcus aureus</i>	Kontrol Negatif (DMSO)	0	0	0	0	0	Lemah
	Isolat Alkaloid	40%	19,8	19,7	20,0	13,2	Kuat
	Ekstrak Etanol	50%	23,2	22,9	23,4	23,1	Sangat Kuat
		60%	25,1	25,2	25,8	25,4	Sangat Kuat
	Isolat Alkaloid	40%	19,8	19,7	20,0	19,8	Kuat
	Ekstrak Metanol	50%	23,2	22,9	23,4	23,2	Sangat Kuat
		60%	25,1	25,2	25,8	25,4	Sangat Kuat
	Kontrol Positif (Levofloxacin)	10%	29,2	29,5	29,2	29,3	Sangat Kuat

Keterangan :

I : Pengulangan Pertama

II : Pengulangan Kedua

III : Pengulangan Ketiga

Berdasarkan hasil uji antibakteri fraksi alkaloid ekstrak etanol dan metanol kulit kayu raru (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* yang tertera pada tabel 7. Berdasarkan tabel dapat diketahui fraksi alkaloid ekstrak etanol dan metanol kulit kayu raru memiliki daya hambat pada konsentrasi 40%, 50%, 60% terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan nilai seperti yang tertera pada tabel 4.8. Kontrol negatif yang digunakan adalah DMSO yang menunjukkan tidak adanya zona hambat. Pelarut DMSO merupakan pelarut yang organik yang tidak bersifat bakterisidal. Hal ini menandakan bahwa DMSO tidak memiliki aktivitas antibakteri, sehingga bisa dipastikan aktivitas antibakteri yang dihasilkan tidak dipengaruhi oleh DMSO. Kontrol positif yang digunakan adalah Levofloxacin yang memiliki diameter zona hambat rata-rata sebesar 29,3 mm terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Data pada tabel 7 memperlihatkan bahwa efek antibakteri fraksi alkaloid ekstrak etanol dan metanol kulit kayu raru ternyata semakin meningkat dengan adanya peningkatan konsentrasi. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara konsentrasi dengan efek antibakteri. Semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi efek antibakteri fraksi alkaloid ekstrak etanol dan metanol kulit kayu raru terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Menurut Davis dan Stout (1971) kriteria kekuatan daya antibakteri sebagai berikut, diameter zona hambat 5 mm atau kurang dikategorikan lemah, diameter zona hambat 5-10 mm dikategorikan sedang, diameter zona hambat 10-20 mm dikategorikan kuat dan zona hambat 20 mm atau lebih dikategorikan sangat kuat [26]. Berdasarkan kriteria kekuatan daya hambat tersebut maka kriteria daya hambat fraksi alkaloid ekstrak etanol kulit kayu raru terhadap *Escherichia coli* dengan konsentrasi 40% sebesar 16,7 mm dikategorikan kuat, konsentrasi 50% sebesar 21,1 mm dikategorikan sangat kuat mm dan 60% sebesar 23,0 mm dikategorikan sangat kuat. Kemudian pada ekstrak metanol dengan konsentrasi 40% sebesar 19,2 mm dikategorikan kuat,

konsentrasi 50% sebesar 21,9 mm dikategorikan sangat kuat dan 60% sebesar 24,0 mm dikategorikan sangat kuat.

Berdasarkan kriteria kekuatan daya hambat tersebut maka kriteria daya hambat fraksi alkaloid ekstrak etanol kulit kayu raru terhadap *Staphylococcus aureus* dengan konsentrasi 40% sebesar 13,2 mm dikategorikan kuat, konsentrasi 50% sebesar 23,1 mm dikategorikan sangat kuat dan 60% sebesar 25,4 mm dikategorikan sangat kuat [26]. Kemudian pada fraksi alkaloid ekstrak metanol dengan konsentrasi 40% sebesar 19,8 mm dikategorikan kuat, konsentrasi 50% sebesar 23,2 mm dikategorikan sangat kuat dan 60% sebesar 25,4 mm dikategorikan sangat kuat [26].

