

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara yang memiliki keragaman budaya yang sangat kaya, tercermin dari keberadaan berbagai suku bangsa dengan adat istiadat yang unik dan khas. Salah satu suku bangsa yang memiliki kekayaan budaya yang menonjol adalah Suku Toraja, yang bermukim di wilayah Tana Toraja dan Toraja Utara, Provinsi Sulawesi Selatan (Allo et al., 2024). Suku Toraja dikenal sebagai masyarakat adat yang memiliki beragam tradisi, ritual, dan sistem kepercayaan yang masih bertahan hingga saat ini dan menjadi identitas budaya yang kuat (Sarapang, 2023). Aluk Todolo merupakan sistem kepercayaan tradisional masyarakat Suku Toraja sebelum masuknya agama-agama besar seperti Kristen dan Islam. Pandangan Aluk Todolo menyatakan bahwa kehidupan manusia bersifat siklik dan berkesinambungan, tidak berhenti pada kematian (Hamid, 2020). Orang yang meninggal tidak langsung dianggap benar-benar mati, melainkan berada dalam fase peralihan sebelum mencapai alam roh (Puya) (Rapa', 2021). Oleh karena itu, kematian dipandang sebagai proses sosial dan spiritual yang panjang, sehingga memerlukan berbagai ritual adat agar roh dapat mencapai alam leluhur dengan sempurna (Tandi, 2025).

Dalam kehidupan masyarakat tradisional, praktik etnomedisin telah menjadi bagian penting yang digunakan untuk menjaga kesehatan, mengobati penyakit, hingga mendukung pelaksanaan ritual adat tertentu. Etnomedisin merupakan pengetahuan tradisional masyarakat mengenai pemanfaatan bahan alam, terutama tumbuhan, yang diwariskan secara turun-temurun dari satu generasi ke generasi berikutnya melalui pengalaman dan kebiasaan masyarakat lokal. Pengetahuan ini berkembang berdasarkan hubungan masyarakat dengan lingkungan sekitarnya sehingga setiap daerah memiliki cara pengobatan tradisional dan penggunaan tanaman yang berbeda-beda sesuai budaya masing-masing. Berbagai tanaman dimanfaatkan karena dipercaya memiliki kandungan senyawa aktif seperti flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan minyak atsiri yang memiliki aktivitas antibakteri, antijamur, antioksidan, dan

antiinflamasi sehingga bermanfaat dalam pengobatan maupun pengawetan alami (Silalahi dkk., 2021).

Salah satu praktik etnomedisin yang masih dikenal dan dipertahankan hingga sekarang adalah tradisi pengawetan jenazah di masyarakat Toraja, Sulawesi Selatan. Masyarakat Toraja memiliki tradisi adat kematian yang sangat kuat dan sakral, di mana jenazah tidak langsung dimakamkan, melainkan disimpan dalam jangka waktu tertentu sambil menunggu pelaksanaan upacara adat. Dalam proses tersebut, masyarakat memanfaatkan berbagai bahan alami dan tanaman tradisional untuk membantu mengawetkan jenazah agar tidak cepat membusuk. Praktik ini dilakukan berdasarkan pengetahuan turun-temurun yang diwariskan oleh leluhur dan masih dipercaya memiliki nilai budaya serta spiritual yang tinggi. Selain digunakan sebagai pengawet alami, penggunaan tanaman dalam tradisi Toraja juga menunjukkan adanya hubungan erat antara budaya, kepercayaan, dan pemanfaatan sumber daya alam lokal dalam kehidupan masyarakat. Tradisi ini tidak hanya menjadi identitas budaya masyarakat Toraja, tetapi juga menarik perhatian peneliti karena menunjukkan potensi ilmiah dari tanaman-tanaman yang digunakan sebagai bahan pengawet alami. Oleh karena itu, penelitian mengenai praktik etnomedisin dan tanaman pengawet jenazah tradisional pada masyarakat Toraja penting dilakukan untuk mendokumentasikan pengetahuan lokal sekaligus mengembangkan pemanfaatan bahan alam berbasis ilmiah di bidang kesehatan dan farmasi (Widjaja dkk., 2021).

Suku Toraja terkenal dengan ritual kematian yang megah dan berlangsung lama, yang dikenal sebagai *Rambu Solo'*. Dalam tradisi ini, jenazah tidak segera dimakamkan setelah meninggal, melainkan dijaga di rumah keluarga selama berbulan-bulan, bahkan bertahun-tahun, sampai upacara puncak dapat dilaksanakan. Selama waktu tersebut, jenazah harus diawetkan untuk mencegah proses pembusukan dan menjaga agar kondisi fisiknya tetap “utuh” di hadapan keluarga dan masyarakat. Metode pengawetan ini tidak hanya menggunakan teknik fisik, tetapi juga melibatkan bahan alami, terutama tanaman tertentu yang dipercaya memiliki sifat pengawet. Indonesia memiliki kekayaan keanekaragaman hayati dan budaya yang melimpah, di mana praktik

etnomedisin telah menjadi elemen penting dalam kehidupan komunitas adat selama berabad-abad. Pengetahuan tradisional ini sering kali diturunkan secara lisan dari satu generasi ke generasi berikutnya, berkaitan dengan pemanfaatan berbagai jenis tumbuhan untuk pengobatan, ritual, hingga proses pengawetan. Salah satu contoh praktik menarik dan khas adalah tradisi pengawetan jenazah yang dilakukan oleh suku Toraja di Sulawesi Selatan. Untuk membuktikan bahwa tanaman yang digunakan dalam upacara ini memiliki kemampuan sebagai agen pengwet jenazah, diperlukan studi lebih lanjut untuk memastikan hal tersebut, salah satunya studi *in silico*. (Anggraeni dan Putri, 2020).

In silico adalah salah satu metode penelitian eksperimental selain *in vivo* (dalam konteks kehidupan) dan *in vitro* (dalam wadah kaca). Istilah *in silico* berasal dari bahasa Yunani yang menunjukkan simulasi berbasis komputer. Pendekatan *in silico* tergolong baru dalam dunia penelitian, namun sudah mulai diterapkan secara luas dalam sektor medis dan kesehatan. Saat ini, penggunaan bioinformatika semakin menarik minat untuk menyelesaikan masalah di bidang kesehatan baik di negara-negara maju maupun negara-negara berkembang (Efendi dkk., 2023).

Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk melakukan studi etnomedisin secara komprehensif guna mendokumentasikan pengetahuan lokal tentang jenis-jenis tanaman yang digunakan, bagian tanaman yang dimanfaatkan, serta cara aplikasinya dalam praktik pengawetan jenazah tradisional suku Toraja. Selanjutnya, akan dilakukan skrining fitokimia awal terhadap ekstrak tanaman yang teridentifikasi untuk menguji keberadaan golongan senyawa metabolit sekunder yang berpotensi sebagai agen pengawet dengan metode *in silico*. Penelitian ini diharapkan tidak hanya melestarikan pengetahuan tradisional yang berharga, tetapi juga memberikan dasar ilmiah untuk memahami mekanisme di balik praktik unik ini, serta membuka jalan bagi penelitian lebih lanjut dalam penemuan senyawa alami yang bermanfaat.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis tanaman apa saja yang secara tradisional digunakan oleh Suku Toraja dalam praktik pengawetan jenazah serta bagaimana cara pengolahan dan aplikasinya?
2. Apa saja golongan dan struktur kandungan kimia yang berpotensi aktif dari tanaman pengawet jenazah tradisional Suku Toraja berdasarkan pendekatan *in silico*?
3. Bagaimana prediksi aktivitas biologis, parameter farmakokinetik (*ADME*), tingkat toksisitas, dan interaksi senyawa aktif terhadap target protein yang terkait dengan aktivitas antibakteri melalui pendekatan *in silico* dan *network pharmacology*?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi dan mendokumentasikan jenis-jenis tanaman yang digunakan dalam tradisi pengawetan jenazah oleh Suku Toraja serta mendeskripsikan cara pengolahan dan penerapannya.
2. Memprediksi golongan dan struktur kandungan kimia yang berpotensi aktif dari tanaman pengawet jenazah tradisional Suku Toraja melalui pendekatan *in silico*.
3. Menganalisis aktivitas biologis senyawa potensial melalui prediksi parameter farmakokinetik (*ADME*), tingkat toksisitas, serta interaksi senyawa aktif dengan target protein yang berhubungan dengan aktivitas antibakteri menggunakan pendekatan *in silico* dan *network pharmacology*

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut

1. Manfaat Ilmiah:
 - a) Memberikan data ilmiah mengenai tanaman pengawet jenazah tradisional Suku Toraja yang sebelumnya belum banyak terdokumentasi secara komprehensif.

- b) Menambah khazanah ilmu pengetahuan di bidang etnomedisin, fitokimia, dan toksikologi komputasi.
- c) Menjadi dasar bagi penelitian lanjutan (misalnya, uji *in vitro* atau *in vivo*) untuk memvalidasi potensi pengawetan dan keamanan senyawa yang teridentifikasi.

2. Manfaat Praktis:

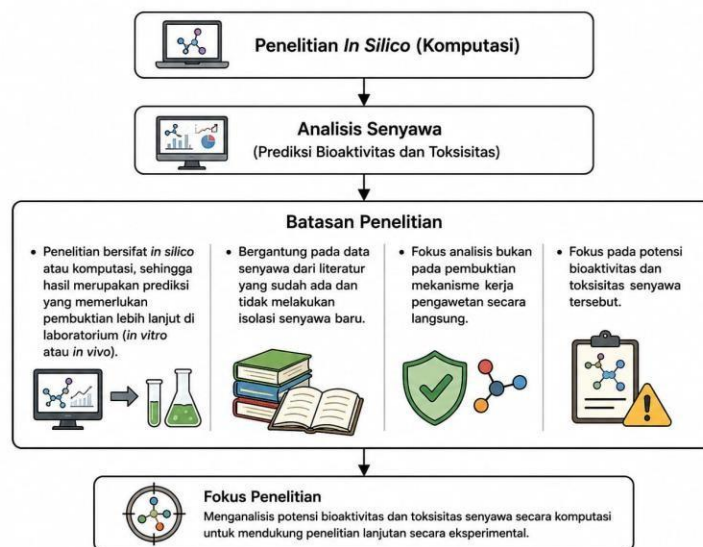
- a) Mendokumentasikan dan melestarikan kearifan lokal Suku Toraja terkait tradisi pengawetan jenazah.
- b) Membuka potensi penemuan senyawa alami baru yang dapat dikembangkan sebagai agen pengawet atau bahan aktif lainnya yang bermanfaat.
- c) Memberikan informasi awal mengenai profil keamanan senyawa yang terkandung dalam tanaman yang digunakan, sehingga dapat menjadi pertimbangan untuk aplikasi lebih lanjut.

E. Ruang Lingkup

1. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini diawali dengan studi etnomedisin lapangan untuk mengidentifikasi tanaman pengawet jenazah dan mendokumentasikan cara penggunaannya berdasarkan informasi dari informan kunci Suku Toraja. Setelah tanaman teridentifikasi, dilakukan penelusuran literatur ilmiah untuk menyusun daftar kandungan kimianya. Senyawa-senyawa tersebut kemudian menjadi subjek utama analisis *in silico* untuk memprediksi profil farmakokinetik (*ADME*) sekaligus potensi toksisitasnya, seperti nilai LD₅₀ dan sifat karsinogenik, melalui metode komputasi.

2. Diagram Batasan Penelitian



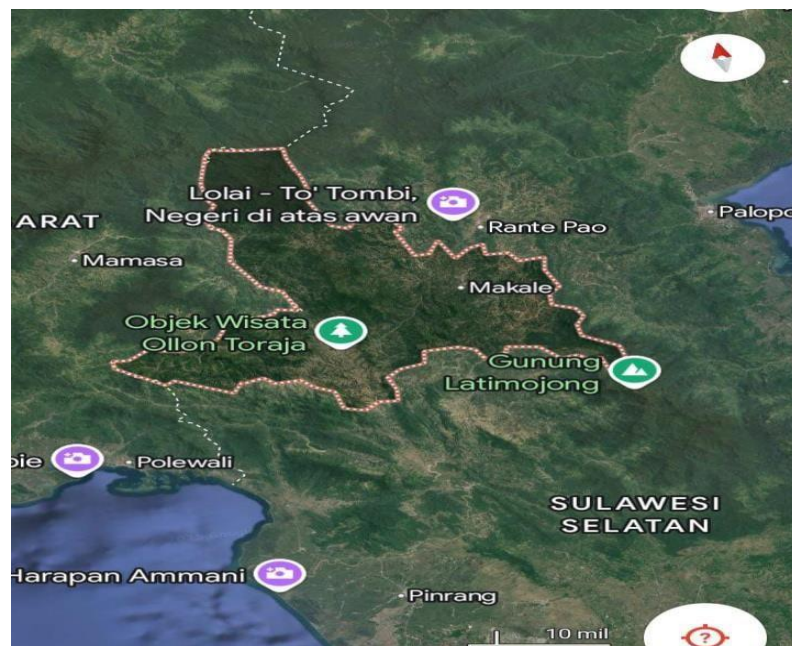
Gambar 1. 1 Ruang Lingkup Dan Batasan Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Suku Toraja

Suku Toraja adalah suku yang menetap di pegunungan bagian utara Sulawesi Selatan. Suku Toraja juga menetap di sebagian dataran Luwu dan Sulawesi Barat. Suku Toraja yang mendiami daerah pegunungan mempertahankan gaya hidup yang khas dan masih menunjukkan gaya hidup Austronesia yang asli dan mirip dengan budaya Nias. Setelah melalui proses akulturasi maupun asimilasi budaya, di Tanah Toraja dapat dijumpai agama Kristen, Protestan, Katolik, Islam, dan Hindu Toraja, dan penduduk mayoritas adalah Kristen Protestan. Wilayah Toraja juga dikenal Tondok Lili'na Lapongan Bulan Tana Matari'allo artinya adalah “negri yang bulat seperti bulan dan matahari” (Embon. D, 2019)



Gambar 2. 1 Sumber Google Maps 2025

B. Studi Etnomedisin

Etnomedisin merupakan bidang kajian interdisipliner yang mendalami sistem pengetahuan lokal masyarakat tentang kesehatan, penyakit, dan pengobatan. Fokus utama etnomedisin adalah pada eksplorasi pemanfaatan sumber daya alam, khususnya tumbuhan, oleh berbagai kelompok etnis (Bunga

dkk., 2025). Etnomedisin merupakan aspek yang timbul sejalan dengan kemajuan kebudayaan manusia di ranah antropologi medis dan memperlihatkan berbagai pandangan. Bidang ini sering kali dikenal sebagai pengobatan tradisional atau pengobatan primitif, namun istilah etnomedisin lebih dianggap netral (Mamosey dan Damis, 2020).

