

Variation in Leaf Characteristics, Production, and Catechin Content of Gambir Based on Cultivation Site and Plant Type in Mungka District, Indonesia

Mismawarni Srma Ningsih*, Syafrison, Fardedi, Giska Oktabriana, Hari Yanto Jailani, Mela Rahmah, Helentina Situmorang, Rezi Rivaldo

Jurusan Budidaya Tanaman, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Provinsi Sumatera Barat, Indonesia

ABSTRACT

Gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) is an important plant resource in West Sumatra, Indonesia, with considerable variation in leaf morphology, yield, and catechin content among plant types and cultivation sites. This study aimed to evaluate the effects of cultivation site and gambir type on leaf length, leaf width, leaf thickness, leaf yield, and catechin content in Mungka District, Lima Pulu Kota Regency, West Sumatra. The study was conducted at three cultivation sites, namely Sungai Antuan, Simpang Kapuak, and Talang Maur, and involved three gambir types: Cubadak, Riau, and Udang. At each site, a 500 m² plot was established, and five healthy and productive plants approximately 13 years old were purposively selected as samples from farmer-managed plantations. The data were analyzed using two-way analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% significance level. The results showed that leaf length and leaf width were significantly affected by gambir type, whereas leaf thickness and yield were not significantly affected by cultivation site, gambir type, or their interaction. Catechin content was highly significantly affected by cultivation site, gambir type, and the site × type interaction ($p < 0.001$). The highest catechin content was recorded in the Cubadak type at Simpang Kapuak ($20.84 \pm 0.73\%$), which was higher than that of the Riau ($17.64 \pm 0.54\%$) and Udang ($17.83 \pm 1.01\%$) types at the same site. Catechin content was more responsive to the combination of gambir type and cultivation environment than leaf yield. The Cubadak type cultivated at Simpang Kapuak may therefore be considered a potential combination for cultivation where increasing catechin content is the primary production objective.

ARTICLE INFO

Received : July 15, 2026
Revised : August 17, 2026
Accepted : September 20, 2026
Published : September 22, 2026

KEYWORDS

Catechin, cultivation site, gambir, leaf morphology, *Uncaria*

CORRESPONDENCE

Mismawarni Srma Ningsih
E-mail: mismawarnisrma@gmail.com

LICENSE



The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC-BY-NC-SA 4.0).

DOI

[10.25077/jrp.7.2.70-83.2026](https://doi.org/10.25077/jrp.7.2.70-83.2026)

INTRODUCTION

Gambir (*Uncaria gambir* (Hunter) Roxb.) merupakan salah satu komoditas perkebunan penting di Sumatera Barat dan telah lama dimanfaatkan sebagai bahan baku produk tradisional, pangan, serta produk farmasi karena

kandungan senyawa bioaktifnya. Katekin merupakan salah satu komponen utama gambir dan menjadi senyawa penting dalam penilaian mutu bahan tanaman. Kajian mengenai gambir menunjukkan bahwa katekin memiliki berbagai aktivitas biologis dan terus dikembangkan untuk

menghasilkan produk bernilai tambah (Munggari et al., 2022; Yunarto et al., 2023, 2024; Faadhilah et al., 2025).

Gambir Sumatera Barat memiliki keragaman genetik dan fenotipik yang dapat berkontribusi terhadap perbedaan pertumbuhan, produksi, dan mutu. Wardi et al. (2024) menunjukkan adanya keragaman genetik pada genotipe gambir Sumatera Barat dan menemukan perbedaan konsentrasi katekin antar genotipe. Audina et al. (2025) dari penelitiannya menemukan tujuh haplotipe pada 28 aksesori *U. gambir* dari beberapa populasi di Sumatera Barat berdasarkan penanda ITS. Pada tingkat morfologi, karakterisasi gambir juga menunjukkan perbedaan antartipe, termasuk karakter panjang dan lebar daun; penelitian karakterisasi pohon induk melaporkan bahwa tipe Cubadak cenderung memiliki daun lebih panjang dan lebih lebar dibandingkan tipe Udang dan Riau. Temuan tersebut menunjukkan bahwa sumber genetik atau tipe tanaman merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam mengevaluasi variasi karakter daun dan mutu gambir (Wardi et al., 2024; Audina et al., 2025; Sulastri et al., 2025).

Karakter morfologi daun merupakan salah satu sifat fenotipik yang dapat mencerminkan respons tanaman terhadap kondisi lingkungan. Daun berperan dalam penerimaan cahaya dan proses fotosintesis, sehingga perubahan ukuran dan bentuk daun dapat berkaitan dengan strategi adaptasi tanaman terhadap kondisi tempat tumbuh. Kajian terbaru menunjukkan bahwa bentuk dan ukuran daun dapat bervariasi antarspesies, antarpopulasi, maupun dalam satu individu sebagai respons terhadap faktor lingkungan, termasuk cahaya, suhu, dan ketersediaan air (Nakayama, 2024). Konsep plastisitas fenotipik juga menegaskan bahwa satu genotipe tanaman dapat menghasilkan fenotipe berbeda ketika tumbuh pada lingkungan yang berbeda, dan respons tersebut merupakan komponen penting dalam adaptasi tanaman terhadap heterogenitas lingkungan (Schneider et

al., 2026). Oleh karena itu, karakter panjang, lebar, tebal, berat basah, berat kering, dan luas daun pada gambir penting dievaluasi untuk mengetahui variasi fenotipik antartipe dan antar lokasi serta kemungkinan keterkaitannya dengan produksi daun.

Selain faktor genetik pada tanaman, lokasi budidaya dapat membentuk variasi pertumbuhan dan produksi gambir melalui perbedaan kondisi lingkungan (Riau et al., 2023). Lokasi budidaya juga berpotensi memengaruhi kandungan katekin karena metabolisme senyawa sekunder tanaman dipengaruhi oleh interaksi antara faktor genetik dan lingkungan. Faktor abiotik seperti suhu, cahaya, ketersediaan air, kekeringan, dan radiasi ultraviolet dapat mengubah aktivitas metabolisme sekunder dan menyebabkan perubahan akumulasi senyawa fenolik pada tanaman (Qaderi et al., 2023).