Mekanisme Penghambatan Alkaloid terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Perbedaan respons antibakteri ini dapat dijelaskan melalui karakteristik struktural dinding sel kedua bakteri. Sebagai bakteri Gram-negatif, *Escherichia coli* memiliki membran luar lipopolisakarida (LPS) yang berfungsi sebagai barier permeabilitas terhadap senyawa hidrofobik termasuk alkaloid [6]. Lapisan peptidoglikan yang relatif tipis (5-10% dari dinding sel) [43], membuatnya kurang rentan terhadap kerusakan langsung oleh alkaloid. Sebaliknya, *Staphylococcus aureus* sebagai bakteri Gram-positif tidak memiliki membran luar sehingga senyawa alkaloid lebih mudah menembus [44–46]. Dinding selnya yang tebal (50-90% peptidoglikan) dan kaya akan asam teikoat menjadi target utama alkaloid [5].

Mekanisme kerja alkaloid meliputi: (1) penghambatan sintesis peptidoglikan melalui gangguan terhadap enzim transpeptidase [6], dimana pada *S. aureus* efek ini lebih nyata karena ketebalan peptidoglikan [43]; (2) destabilisasi membran sel melalui interaksi dengan komponen lipid [44–46], yang lebih efektif pada *S. aureus* karena tidak adanya membran luar; dan (3) penghambatan sintesis protein dan DNA melalui pengikatan dengan ribosom atau enzim topoisomerase [5,6].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksi alkaloid 50% memberikan zona hambat lebih besar terhadap *S. aureus* (23,1 mm) dibandingkan *E. coli* (21,1 mm), sesuai dengan mekanisme di atas. Peningkatan efek pada konsentrasi 60% menunjukkan bahwa dosis tinggi dapat mengatasi barier permeabilitas *E. coli* [26]. Aktivitas ini mungkin diperkuat oleh sinergi dengan senyawa fitokimia lain dalam ekstrak seperti flavonoid yang merusak permeabilitas membran, tanin yang mengikat protein [47], dan saponin yang bersifat detergen [44–46].

Hal tersebut membuktikan bahwa pada fraksi alkaloid ekstrak etanol kulit kayu raru dan fraksi alkaloid metanol kulit kayu raru pada bakteri *Escherichia coli* didapatkan hasil terbaik pada konsentrasi zona hambat 50% [26]. Demikian pula untuk *Staphylococcus aureus*, konsentrasi 50% sudah menunjukkan aktivitas sangat kuat [26]. Hal ini juga disebabkan oleh banyaknya kandungan metabolit sekunder yang terkandung dalam kulit kayu raru seperti alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, steroid/triterpenoid [41,42].

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, senyawa alkaloid dari ekstrak kulit kayu raru dapat berhasil difraksinasi melalui metode ekstraksi cair-cair menggunakan pelarut kloroform, yang kemudian dianalisis secara kualitatif dan menghasilkan fraksi alkaloid. Identifikasi senyawa alkaloid dilakukan menggunakan spektroskopi FT-IR, yang menunjukkan keberadaan gugus fungsi N-H, C-N, C=O, C=C aromatik, dan C=O tajam, sehingga mengonfirmasi adanya senyawa alkaloid dalam fraksi tersebut. Penetapan kadar alkaloid menggunakan spektrofotometri UV menunjukkan bahwa ekstrak metanol memiliki kadar alkaloid lebih tinggi dengan nilai rata-rata $21,0325 \pm 0,0983$ dibandingkan ekstrak etanol yang memiliki kadar rata-rata $18,9491 \pm 0,0922$. Dengan demikian, ekstrak metanol lebih unggul dalam menghasilkan kandungan alkaloid. Selain itu, fraksi alkaloid dari ekstrak kulit kayu raru menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, dengan efektivitas terbaik ditunjukkan pada konsentrasi 50% yang menghasilkan zona hambat terbesar.

Conflict of Interest

Penelitian ini dilakukan secara mandiri dan objektif tanpa konflik kepentingan atau pengaruh eksternal.