Etnomedisin merupakan pengetahuan masyarakat mengenai obat tradisional atau keahlian meramu beberapa jenis obat tradisional yang digunakan dalam pengembangan sistem pengobatan yang didasarkan pada makna budaya lokal, menyatukan kepercayaan dan praktik pengobatan penyakit tanpa pengaruh dari sistem pengobatan modern. Obat tradisional dalam pengolahannya dilakukan secara turun-temurun atas dasar resep nenek moyang, adat istiadat, kepercayaan dan kebiasaan setempat (Dani, 2019). Tradisi adat Rambu Solo' merupakan salah satu upacara adat kematian yang paling terkenal dan sakral pada masyarakat Toraja di Sulawesi Selatan. Upacara ini tidak hanya dipandang sebagai prosesi pemakaman, tetapi juga sebagai bentuk penghormatan terakhir kepada orang yang telah meninggal. Dalam kepercayaan masyarakat Toraja, seseorang yang meninggal dunia belum dianggap benar-benar “pergi” sebelum seluruh rangkaian upacara Rambu Solo' dilaksanakan. Oleh karena itu, jenazah biasanya disimpan terlebih dahulu di rumah adat Tongkonan dalam jangka waktu tertentu sambil menunggu persiapan upacara adat dan keluarga mengumpulkan biaya pelaksanaan ritual. Selama masa tersebut, jenazah diperlakukan seperti orang yang masih hidup, misalnya tetap diajak berbicara, diberi makanan atau minuman secara simbolis, serta ditempatkan di ruangan khusus. Agar kondisi jenazah tetap terjaga dan tidak cepat membusuk, masyarakat Toraja secara tradisional memanfaatkan bahan alami dan tumbuhan tertentu sebagai pengawet jenazah sebelum saat ini mulai banyak menggunakan formalin. Praktik tersebut merupakan bagian dari pengetahuan etnomedisin yang diwariskan secara turun-temurun oleh leluhur masyarakat Toraja (Ariyanti dan Saputra, 2023).

C. Perbandingan Formalin dan Pengawetan Alami

Pengawetan jenazah modern umumnya menggunakan bahan kimia seperti formaldehida (formalin), glutaraldehida, dan fenol yang berfungsi menghambat pertumbuhan mikroorganisme serta memperlambat proses pembusukan jaringan tubuh. Formalin merupakan agen pengawet yang paling sering digunakan karena efektif mempertahankan kondisi jaringan dalam waktu lama. Namun, penggunaan formalin diketahui memiliki efek toksik, bersifat iritatif, dan berpotensi karsinogenik apabila terpapar dalam jangka panjang (James dkk., 2013). Oleh karena itu, pemanfaatan tanaman tradisional sebagai pengawet jenazah pada masyarakat Suku Toraja menjadi menarik untuk diteliti sebagai alternatif alami yang diduga memiliki aktivitas antibakteri dengan risiko toksisitas yang lebih rendah. Pendekatan *in silico* dan *network pharmacology* digunakan untuk mendukung pembuktian ilmiah terhadap potensi biologis tanaman tersebut. Selain itu, beberapa penelitian juga mulai mengembangkan bahan pengawet alternatif yang lebih aman dibandingkan dengan formaldehida karena tingginya risiko kesehatan dan dampak lingkungan dari bahan pengawet kimia konvensional (James dkk., 2025).

D. Studi *In Silico*

Studi *in silico* adalah pendekatan penelitian yang menggunakan simulasi komputer untuk mempelajari berbagai fenomena, terutama dalam bidang biologi dan farmasi, seperti desain obat. Pendekatan ini melibatkan penggunaan perangkat lunak dan database untuk memodelkan sistem biologis, melakukan simulasi, dan menganalisis data secara komputasi. Keuntungan dari metode *in silico* adalah murah dan hasilnya cepat didapat. (Efendi dkk, 2023). *Network pharmacology* merupakan metode modern dalam ilmu obat yang menginvestigasi interaksi obat dengan tubuh dari sudut pandang jaringan biologis yang rumit, bukan hanya interaksi sederhana. Berbeda dengan pendekatan konvensional yang menitikberatkan pada "satu obat, satu sasaran, satu penyakit", farmakologi jaringan memahami bahwa penyakit sering kali muncul akibat gangguan pada berbagai gen, protein, dan jalur biologis yang saling terkait. Pendekatan *network pharmacology* telah banyak diaplikasikan untuk mengidentifikasi hubungan antara senyawa dan target serta

mengaitkannya dengan target dan jalur gen penyebab penyakit, melalui data yang melimpah dalam basis data (Liu dkk. , 2019). Informasi dari analisis farmakologi jaringan, termasuk jalur yang mendasarinya, gen, serta interaksi antara protein, serta penggabungan data ini, pada akhirnya dapat memfasilitasi pengembangan model matematika yang menjelaskan biologi sistem manusia, terutama dalam responsnya terhadap keefektifan obat (Zhang dkk. , 2019).

E. Profil Tanaman Penelitian Berdasarkan Morfologi, Kandungan Kimia, dan Aktivitas Biologis

1. Tanaman buah pinang (*Areca catechu* L.)

Buah pinang (*Areca catechu* L.) merupakan tanaman dari famili Arecaceae yang banyak tumbuh di daerah tropis termasuk Indonesia dan digunakan dalam berbagai pengobatan tradisional serta ritual adat masyarakat Toraja. Tanaman ini memiliki batang tunggal yang tegak dan tidak bercabang dengan tinggi mencapai 10–20 meter, daun majemuk menyirip, serta buah berbentuk bulat telur yang berwarna hijau saat muda dan berubah menjadi kuning jingga ketika matang (Sun dkk., 2024). Buah pinang diketahui mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid (arekolin, arekaidin, guvasin), flavonoid, tanin, polifenol, katekin, triterpenoid, serta polisakarida yang berperan sebagai senyawa bioaktif. Kandungan senyawa tersebut memberikan berbagai aktivitas biologis, terutama sebagai antibakteri, antioksidan, antiinflamasi, antiparasit, dan anthelmintik. Ekstrak buah pinang dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan beberapa bakteri patogen seperti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella* spp. Karena adanya kandungan alkaloid, flavonoid, dan tanin yang dapat merusak membran sel mikroba. Selain itu, aktivitas antioksidan buah pinang juga cukup tinggi akibat kandungan senyawa fenolik dan polifenol yang mampu menangkal radikal bebas sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pengobatan tradisional dan pengawet alami (Sarma dkk., 2026).

2. Tanaman daun sirih

Buah sirih atau *Piper betle* L. merupakan tanaman merambat dari famili Piperaceae yang banyak tumbuh di daerah tropis Asia, termasuk

Indonesia, dan secara tradisional digunakan dalam pengobatan herbal serta berbagai ritual adat. Tanaman ini memiliki batang berbuku-buku dan akar pelekat yang membantu tanaman merambat pada pohon atau penyangga lain. Daunnya berbentuk jantung, berwarna hijau mengilap, beraroma khas, dan memiliki permukaan licin dengan ujung meruncing. Buah sirih berbentuk bulir silindris kecil yang tersusun rapat pada tangkai buah (Zahra & Maryati 2024). Tanaman sirih diketahui mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, terpenoid, polifenol, dan minyak atsiri yang terdiri atas senyawa fenolik seperti eugenol, chavicol, hidroksikavikol, chavibetol, dan allylpyrocatechol. Kandungan minyak atsiri pada sirih berperan penting dalam aktivitas farmakologinya karena memiliki sifat antimikroba dan antioksidan yang kuat. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa *Piper betle* memiliki aktivitas biologis sebagai antibakteri, antijamur, antioksidan, antiinflamasi, antiseptik, serta penyembuh luka. Ekstrak sirih dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan bakteri seperti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Candida albicans* akibat adanya kandungan flavonoid, tanin, dan senyawa fenolik yang dapat merusak membran sel mikroba. Selain itu, aktivitas antioksidan daun sirih juga cukup tinggi karena kandungan polifenolnya mampu menangkal radikal bebas dan melindungi sel dari kerusakan oksidatif (Situmeang dkk., 2023). Aktivitas biologis tersebut mendukung pemanfaatan sirih sebagai bahan pengobatan tradisional maupun sebagai campuran dalam praktik pengawetan jenazah tradisional masyarakat Toraja

3. Tanaman Cemara

Daun cemara angin (*Casuarina equisetifolia* L.) merupakan tanaman dari famili Casuarinaceae yang banyak tumbuh di daerah pesisir dan tropis, termasuk di Indonesia. Tanaman ini memiliki batang berkayu dengan tinggi mencapai 15–35 meter, percabangan ramping menyerupai jarum, serta daun kecil berbentuk sisik yang tersusun melingkar pada ranting halus sehingga tampak seperti daun jarum. Cemara angin dikenal sebagai tanaman yang tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem seperti angin

kencang dan tanah berpasir (Abdallah dkk., 2024). Daun cemara angin diketahui mengandung berbagai metabolit sekunder, seperti flavonoid, tanin, fenol, saponin, alkaloid, triterpenoid, steroid, katekin, kuersetin, kaempferol, asam galat, dan asam ellagik, yang berperan sebagai senyawa bioaktif. Analisis fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak daun dan ranting *Casuarina equisetifolia* memiliki kandungan fenolik dan flavonoid yang cukup tinggi sehingga berpotensi menjadi sumber antioksidan alami (Widjanarko dkk., 2023). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa daun cemara angin memiliki aktivitas biologis sebagai antibakteri, antioksidan, antiinflamasi, dan sitotoksik. Ekstrak *Casuarina equisetifolia* dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan bakteri seperti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Candida albicans* akibat adanya kandungan flavonoid dan senyawa fenolik yang dapat merusak membran sel mikroba (Suranya & Gowrie, 2018).

4. Tanaman daun pinang

Daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) merupakan tanaman dari famili Myrtaceae yang banyak tumbuh di daerah tropis dan sering dimanfaatkan sebagai tanaman obat tradisional. Tanaman ini memiliki batang berkayu dengan percabangan banyak, daun tunggal berbentuk lonjong hingga oval, berwarna hijau, permukaan daun kasar, serta memiliki tulang daun menyirip yang jelas. Daun jambu biji diketahui mengandung berbagai metabolit sekunder seperti flavonoid, tanin, alkaloid, saponin, fenol, terpenoid, triterpenoid, dan minyak atsiri. Senyawa flavonoid utama yang ditemukan pada daun jambu biji antara lain quercetin, glikosida quercetin, dan katekin yang berperan sebagai senyawa bioaktif. Selain itu, daun jambu biji juga memiliki kandungan polifenol yang tinggi sehingga berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan antibakteri (Moyo dkk., 2025). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun jambu biji memiliki aktivitas biologis sebagai antibakteri, antioksidan, antiinflamasi, antidiare, serta penyembuh luka. Aktivitas antibakteri daun jambu biji dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan bakteri seperti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Pseudomonas aeruginosa*.

akibat adanya kandungan flavonoid, tanin, dan senyawa fenolik yang dapat merusak membran sel mikroba (Zhang dkk., 2021). Selain itu, kandungan polifenol pada daun jambu biji juga memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi karena mampu menangkal radikal bebas dan mengurangi stres oksidatif pada sel. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa ekstrak daun jambu biji berpotensi mempercepat penyembuhan luka melalui peningkatan pembentukan kolagen dan proses epitelisasi jaringan (Park dkk., 2024).

5. Tanaman daun pinang

Daun pinang (*Areca catechu* L.) merupakan bagian dari tanaman famili Arecaceae yang tumbuh di daerah tropis dan banyak dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional. Tanaman pinang memiliki batang tunggal yang tegak dengan tinggi mencapai 10–20 meter serta daun majemuk menyirip berwarna hijau yang tersusun pada ujung batang. Daun pinang berbentuk panjang dengan anak daun sempit dan ujung meruncing (Sapaat dkk., 2022). Daun pinang diketahui mengandung berbagai metabolit sekunder, seperti flavonoid, alkaloid, tanin, terpenoid, steroid, fenol, dan saponin, yang berperan sebagai senyawa bioaktif. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak bagian tanaman pinang memiliki kandungan fenolik dan flavonoid yang cukup tinggi yang berkontribusi terhadap aktivitas farmakologinya. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa daun pinang memiliki aktivitas biologis sebagai antioksidan dan antibakteri. Aktivitas antioksidan daun pinang berhubungan dengan kandungan flavonoid dan senyawa fenolik yang mampu menangkal radikal bebas serta menghambat kerusakan oksidatif pada sel. Selain itu, kandungan alkaloid, tanin, dan terpenoid pada daun pinang juga berpotensi sebagai antibakteri karena mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen dengan merusak membran sel bakteri. Aktivitas antibakteri tanaman pinang dilaporkan efektif terhadap beberapa bakteri seperti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan bakteri rongga mulut (Djohari dkk., 2020). Potensi biologis tersebut mendukung pemanfaatan

daun pinang sebagai bahan alami dalam pengobatan tradisional maupun sebagai bahan pendukung pengawetan alami.

6. Teh (*Camellia sinensis* L.)

Tanaman teh (*Camellia sinensis* L.) merupakan tanaman perdu dari famili Theaceae yang banyak tumbuh di daerah dataran tinggi. Tanaman ini memiliki batang berkayu, daun berbentuk lonjong dengan tepi bergerigi, berwarna hijau, dan permukaan daunnya mengilap. Daun teh mengandung berbagai senyawa kimia seperti flavonoid, polifenol, katekin, tanin, kafein, dan saponin. Senyawa utama pada teh adalah katekin, terutama epigallocatechin gallate (EGCG) yang berfungsi sebagai antioksidan alami (Musial dkk., 2023). Kandungan senyawa tersebut membuat tanaman teh memiliki berbagai aktivitas biologis seperti antioksidan, antibakteri, antiinflamasi, dan antidiabetes. Aktivitas antioksidan pada teh mampu menangkal radikal bebas dan melindungi sel tubuh dari kerusakan oksidatif, sedangkan aktivitas antibakterinya dapat menghambat pertumbuhan bakteri seperti *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (Yang dkk., 2022).

F. Aktivitas Senyawa dan Toksisitas

Dalam dunia farmakologi, aktivitas suatu senyawa dijelaskan sebagai hubungan antara molekul obat dan sasarannya dalam tubuh yang memicu reaksi biologis (Katzung, 2018). Senyawa (atau bahan) yang memiliki kemampuan biologis apabila memberikan dampak langsung kepada makhluk hidup. Dampak ini bisa bermanfaat atau merugikan, tergantung pada bahan, jumlah, atau ketersediaannya. Sesungguhnya, senyawa ini memiliki dampak yang beragam, mulai dari mendukung kesehatan yang optimal hingga memberikan efek penyembuhan, atau bisa juga berbahaya bahkan menyebabkan kematian (Aloanis & Paat, 2024).