Meskipun penelitian gambir telah berkembang dalam aspek karakterisasi morfologi, keragaman genetik, produktivitas, dan kandungan katekin, penelitian tersebut umumnya masih menempatkan komponen-komponen tersebut secara terpisah. Penelitian Wardi et al. (2024) terutama menekankan hubungan antara keragaman genetik dan profil katekin, sedangkan penelitian Riau et al. (2023) menelaah produktivitas berdasarkan kondisi ketinggian tempat. Penelitian karakterisasi di Kabupaten Lima Puluh Kota juga telah memberikan informasi mengenai keragaman karakter tanaman yang berpotensi digunakan dalam seleksi sumber bahan tanaman (Sulastri et al., 2025). Sedangkan penelitian terbaru mengenai variasi regional gambir menunjukkan adanya perbedaan kandungan katekin dan senyawa fenolik antarlokasi produksi di Sumatera Barat (Pazla et al., 2025). Namun, informasi mengenai variasi karakter daun yang dianalisis secara simultan berdasarkan lokasi budidaya dan tipe tanaman serta dikaitkan dengan produksi daun dan kandungan katekin pada kebun gambir petani di Kecamatan Mungka

masih terbatas. Celah penelitian tersebut penting karena variasi produksi dan mutu dapat berasal dari perbedaan tipe tanaman, respons terhadap lokasi, atau interaksi antara keduanya. Berdasarkan kesenjangan yang ditemukan penelitian ini dilakukan untuk menganalisis variasi karakter daun, produksi, dan kandungan katekin gambir berdasarkan lokasi budidaya dan tipe tanaman di Kecamatan Mungka, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat.

MATERIALS AND METHODS

Penelitian dilaksanakan pada Bulan April sampai Juli 2026 pada perkebunan gambir milik petani di tiga lokasi yaitu Sungai Antuan, Simpang Kapuak dan Talang Maur, Kecamatan Mungka, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. Di tiap lokasi penelitian dibuat plot penelitian dengan luasan 500 meter per segi dan tiap-tiap tipe diambil lima tanaman sampel yang dipilih secara purposif sampling. Tanaman gambir yang diamati merupakan tanaman sehat, tidak terserang hama/penyakit, produktif, tipe tanaman dapat diidentifikasi, kondisi tajuk relatif seragam dan umur tanaman kurang lebih 13 tahun. Tanaman yang berada pada plot penelitian dipelihara selama 4 bulan (sesuai dengan periode pemanenan petani yang melakukan pemanenan tiap 4 bulan). Sampel yang diamati adalah daun segar yang langsung diamati saat panen. Untuk pengamatan morfologi,

sampel daun yang diambil merupakan daun ketiga dari cabang daun utama. Panjang daun diukur dari pangkal tangkai daun hingga ujung daun mengikuti tulang daun utama. Lebar daun diukur pada bagian daun yang paling lebar dan tegak lurus terhadap tulang daun utama. Ketebalan daun diukur dibagian tengah daun menggunakan jangka sorong. Untuk pengamatan produksi pemanenan daun dan ranting produktif dari setiap tanaman sampel, kemudian ditimbang beratnya per pohon, pemanenan dilakukan mulai jam 08.00 WIB,. Analisis kandungan katekin daun dilakukan di Laboratorium Kimia Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Daun segar ditimbang 0,125 g, dihaluskan dan dilarutkan dg etanol 70% sebanyak 20 ml, dipanaskan dengan suhu 60-70 derajat Celcius sambil distirrer selama 30 menit. Dimasukan ke labu ukur 25 ml cukupkan dengan alkohol sampai tera kemudian disaring. Untuk pengenceran diambil 0,5 ml dimasukan ke labu 10 ml ditambah etanol sampai tera merupakan pengenceran 20x , ukur absorbansi dengan panjang gelombang 279 nm menggunakan spektrometer UV Vis. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dua arah (two-way ANOVA) untuk menguji pengaruh lokasi budidaya, tipe gambir, dan interaksi antara lokasi dan tipe gambir. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang nyata, dilakukan uji lanjut DMRT pada taraf 5%.

RESULTS AND DISCUSSION

Lokasi budidaya

Tabel 1. Karakteristik lokasi budidaya gambir di Kecamatan Mungka

Lokasi budidaya	Kemiringan (m dpl)	Kemiringan lahan (°)	Umur tanaman (tahun)	Karakter iklim Kecamatan Mungka
Sungai Antuan	573	25	13	Suhu 24-28 °C; curah hujan 2.500-3.000 mm tahun ⁻¹
Simpang Kapuak	614	22	13	Suhu 24-28 °C; curah hujan 2.500-3.000 mm tahun ⁻¹
Talang Maur	546	21	13	Suhu 24-28 °C; curah hujan 2.500-3.000 mm tahun ⁻¹

Berdasarkan Tabel 1, tiga lokasi budidaya gambir di Kecamatan Mungka berada pada kisaran ketinggian 546–614 m dpl, yaitu Talang Maur pada 546 m dpl, Sungai Antuan pada 573 m dpl, dan Simpang Kapuak pada 614 m dpl. Kisaran tersebut menunjukkan bahwa seluruh lokasi penelitian berada pada kondisi elevasi menengah yang masih sesuai untuk pertumbuhan tanaman gambir. Munggari et al. (2022) mengatakan bahwa *Uncaria gambir* dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian sekitar 200–800 m dpl, dengan kebutuhan kondisi lingkungan yang relatif lembap, curah hujan tinggi, suhu sekitar 20–36 °C, dan kelembapan sekitar 70–85%. Dengan demikian, berdasarkan ketinggian lokasi budidaya, perbedaan elevasi sebesar 68 m antara lokasi terendah dan tertinggi dalam penelitian ini masih berada dalam rentang ekologis yang sesuai bagi budidaya gambir.