Acknowledgment

Keberhasilan penelitian ini didukung oleh berbagai pihak. Kami mengucapkan terima kasih khusus kepada Universitas Muslim Nusantara atas bantuan dan fasilitas yang diberikan.

Supplementary Materials

Referensi

- [1] Andriani Cici, Daulay AS, Ridwanto R, Nasution HM. Determination of Total Alkaloid Content of Raru (*Cotylelobium lanceolatum* Craib) Bark Extract Using UV-Vis Spectrophotometry Method. Indonesian Journal of Science and Pharmacy 2023;1:8–13. <https://doi.org/10.63763/ijsp.v1i1.10>.
- [2] Afni L, Sartika Daulay A, Putri Rahayu Y. Journal of Pharmaceutical and Sciences | Volume 6 | No n.d.
- [3] Astika Winahyu D, Retnaningsih A, Aprillia M. Determination of Flavonoid Levels in Raru Wood Stone (*Cotylelobium melanoxylon* P.) With Method Uv-Vis Spectrofotometry Penetapan Kadar Flavonoid Pada Kulit Batang Kayu Raru (*Cotylelobium melanoxylon* P.) dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. vol. 4. 2019.
- [4] Verawati N, Aida dan N, Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan J, Negeri Ketapang P, Teknik Sipil J. Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri Patogen Dan Identifikasi Senyawa Aktif Ekstrak Kulit Kayu Raru (*Vatica leucocapra*) Antibacteria Activity Experiment On Pathogen Bacteria And Active Compound Identification On Raru Wood Bark (*Vatica leucocapra*). n.d.
- [5] Karim A, Adnan J, III Farmasi Institut Ilmu Kesehatan Pelamonia Kesdam XIV Hasanuddin D. Determination of total alkaloid content of purple leaf ethanol extract (*Graptophyllum pictum* L.) by UV-Vis spectrophotometry method n.d.
- [6] Tjandra RF, Datu OS. Analisis Senyawa Alkaloid dan Uji Daya Hambat Ekstrak Buah Sirih (*Piper betle* L) terhadap Bakteri *Staphylococcus epidermidis* n.d.;8:173–9. <https://doi.org/10.35790/ebm.8.2.2020.28963>.
- [7] Elfati D, Susilowati A, Modes C, Rachmat HH. Morphological and molecular identification of cellulolytic fungi associated with local raru species. Biodiversitas 2019;20:2348–54. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200833>.
- [8] Nisya Fitri W, Rahayu D, Raya Bandung Sumedang Km J. Review: Akitivitas Antibakteri Ekstrak Tumbuhan Melastomataceae Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. n.d.
- [9] Goetie IH, Sundu R, Supriningrum R, Tinggi S, Samarinda IK. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Batang Sekilang (*Embelia borneensis* Scheff) Terhadap Bakteri *Escherichia coli* DAN *Staphylococcus aureus* Menggunakan Metode Disc Diffusion. vol. 4. n.d.
- [10] Mandala Waluya U, Artikel I, Umi Nurlila R, La Fua J. Penulis Korespondensi : Ratna Umi Nurlila Efek Antibakteri Daun Sagu (*Metroxylon sagu*Rottb.)Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia n.d.;7. <https://doi.org/10.35311/jmpi>.
- [11] Studi Teknologi Laboratorium Politeknik Kesehatan Kemenkes Banten Jl Syech Nawawi Al-Bantani No P, Agung B, Jaya C. Identifikasi Bakteri pada Luka Penderita Diabetes Melitus di Rumah Perawatan Luka Diabetes Identification of Bacteria in The Wounds of Diabetic Mellitus Sufferers at Diabetic Wound Care Homes Venny Patricia Ahmad Yani Salwa Salsabila Isjworowati. vol. 05. n.d.
- [12] Pendidikan J, Konseling D. Metode Spektrofotometri Uv-Vis Dalam Analisis Penentuan Kadar Vitamin C Pada. vol. 5. n.d.
- [13] taufiq, 2018 ftir n.d.
- [14] Dirjen POM. Farmakope Indonesia Edisi. IV. Jakarta: Depkes RI; 1995.
- [15] Dirjen POM. Farmakope Indonesia Edisi III. 1979.
- [16] Depkes RI. Materia Medika (Indonesia Medical Materials). 1989.
- [17] Utami YP. Pengukuran Parameter Simplisia dan Ekstrak Etanol Daun Patikala (*Etlingera elatior* (Jack) R.M. Sm) Asal Kabupaten Enrekang Sulawesi Selatan. Majalah Farmasi Dan Farmakologi 2020;24:6–10. <https://doi.org/10.20956/mff.v24i1.9831>.
- [18] Kasih DP, Salsabila I, Aulia D SN, Wulan P EG, N YA. Identifikasi Tanin pada Tumbuh-tumbuhan di Indonesia n.d.