Knapsack adalah sebuah platform yang menyimpan informasi tentang hubungan antara berbagai spesies dan metabolitnya. Platform ini memungkinkan analisis sistematis dari banyak senyawa organik, baik yang telah dikenal strukturnya maupun yang masih misterius, dalam bidang

metabolomik melalui situs web (<http://www.knapsackfamily.com/KNAPSACK/>). Basis Data Inti *KNAPSACK* mencakup 101.500 hubungan yang menghubungkan spesies dengan metabolit, yang terdiri dari 20.741 spesies dan 50.048 metabolit. Pengguna dapat mencari metabolit dengan berbagai parameter, seperti massa tepat, rumus kimia, nama senyawa, dan/atau spektrum massa yang diperoleh dari berbagai mode ionisasi. (Afendi et al. , 2024).

Toksisitas adalah kemampuan sebuah bahan untuk menyebabkan kerusakan pada makhluk hidup, misalnya dengan menciptakan gangguan pada fungsi, struktur fisiologis, atau proses biokimia yang dapat mengakibatkan gangguan pada keadaan tubuh secara keseluruhan akibat rasa sakit yang disebabkan oleh bahan tersebut. Penjelasan lain mengenai toksisitas adalah potensi suatu zat untuk menghasilkan efek yang berbahaya (Mastura dkk., 2021). Uji toksisitas merupakan sebuah pengujian yang dilakukan untuk mengenali dampak beracun dari suatu bahan terhadap sistem kehidupan, guna mendapatkan data dosis respons yang khas dari sampel yang diuji. Dengan informasi yang diperoleh, dapat dievaluasi tingkat bahaya dari sampel tersebut untuk menetapkan dosis penggunaannya demi keselamatan manusia (BPOM RI, 2022).

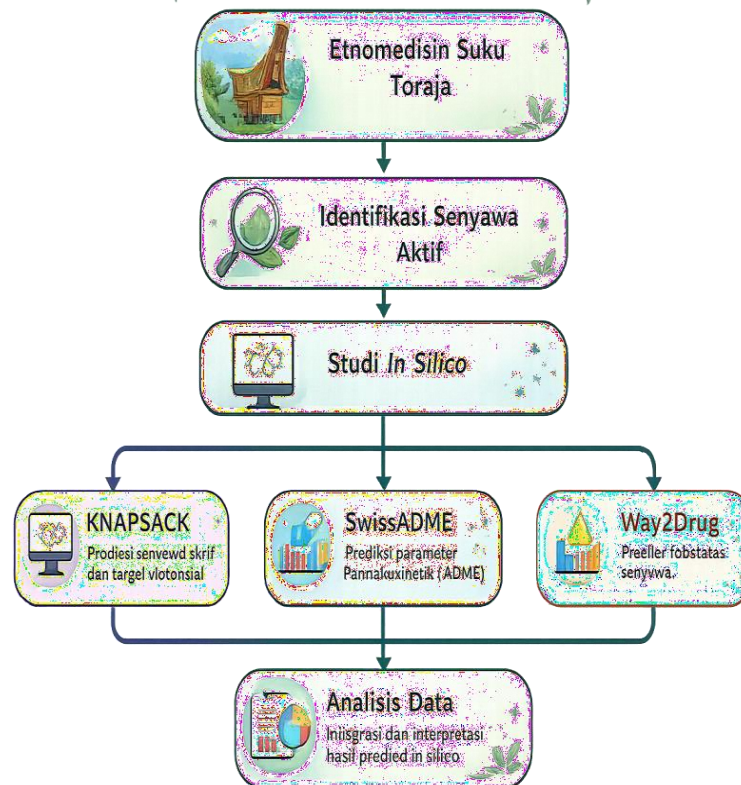
Platform informasi-komputasi *Way2Drug* (www.way2drug.com/dr) menyediakan akses data mengenai obat yang telah disetujui untuk penggunaan medis, serta kemampuan komputasi untuk memprediksi aktivitas biologis senyawa organik yang serupa dengan obat. Alat komputasi yang tersedia di platform ini saat ini memfasilitasi prediksi terhadap berbagai jenis aktivitas biologis, mencakup interaksi dengan target molekul, metabolisme, dan atribut lain yang menggambarkan penilaian seberapa menjanjikan senyawa yang mirip dengan obat tertentu sebagai kandidat farmasi, yang sedang dalam tahap peninjauan. Melalui penggunaan platform *Way2Drug*, pengguna tidak hanya bisa memilih “hasil” yang paling menjanjikan untuk sintesis dan pengujian aktivitas biologis, tetapi juga dapat menemukan indikasi baru sebagai obat (Druzhilovskiy & AV Rudik, 2017)

G. Farmakokinetik (ADME)

Farmakokinetika merupakan bagian dari ilmu farmakologi yang mempelajari bagaimana tubuh bereaksi terhadap obat dan bagaimana obat tersebut diolah oleh sistem biologis. Secara umum, farmakologi dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu farmakokinetik yang menitikberatkan pada interaksi obat dan tubuh, serta farmakodinamik yang mengevaluasi efek obat terhadap tubuh (Arivazhahan, 2019). Farmakokinetika mencakup berbagai aspek seperti bagaimana obat diserap, disebarkan, dimetabolisme, dihilangkan, dan potensi toksisitasnya. Beragam sifat fisikokimia dan molekuler obat memengaruhi konsentrasi obat di area kerja, akumulasi dalam jaringan yang berbeda, serta distribusi dan laju metabolisme. Pada dasarnya, farmakokinetika berfokus pada pergerakan obat dalam tubuh dan transformasi yang dialami obat tersebut selama proses biologis. Ini merupakan bidang penelitian yang sangat krusial, khususnya dalam memahami cara penyerapan, penghilangan, metabolisme, ekskresi, dan transportasi obat. Oleh karena itu, saat merancang obat, aspek farmakokinetik harus selalu mempertimbangkan mekanisme fisiologis dan biokimia yang terlibat dengan obat tersebut (Salman dkk., 2021).

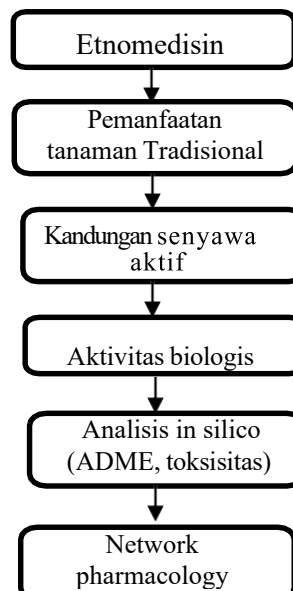
SWISS-ADME (<https://www.swissadme.ch>) memungkinkan pengguna untuk menggambar atau memasukkan informasi tentang senyawa dan memberikan parameter seperti lipofilisitas, solubilitas dalam air, serta aturan kemiripan obat oral dari segi fisikokimia (Mahanthesh et al., 2020; Fitriyani et al., 2020). Alat web *SwissADME* dikembangkan untuk memberikan pengalaman pengguna yang nyaman dan analisis hasil yang sederhana, bahkan bagi mereka yang tidak berpengalaman dengan CADD. Jika dibandingkan dengan alat web gratis yang lebih canggih dalam bidang *ADME* dan farmakokinetik (seperti pk-CSM14 dan admetSAR15) serta akses khusus ke metode profesional (seperti iLOGP16 atau BOILED-Egg17), keuntungan utama *SwissADME* secara keseluruhan meliputi: variasi dalam metode input, pengolahan untuk beberapa molekul, serta kemudahan untuk menampilkan, menyimpan, dan membagikan hasil per molekul atau melalui visualisasi global yang intuitif dan interaktif (Dania dkk., 2017).

H. Kerangka Konseptual



Gambar 2. 2Skema kerangka konseptual

I. Kerangka Teori



Gambar 2. 3Skema rancangan penelitian eksplorasi tanaman

BAB III

PENDAHULUAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan utama, yakni sepenuhnya bersifat *in silico* atau komputasi, sehingga hasilnya merupakan prediksi yang memerlukan pembuktian lebih lanjut di laboratorium (*in vitro* atau *in vivo*). Konsekuensinya, penelitian ini bergantung pada data senyawa dari literatur yang sudah ada dan tidak melakukan isolasi senyawa baru. Oleh karena itu, fokus analisisnya bukan pada pembuktian mekanisme kerja pengawetan secara langsung, melainkan pada potensi bioaktivitas dan toksisitas senyawa tersebut.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari–Maret 2026 di Suku Toraja Utara, tepatnya di Desa Sa'dan Pebulian dan Desa Lili'kira.

C. Populasi dan Sampel

1. Populasi

Populasi pada penelitian ini adalah masyarakat Suku Toraja yang memiliki pengetahuan dan praktik tradisional mengenai penggunaan tanaman dalam pengawetan jenazah. Penelitian dilakukan di Kabupaten Toraja Utara, Sulawesi Selatan, tepatnya di Desa Sa'dan Pebulian dan Desa Lili'kira.

2. Sample

Sampel dalam penelitian ini adalah tetua adat atau masyarakat lanjut usia yang memiliki pengetahuan tentang penggunaan tanaman pengawet jenazah tradisional pada Suku Toraja. Pemilihan sampel dilakukan dengan purposive sampling, yaitu memilih informan yang dianggap memahami secara mendalam praktik etnomedisin dan pemanfaatan tanaman dalam proses pengawetan jenazah secara tradisional. Informan yang dipilih umumnya merupakan tokoh adat, sanro, atau orang tua yang masih menjaga serta mewariskan pengetahuan budaya terkait penggunaan tanaman pengawet jenazah di lingkungan masyarakat Toraja.

D. Definisi Operasional

Tabel 3. 1 Defenisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional
Etnomedisin	Pemanfaatan tanaman oleh masyarakat Toraja untuk pengawetan jenazah secara tradisional
Senyawa aktif	Kandungan senyawa aktif yang terkandung dalam tanaman sebagai pengawet jenazah
Aktivitas tanaman pengawet jenazah (<i>in silico</i>)	Mengetahui senyawa apa yang terkandung dalam tanaman pengawet senyawa
Farmakokinetik (ADME)	Prediksi sifat absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi senyawa aktif untuk pengawetan mayat
Knapsack	Knapsack adalah sebuah platform yang menyimpan informasi tentang hubungan antara berbagai spesies dan metabolitnya. Platform ini memungkinkan analisis sistematis dari banyak senyawa organik dalam bidang metabolomik, baik yang telah dikenal strukturnya maupun yang masih misterius.
SWISS-ADME	SWISS-ADME memungkinkan pengguna menggambar atau memasukkan informasi tentang senyawa dan memberikan parameter seperti lipofilisitas, solubilitas dalam air, dan aturan kemiripan obat oral dari segi fisikokimia.
Way2Drug	Way2Drug adalah platform komputasi canggih yang memungkinkan prediksi aktivitas biologis senyawa kimia (obat), efek terapeutik, mekanisme kerja, dan potensi toksisitasnya dengan memanfaatkan basis data besar untuk menganalisis rumus struktur molekul. Platform ini memudahkan penemuan dan desain obat berbantuan komputer (CADD) dengan lebih cepat dan efektif.
Protox-II Official	ProTox-II adalah aplikasi/web server yang digunakan untuk memprediksi toksisitas senyawa kimia secara <i>in silico</i> . Aplikasi ini sering dipakai dalam penelitian farmasi, bioinformatika, dan penemuan obat untuk memperkirakan keamanan suatu senyawa tanpa uji laboratorium langsung.

E. Instrumen Penelitian

Selain penelitian sebagai instrumen utama, digunakan pula instrumen pendukung yaitu:

1. Laptop

Alat utama dalam pengolahan informasi, mengakses basis data, dan menjalankan perangkat lunak *in silico*.

2. Hp dan Pulpen

Digunakan untuk merekam informasi dari lapangan, melakukan wawancara, serta, serta mengumpulkan dokumentasi secara langsung.

3. Kuesioner

Untuk mengumpulkan data etnomedisin dari responden suku Toraja.

4. Bahan tanaman penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah tanaman tradisional yang dimanfaatkan masyarakat Tana Toraja dalam pengawetan jenazah, yaitu buah pinang (*Areca catechu*), buah sirih (*Piper betle*), daun jambu biji (*Psidium guajava*), daun pinang, cemara angin (*Casuarina equisetifolia*), dan teh (*Camellia sinensis*).

5. Platform dan Tools Digital:

- a) *KNAPSAcK*: Basis data mengandung senyawa kimia yang berasal dari tanaman pengawet jenazah.
- b) *Way2Drug*: Digunakan untuk meramalkan aktivitas biologis dan potensi toksisitas senyawa.
- c) *SwissADME*: Untuk meramalkan parameter farmakokinetik (ADME) serta karakteristik drug-likeness.
- d) *Protox-II official*: Untuk memprediksi toksisitas senyawa kimia secara *in silico*.

F. Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan teknik observasi, wawancara, dan dokumentasi tentang studi etnomedisin tumbuhan yang digunakan sebagai pengawet jenazah

di masyarakat Suku Toraja. Berikut ini adalah daftar sumber data yang digunakan:

1. Observasi

Observasi merupakan metode atau cara untuk mengumpulkan informasi dengan memperhatikan kegiatan yang sedang terjadi. Ada tiga jenis observasi, yaitu observasi partisipatif, observasi terbuka, dan observasi tidak terstruktur. Tujuan dari observasi ini adalah untuk mendapatkan wawasan mengenai lokasi yang akan digunakan sebagai area penelitian, serta untuk memahami bagaimana masyarakat etnis Toraja di Kecamatan Sa'dan, Kabupaten Toraja Utara, memanfaatkan tumbuhan sebagai pengawet jenazah (Sugiyono, 2019).

2. Wawancara

Wawancara merupakan suatu pertemuan antara dua individu untuk saling bertukar informasi dan gagasan melalui sesi tanya jawab sehingga dapat diciptakan pemahaman mengenai suatu tema tertentu. Informasi yang dikumpulkan dari wawancara dengan informan kunci dan warga lokal diambil dari lembar wawancara yang telah disusun terkait kajian etnomedisin mengenai tumbuhan yang digunakan untuk mempertahankan jenazah dalam komunitas Suku Toraja. Proses wawancara ini dilakukan untuk mendapatkan data yang lebih mendalam tentang nama-nama tumbuhan serta bagian-bagian yang dimanfaatkan sebagai pengawet jenazah (Lestari, 2024).

3. Dokumentasi

Dokumentasi adalah suatu metode pengumpulan data dalam bentuk tulisan, gambar, dan lain sebagainya. Tujuan dilakukannya dokumentasi ini untuk dijadikan bukti serta memperkuat data hasil wawancara dengan informan. Dokumentasi berupa foto dari tumbuhan obat yang dimanfaatkan oleh masyarakat dan foto responden (Lestari, 2024).