Meskipun seluruh lokasi berada pada kisaran ketinggian yang sesuai, perbedaan elevasi tetap berpotensi menyebabkan variasi kondisi mikroklimat, terutama suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan ketersediaan air. Faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi proses fisiologis tanaman, termasuk pertumbuhan vegetatif dan pembentukan metabolit sekunder. Pada tanaman teh (*Camellia sinensis*), ketinggian tempat dilaporkan memengaruhi komposisi metabolit daun, termasuk flavonoid dan polifenol, baik melalui faktor iklim maupun melalui sifat fisikokimia tanah dan komunitas mikroba (Tian et al., 2024; Ren et al., 2025; Cui et al., 2026). Namun, temuan pada teh tidak dapat langsung diekstrapolasi ke gambir karena arah dan besaran responsnya dapat berbeda antar spesies.

Secara umum, Kecamatan Mungka memiliki kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan gambir, dengan suhu sekitar 24–28 °C dan curah hujan tahunan sekitar 2.500–3.000 mm tahun⁻¹. Kondisi tersebut berada dalam kisaran lingkungan yang mendukung pertumbuhan gambir. Gambir diketahui dapat tumbuh pada berbagai kondisi elevasi dan secara historis banyak dibudidayakan

pada lahan dengan curah hujan relatif tinggi. Pemerintah Kabupaten Lima Puluh Kota juga mencatat bahwa gambir dapat tumbuh pada wilayah dengan elevasi yang cukup luas, meskipun kondisi kesesuaian optimum bergantung pada kombinasi faktor tanah, iklim, dan topografi. Perbedaan elevasi pada penelitian ini relatif kecil, tetapi tetap dapat mencerminkan perbedaan kondisi mikro lingkungan. Kenaikan elevasi umumnya diikuti perubahan suhu, kelembapan, radiasi, dan kondisi hidrologis, yang selanjutnya dapat memengaruhi respons morfologi tanaman.

Kemiringan lahan pada lokasi penelitian berkisar antara 21–25°, dengan kemiringan tertinggi ditemukan di Sungai Antuan (25°). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa gambir pada lokasi penelitian dibudidayakan pada lahan miring. Lahan miring berpotensi memengaruhi distribusi air, erosi, kedalaman dan kondisi tanah, serta efektivitas pengelolaan tanaman. Pada pertanaman gambir di Kabupaten Lima Puluh Kota, lahan miring merupakan karakter umum lokasi budidaya dan berpotensi meningkatkan risiko erosi. Namun, Riau et al. (2023) melaporkan bahwa kemiringan lahan tidak menunjukkan hubungan langsung dengan produksi gambir dalam lokasi penelitian mereka, antara lain karena petani menerapkan tindakan konservasi seperti penggunaan mulsa dan pertanaman campuran. Oleh karena itu, pada penelitian ini kemiringan lahan lebih tepat diperlakukan sebagai karakteristik lingkungan lokasi, bukan sebagai faktor tunggal yang dianggap menentukan produksi.

Keseragaman umur tanaman, yaitu sekitar 13 tahun, memberikan keuntungan metodologis karena tanaman yang dibandingkan berada pada fase umur yang relatif sama. Dengan demikian, perbedaan panjang, lebar, dan ketebalan daun maupun kandungan katekin yang ditemukan antar lokasi dan tipe lebih relevan untuk dikaji dalam kaitannya dengan perbedaan tipe tanaman dan lingkungan budidaya. Penelitian karakterisasi

gambir di Kabupaten Lima Puluh Kota juga menunjukkan pentingnya karakterisasi morfologi, anatomi, dan genetik dalam mengidentifikasi

sumber tanaman gambir yang berpotensi untuk pengembangan lebih lanjut.

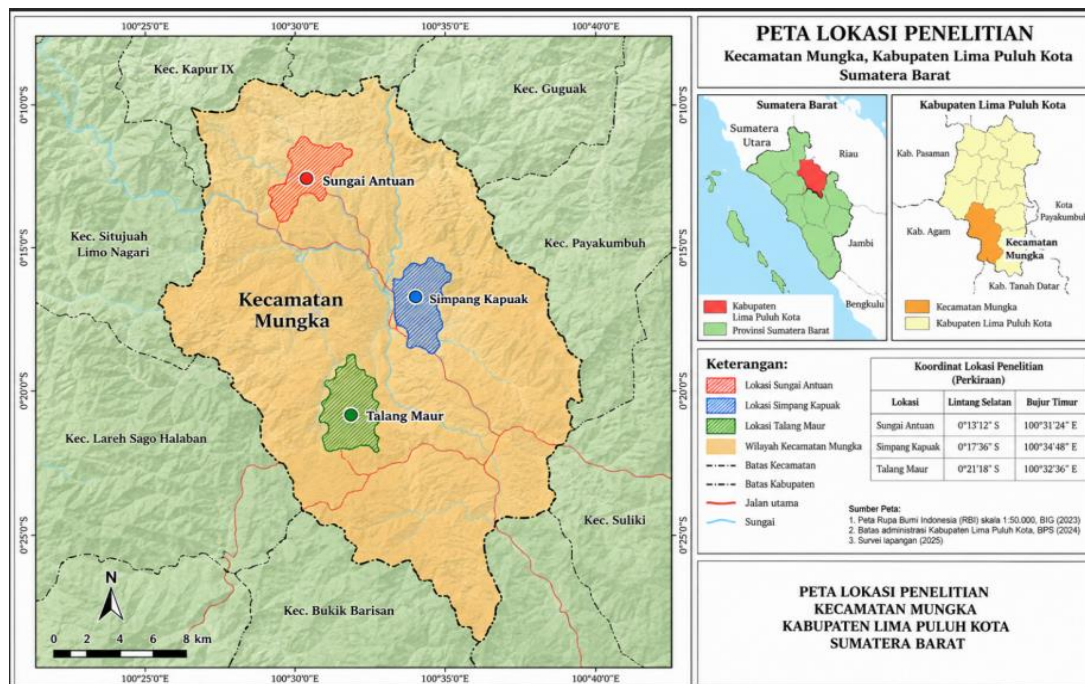


Figure 1. Peta wilayah penelitian gambir

Hasil analisis ragam

Tabel 2. Hasil analisis ragam dua arah terhadap karakter daun, produksi, dan kandungan katekin