- [19] Farmasi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana Korespondensi J, Puspitasari Jurusan Farmasi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan L. Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol 95% Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.). n.d.
- [20] RI K. Materia Medika Indonesia. 3rd ed. Jakarta: Departemen Kesehatan RI; 1979.
- [21] Dalimunthe GI, Rahmah AN, Rani Z, Rahayu YP. Caffeine levels from various types of coffee drink packaging circulated in the Medan City market were examined using a UV spectrophotometry method. Indonesian Journal of Chemical Science and Technology 2022;5:102–5.
- [22] Chandra D. Pengujian penetrasi in-vitro sediaan gel, krim, gel-krim ekstrak biji kopi (*Coffea arabica* L.) sebagai antiselulit. JIFI (Jurnal Ilmiah Farmasi Imelda) 2019;3:14–21.
- [23] Karim A. Penentuan Kadar Alkaloid Total Ekstrak Etanol Daun Ungu (*Graptophyllum Pictum* L.) Dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. Jurnal Farmasi Pelamonia/Journal Pharmacy Of Pelamonia 2022;2:42–7.
- [24] Andriani Cici SDL. Determination of Total Alkaloid Content of Raru (*Cotylelobium lanceolatum* Craib) Bark Extract Using UV-ViS Spectrophotometry Method n.d.
- [25] Ode W, Dosen R, Kimia J, Sains F, Uin T, Makassar A. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Alkaloid yang Terkandung Dalam Herba Komfrey (*Symphytum officinale* L.) Asal Tana Toraja. n.d.
- [26] Faizah Q. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum* (Wight.) Walp.) Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* 2021.
- [27] Primadiamanti A, Elsyana V, Savita CR. Aktivitas Antibakteri Pelepah Pisang Mas (*Musa acuminata* Colla), Pisang Kepok (*Musa X paradisiaca* L) Dan Pisang Kluthuk (*Musa balbisiana* Colla) Terhadap *Staphylococcus Aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*. Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan 2022;9:539–48.
- [28] Depkes RI. Materia Medika Indonesia Jilid V. Departemen Kesehatan Republik Indonesia; 1989.
- [29] Ansel HC. Pengantar Bentuk Sediaan Farmasi Edisi Keempat. Jakarta: Universitas Indonesia.; 1989.
- [30] Yani NKLP, Nastiti K, Noval N. Pengaruh Perbedaan Jenis Pelarut Terhadap Kadar Flavonoid Total Ekstrak Daun Sirsak (*Annona muricata* L.): The Effect of Different Types of Solvents on Total Levels of Flavonoid Extract (*Annona muricata* L.). Jurnal Surya Medika (JSM) 2023;9:34–44.
- [31] Renda YK, Pote LL, Nadut A. Isolasi dan karakterisasi senyawa alkaloid dari kulit batang tumbuhan halay (*Alstonia spectabilis* R. Br) asal desa Wee Rame kabupaten Sumba Barat Daya. Jurnal Sains Dan Edukasi Sains 2023;6:44–50.
- [32] Utami Y, Arruansaratu E, Jumaetri F. Analisis Kadar Total Alkaloid Dari Beberapa Ekstrak Daun Patikala (*Etlingera Elatior* (Jack) RM Smith). Prosiding Seminar Nasional Kefarmasian Program Studi Farmasi FMIPA Universitas Sam Ratulangi, vol. 1, 2022, p. 1–6.
- [33] Prayoga DGE, Nociantiri KA, Puspawati NN. Identifikasi senyawa fitokimia dan aktivitas antioksidan ekstrak kasar daun pepe (*Gymnema reticulatum* Br.) pada berbagai jenis pelarut. Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan 2019;8:111–21.
- [34] Rustiah W, Umriani N. Uji aktivitas antioksidan pada ekstrak buah kawista (*Limonia acidissima*) menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Indonesian Journal of Chemical Research 2018;6:22–5.
- [35] Gamah G, Nastiti K, Aryzki S. P Profil Senyawa Alkaloid Dengan Metode Spektroskopi Inframerah (FTIR) Dan Penetapan Kadar Total Alkaloid Dari Ekstrak Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). Journal Pharmaceutical Care and Sciences 2023;4:168–81.
- [36] Harborne. Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan. Bandung: Penerbit ITB; 1987.
- [37] Nasrul PI, Chatri M. Peranan Metabolit Sekunder sebagai Antifungi. J Pendidik Tambusai 2024;8:15832–44.
- [38] Koçancı FG, Niğdelioğlu Dolanbay S, Aslım B. Comparison of three different protocols of alkaloid extraction from *Glaucium corniculatum* plant TT - Comparison of three different protocols of alkaloid extraction from *Glaucium corniculatum* plant. International Journal of Secondary Metabolite 2022;9:43–51. <https://doi.org/10.21448/ijsm.980171>.
- [39] Bucci A, Bustos AY, Frías M de los Á, Ledesma AE. Characterization of Interaction Between Low-Density Lipoprotein (LDL) and Alkaloid N-Methyl Cytisine: The Potential Protective Effect on Lipid Oxidation. ChemistrySelect 2025;10. <https://doi.org/10.1002/slct.202402990>.
- [40] Firdous J, Bharathi V, Muhamad N. Evaluation of Anthelmintic Activity of *Momordica Charantia*, *Cucurbita Pepo* L., and *Solanum Torvum* Based Formulation and Its Phytochemical Analysis Using