G. Prosedur Kerja *In Silico*

Penelitian *in silico* dilakukan untuk menganalisis kandungan senyawa aktif, aktivitas biologis, parameter farmakokinetik (ADME), toksisitas, serta interaksi

senyawa aktif terhadap target protein yang berhubungan dengan aktivitas antibakteri. Adapun tahapan prosedur kerja *in silico* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Senyawa Aktif Tanaman

Tanaman yang diperoleh dari hasil studi etnomedisin kemudian ditelusuri kandungan senyawa aktifnya melalui studi literatur dan basis data KNApSACK. Nama ilmiah tanaman dimasukkan ke dalam database untuk memperoleh informasi mengenai metabolit sekunder yang terkandung dalam masing-masing tanaman pengawet jenazah tradisional Suku Toraja.

2. Prediksi Aktivitas Biologis Senyawa

Senyawa aktif yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan platform Way2Drug untuk memprediksi aktivitas biologis, khususnya aktivitas antibakteri. Struktur senyawa dimasukkan ke dalam sistem, kemudian diperoleh nilai Probability Active (Pa) dan Probability Inactive (Pi). Senyawa dianggap berpotensi aktif apabila memiliki nilai Pa lebih besar dibandingkan dengan nilai Pi.

3. Analisis Farmakokinetik (ADME)

Senyawa yang berpotensi aktif kemudian dianalisis menggunakan SwissADME untuk mengetahui parameter farmakokinetik, meliputi absorpsi gastrointestinal (GI absorption), permeabilitas Blood-Brain Barrier (BBB), substrat P-glycoprotein (P-gp), inhibisi enzim sitokrom P450 (CYP), serta drug-likeness dari masing-masing senyawa.

4. Prediksi Toksisitas Senyawa

Analisis toksisitas dilakukan menggunakan platform Protox-II Official untuk memprediksi tingkat toksisitas senyawa secara *in silico*. Parameter yang diamati meliputi nilai LD50, kelas toksisitas, hepatotoksitas, karsinogenisitas, mutagenisitas, dan sitotoksitas.

5. Analisis Network Pharmacolog

Senyawa aktif yang memiliki potensi antibakteri kemudian dianalisis menggunakan pendekatan network pharmacology untuk mengetahui interaksi antara senyawa aktif dengan target protein yang berhubungan

dengan aktivitas antibakteri. Analisis ini dilakukan untuk menggambarkan hubungan antara senyawa, target protein, dan mekanisme biologis yang mungkin terlibat.

6. Analisis Data

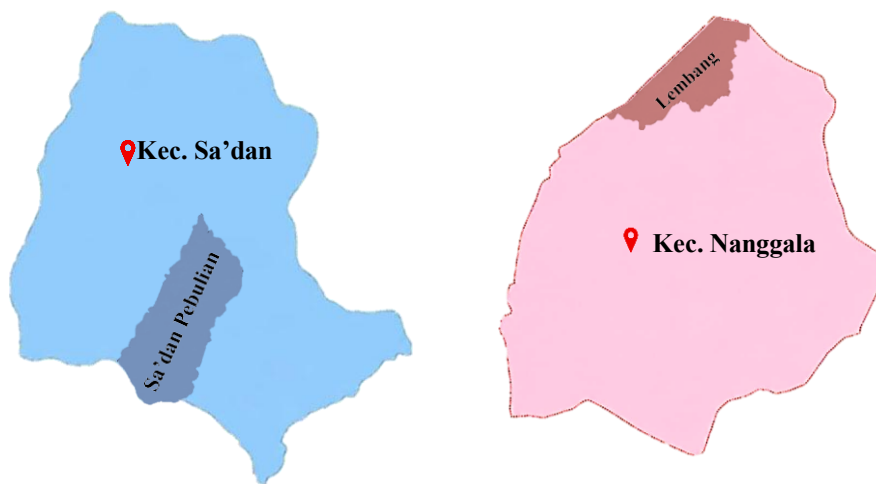
Seluruh data hasil analisis *in silico* disajikan dalam bentuk tabel dan narasi deskriptif. Hasil prediksi dibandingkan dan dianalisis berdasarkan literatur ilmiah yang relevan untuk mengetahui potensi biologis dan keamanan senyawa dari tanaman pengawet jenazah tradisional Suku Toraja.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Suku Toraja, tepatnya di Kecamatan Sa'dan dan Kecamatan Nanggala, khususnya di Desa Sa'dan Pebulian dan Lilikira. Untuk mengetahui jenis tanaman yang digunakan masyarakat Toraja pada zaman dulu untuk mengawetkan jenazah secara alami.



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian

B. Informan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2026 dengan menggunakan metode purposive sampling di Kecamatan Nanggala dan Kecamatan Sa'dan, Kabupaten Toraja Utara, khususnya di Desa Lilikira dan Desa Sa'dan Pebulian. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada pertimbangan bahwa wilayah tersebut masih memiliki masyarakat yang mempertahankan pengetahuan tradisional, termasuk terkait penggunaan bahan alami dalam praktik pengawetan jenazah pada masa lampau.

Dalam proses pengumpulan data dengan metode purposive sampling, peneliti memperoleh rekomendasi informan dari tokoh masyarakat, seperti tetua adat atau orang yang lebih tua, yang memiliki pengetahuan tentang tanaman yang digunakan sebagai pengawet jenazah oleh masyarakat Toraja

pada masa lalu. Metode ini memudahkan peneliti untuk menemukan informan yang benar-benar memahami topik penelitian. Dalam proses pengumpulan data, peneliti menerapkan metode purposive sampling, yaitu teknik penentuan informan secara berantai berdasarkan rekomendasi dari informan sebelumnya. Melalui metode ini, peneliti dapat memperoleh informan tambahan yang memiliki pengetahuan mendalam mengenai tanaman yang digunakan sebagai bahan pengawet jenazah oleh masyarakat Toraja di masa lalu. Rekomendasi biasanya diberikan oleh tetua adat, tokoh masyarakat, atau individu yang lebih tua yang dianggap memahami praktik budaya tersebut. Dengan demikian, data yang diperoleh menjadi lebih kaya dan mendalam karena bersumber dari individu yang benar-benar kompeten di bidangnya. Informan dalam penelitian ini merupakan anggota masyarakat asli Suku Toraja yang telah menetap bertahun-tahun di Kecamatan Nanggala dan Kecamatan Sa'dan, khususnya di Desa Lilikira dan Desa Sa'dan Pebulian. Kriteria pemilihan informan meliputi pengalaman hidup yang cukup panjang, pengetahuan tentang praktik tradisional yang berkaitan dengan pengawetan jenazah. Rentang usia informan yang diwawancarai adalah antara 50 hingga 70 tahun, karena pada usia tersebut diharapkan informan masih mengingat dan memahami praktik-praktik yang pernah dilakukan pada masa sebelumnya.

Dari kedua desa tersebut, peneliti memperoleh sebanyak 5 informan yang memenuhi kriteria penelitian. Jumlah informan yang relatif terbatas ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain keterbatasan usia dan kondisi kesehatan calon informan yang tidak memungkinkan untuk diwawancarai secara optimal. Selain itu, sebagian individu yang memiliki pengetahuan mendalam mengenai praktik pengawetan jenazah secara alami telah meninggal dunia, sehingga informasi yang tersedia menjadi semakin terbatas. Meskipun demikian, data yang diperoleh dari para informan yang ada tetap dianggap representatif dan mampu memberikan gambaran yang cukup jelas mengenai praktik penggunaan tanaman sebagai pengawet jenazah dalam masyarakat Toraja pada masa lalu.

C. Data Tumbuhan Yang Digunakan Dalam Pengawetan Jenazah

Indonesia adalah salah satu negara dengan jumlah pengguna tumbuhan terbanyak di dunia, bersanding dengan negara-negara di Asia seperti India dan Cina. Di Indonesia, terdapat lebih dari 9.000 spesies tumbuhan yang berkhasiat sebagai obat. Sekitar 74% dari tumbuhan obat tersebut adalah tumbuhan liar yang tumbuh di hutan, sementara sisanya, sekitar 26%, telah dibudidayakan. Terdapat lebih dari 900 jenis tanaman yang dibudidayakan yang dapat dimanfaatkan sebagai obat (Yassir, 2018). Tumbuhan obat atau tumbuhan yang digunakan sebagai pengawet jenazah pada suku Toraja tepatnya di Kecamatan Nanggala dan Kecamatan Sa'dan khususnya di Desa Lilikira dan Desa Sa'dan Pebulian. Tanaman yang digunakan dalam pengawetan jenazah dapat ditemukan di berbagai tempat seperti di kebun, tepi sungai, pekarangan rumah, dan tepi jalan.

1. Jenis Tumbuhan Yang Digunakan Dalam Pengawetan Jenazah

Berdasarkan hasil penelitian tentang etnomedisinal tanaman yang digunakan untuk mengawetkan jenazah pada komunitas suku Toraja di Kecamatan Sa'dan dan Kecamatan Nanggala, terutama di Desa Sa'dan Pebulian serta Desa Lilikira di Kabupaten Toraja Utara, teridentifikasi 6 jenis tanaman pengawet jenazah yang berasal dari 5 famili berbeda. Hasil wawancara terstruktur dengan menggunakan kuesioner kepada lima orang responden di dua tempat penelitian, yakni dua responden di Desa Sa'dan Pebulian dan tiga responden di Desa Lilikira, yang mengetahui tentang berbagai jenis tanaman untuk mengawetkan jenazah.

Tabel 4. 1 Nama Tanaman yang digunakan sebagai pengawet alami

No	Nama tanaman digunakan sebagai pengawet jenazah	Nama lokal	Nama ilmiah	Bagian yang digunakan	Cara penggunaan tanaman sebagai pengawet alami
1.	Daun jambu biji	Daun dambu	<i>Psidium guajava</i>	Daun	Ditumbuk sampai hancur

					atau di tumbuk sampai hancur lalu di campur dengan daun pinang, terus ditabur di kepala samapai kaki jenazah
2.	Daun pinang	Daun kalosi	<i>Areca catechu</i>	daun	Ditumbuk sampai hancur atau di pototong potong lalu di campur dengan daun pinang, terus ditabur di kepala samapai kaki jenazah
3.	Buah pinang	Buah kalosi	<i>Areca catechu</i>	buah	Di tumbuk sampai hancur baru di kasih masuk dalam mulur dan di tabur di perut jenazah supaya tidak bau
4.	Cemara angin	Buangin	<i>Casurina aquisetifolia</i>	daun	Ditaruh di air terus di pakai di mandikan

5.	Buah sirih	Buah bolu	<i>Piper betle</i>	buah	Di tumbuk dan di campur bauh pinang lalu di masukkan dalam mulut jenazah
6	teh	teng	<i>Camellia sinensid</i>	daun	Teh yang ada dalam kemasan di hamburkan di kepala sampai ujung kaki

2. Bagian Tumbuhan Yang Digunakan

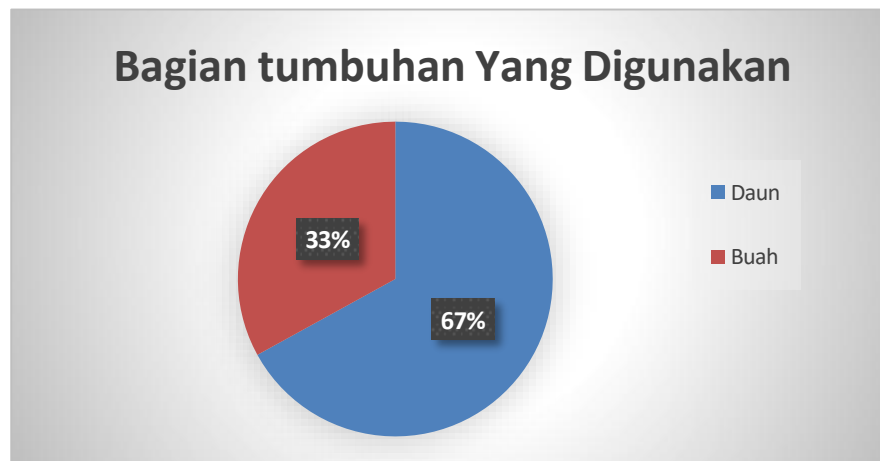
Bagian-bagian tumbuhan yang digunakan sebagai pengawet alami oleh masyarakat di Desa Lilikira dan Desa Sa'dan Pebulian seperti daun dan buah. Bagian tumbuhan yang paling dimanfaatkan oleh masyarakat setempat yaitu daun sebanyak 4 dan buah sebanyak 2. Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Bagian Tumbuhan Yang Digunakan Untuk Pengawetan Alami

No	Bagian Yang Digunakan	Nama Tumbuhan	Jumlah
1.	Daun	Jambu biji, cemara angin, daun teh, daun pinang	4
2	Buah	Buah sirih dan buah pinang	2

Berdasarkan hasil wawancara dengan narasumber di Desa Sa'dan Pebulian dan Desa Lilikira, diperoleh informasi bahwa masyarakat memanfaatkan tanaman sebagai bahan pengawet alami, terutama pada

bagian daun dan buah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bagian tanaman yang paling banyak digunakan adalah daun dengan persentase sebesar 67%, sedangkan penggunaan buah sebesar 33% yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. Daun merupakan organ utama dalam proses fotosintesis dan menjadi tempat akumulasi berbagai metabolit sekunder yang memiliki aktivitas biologis tertentu (Irawati et al., 2018). Oleh karena itu, masyarakat setempat meyakini bahwa daun mengandung senyawa kimia yang berpotensi sebagai antibakteri, sehingga lebih sering dimanfaatkan sebagai bahan pengawet alami dibandingkan dengan bagian buah. Dapat dilihat pada (Gambar 4.1)



Gambar 4. 2 Diagram Presentasi Bagian Tanaman Yang Digunakan Sebagai Pengawetan Alami

3. Cara Pengolahan Serta Penggunaan Tumbuhan Pengawet Alami

Dari data yang telah didapatkan dari wawancara, pemanfaatan tumbuhan sebagai pengawetan alami dilakukan melalui berbagai macam pengolahan, seperti dipotong-potong, ditumbuk, dan direndam dalam air. Selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.3

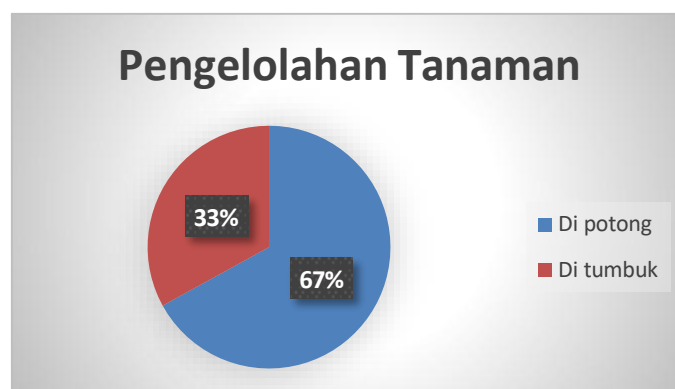
Tabel 4. 3 Cara Pengolahan Tumbuhan

No	Nama Indonesia	Cara Pengolahan
1.	Buah pinang	Buah pinang (<i>Areca catechu</i>) kering atau setengah segar sebanyak 1–2 buah (± 5 –30 gram, tergantung ukuran dan tingkat kematangan) ditumbuk atau dipotong-potong, kemudian digunakan dalam proses pengawetan jenazah dengan cara dimasukkan ke dalam mulut jenazah
2.	Buah sirih	Ambil buah sirih yang kering sebanyak 1–2 potong ($\pm 0,5$ –2 gram) potong-potong dan di campurkan buah pinang yang kering, lalu masukkan dalam mulut jenazah
3.	Cemara angin	Daun cemara segar sebanyak satu genggam (± 20 –50 gram) dimasukkan ke dalam air yang akan digunakan untuk memandikan jenazah. Air tersebut kemudian digunakan dalam proses pemandian jenazah sebagai bagian dari tradisi pengawetan jenazah.
4.	Daun pinang	Daun pinang kering sebanyak 5–10 lembar (± 5 –10 gram) ditumbuk hingga halus atau dipotong-potong kecil, kemudian dicampurkan dengan daun jambu biji kering sebanyak 5–10 lembar (± 5 –15 gram). Campuran daun tersebut

		selanjutnya ditaburkan pada seluruh permukaan tubuh jenazah, mulai dari kepala hingga ujung kaki, sebagai bagian dari praktik pengawetan jenazah tradisional.
5.	Daun jambu biji	Daun jambu biji segar sebanyak 5–10 lembar (± 10 –20 gram) ditumbuk hingga halus atau dipotong-potong kecil, kemudian dicampurkan dengan daun pinang. Campuran tersebut selanjutnya dioleskan pada seluruh permukaan tubuh jenazah, mulai dari kepala hingga ujung kaki, sebagai bagian dari praktik pengawetan jenazah tradisional.
6.	Teh	Teh saring kemasan sebanyak 1–2 kantong (± 2 –4 gram) diambil dari kemasannya, kemudian dicampurkan dengan daun jambu biji yang telah dihaluskan atau dipotong-potong. Campuran tersebut selanjutnya ditaburkan pada seluruh permukaan tubuh jenazah sebagai bagian dari praktik pengawetan jenazah tradisional.