Parameter	Sumber Keragaman	db	Nilai F	Nilai p
Panjang daun	Lokasi	2	0,187	0,831
	Tipe	2	5,627	0,007
	Lokasi × Tipe	4	0,911	0,468
Lebar daun	Lokasi	2	0,644	0,531
	Tipe	2	9,942	<0,001
	Lokasi × Tipe	4	0,798	0,534
Tebal daun	Lokasi	2	1,143	0,330
	Tipe	2	2,000	0,150
	Lokasi × Tipe	4	0,929	0,458
Produksi	Lokasi	2	0,436	0,650
	Tipe	2	0,680	0,513
	Lokasi × Tipe	4	0,151	0,962
Katekin	Lokasi	2	30,471	<0,001
	Tipe	2	26,261	<0,001
	Lokasi × Tipe	4	6,644	<0,001

Keterangan: $p < 0,05$ menunjukkan pengaruh yang nyata.

Hasil analisis ragam dua arah menunjukkan bahwa respons karakter morfologi, produksi, dan kandungan katekin gambir terhadap faktor lokasi dan tipe tidak sama (Tabel 2). Dari lima parameter yang diamati, panjang dan lebar daun secara nyata dipengaruhi oleh tipe gambir, sedangkan ketebalan daun dan produksi tidak dipengaruhi secara nyata oleh lokasi, tipe, maupun interaksi antara kedua faktor. Berbeda dengan parameter morfologi dan produksi, kandungan katekin menunjukkan

respons yang paling kuat karena dipengaruhi secara sangat nyata oleh lokasi, tipe gambir, serta interaksi lokasi $\times$ tipe ($p < 0,001$). Perbedaan respons menunjukkan bahwa karakter gambir dapat dikelompokkan menjadi karakter yang relatif stabil terhadap lingkungan, seperti ketebalan daun dan produksi pada kondisi penelitian ini, serta karakter yang lebih responsif terhadap variasi genetik dan lingkungan, terutama kandungan katekin.

Morfologi daun

Tabel 3. Rata-rata $\pm$ simpangan baku karakter morfologi daun berdasarkan tipe gambir

Tipe	Panjang daun (cm)	Lebar daun (cm)	Ketebalan daun (mm)
Cubadak	16,65 $\pm$ 1,31 b	9,18 $\pm$ 0,70 a	0,34 $\pm$ 0,03
Riau	17,89 $\pm$ 1,45 a	8,09 $\pm$ 0,67 b	0,33 $\pm$ 0,03
Udang	16,36 $\pm$ 1,10 b	7,90 $\pm$ 1,07 b	0,35 $\pm$ 0,03

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter morfologi daun gambir memberikan respons yang berbeda terhadap tipe tanaman. Panjang dan lebar daun dipengaruhi secara nyata oleh tipe gambir, sedangkan ketebalan daun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Tipe Riau menghasilkan daun paling panjang (17,89 $\pm$ 1,45 cm), sedangkan tipe Cubadak menghasilkan daun paling lebar (9,18 $\pm$ 0,70 cm). Pola tersebut menunjukkan bahwa ketiga tipe gambir memiliki karakter morfologi daun yang relatif berbeda, terutama pada dimensi dua arah daun, yaitu panjang dan lebar. Perbedaan karakter daun antartipe dapat mencerminkan adanya perbedaan genetik yang kemudian diekspresikan dalam bentuk fenotipik. Pada tanaman, bentuk dan ukuran daun merupakan karakter yang dapat mengalami variasi baik pada tingkat antarspesies maupun intraspesies dan dapat dipengaruhi oleh faktor genetik serta lingkungan (Nakayama, 2024; Schneider et al., 2026).

Perbedaan panjang daun pada penelitian ini menunjukkan bahwa tipe Riau memiliki kecenderungan membentuk helaian daun yang lebih memanjang dibandingkan tipe Cubadak dan Udang. Sebaliknya, tipe Cubadak memiliki lebar daun paling tinggi. Dengan demikian, perbedaan antartipe bukan sekadar menunjukkan perbedaan ukuran daun secara umum, tetapi juga dapat menunjukkan perbedaan proporsi bentuk helaian

daun. Hasil ini sejalan dengan penelitian karakterisasi gambir yang menunjukkan bahwa karakter panjang dan lebar daun dapat digunakan untuk membedakan tipe gambir. Penelitian terdahulu terhadap beberapa tipe gambir di Sumatera Barat juga melaporkan adanya perbedaan nyata pada panjang dan lebar daun, sedangkan karakter kualitatif tertentu dapat menunjukkan tingkat kesamaan antar tipe. Temuan tersebut juga didukung oleh penelitian Hera et al. (2023) yang menunjukkan adanya variasi karakter morfologi pada tanaman gambir, termasuk panjang dan lebar daun, pada populasi gambir yang diamati di Riau. Meskipun penelitian tersebut dilakukan pada gambir liar dan lingkungan yang berbeda dari penelitian ini, hasilnya memperkuat bahwa karakter dimensi daun merupakan karakter fenotipik yang informatif dalam proses identifikasi dan karakterisasi gambir.

Perbedaan antara tipe Riau dan Cubadak pada panjang serta lebar daun dapat dikaitkan dengan karakter genetik masing-masing tipe. Penelitian Wardi et al. (2024) menunjukkan adanya variasi genetik yang cukup besar pada beberapa genotipe gambir di Sumatera Barat yang diikuti oleh variasi profil katekin. Hal tersebut menunjukkan bahwa populasi atau tipe gambir yang secara fenotipik berbeda dapat pula memiliki perbedaan pada tingkat genetik. Penelitian Audina et al. (2025) juga menemukan tujuh haplotipe pada 28 aksesi gambir

dari beberapa populasi di Sumatera Barat, meskipun tingkat keragaman haplotipe berbeda antarpopulasi. Dengan demikian, perbedaan panjang dan lebar daun yang ditemukan pada penelitian ini dapat dipandang sebagai salah satu ekspresi fenotipik yang berpotensi berkaitan dengan latar belakang genetik tipe tanaman. Tipe Cubadak mempunyai daun paling lebar, tetapi bukan daun paling panjang, sedangkan tipe Riau mempunyai daun paling panjang tetapi lebih sempit. Pola tersebut menunjukkan bahwa panjang dan lebar daun tidak selalu berubah secara proporsional. Kondisi ini menghasilkan perbedaan bentuk atau rasio panjang terhadap lebar daun.