Fourier Transform Infrared. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research 2018;11:353. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2018.v11i7.25806>.

- [41] Nasution KZ, Daulay AS, Ridwanto R, Nasution HM. Penetapan kadar flavonoid ekstrak metanol kulit kayu raru (*Cotylelobium lanceolatum* Craib) pada variasi konsentrasi pelarut menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Journal of Pharmaceutical and Sciences 2025:437–49.
- [42] Rossa A, Daulay AS, Ridwanto R, Rahayu YP. Aktivitas antioksidan dan uji toksisitas ekstrak kulit batang kayu raru (*Cotylelobium lanceolatum* Craib) dengan menggunakan metode DPPH dan metode BSLT. Journal of Pharmaceutical and Sciences 2023:339–52. <https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v6i5-si.436>.
- [43] Anggraini W, Nisa SC, Ramadhani DA R, Ma'arif ZA B. Aktivitas antibakteri ekstrak etanol 96% buah Blewah (*Cucumis melo* L. var. cantalupensis) terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Pharmaceutical Journal of Indonesia 2019;5:61–6.
- [44] Kurniawan F. Analisis struktur sekretori, histokimia, fitokimia, dan potensi antibakteri dari beberapa tumbuhan obat antiinfeksi di taman wisata alam telaga warna bogor 2015.
- [45] Zahro L, Agustini R. Uji efektivitas antibakteri ekstrak kasar saponin jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* antibacterial effectivity test of saponins crude extract from white oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) against. UNESA Journal of Chemistry 2013.
- [46] Tenda PE, Lenggu MY, Ngale MS. Antibacterial activity test of ethanol extract of Faloak tree skin (*Sterculia sp.*) on *Staphylococcus aureus* bacteria. Health Info Journal 2017;15:227–39.
- [47] Saptowo A, Supriningrum R. Uji aktivitas antibakteri ekstrak kulit batang sekilang (*Embeliaborneensis* scheff) terhadap bakteri *propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus epidermidis*. Al Ulum: Jurnal Sains Dan Teknologi 2022;7:93–7.