Berdasarkan hasil wawancara dengan narasumber di Desa Sa'dan Pebulian dan Desa Lilikira, diperoleh informasi bahwa masyarakat memanfaatkan berbagai tanaman sebagai bahan pengawet alami pada jenazah dengan menggunakan bagian daun dan buah. Penggunaan buah pinang dilakukan dengan cara mengambil buah yang telah dikeringkan, kemudian ditumbuk atau dipotong-potong dan dicampurkan sebelum

dimasukkan ke dalam mulut jenazah. Buah sirih juga digunakan dalam bentuk kering yang dipotong-potong, kemudian dicampurkan dengan buah pinang dan dimasukkan ke dalam mulut jenazah. Sementara itu, daun cemara angin dimanfaatkan dengan cara direndam atau direbus dalam air yang digunakan untuk memandikan jenazah. Pada penggunaan daun pinang dan daun jambu biji, kedua bahan ini diambil dalam kondisi kering, kemudian ditumbuk atau dipotong-potong dan dicampurkan, lalu diaplikasikan dengan cara ditaburkan atau dioleskan ke seluruh tubuh jenazah dari kepala hingga kaki. Adapun teh digunakan dengan cara mengambil isi dari kemasan (teh saring), kemudian dicampurkan dengan daun jambu biji atau langsung ditaburkan ke tubuh jenazah. Pemanfaatan tanaman tersebut diduga berkaitan dengan kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid, tanin, dan saponin yang memiliki aktivitas antibakteri sehingga berpotensi menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab pembusukan (Handarni et al., 2020; Natali et al., 2021; Khikmah & Nurhidayati, 2023).



Gambar 4. 3 Diagram Presentasi Bagian Pengelolaan Tanaman Sebagai Pengawetan Alami

D. Hasil Penelitian *In Silico*

i. Knapsack

Tabel 4. 4 Knapsack

No	Nama Tanaman	Nama Senyawa
1.	Buah pinang	Catechin 3-rhamnoside

		Catechin 7-O-apiofuranoside
2.	Buah sirih	Chavicol beta-d-glucoside
		Chavicol α -D-glucoside
3.	Cemara angin	Kaempferol 3-O-glucoside
		Quercetin 3-O- α -L-rhamnoside
4.	Daun jambu biji	QUERCETIN-3-RUTINOSIDE-3'-KS03
		Quercetin 3-rutinoside-7-glucuronide
5.	Daun pinang	Hesperidin
6.	Teh	Kaempferol 3-(3Rha-glucosylrutinoside)
		Camelliaside B
		Camelliaside A
		Quercetin 3-(3R-glucosylrutinoside)

Berdasarkan hasil identifikasi senyawa menggunakan database KNApSACk, diketahui bahwa berbagai tanaman yang diteliti mengandung metabolit sekunder yang didominasi oleh golongan flavonoid dan senyawa fenolik. Pada buah pinang teridentifikasi senyawa catechin 3-O-rhamnoside dan catechin 7-O-apiofuranoside yang merupakan turunan flavanol. Senyawa katekin diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang kuat melalui mekanisme penangkapan radikal bebas serta penghambatan oksidasi lipid, sehingga berperan dalam melindungi sel dari kerusakan oksidatif (Khan & Mukhtar, 2013). Keberadaan gugus gula seperti rhamnosa dan apiofuranosa menunjukkan bahwa senyawa tersebut berada dalam bentuk glikosida yang dapat meningkatkan kelarutan dan memengaruhi bioavailabilitasnya dalam tubuh (Crozier et al., 2009).

Selanjutnya, pada buah sirih ditemukan chavicol β -D-glucoside dan chavicol α -D-glucoside yang termasuk dalam golongan senyawa fenolik. Chavicol telah dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri dan antijamur yang signifikan, sehingga mendukung penggunaan tradisional sirih sebagai antiseptik alami (Pradhan et al., 2013). Ikatan glikosida pada senyawa ini berperan dalam meningkatkan stabilitas kimia serta memengaruhi distribusi senyawa dalam sistem biologis. Pada cemara angin, ditemukan

kaempferol 3-O-galactoside dan quercetin 3-O- α -L-rhamnoside yang termasuk flavonol. Kaempferol dan quercetin diketahui memiliki aktivitas antiinflamasi dan antioksidan serta berpotensi melindungi sistem kardiovaskular melalui penghambatan radikal bebas dan modulasi enzim inflamasi (Calderón-Montaña et al., 2011).

Pada daun jambu biji, senyawa yang teridentifikasi adalah quercetin-3-rutinoside (rutin) dan quercetin-3-rutinoside-7-glucuronide. Rutin merupakan flavonoid yang banyak diteliti karena aktivitas farmakologinya sebagai antioksidan, antiinflamasi, dan pelindung pembuluh darah (Ganeshpurkar & Saluja, 2017). Selain itu, daun jambu biji secara empiris digunakan sebagai antidiare yang diduga berkaitan dengan kemampuan flavonoid dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab diare (Biswas et al., 2013). Pada daun pinang ditemukan senyawa hesperidin, yang juga merupakan flavonoid glikosida dengan aktivitas antioksidan serta efek protektif terhadap sistem kardiovaskular (Li & Schluesener, 2017).

Sementara itu, pada teh teridentifikasi beberapa senyawa flavonoid kompleks seperti kaempferol 3-(3-rhamnosylglucosylrutinoside), camelliaside A, camelliaside B, serta quercetin 3-(3-rhamnosylglucosylrutinoside). Senyawa-senyawa ini menunjukkan bahwa teh merupakan sumber antioksidan yang sangat potensial. Flavonoid dalam teh diketahui berperan dalam menurunkan risiko penyakit degeneratif, termasuk penyakit kardiovaskular dan kanker, melalui mekanisme penghambatan stres oksidatif dan modulasi jalur sinyal seluler (Yang et al., 2014). Secara keseluruhan, hasil identifikasi ini menunjukkan bahwa tanaman-tanaman yang diteliti memiliki kandungan metabolit sekunder yang berpotensi sebagai agen terapeutik alami. Variasi struktur kimia, khususnya pada jenis aglikon dan gugus gula yang terikat, memengaruhi sifat fisikokimia dan aktivitas biologis masing-masing senyawa, sehingga berkontribusi terhadap perbedaan efek farmakologis yang dihasilkan oleh setiap tanaman (Panche et al., 2016).

2. Way2drug

Tabel 4. 5 Way2drug

No	Nama teman	Aktivitas biologis	Nama senyawa	PA	PI
1.	Daun pinang	Antibakteri	Hesperidin	0,650	0,006
2.	Cemara angin	Antibakteri	Kaempferol 3-O-glucoside	0,613	0,008
			Quercetin 3-O-alpha-L-rhamnoside	0,642	0,007
3.	Buah sirih	Antibakteri	Chavicol beta-d-glucoside	0,561	0,011
			Chavicol A-D-glucoside	0,561	0,011
4.	Buah Pinang	Antibakteri	Catechin 3-rhamnoside	0,605	0,009
			Catechin 7-O-apiofuranoside	0,519	0,015
5.	Daun jambu biji	Antibakteri	QUERCETIN-3-RUTINOSIDE-3'-KS03	0,756	0,004
			Quercetin 3-rutinoside-7-glucuronide	0,706	0,004
6.	Teh	Antibakteri	Kaempferol 3-(3Rha-glucosylrutinoside)	0,726	0,004
			Camelliaside B	0,718	0,004
			Camelliaside A	0,715	0,004
			Quercetin 3-(3R-glucosylrutinoside)	0,724	0,004

Berdasarkan hasil prediksi menggunakan metode *Prediction of Activity Spectra for Substances* (PASS) melalui platform Way2Drug, diperoleh nilai *probability active* (Pa) dan *probability inactive* (Pi) dari setiap senyawa yang dianalisis. Seluruh senyawa menunjukkan nilai Pa lebih besar dibandingkan dengan Pi, yang mengindikasikan adanya potensi aktivitas antibakteri secara *in silico*. Senyawa dengan potensi tertinggi ditemukan pada daun jambu biji, khususnya turunan quercetin seperti Quercetin-3-rutinoside-3'-KS03 (Pa = 0,756; Pi = 0,004) dan Quercetin 3-rutinoside-7-glucuronide (Pa = 0,706; Pi = 0,004), diikuti oleh senyawa dari

teh seperti kaempferol dan camelliaside dengan nilai Pa berkisar 0,715–0,726 dan Pi yang sangat rendah. Sementara itu, senyawa dari daun pinang, cemara angin, buah pinang, dan buah sirih menunjukkan nilai Pa yang lebih rendah (0,519–0,650), namun tetap berpotensi sebagai antibakteri karena memenuhi kriteria $Pa > Pi$. Tingginya aktivitas ini didominasi oleh senyawa golongan flavonoid yang diketahui memiliki mekanisme kerja sebagai antibakteri melalui kerusakan membran sel, penghambatan enzim, serta gangguan sintesis asam nukleat. Meskipun demikian, hasil prediksi PASS ini masih memerlukan validasi lebih lanjut melalui pengujian *in vitro* dan *in vivo* untuk memastikan aktivitas biologisnya secara nyata (Daglia, 2012).

3. SwissADME

Tabel 4. 6 SwissADME Buah pinang

1. Buah Pinang

Nama Tanaman	Parameter	Catechin 3-rhamnoside	Catechin 7-O-apiofuranoside
Buah pinag/ <i>Areca catechu</i>	GI absorption	Rendah	Rendah
	BBB permeant	No	Tidak
	P-gp substrate	Iya	Tidak
	CYP1A2 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP2C19 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP2C9 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP2D6 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP3A4 inhibitor	Tidak	Tidak
	Log K_p (skin permeation)	-10.12 cm/s	-9.64 cm/s

Berdasarkan hasil analisis menggunakan [SwissADME](#), senyawa Catechin 3-rhamnoside dan Catechin 7-O-apiofuranoside dari buah pinang (*Areca catechu*) menunjukkan karakteristik *drug-likeness* yang

dipengaruhi oleh struktur flavonoid glikosida. Kedua senyawa memiliki nilai absorpsi gastrointestinal (GI absorption) yang rendah, yang menunjukkan bahwa kemampuan absorpsi oral senyawa diperkirakan kurang optimal. Rendahnya absorpsi ini berkaitan dengan ukuran molekul yang relatif besar serta banyaknya gugus hidroksil dan gugus gula pada struktur flavonoid glikosida yang meningkatkan polaritas senyawa sehingga sulit menembus membran lipid saluran cerna. Beberapa penelitian melaporkan bahwa flavonoid glikosida umumnya memiliki bioavailabilitas rendah karena sifat polar dan berat molekul yang tinggi, sehingga hanya sebagian memenuhi kriteria Lipinski's Rule of Five. ([MDPI](#)). Pada parameter *Blood-Brain Barrier* (BBB permeant), kedua senyawa diprediksi tidak mampu menembus sawar darah otak. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa memiliki tingkat lipofilisitas yang rendah sehingga distribusinya ke sistem saraf pusat terbatas. Selain itu, Catechin 3-rhamnoside diprediksi sebagai substrat *P-glycoprotein* (P-gp), sedangkan Catechin 7-O-apiofuranoside bukan substrat P-gp. Senyawa yang menjadi substrat P-gp berpotensi mengalami proses *eksitosis* atau pengeluaran kembali dari sel usus sehingga dapat menurunkan bioavailabilitas oralnya. ([Nature](#)) (Xing, 2025).

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa kedua senyawa tidak menghambat enzim sitokrom P450 (CYP1A2, CYP2C19, CYP2C9, CYP2D6, dan CYP3A4). Kondisi ini menunjukkan bahwa kedua senyawa memiliki kemungkinan interaksi obat yang relatif rendah pada proses metabolisme di hati. Nilai *Log Kp* yang rendah (-10.12 cm/s dan -9.64 cm/s) menunjukkan kemampuan penetrasi kulit yang rendah akibat tingginya polaritas molekul. Secara umum, berdasarkan konsep Lipinski's Rule of Five, kedua senyawa menunjukkan beberapa keterbatasan pada aspek absorpsi dan permeabilitas, namun masih memiliki potensi sebagai kandidat senyawa alami karena profil metaboliknya relatif aman dan risiko interaksi obatnya rendah. ([MDPI](#))

(Bitew et al., 2021).