Tebal daun tidak dipengaruhi secara nyata oleh lokasi, tipe, maupun interaksi lokasi $\times$ tipe. Nilai ketebalan daun yang relatif sempit, yaitu sekitar 0,33–0,35 mm, menunjukkan bahwa karakter ini relatif stabil pada tanaman yang diamati. Tidak adanya perbedaan nyata tersebut dapat menunjukkan bahwa ketebalan daun memiliki respons fenotipik yang lebih rendah terhadap variasi tipe dan kondisi lokasi penelitian dibandingkan panjang dan lebar daun. Secara umum, karakter daun tidak seluruhnya mempunyai tingkat plastisitas yang sama. Respons suatu karakter terhadap lingkungan dapat berbeda tergantung pada proses perkembangan dan regulasi genetik yang mendasarinya (Schneider *et al.*, 2026). Dengan demikian, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa panjang dan lebar daun lebih mampu membedakan tipe gambir yang diteliti dibandingkan ketebalan daun.

Tidak adanya pengaruh lokasi maupun interaksi lokasi $\times$ tipe terhadap panjang dan lebar daun juga merupakan temuan penting. Ketiga lokasi penelitian berada dalam wilayah Kecamatan Mungka dan tanaman yang digunakan relatif seragam umurnya, sehingga perbedaan kondisi lingkungan yang ada kemungkinan belum cukup besar untuk menghasilkan perubahan nyata pada karakter morfologi tersebut. Secara konseptual, daun merupakan organ yang sangat responsif terhadap lingkungan, termasuk cahaya, suhu, ketersediaan air, dan kondisi nutrisi. Namun, respons tersebut tidak selalu menghasilkan perubahan morfologi yang nyata apabila perbedaan lingkungan berada dalam kisaran yang masih dapat ditoleransi oleh tanaman (Nakayama, 2024).

Hasil ini juga menunjukkan bahwa pengaruh tipe lebih konsisten dibandingkan pengaruh lokasi terhadap karakter morfologi daun. Hal tersebut penting karena ketiga tipe yang digunakan merupakan tipe gambir yang telah dikenal dan dibudidayakan di Sumatera Barat. Penelitian Audina *et al.* (2025) menunjukkan bahwa aksesori Udang, Riau Besar, Riau Kecil, dan Cubadak memiliki hubungan genetik yang dapat dianalisis berdasarkan penanda ITS. Sementara itu, Wardi *et al.* (2024) menemukan variasi genetik antargenotipe gambir menggunakan penanda SRAP. Kedua penelitian tersebut memberikan dasar bahwa variasi tipe gambir tidak semata-mata merupakan perbedaan berdasarkan penamaan lokal, tetapi dapat berhubungan dengan keragaman biologis yang dapat terdeteksi secara genetik.

Dari perspektif karakterisasi tanaman, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa panjang dan lebar daun berpotensi digunakan sebagai karakter fenotipik untuk membantu membedakan tipe Cubadak, Riau, dan Udang di Kecamatan Mungka. Namun, penggunaan karakter tersebut sebaiknya tidak dilakukan secara tunggal karena terdapat kemungkinan variasi fenotipik akibat umur daun, posisi daun pada tajuk, kondisi lingkungan, dan pengelolaan tanaman. Penggunaan beberapa karakter secara simultan akan meningkatkan ketepatan identifikasi tipe.

Secara agronomis, perbedaan dimensi daun juga memiliki implikasi terhadap potensi pembentukan biomassa daun karena ukuran daun berhubungan dengan luas permukaan fotosintetik. Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan morfologi daun tidak secara otomatis dapat digunakan untuk menyimpulkan perbedaan produksi. Hal ini penting karena produksi tanaman merupakan karakter kompleks yang dipengaruhi oleh banyak komponen, termasuk jumlah daun, percabangan, umur tanaman, frekuensi panen, kondisi lingkungan, dan pengelolaan tanaman. Oleh karena itu, hubungan antara ukuran daun dan produksi perlu dianalisis lebih lanjut menggunakan korelasi atau regresi, bukan hanya berdasarkan perbedaan rata-rata morfologi.

Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe gambir merupakan faktor yang lebih berperan dalam membentuk variasi panjang dan

lebar daun dibandingkan lokasi budidaya pada kondisi penelitian ini. Tipe Riau dicirikan oleh daun yang relatif lebih panjang, sedangkan tipe Cubadak memiliki daun yang relatif lebih lebar. Ketebalan daun relatif stabil pada ketiga tipe. Pola tersebut memperkuat pentingnya karakter morfologi

kuantitatif sebagai bagian dari karakterisasi gambir, tetapi sekaligus menunjukkan bahwa identifikasi tipe sebaiknya menggunakan kombinasi beberapa karakter fenotipik dan, apabila diperlukan, dikonfirmasi dengan karakter genetik.

Produksi daun

Tabel 4. Rata-rata $\pm$ simpangan baku produksi daun (kg tanaman^{-1}) berdasarkan lokasi dan tipe gambir.