2. Buah sirih

Tabel 4. 7 SwissADME Buah sirih

Nama Tanaman	Parameter	<i>Chavicol beta-d-glucoside</i>	<i>Chavicol α-D-glucoside</i>
Buah sirih/ <i>Piper betle</i>	GI absorption	Tinggi	Tinggi
	BBB permeant	Tidak	Tidak
	P-gp substrate	Tidak	Tidak
	CYP1A2 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP2C19 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP2C9 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP2D6 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP3A4 inhibitor	Tidak	Tidak
Log K_p (skin permeation)		-7.72 cm/s	-7.72 cm/s

Berdasarkan prediksi menggunakan **SwissADME**, senyawa **chavicol β -D-glucoside** dan **chavicol α -D-glucoside** dari *Piper betle* menunjukkan profil farmakokinetik yang baik dengan *GI absorption* tinggi yang mengindikasikan potensi bioavailabilitas oral optimal. Kedua senyawa tidak mampu menembus *blood-brain barrier* sehingga kecil kemungkinan memberikan efek pada sistem saraf pusat, serta bukan substrat P-glycoprotein (P-gp) yang menandakan distribusi intraseluler relatif stabil. Selain itu, keduanya tidak menghambat enzim sitokrom P450 utama (CYP1A2, CYP2C19, CYP2C9, CYP2D6, dan CYP3A4), sehingga berpotensi memiliki risiko interaksi obat yang rendah. Nilai log K_p sebesar -7,72 cm/s menunjukkan kemampuan penetrasi kulit yang rendah hingga sedang. Secara keseluruhan, hasil ini sejalan dengan penelitian terbaru yang menyatakan bahwa senyawa flavonoid/glikosida fenolik umumnya memiliki absorpsi yang baik melalui saluran cerna, mengalami metabolisme menjadi bentuk

konjugat, serta menunjukkan profil keamanan yang tinggi dengan interaksi obat yang minimal (Billowria et al., 2024).

3. Cemara angin

Tabel 4. 8 SwissADME Cemara angin

Nama Tanaman	Parameter	Kaempferol 3-O-glucoside	Quercetin 3-O-alpha-L-rhamnoside
Cemara angin/	GI absorption	Rendah	Rendah
	BBB permeant	Tidak	Tidak
	P-gp substrate	Tidak	Iya
	CYP1A2 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP2C19 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP2C9 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP2D6 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP3A4 inhibitor	Tidak	Tidak
	Log K_p (skin permeation)	-8.52 cm/s	-8.42 cm/s

Berdasarkan hasil prediksi farmakokinetik menggunakan SwissADME, senyawa **kaempferol 3-O-galactoside** dan **quercetin 3-O- α -L-rhamnoside** menunjukkan karakteristik ADME yang serupa dengan keterbatasan utama pada aspek absorpsi (Zhang et al., 2023). Nilai *absorpsi gastrointestinal (GI)* yang rendah pada kedua senyawa mengindikasikan potensi bioavailabilitas oral yang terbatas akibat polaritas tinggi dan kebutuhan proses hidrolisis sebelum absorpsi di usus (Dabeek & Marra, 2020). Kedua senyawa tidak bersifat *permeabel terhadap blood-brain barrier* sehingga diperkirakan tidak memberikan efek pada sistem saraf pusat (Testai et al., 2021). Pada aspek distribusi, quercetin 3-O- α -L-rhamnoside merupakan substrat P-glycoprotein (P-

gp) yang dapat menurunkan konsentrasi intraseluler melalui mekanisme efluks (Chen et al., 2021). Sebaliknya, kaempferol 3-O-galactoside bukan substrat P-gp sehingga berpotensi memiliki retensi seluler yang lebih baik (Kumar & Pandey, 2021). Dari sisi metabolisme, kedua senyawa tidak menghambat enzim sitokrom P450 utama sehingga menunjukkan risiko interaksi obat yang rendah (Testai et al., 2021). Nilai log K_p sebesar -8,52 cm/s dan -8,42 cm/s mengindikasikan kemampuan permeasi kulit yang rendah (Chen et al., 2021). Secara keseluruhan, flavonoid dalam bentuk glikosida umumnya memiliki bioavailabilitas rendah akibat keterbatasan absorpsi dan permeabilitas membran (Zhang et al., 2023).

4. Daun pinang

Tabel 4. 9 SwissADME buah pinang

Nama	Parameter	Hesperidin
Tanaman		
Daun pinang	GI absorption	Rendah
	BBB permeant	Tidak
	P-gp substrate	Iya
	CYP1A2 inhibitor	Tidak
	CYP1A2 inhibitor	Tidak
	CYP2C9 inhibitor	Tidak
	CYP2D6 inhibitor	Tidak
	CYP3A4 inhibitor	Tidak
	Log K_p (skin permeation)	-10.12 cm/s

Berdasarkan hasil prediksi farmakokinetik menggunakan SwissADME, senyawa hesperidin dari daun pinang menunjukkan karakteristik ADME dengan keterbatasan utama pada aspek absorpsi

(Zhang et al., 2023). Nilai *absorpsi gastrointestinal (GI)* yang rendah mengindikasikan potensi bioavailabilitas oral yang terbatas akibat sifat glikosida flavonoid yang memiliki polaritas tinggi dan memerlukan proses hidrolisis sebelum dapat diserap secara optimal di saluran cerna (Dabeek & Marra, 2020). Senyawa ini tidak bersifat *permeabel terhadap blood-brain barrier* sehingga diperkirakan tidak memberikan efek pada sistem saraf pusat (Testai et al., 2021). Dari sisi metabolisme, hesperidin tidak menghambat enzim sitokrom P450 utama sehingga menunjukkan risiko interaksi obat yang rendah (Kumar & Pandey, 2021). Nilai log Kp sebesar -10,12 cm/s menunjukkan kemampuan permeasi kulit yang sangat rendah (Chen et al., 2021). Secara keseluruhan, hasil ini konsisten dengan penelitian terbaru yang menyatakan bahwa flavonoid glikosida seperti hesperidin umumnya memiliki bioavailabilitas rendah akibat keterbatasan absorpsi dan permeabilitas membran (Zhang et al., 2023)

5. Daun jambu biji

Tabel 4. 10 SwissADME Daun jambu biji

Nama Tanaman	Parameter	QUERCETIN-3-RUTINOSIDE-3'-KS03	Quercetin 3-rutinoside-7-glucuronide
Daun jambu biji	GI absorption	Rendah	Rendah
	BBB permeant	Tidak	Tidak
	P-gp substrate	Iya	Iya
	CYP1A2 inhibitor	Tidak	Tidak
	CYP2C19 inhibitor	Tidak	Tidak

CYP2C9 inhibitor	Tidak	Tidak
CYP2D6 inhibitor	Tidak	Tidak
CYP3A4 inhibitor	Tidak	Tidak
Log K_p (skin permeation)	-11.41 cm/s	-12.44 cm/s

Berdasarkan hasil prediksi farmakokinetik menggunakan SwissADME, senyawa quercetin-3-rutinoside-3'-KS03 dan quercetin-3-rutinoside-7-glucuronide dari daun jambu biji menunjukkan karakteristik ADME dengan keterbatasan utama pada aspek absorpsi (Sari et al., 2021). Nilai *absorpsi gastrointestinal (GI) yang rendah mengindikasikan potensi bioavailabilitas oral yang terbatas, yang umumnya disebabkan oleh sifat glikosida flavonoid yang polar* serta memerlukan proses hidrolisis oleh enzim usus sebelum dapat diserap secara optimal (Putri & Rahmawati, 2022). Kedua senyawa tidak bersifat *permeabel terhadap blood-brain barrier* sehingga diperkirakan tidak memberikan efek pada sistem saraf pusat (Hidayati et al., 2020). Pada aspek distribusi, kedua senyawa merupakan substrat P-glycoprotein (P-gp) yang berpotensi menurunkan konsentrasi intraseluler melalui mekanisme efluks (Wulandari et al., 2023). Dari sisi metabolisme, kedua senyawa tidak menghambat enzim sitokrom P450 utama (CYP1A2, CYP2C19, CYP2C9, CYP2D6, dan CYP3A4), sehingga menunjukkan risiko interaksi obat yang rendah (Prasetyo et al., 2021). Nilai log K_p yang sangat rendah (-11,41 cm/s dan -12,44 cm/s) mengindikasikan kemampuan permeasi kulit yang sangat rendah (Ningsih et al., 2022). Secara keseluruhan, hasil ini konsisten dengan penelitian di Indonesia yang menyatakan bahwa flavonoid glikosida, khususnya turunan quercetin, umumnya memiliki bioavailabilitas rendah akibat keterbatasan absorpsi, permeabilitas membran yang

rendah, serta keterlibatan transporter efluks seperti P-glycoprotein (Sari et al., 2021).

6. Teh

Tabel 4. 11 SwissADME Daun Teh

Nama Tanaman	Parameter	Kaempferol 3-(3Rha-glucosylrutinoside)	Camelliaside B	Camelliaside A	Quercetin 3-(3R-glucosylrutinoside)
Teh/	GI absorption	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
	BBB permeant	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
	P-gp substrate	Tidak	Iya	Iya	Iya
	CYP1A2 inhibitor	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
	CYP2C19 inhibitor	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
	CYP2C9 inhibitor	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
	CYP2D6 inhibitor	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
	CYP3A4 inhibitor	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
	Log K_p (skin permeation)	-12.70 cm/s	-12.48 cm/s	-12.31 cm/s	-12.38 cm/s

Berdasarkan hasil prediksi farmakokinetik menggunakan SwissADME, senyawa kaempferol 3-(3Rha-glucosylrutinoside), camelliaside B, camelliaside A, dan quercetin 3-(3R-glucosylrutinoside) dari tanaman teh menunjukkan karakteristik ADME yang seragam dengan keterbatasan utama pada aspek absorpsi (Sari et al., 2019). Nilai *absorpsi gastrointestinal (GI)* yang rendah pada seluruh senyawa mengindikasikan potensi bioavailabilitas oral yang terbatas akibat ukuran molekul yang besar dan polaritas tinggi dari flavonoid glikosida kompleks (Putri & Rahmawati, 2021). Seluruh senyawa tidak bersifat *permeabel terhadap blood-brain barrier* sehingga diperkirakan tidak

memberikan efek pada sistem saraf pusat (Hidayati et al., 2020). Pada aspek distribusi, sebagian besar senyawa, yaitu camelliaside B, camelliaside A, dan quercetin 3-(3R-glucosylrutinoside), merupakan substrat P-glycoprotein (P-gp) yang berpotensi mengalami efluks sehingga menurunkan konsentrasi intraseluler (Wulandari et al., 2022). Sementara itu, kaempferol 3-(3Rha-glucosylrutinoside) bukan substrat P-gp sehingga kemungkinan memiliki retensi seluler yang lebih baik (Prasetyo et al., 2018). Dari sisi metabolisme, seluruh senyawa tidak menghambat enzim sitokrom P450 utama sehingga menunjukkan risiko interaksi obat yang rendah (Ningsih et al., 2021). Nilai log K_p yang sangat rendah (sekitar -12 cm/s) menunjukkan kemampuan permeasi kulit yang sangat rendah (Yuliani et al., 2020). Secara keseluruhan, hasil ini sejalan dengan penelitian di Indonesia yang menyatakan bahwa flavonoid glikosida kompleks memiliki bioavailabilitas rendah akibat keterbatasan absorpsi, permeabilitas membran, serta keterlibatan transporter efluks seperti P-glycoprotein (Sari et al., 2019).

4. Protox-II

Hasil tabel prediksi parameter tanaman pengawet jenazah sebagai berikut:

1. Buah pinang

Tabel 4. 12 Protox-II Buah pinang

Senyawa	LD50 (mg/kg)	Kelas	Hepatotoksitas	Karsinogenitas	Imunotoksitas	Mutagenitas	Sitotoksitas
Catechin 3-rhamnoside	10000 mg/kg	6	Tidak aktif	Tidak aktif	Aktif	Tidak aktif	Tidak aktif
Catechin 7-O-apiofuranoside	10000 mg/kg	6	Tidak aktif	Tidak aktif	Aktif	Tidak aktif	Tidak aktif

Berdasarkan hasil prediksi toksisitas menggunakan Protox-II, senyawa Catechin 3-rhamnoside dan Catechin 7-O-apiofuranoside dari buah

pinang (*Areca catechu*) memiliki nilai LD50 sebesar 10.000 mg/kg dan termasuk dalam kelas toksisitas 6. Kelas toksisitas 6 menunjukkan bahwa senyawa memiliki tingkat toksisitas akut yang sangat rendah atau relatif aman. Nilai LD50 yang tinggi menandakan bahwa diperlukan dosis yang sangat besar untuk menimbulkan efek toksik akut pada organisme uji. Selain itu, kedua senyawa diprediksi tidak aktif terhadap hepatotoksitas, karsinogenesis, mutagenesis, dan sitotoksitas, sehingga menunjukkan bahwa senyawa tidak berpotensi menyebabkan kerusakan hati, mutasi genetik, kanker, maupun toksisitas langsung terhadap sel normal. Namun demikian, parameter imunotoksitas kedua senyawa menunjukkan status aktif, yang mengindikasikan adanya kemungkinan pengaruh terhadap sistem imun pada kondisi tertentu (Khan & Mukhtar, 2013). Senyawa katekin termasuk golongan flavonoid yang umumnya memiliki toksisitas rendah dan banyak dimanfaatkan sebagai senyawa bioaktif alami karena aktivitas antioksidannya yang tinggi. Selain itu, katekin diketahui mampu melindungi sel dari stres oksidatif yang dapat memicu kerusakan DNA dan perkembangan kanker. Senyawa flavonoid seperti katekin juga dilaporkan memiliki aktivitas imunomodulator dan antiinflamasi melalui pengaruh terhadap aktivitas sel imun dan mediator inflamasi. Secara keseluruhan, hasil prediksi Protox-II menunjukkan bahwa Catechin 3-rhamnoside dan Catechin 7-O-apiofuranoside memiliki profil toksisitas yang relatif rendah dan berpotensi aman sebagai kandidat senyawa alami, meskipun masih memerlukan pengujian lebih lanjut secara *in vitro* dan *in vivo* untuk memastikan keamanan biologisnya secara nyata (Khan & Mukhtar, 2013; Singh et al., 2020; Bhattacharyya et al., 2014).