Lokasi	Cubadak	Riau	Udang
Sungai Antuan	6,96 $\pm$ 1,39	6,44 $\pm$ 1,12	7,32 $\pm$ 0,95
Simpang Kapuak	6,94 $\pm$ 0,76	6,34 $\pm$ 1,53	6,64 $\pm$ 1,52
Talang Maur	7,28 $\pm$ 1,55	6,90 $\pm$ 1,28	7,04 $\pm$ 1,18

Produksi daun gambir tidak dipengaruhi secara nyata oleh lokasi budidaya ($F = 0,436$; $p = 0,650$), tipe gambir ($F = 0,680$; $p = 0,513$), maupun interaksi lokasi $\times$ tipe ($F = 0,151$; $p = 0,962$). Produksi pada seluruh kombinasi perlakuan berada pada kisaran 6,34–7,32 kg tanaman^{-1} . Secara numerik, tipe udang memiliki rata-rata produksi tertinggi, yaitu 7,32 $\pm$ 0,95 kg tanaman^{-1} , tetapi perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik. Hasil ini menunjukkan bahwa pada kondisi pertanaman di Kecamatan Mungka, variasi lokasi budidaya dan tipe gambir belum menghasilkan perbedaan produksi daun yang cukup besar dibandingkan variasi antartanaman dalam masing-masing kelompok.

Tidak adanya pengaruh lokasi terhadap produksi daun dapat berkaitan dengan kondisi lingkungan ketiga lokasi yang relatif berdekatan. Ketiga lokasi penelitian berada pada kisaran ketinggian 546–614 m dpl, sehingga rentang elevasinya hanya sekitar 68 m. Dalam kondisi seperti ini, perbedaan faktor lingkungan yang berkaitan dengan elevasi kemungkinan belum cukup besar untuk menghasilkan diferensiasi produksi daun yang nyata. Hasil tersebut sejalan dengan Rela *et al.* (2023), yang melaporkan bahwa ketinggian tempat tumbuh tidak menunjukkan hubungan yang nyata dengan produktivitas gambir

di Kabupaten Lima Puluh Kota. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa kemiringan lahan tidak berhubungan langsung dengan produksi, sedangkan variasi produktivitas di lapangan berkaitan dengan faktor lain, antara lain jenis tanah, proses pemeliharaan, sistem pertanaman, dan kondisi pengelolaan kebun (Rela *et al.*, 2023).

Produksi daun pada tanaman tahunan pada dasarnya merupakan karakter kompleks yang terbentuk melalui interaksi antara potensi genetik tanaman, kondisi lingkungan, ukuran tajuk, serta pengelolaan tanaman. Pada gambir, bagian yang dipanen terutama berupa daun dan ranting muda, sehingga kemampuan tanaman membentuk kembali tajuk setelah panen menjadi komponen penting dalam menentukan produksi berikutnya. Dengan demikian, jumlah dan distribusi cabang produktif, luas tajuk, serta riwayat pemangkasan dan pemanenan berpotensi memberikan kontribusi besar terhadap jumlah biomassa daun yang dapat dipanen. Secara fisiologis, produksi biomassa merupakan hasil integrasi berbagai proses pertumbuhan dan hubungan source–sink, sehingga satu karakter morfologi saja tidak selalu dapat menjelaskan produktivitas tanaman secara keseluruhan.

Keseragaman umur tanaman dalam penelitian ini, yaitu sekitar 13 tahun, kemungkinan turut

mengurangi variasi produksi yang bersumber dari fase perkembangan tanaman. Namun, kesamaan umur kronologis tidak selalu menunjukkan kesamaan ukuran dan kapasitas produksi tanaman. Tanaman dengan umur yang sama dapat memiliki ukuran tajuk, jumlah cabang produktif, luas daun total, dan riwayat pemangkasan yang berbeda akibat perbedaan pengelolaan sebelumnya. Oleh karena itu, variasi produksi antartanaman yang tercermin dari simpangan baku sebesar 0,76–1,55 kg tanaman⁻¹ kemungkinan tidak hanya berkaitan dengan tipe atau lokasi, tetapi juga dengan heterogenitas kondisi individu tanaman dan pengelolaan kebun petani.

Tidak adanya pengaruh nyata tipe gambir terhadap produksi juga menarik karena pada penelitian ini tipe tanaman memberikan pengaruh nyata terhadap panjang dan lebar daun. Tipe Riau memiliki daun lebih panjang, sedangkan Cubadak memiliki daun lebih lebar, tetapi perbedaan karakter morfologi tersebut tidak diikuti oleh perbedaan produksi daun yang nyata. Temuan ini menunjukkan bahwa ukuran individual daun bukan satu-satunya komponen penentu produksi biomassa daun per tanaman. Produksi per tanaman merupakan hasil kumulatif dari ukuran daun, jumlah daun, jumlah dan panjang cabang produktif, kerapatan tajuk, laju pembentukan daun baru, serta kehilangan daun akibat senesens atau gangguan lainnya. Oleh sebab itu, tanaman dengan daun individual yang lebih besar belum tentu menghasilkan biomassa daun total yang lebih tinggi apabila jumlah daun atau jumlah cabang produktifnya lebih rendah.

Dari aspek genetik, tidak adanya perbedaan produksi antartipe tidak berarti bahwa Cubadak, Riau, dan Undang memiliki karakter genetik yang sama. Wardi et al. (2024) menemukan adanya keragaman genetik dan kimia pada beberapa genotipe *Uncaria gambir* di Sumatera Barat, sedangkan Audina et al. (2025) menunjukkan adanya keragaman haplotipe pada aksesori gambir yang berasal dari beberapa sentra produksi di

Sumatera Barat. Dengan demikian, variasi genetik pada gambir dapat terekspresi secara berbeda pada karakter tertentu. Pada penelitian ini, perbedaan tipe lebih jelas tercermin pada karakter morfologi daun dan kandungan katekin daripada pada produksi biomassa daun. Hal ini menunjukkan bahwa setiap karakter kuantitatif dapat memiliki tingkat respons yang berbeda terhadap variasi genetik dan lingkungan.

Tidak signifikannya interaksi lokasi × tipe ($p = 0,962$) menunjukkan bahwa respons produksi ketiga tipe relatif konsisten pada tiga lokasi yang diamati. Dengan kata lain, tidak terdapat bukti statistik bahwa suatu tipe mengalami peningkatan atau penurunan produksi yang berbeda secara khusus ketika ditanam pada lokasi tertentu. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi daun gambir pada ketiga lokasi di Kecamatan Mungka relatif stabil terhadap variasi lokasi dan tipe yang diuji.