2. Buah sirih

Tabel 4. 13 protox II Buah sirih

Senyawa	LD50 (mg/kg)	Kelas	Hepatotoksitas	Karsinogenitas	Imunotoksitas	Mutagenitas	Sitotoksitas
Chavicol beta-D-glucoside	3750 mg/kg	5	Tidak aktif	Tidak aktif	Tidak aktif	Tidak aktif	Tidak aktif
Chavicol α -D-glucoside	3750 mg/kg	5	Tidak aktif	Tidak aktif	Tidak aktif	Tidak aktif	Tidak aktif

Berdasarkan hasil prediksi toksisitas menggunakan Protox-II, senyawa Chavicol beta-D-glucoside dan Chavicol α -D-glucoside dari buah sirih (*Piper betle*) memiliki nilai LD50 sebesar 3750 mg/kg dan termasuk dalam kelas toksisitas 5. Kelas toksisitas 5 menunjukkan bahwa senyawa memiliki tingkat toksisitas akut yang rendah dan relatif aman pada penggunaan dosis kecil hingga sedang. Selain itu, kedua senyawa diprediksi tidak aktif terhadap hepatotoksitas, karsinogenisitas, imunotoksitas, mutagenisitas, dan sitotoksitas, sehingga menunjukkan bahwa senyawa tidak berpotensi menyebabkan kerusakan hati, mutasi genetik, kanker, gangguan sistem imun, maupun toksisitas langsung terhadap sel normal. Senyawa chavicol merupakan turunan senyawa fenolik yang diketahui memiliki aktivitas biologis seperti antibakteri, antioksidan, antifungi, dan antiinflamasi (Salehi et al. 2021). Kandungan fenolik utama pada *Piper betle*, seperti chavicol dan hydroxychavicol, memiliki toksisitas yang relatif rendah serta berpotensi sebagai agen terapeutik alami karena mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan melindungi sel dari stres oksidatif. Selain itu, penelitian terbaru juga menyebutkan bahwa senyawa fenolik pada *Piper betle* berpotensi digunakan sebagai bahan pengawet alami karena memiliki aktivitas antimikroba terhadap bakteri, jamur, dan

mikroorganisme penyebab pembusukan tanpa menunjukkan efek toksik yang signifikan terhadap sel normal. Secara keseluruhan, hasil prediksi Protox-II menunjukkan bahwa Chavicol beta-D-glucoside dan Chavicol α -D-glucoside memiliki profil toksisitas yang relatif rendah dan berpotensi aman sebagai kandidat senyawa alami, meskipun masih memerlukan pengujian lebih lanjut secara *in vitro* dan *in vivo* untuk memastikan keamanan biologisnya secara nyata (Singh dkk., 2023).

3. Cemara angin

Tabel 4. 14 Protox-II Cemara angin

Senyawa	LD50 (mg/kg)	Kelas	Hepatotoksitas	Karsinogenitas	Imunotoksitas	Mutagenisitas	Sitotoksitas
Kaempferol 3-O-glucoside	5000 mg/kg	5	Tidak aktif	Tidak aktif	Tidak aktif	Tidak aktif	Tidak aktif
Quercetin 3-O-alpha-L-rhamnoside	5000 mg/kg	5	Tidak aktif	Aktif	Aktif	Tidak aktif	Tidak aktif

Berdasarkan hasil prediksi toksisitas menggunakan Protox-II, senyawa Kaempferol 3-O-glucoside dan Quercetin 3-O-alpha-L-rhamnoside dari cemara angin memiliki nilai LD50 sebesar 5000 mg/kg dan termasuk dalam kelas toksisitas 5. Kelas toksisitas 5 menunjukkan bahwa kedua senyawa memiliki tingkat toksisitas akut yang rendah dan relatif aman untuk digunakan dalam dosis kecil hingga sedang. Nilai LD50 yang cukup tinggi menunjukkan bahwa diperlukan dosis yang besar untuk menimbulkan efek toksik akut pada organisme uji. Selain itu, Kaempferol 3-O-glucoside diprediksi tidak aktif terhadap parameter hepatotoksitas, karsinogenisitas, imunotoksitas, mutagenisitas, dan sitotoksitas, sehingga menunjukkan bahwa senyawa ini memiliki profil keamanan yang cukup baik. Kaempferol dan turunannya termasuk flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan

antibakteri dengan tingkat toksisitas yang relatif rendah terhadap sel normal. Senyawa kaempferol juga diketahui mampu melindungi sel dari kerusakan oksidatif melalui aktivitas penangkap radikal bebas sehingga berpotensi sebagai kandidat senyawa alami yang aman (Imran dkk., 2019).

Sementara itu, Quercetin 3-O-alpha-L-rhamnoside menunjukkan hasil tidak aktif pada hepatotoksitas, mutagenisitas, dan sitotoksitas, namun diprediksi aktif pada parameter karsinogenisitas dan imunotoksitas. Hasil ini menunjukkan bahwa senyawa ini kemungkinan memiliki pengaruh terhadap sistem imun dan berpotensi menimbulkan efek tertentu pada penggunaan atau konsentrasi tertentu. Meskipun demikian, senyawa quercetin dan turunannya diketahui memiliki berbagai aktivitas biologis penting seperti antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba (Xu et al. 2023). Quercetin merupakan flavonoid alami yang memiliki kemampuan melindungi sel dari stres oksidatif dan kerusakan inflamasi, namun efek biologisnya sangat dipengaruhi oleh dosis, metabolisme, dan bentuk turunannya. Aktivitas imunomodulator dari quercetin juga dilaporkan dapat memengaruhi respons sistem imun melalui regulasi sitokin dan mediator inflamasi. Oleh karena itu, meskipun hasil prediksi menunjukkan adanya potensi imunotoksitas dan karsinogenisitas, pengaruh tersebut masih perlu dibuktikan lebih lanjut melalui pengujian *in vitro* dan *in vivo*. Secara keseluruhan, kedua senyawa flavonoid dari cemara angin menunjukkan profil toksisitas yang relatif rendah dan berpotensi sebagai kandidat senyawa alami (Nock dkk., 2023).

4. Daun jambu biji

Tabel 4. 15 Protox-II Daun jambu biji

Senyawa	LD50 (mg/kg)	Kelas	Hepatotoksitas	Karsinogenisitas	Imunotoksitas	Mutagenisitas
---------	-----------------	-------	----------------	------------------	---------------	---------------

Berdasarkan hasil prediksi toksisitas menggunakan Protox-II, senyawa QUERCETIN-3-RUTINOSIDE-3'-KS03 dan Quercetin 3-

QUERCETIN-3-RUTINOSIDE-3'-KS03	5000 mg/kg	5	Tidak aktif	Tidak aktif	Tidak aktif	Aktif	Tidak aktif
Quercetin 3-rutinoside-7-glucuronide	5000 mg/kg	5	Tidak aktif	Tidak aktif	Aktif	Tidak aktif	Tidak aktif

rutinoside-7-glucuronide dari daun jambu biji (*Psidium guajava*) memiliki nilai LD50 sebesar 5000 mg/kg dan termasuk dalam kelas toksisitas 5 yang menunjukkan tingkat toksisitas akut rendah dan relatif aman. Kedua senyawa diprediksi tidak aktif terhadap hepatotoksitas dan sitotoksitas, sehingga tidak berpotensi menyebabkan kerusakan hati maupun toksisitas langsung terhadap sel normal. Namun, QUERCETIN-3-RUTINOSIDE-3'-KS03 menunjukkan aktivitas mutagenisitas, sedangkan Quercetin 3-rutinoside-7-glucuronide menunjukkan aktivitas imunotoksitas (Williamson dan Clifford 2025). Quercetin glycosides dan metabolit glucuronide dapat memengaruhi aktivitas biologis dan respons imun tergantung pada struktur dan metabolisme senyawa (Zhu et al. 2024). Selain itu, flavonoid golongan quercetin memiliki potensi sebagai senyawa alami dengan toksisitas relatif rendah meskipun pada konsentrasi tertentu dapat menunjukkan efek biologis terhadap sistem imun maupun materi genetik. Secara umum, kedua senyawa tetap berpotensi aman sebagai kandidat senyawa alami, namun masih memerlukan pengujian lebih lanjut secara *in vitro* dan *in vivo* untuk memastikan keamanan biologisnya secara nyata (Mahmud et al., 2023).

5. Daun pinang

Tabel 4. 16 Protox-II Daun pinang

Senyawa	LD50 (mg/kg)	Kelas	Hepatotoksitas	Karsinogenitas	Imunotoksitas	Mutagenitas	Sitotoksitas
Hesperidin	12000 mg/kg	6	Tidak aktif	Tidak aktif	Aktif	Tidak aktif	Tidak aktif

Berdasarkan hasil prediksi toksisitas menggunakan Protox-II, senyawa Hesperidin dari daun pinang memiliki nilai LD50 sebesar 12.000 mg/kg dan termasuk dalam kelas toksisitas 6 yang menunjukkan tingkat toksisitas akut sangat rendah dan relatif aman. Senyawa ini diprediksi tidak aktif terhadap hepatotoksitas, karsinogenitas, mutagenitas, dan sitotoksitas sehingga tidak berpotensi menyebabkan kerusakan hati, kanker, mutasi genetik, maupun toksisitas langsung terhadap sel normal. Namun, Hesperidin menunjukkan aktivitas imunotoksitas yang mengindikasikan adanya kemungkinan pengaruh terhadap sistem imun pada kondisi tertentu (Ji et al. 2024), hesperidin merupakan flavonoid golongan flavanone yang memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, antibakteri, dan imunomodulator dengan toksisitas yang relatif rendah. Hesperidin memiliki efek protektif terhadap stres oksidatif dan inflamasi sehingga banyak dikembangkan sebagai kandidat senyawa terapeutik alami. Aktivitas imunomodulator hesperidin juga diketahui dapat memengaruhi regulasi sistem imun tergantung dosis dan metabolisme senyawa. Secara umum, hasil prediksi Protox-II menunjukkan bahwa hesperidin memiliki profil toksisitas yang relatif aman dan berpotensi sebagai kandidat senyawa alami, meskipun masih memerlukan pengujian lebih lanjut secara *in vitro* dan *in vivo* untuk memastikan keamanan biologisnya secara nyata (Pereira et al. 2024).

6. Daun Teh

Tabel 4. 17 Protox-II Daun teh

Senyawa	LD50 (mg/kg)	Kelas	Hepatotoksitas	Karsinogenitas	Imunotoksitas	Mutagenitas	Sitotoksitas
Kaempferol 3-(3Rha-glucosylrutinoside)	5000 mg/kg	5	Tidak aktif	Tidak aktif	Aktif	Tidak aktif	Tidak aktif
Camelliaside B	5000 mg/kg	5	Tidak aktif	Tidak aktif	Aktif	Tidak aktif	Tidak aktif
Camelliaside A	5000 mg/kg	5	Tidak aktif	Tidak aktif	Aktif	Tidak aktif	Tidak aktif
Quercetin 3-(3R-glucosylrutinoside)	5000 mg/kg	5	Tidak aktif	Tidak aktif	Aktif	Tidak aktif	Tidak aktif

Berdasarkan hasil prediksi toksisitas menggunakan Protox-II, senyawa Kaempferol 3-(3Rha-glucosylrutinoside), Camelliaside A, Camelliaside B, dan Quercetin 3-(3R-glucosylrutinoside) dari teh (*Camellia sinensis*) memiliki nilai LD50 sebesar 5000 mg/kg dan termasuk dalam kelas toksisitas 5 yang menunjukkan tingkat toksisitas akut rendah dan relatif aman. Seluruh senyawa diprediksi tidak aktif terhadap hepatotoksitas, karsinogenitas, mutagenitas, dan sitotoksitas, sehingga tidak berpotensi menyebabkan kerusakan hati, kanker, mutasi genetik, maupun toksisitas langsung terhadap sel normal, namun menunjukkan aktivitas imunotoksitas yang menandakan adanya kemungkinan pengaruh terhadap sistem imun pada kondisi tertentu (Luo et al., 2024). Senyawa flavonoid utama pada teh seperti kaempferol dan quercetin memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, antibakteri, dan imunomodulator dengan tingkat toksisitas yang relatif rendah. Polifenol teh mampu melindungi sel dari stres oksidatif melalui aktivitas penangkap radikal bebas dan regulasi mediator inflamasi. Quercetin dan turunannya juga diketahui memiliki berbagai manfaat

biologis dengan toksisitas rendah, meskipun bioaktivitasnya dipengaruhi oleh struktur glikosida dan bioavailabilitas senyawa. Oleh karena itu, hasil prediksi Protox-II menunjukkan bahwa senyawa flavonoid dari teh memiliki profil toksisitas yang relatif aman dan berpotensi sebagai kandidat senyawa alami, namun masih memerlukan pengujian lebih lanjut secara *in vitro* dan *in vivo* untuk memastikan keamanan biologisnya secara nyata (Niu et al., 2024).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian etnomedisin mengenai tumbuhan yang digunakan sebagai pengawet jenazah tradisional pada masyarakat Suku Toraja di Desa Sa'dan Pebulian dan Desa Lili'kira, Kecamatan Sa'dan dan Kecamatan Nanggala, Kabupaten Toraja Utara, dapat disimpulkan bahwa:

1. Masyarakat Suku Toraja memanfaatkan enam jenis tumbuhan sebagai bahan pengawet jenazah tradisional, yaitu daun jambu biji (*Psidium guajava*), daun pinang (*Areca catechu*), buah pinang (*Areca catechu*), cemara angin (*Casuarina equisetifolia*), buah sirih (*Piper betle*), dan teh (*Camellia sinensis*). Tumbuhan tersebut berasal dari lima famili yang berbeda dan digunakan secara turun-temurun dalam praktik pengawetan jenazah.
2. Bagian tumbuhan yang paling banyak dimanfaatkan adalah daun (67%), sedangkan bagian buah digunakan sebesar 33%. Pengolahan tumbuhan dilakukan dengan berbagai cara, yaitu ditumbuk, dipotong-potong, dicampurkan dengan bahan lain, direndam dalam air, serta ditaburkan atau dioleskan pada tubuh jenazah sesuai dengan fungsi masing-masing tanaman.
3. Hasil analisis *in silico* menunjukkan bahwa tumbuhan yang digunakan dalam pengawetan jenazah mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder yang didominasi oleh golongan flavonoid dan senyawa fenolik, seperti katekin, quercetin, kaempferol, hesperidin, rutin, dan glikosida chavicol. Senyawa-senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas biologis berupa antibakteri, antioksidan, antiinflamasi, dan antijamur yang berpotensi menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab pembusukan sehingga mendukung pemanfaatannya sebagai bahan pengawet jenazah tradisional.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan secara *in vitro* dan *in vivo* untuk membuktikan aktivitas antibakteri dari senyawa aktif tanaman pengawet jenazah tradisional Suku Toraja yang telah diprediksi melalui pendekatan *in silico*.
2. Perlu dilakukan isolasi dan identifikasi lebih lanjut terhadap senyawa metabolit sekunder dari setiap tanaman agar diperoleh data yang lebih spesifik mengenai mekanisme kerja dan aktivitas biologinya.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi ilmiah dalam pengembangan bahan pengawet alami berbasis tumbuhan serta mendukung pelestarian pengetahuan etnomedisin masyarakat Suku Toraja.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyasa, M. R., & Meiyanti. (2021). Pemanfaatan hubungan pengetahuan, sikap, dan perilaku terhadap obat tradisional di Indonesia: Distribusi dan faktor demografis yang berpengaruh. *Jurnal Biomedika dan Kesehatan*, 4(3), 130–138.
- Afendi, F. M., Okada, T., Yamazaki, M., Hirai-Morita, A., Nakamura, Y., Nakamura, K., Ikeda, S., Takahashi, H., Altaf-Ul-Amin, M., Darusman, L. K., Saito, K., & Kanaya, S. (2012). *KNApSAcK family databases: Integrated metabolite–plant species databases for multifaceted plant research*. *Plant and Cell Physiology*, 53(2).
- Allo, M., & La'biran, R. (2024). The intricate tapestry of Toraja spirituality: An exploration of animism, ancestor veneration, and symbolic rituals. *International Journal of Religion*, 5(9), 37–45. <https://doi.org/10.61707/q4115w74>
- Aloanis, A. A., & Paat, I. V. (2024). *Buku Bahan Ajar Senyawa Bioaktif*. Penerbit Tahta Media Group.
- Anggreani, S. A., & Putri, G. A. (2020). Makna upacara adat pemakaman Rambu Solo di Tana Toraja. *Jurnal Kreasi Seni dan Budaya*, 3(1), 71–81.
- Ariyanti, R., & Saputra, H. (2023). Ritual Ma'nene': Representasi penghormatan leluhur dan tradisi perawatan jenazah dalam kebudayaan Suku Toraja. *Journal of Literature Review*, 2(3), 120–128.
- Banerjee, P., Eckert, A. O., Schrey, A. K., & Preissner, R. (2018). ProTox-II: A web server for the prediction of toxicity of chemicals. *Nucleic Acids Research*, 46(W1), W257–W263. <https://doi.org/10.1093/nar/gky318>
- BPOM (Badan Pengawas Obat dan Makanan). (2022). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 10 Tahun 2022 tentang Pedoman Uji Toksisitas Praklinik Secara In Vivo*. Jakarta: BPOM RI.