Tidak adanya perbedaan produksi yang nyata menunjukkan bahwa produksi daun kemungkinan lebih ditentukan oleh faktor pengelolaan dan ukuran tanaman dibandingkan oleh lokasi maupun tipe gambir. Produksi per tanaman dapat dipengaruhi oleh umur dan ukuran tanaman, sejarah pemangkasan, jarak tanam, pemupukan, frekuensi panen, kondisi kebun, dan jumlah cabang produktif. Faktor-faktor tersebut tidak diukur dalam penelitian ini dan kemungkinan bervariasi antar kebun petani, sehingga variasi antar tanaman dalam satu kombinasi (simpangan baku 0,76–1,55 kg tanaman⁻¹; Tabel 4) dapat menutupi perbedaan antar lokasi maupun tipe.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan katekin gambir dipengaruhi sangat nyata oleh lokasi budidaya ($F = 30,471$; $p < 0,001$), tipe gambir ($F = 26,261$; $p < 0,001$), serta interaksi lokasi × tipe ($F = 6,644$; $p < 0,001$). Hasil ini menunjukkan bahwa akumulasi katekin merupakan karakter yang responsif terhadap kombinasi faktor genetik tanaman dan kondisi tempat tumbuh. Berbeda dengan produksi daun

yang tidak menunjukkan pengaruh nyata dari lokasi, tipe, maupun interaksi keduanya, kandungan katekin menunjukkan pola respons yang lebih kompleks. Perbedaan respons antara biomassa dan metabolit sekunder tersebut secara fisiologis memungkinkan terjadi karena

Kandungan Katekin

Tabel 5. Interaksi antara lokasi budidaya dan tipe gambir terhadap kandungan katekin (%).

Lokasi	Cubadak	Riau	Udang
Sungai Antuan	18,23 ± 0,59 a	18,13 ± 1,25 ab	17,08 ± 0,50 b
Simpang Kapuak	20,84 ± 0,73 a	17,64 ± 0,54 b	17,83 ± 1,01 b
Talang Maur	17,46 ± 0,33 a	16,49 ± 0,65 ab	16,25 ± 0,19 b

Keterangan: Nilai merupakan rata-rata ± simpangan baku, n=5. Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan DMRT 5%.

Kombinasi tipe Cubadak pada lokasi Simpang Kapuak menghasilkan kandungan katekin tertinggi, yaitu 20,84 ± 0,73%. Pada lokasi yang sama, nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan tipe Riau (17,64 ± 0,54%) dan Udang (17,83 ± 1,01%). Perbedaan sebesar 3,20 dan 3,01 poin persentase tersebut menunjukkan bahwa keunggulan Cubadak dalam akumulasi katekin paling jelas terlihat di Simpang Kapuak. Sebaliknya, perbedaan Cubadak dengan Riau dan Udang di Sungai Antuan masing-masing hanya 0,10 dan 1,15 poin persentase, sedangkan di Talang Maur masing-masing sebesar 0,97 dan 1,21 poin persentase. Pola tersebut memperlihatkan bahwa besarnya keunggulan suatu tipe tidak konstan antar lokasi, sehingga kandungan katekin tidak hanya mencerminkan perbedaan antartipe tetapi juga respons tipe terhadap kondisi tempat tumbuh.

Variasi antartipe yang ditemukan dalam penelitian ini sejalan dengan Wardi et al. (2024), yang menunjukkan adanya keragaman genetik pada genotipe gambir di Sumatera Barat yang disertai perbedaan profil dan konsentrasi katekin. Hasil tersebut memberikan dasar bahwa perbedaan kandungan katekin antartipe yang diamati dalam penelitian ini dapat berkaitan dengan perbedaan genetik tanaman. Variasi kandungan katekin berdasarkan lokasi juga

pembentukan metabolit sekunder diatur oleh jalur metabolisme yang berbeda dari proses akumulasi biomassa dan sangat dipengaruhi oleh faktor genetik maupun lingkungan (Qaderi et al., 2023; Munggari et al., 2022).

didukung oleh penelitian Pazla et al. (2025), yang mengindikasikan bahwa asal geografis atau lingkungan pertumbuhan dapat berkaitan dengan variasi komposisi kimia gambir.

Interaksi lokasi × tipe yang sangat nyata menunjukkan bahwa pola respons ketiga tipe gambir tidak sepenuhnya sama pada setiap lokasi. Hal tersebut terlihat dari perubahan besarnya perbedaan antartipe dan perubahan urutan relatif antara Riau dan Udang. Di Sungai Antuan, kandungan katekin Riau (18,13 ± 1,25%) lebih tinggi secara numerik daripada Udang (17,08 ± 0,50%), sedangkan di Simpang Kapuak Udang (17,83 ± 1,01%) sedikit lebih tinggi daripada Riau (17,64 ± 0,54%). Di Talang Maur, pola kembali berubah dengan Riau (16,49 ± 0,65%) lebih tinggi daripada Udang (16,25 ± 0,19%). Perubahan pola tersebut merupakan indikasi kuat bahwa performa tipe dalam menghasilkan katekin bergantung pada lokasi budidayanya.

Secara fisiologis, respons tersebut dapat terjadi karena metabolisme sekunder tanaman sangat sensitif terhadap kondisi lingkungan. Cahaya, suhu, ketersediaan air, kesuburan tanah, dan berbagai bentuk cekaman abiotik dapat memengaruhi biosintesis dan akumulasi senyawa fenolik serta metabolit sekunder lainnya (Qaderi et al., 2023).

Respons tersebut tidak selalu sama untuk setiap tanaman atau genotipe karena kemampuan tanaman dalam merespons lingkungan juga dipengaruhi oleh karakter genetiknya. Oleh karena itu, perbedaan kandungan katekin antara tipe Cubadak, Riau, dan Udang pada lokasi yang berbeda merupakan hasil dari respons spesifik tanaman terhadap lingkungan, bukan semata-mata akibat perbedaan lokasi atau tipe secara terpisah.