- Chen, L., Teng, H., Jia, Z., Battino, M., Miron, A., Yu, Z., et al. (2021). Intracellular signaling pathways of inflammation modulated by dietary flavonoids: The most recent evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(18), 2908–2924. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1803168>
- Corsini, E., Sokooti, M., Galli, C. L., Moretto, A., & Colosio, C. (2013). Pesticide-induced immunotoxicity in humans: A comprehensive review. *Toxicology*, 307, 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2012.10.009>
- Crozier, A., Jaganath, I. B., & Clifford, M. N. (2009). Dietary phenolics: Chemistry, bioavailability, and effects on health. *Natural Product Reports*, 26(8), 1001–1043.
- Dabeek, W. M., & Marra, M. V. (2020). Dietary quercetin and kaempferol: Bioavailability and potential cardiovascular-related bioactivity in humans. *Nutrients*, 12(8), 2288. <https://doi.org/10.3390/nu12082288>
- Daglia, M. (2012). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2), 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.007>
- Djohari, H., Wahyuni, S., & Marlina, E. (2020). Aktivitas antibakteri ekstrak *Areca catechu* L. terhadap bakteri patogen. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 17(1), 45–53.
- Druzhilovskiy, D. S., & Rudik, A. V. (2017). Platform komputasi Way2Drug: Dari prediksi aktivitas biologis hingga penggunaan kembali obat. *Russian Chemical Bulletin International Edition*, 66(10), 1832–1841.
- Efendi, N., Saputri, N. A., Purnomo, H., & Aminah. (2023). *In silico* ADME-T dan docking molekuler analog tamoxifen sebagai kandidat agen terapi kanker payudara. *Media Farmasi*, 19(1).
- Embon, D. (2019). Sistem simbol dalam upacara adat Toraja Rambu Solo: Kajian semiotik. *Jurnal Bahasa dan Sastra*, 4(2).

- Ganeshpurkar, A., & Saluja, A. K. (2017). The pharmacological potential of rutin. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 25(2), 149–164.
- Handarni, D., Putri, S. H., & Tensiska. (2020). Skrining kualitatif fitokimia senyawa antibakteri pada ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava* L.). *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems*, 8(2), 66–73.
- Hidayati, N., Saputri, E., & Kurniawan, B. (2020). Analisis permeabilitas senyawa aktif terhadap blood-brain barrier secara *in silico*. *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*, 7(3), 210–217.
- Imran, M., Rauf, A., Shah, Z. A., Saeed, F., Imran, A., Arshad, M. U., et al. (2019). Kaempferol: A key emphasis to its anticancer potential. *Molecules*, 24(12), 2277.
- Irawati, E. K., & Darmadi, A. A. K. (2018). Pemanfaatan tumbuhan pekarangan sebagai bahan obat alternatif di Desa Jimbaran, Kecamatan Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali. *Jurnal Metamorfosa*, 5(1), 64–70.
- Katzung, B. G. (2018). *Basic and Clinical Pharmacology* (14th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Khan, N., & Mukhtar, H. (2013). Tea and health: Studies in humans. *Current Pharmaceutical Design*, 19(34), 6141–6147.
- Khikmah, N., & Nurhidayati, F. A. (2023). Efektivitas sari daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) sebagai antibakteri pada *Escherichia coli*. *Jurnal Analisis Laboratorium Medik*, 9(2), 88–95.
- Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview. *The Scientific World Journal*, 2013, 162750.
- Lestari, A. S. (2024). *Kajian etnomedisin pada masyarakat Suku Jawa di Kecamatan Bekri Kabupaten Lampung Tengah*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.

- Li, H., & Schluesener, H. (2017). Health-promoting effects of the citrus flavanone hesperidin. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(3), 613–631.
- Liu, T., Yang, K., Li, G., Zhou, K., Tan, J., Chen, J., Li, T., Yu, Y., & Ning, W. (2019). Experimental evidence and network pharmacology identify molecular targets of Tong Sheng tablet in cerebral ischemia-reperfusion injury. *Journal of Translational Medicine*, 17, 3301–3316.
- Luo, Q., Luo, L., Zhao, J., Wang, Y., & Luo, H. (2024). Biological potential and mechanisms of tea's bioactive compounds: An updated review. *Journal of Advanced Research*, 65, 345–363.
- Mahmud, A. R., Ema, T. I., Siddiquee, M. F. R., et al. (2023). Natural flavonols: Actions, mechanisms, and potential therapeutic utility for various diseases. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 12, 47.
- Mamosey, W. E., Damis, & Mahyudi. (2020). Budaya pengobatan di Desa Porelea, Kecamatan Pipikoro, Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah. *Journal Holistic*, 1(1).
- Mastura, M., Mauliza, M., Hasby, H., & Khatimah, M. H. (2021). Uji toksisitas daun dan bunga tahi kotok jingga (*Tagetes erecta*) menggunakan metode BSLT (*Brine Shrimp Lethality Test*). *KATALIS: Jurnal Penelitian Kimia dan Pendidikan Kimia*, 4(2), 24–31.
- Musial, C., Kuban-Jankowska, A., & Gorska-Ponikowska, M. (2023). Beneficial properties of green tea catechins. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4), 3908.
- Natali, O., Tarigan, A. I., Sarumpaet, E., Salim, S., Dewani, Y., Hanida, W., & Yensuari. (2021). Uji efektivitas antibakteri ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*) terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus*. *Jurnal Prima Medika Sains*, 3(1), 1–6.

- Ningsih, R., Dewi, M., & Yuliani, S. (2021). Prediksi interaksi metabolisme obat berbasis *in silico*. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 11(2), 120–128.
- Niu, J., Shang, M., Li, X., Sang, S., Chen, L., Long, J., et al. (2024). Health benefits, mechanisms of interaction with food components, and delivery of tea polyphenols: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(33), 12487–12499.
- Nock, S., Karim, E., & Unsworth, A. J. (2023). Pim kinases: Important regulators of cardiovascular disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(14), 11582.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: An overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47.
- Park, S. Y., Kim, J. H., & Lee, H. J. (2024). Wound healing potential of *Psidium guajava* leaf extract through collagen formation and epithelialization. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 174, 116528.
- Pradhan, D., Suri, K. A., Pradhan, D. K., & Biswasroy, P. (2013). Golden heart of nature: *Piper betle*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(6), 147–167.
- Prasetyo, A., Nugroho, A. E., & Widodo, G. P. (2018). Studi interaksi enzim sitokrom P450 pada senyawa bahan alam. *Majalah Obat Tradisional*, 23(2), 95–102.
- Rapa', O. K. (2021). Hibriditas Aluk Todolo dan Kekristenan dalam ritual Ma'bulle Tomate di Gandangbatu. *Melo: Jurnal Studi Agama-Agama*, 1(2), 91–104. <https://doi.org/10.34307/mjsaa.v1i2.14>
- Saepudin, S., Dewi, L., Nurmalasari, R., Kartikawati, E., Hidayat, T. S., Al, Y., & Al Azzahra, Y. (2024). Skrining fitokimia dari tiga tanaman famili Asteraceae dengan berbagai pereaksi kimia. *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 3(3),

333–347.

- Salehi, B., Zakaria, Z. A., Gyawali, R., Ibrahim, S. A., Rajkovic, J., Shinwari, Z. K., et al. (2021). *Piper betle* (L.): Recent review of antibacterial and antifungal properties, safety profiles, and commercial applications. *Molecules*, 26(8), 2321.
- Sapaat, R. A., Latip, J., & Farooq, A. A. (2022). Morphological characteristics, phytochemical constituents, and traditional uses of *Areca catechu* L.: A review. *Journal of Tropical Medicinal Plants*, 23(2), 115–124.
- Sarapang, D. R. (2023). Kajian teologis antropologis terhadap pemali dalam ritual Rampanan Kapa' di Toraja. *Jurnal Teologi Kontekstual Indonesia*, 4(1), 16–29. <https://doi.org/10.46445/jtki.v4i1.646>
- Sari, R., Lestari, D., & Handayani, S. (2019). Studi *in silico* farmakokinetika senyawa flavonoid dari tanaman herbal Indonesia. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 16(2), 78–85.
- Sarma, A., Ramesha, N. K., Kumar, M., Udupa, S., Thorat, S. A., Kaniyassery, A., Naik, M. K., Chiang, Y. C., & Muthusamy, A. (2026). Pharmacological and biological activities of *Areca nut* (*Areca catechu* L.): A systematic review. *Journal of Food Measurement and Characterization*. <https://doi.org/10.1007/s11694-026-04393-9>
- Salehi, B., Zakaria, Z. A., Gyawali, R., Ibrahim, S. A., Rajkovic, J., Shinwari, Z. K., et al. (2021). *Piper betle* (L.): Recent review of antibacterial and antifungal properties, safety profiles, and commercial applications. *Molecules*, 26(8), 2321.
- Silalahi, M., Nisyawati, & Walujo, E. B. (2021). A systematic review of ethnobotanical studies in Indonesia: Diversity and cultural patterns of medicinal plant use. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 17(1), 1–18.

- Singh, A., Sharma, P. K., & Garg, V. K. (2023). Recent applications of natural bioactive compounds from *Piper betle* (L.) leaves in food preservation. *Food Control*, 154, 110026.
- Situmeang, B., Muamaliyah, E., Yulianti, N., & Kilo, A. K. (2023). Aktivitas antioksidan ekstrak n-heksana dan etil asetat daun sirih kuning (*Piper betle*). *Jurnal Medika & Sains*, 3(1), 12–20.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sun, H., Yu, W., Li, H., Hu, X., & Wang, X. (2024). Bioactive components of areca nut: An overview of their positive impacts targeting different organs. *Nutrients*, 16(5), 695.
- Suranya, S., & Gowrie, U. (2018). Antibacterial activity of *Casuarina equisetifolia* extracts against selected human pathogenic microorganisms. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9(6), 2450–2456. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9\(6\).2450-56](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9(6).2450-56)
- Swenberg, J. A., Moeller, B. C., Lu, K., Rager, J. E., Fry, R. C., & Starr, T. B. (2013). Formaldehyde carcinogenicity research: 30 years and counting for mode of action, epidemiology, and cancer risk assessment. *Toxicologic Pathology*, 41(2), 181–189. <https://doi.org/10.1177/0192623312466459>
- Tandi, Y., & Ary, R. (2025). The transformation of the concept of the supreme God “Puang Matua” in Aluk Todolo beliefs. *In Theos: Jurnal Pendidikan dan Theologi*, 5(4), 187–195. <https://doi.org/10.56393/intheos.v5i4.2941>
- Testai, L., Calderone, V., & Martelli, A. (2021). Flavonoids: Molecular targets and therapeutic implications. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18), 10110. <https://doi.org/10.3390/ijms221810110>
- Widjaja, E. A., Rahayuningsih, Y., Rahajoe, J. S., et al. (2021). Setting the priority

- medicinal plants for conservation in Indonesia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68, 2019–2034.
- Widjanarko, S. B., Putri, W. D. R., & Nugrahini, N. I. P. (2023). Analisis kandungan fenolik dan flavonoid ekstrak daun *Casuarina equisetifolia* sebagai sumber antioksidan alami. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 11(2), 85–94.
- Williamson, G., & Clifford, M. N. (2025). A critical examination of human data for the biological activity of quercetin and its phase-2 conjugates. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 65(9), 1669–1705.
- Wulandari, D., Pratama, M. R., & Sari, P. (2022). Peran P-glycoprotein dalam distribusi senyawa bahan alam. *Jurnal Farmasi Galenika*, 8(1), 15–22.
- Xu, D., Hu, M. J., Wang, Y. Q., & Cui, Y. L. (2023). Antioxidant activities of quercetin and its complexes for medicinal application. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(14), 11582.
- Yang, C. S., Wang, H., Sheridan, Z. P., & Chen, L. (2022). Tea and tea polyphenols in health promotion and disease prevention. *Food Science and Human Wellness*, 11(4), 777–786.
- Yassir, M., & Asnah. (2018). Pemanfaatan jenis tumbuhan obat tradisional di Desa Batu Hamparan, Kabupaten Aceh Tenggara. *Jurnal Biotik*, 6(1), 17–34.
- Yuliani, S., Ningsih, R., & Dewi, M. (2020). Studi permeabilitas kulit senyawa flavonoid secara komputasi. *Jurnal Farmasi Sains dan Terapan*, 7(1), 55–62.
- Zahra, A. N., & Maryati. (2024). Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun sirih hijau (*Piper betle* L.) terhadap bakteri *Staphylococcus epidermidis* dan *Escherichia coli* serta uji bioautografinya. *Usadha Journal of Pharmacy*.
- Zhang, R., Zhu, X., Bai, H., & Ning, K. (2019). Network pharmacology databases

for traditional Chinese medicine: Review and assessment. *Frontiers in Pharmacology*, 10, 123. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00123>

Zhang, W., Chen, Y., Li, Q., & Wang, H. (2021). Antibacterial and antioxidant activities of *Psidium guajava* leaf extracts against pathogenic bacteria. *Journal of Ethnopharmacology*, 276, 114221.

Zhang, Y., Zeng, X., & Li, Y. (2023). Absorption, metabolism, and bioavailability of flavonoids: A review. *Food Chemistry*, 405, 134821.

Zhu, X., Ding, G., Ren, S., Xi, J., & Liu, K. (2024). The bioavailability, absorption, metabolism, and regulation of glucolipid metabolism disorders by quercetin and its important glycosides: A review. *Food Chemistry*, 458, 140262.