Kandungan katekin yang lebih tinggi pada Simpang Kapuak perlu diinterpretasikan. Berdasarkan data lingkungan yang tersedia, Simpang Kapuak memiliki elevasi 614 m dpl, lebih tinggi dibandingkan Sungai Antuan (573 m dpl) dan Talang Maur (546 m dpl). Secara deskriptif, urutan rata-rata kandungan katekin juga mengikuti urutan tersebut, yaitu Simpang Kapuak (18,77%) > Sungai Antuan (17,81%) > Talang Maur (16,73%). Namun, hubungan tersebut belum dapat digunakan untuk menyimpulkan bahwa semakin tinggi elevasi maka semakin tinggi kandungan katekin. Jumlah lokasi hanya tiga dan elevasi merupakan salah satu dari banyak faktor lingkungan yang berubah secara bersamaan. Literatur metabolisme sekunder menunjukkan bahwa respons senyawa fenolik terhadap lingkungan merupakan hasil interaksi berbagai faktor, termasuk temperatur, cahaya, air, dan nutrisi, sehingga pengaruh satu faktor tidak dapat dipisahkan tanpa pengukuran dan rancangan percobaan yang sesuai (Qaderi et al., 2023).

Perbedaan kandungan katekin juga dapat dikaitkan dengan kondisi mikroklimat yang tidak diukur secara langsung dalam penelitian ini. Intensitas cahaya dan kualitas cahaya, misalnya, merupakan faktor penting yang dapat memengaruhi metabolisme fenolik karena perubahan kondisi cahaya dapat mengubah aktivitas jalur biosintesis metabolit sekunder. Demikian pula, suhu dan ketersediaan air dapat memengaruhi keseimbangan karbon tanaman serta respons terhadap cekaman, yang selanjutnya dapat mengubah akumulasi metabolit sekunder (Qaderi et al., 2023).

Kondisi tanah juga merupakan faktor potensial yang perlu dipertimbangkan karena ketersediaan unsur hara dan kondisi kimia tanah dapat memengaruhi pertumbuhan sekaligus metabolisme sekunder tanaman. Review mengenai regulasi metabolit sekunder menunjukkan bahwa kesuburan tanah dan ketersediaan nutrisi dapat memengaruhi kandungan senyawa bioaktif tanaman, meskipun arah dan besarnya respons sangat bergantung pada spesies dan senyawa yang diamati (Verpoorte et al., 2022; Qaderi et al., 2023). Dengan demikian, apabila kandungan katekin Cubadak di Simpang Kapuak ingin dikaitkan dengan karakter tanah, diperlukan data pH, C-organik, N-total, P-tersedia, K-dd, kelembapan tanah, dan karakteristik tanah lainnya dari masing-masing lokasi.

Faktor umur tanaman relatif tidak menjadi sumber utama perbedaan antar lokasi dalam penelitian ini karena seluruh tanaman yang digunakan berumur sekitar 13 tahun. Keseragaman umur tersebut merupakan kelebihan desain penelitian karena mengurangi kemungkinan bahwa perbedaan perkembangan tanaman menjadi penyebab utama variasi kandungan katekin. Namun demikian, umur tanaman secara kronologis tidak sepenuhnya menggambarkan umur fisiologis daun yang dianalisis. Tingkat perkembangan dan umur daun dapat memengaruhi akumulasi metabolit sekunder, dan daun muda pada sejumlah spesies dapat memiliki pola akumulasi metabolit yang berbeda dibandingkan daun yang lebih tua (Qaderi et al., 2023).

Aspek metodologis lain yang perlu diperhatikan adalah basis bahan yang digunakan dalam analisis. Sampel pada penelitian ini berasal dari daun segar dengan bobot 0,125 g. Apabila hasil kandungan katekin dihitung berdasarkan bobot bahan segar, variasi kadar air daun antar lokasi dapat memengaruhi nilai konsentrasi yang diperoleh. Kandungan air yang berbeda dapat menyebabkan kandungan suatu senyawa tampak lebih tinggi atau

lebih rendah ketika dinyatakan berdasarkan bobot segar, meskipun jumlah senyawa berdasarkan bobot kering relatif sama.

CONCLUSIONS

Tipe gambir berpengaruh nyata terhadap karakter morfologi daun, terutama panjang dan lebar daun. Tipe Riau menghasilkan daun terpanjang ($17,89 \pm 1,45$ cm), sedangkan tipe Cubadak menghasilkan daun terlebar ($9,18 \pm 0,70$ cm). Ketebalan daun tidak menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan lokasi maupun tipe gambir.

Produksi daun tidak dipengaruhi secara nyata oleh lokasi budidaya, tipe gambir, maupun interaksi lokasi $\times$ tipe, dengan produksi berkisar antara 6,34–7,32 kg tanaman⁻¹.

Kandungan katekin dipengaruhi sangat nyata oleh lokasi, tipe gambir, dan interaksi lokasi $\times$ tipe ($p < 0,001$). Kandungan katekin tertinggi diperoleh pada kombinasi tipe Cubadak di Simpang Kapuak, yaitu $20,84 \pm 0,73\%$. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan katekin lebih responsif terhadap kombinasi tipe tanaman dan lokasi budidaya dibandingkan produksi daun.

ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih kepada petani gambir di Sungai Antuan, Simpang Kapuak, dan Talang Maur, Kecamatan Mungka, yang telah memberikan akses terhadap kebun gambir serta membantu selama pelaksanaan pengambilan sampel di lapangan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Analitik Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh atas dukungan dalam pelaksanaan analisis kandungan katekin. Dan tak lupa ucapan terima kasih kepada Politeknik Pertanian yang telah memberikan dana penelitian Hibah DIPA kepada seluruh staf pengajar.

REFERENCE

- Anggraini, T., Neswati, & Asben, A. (2019). Gambir quality from West Sumatra Indonesia processed with traditional extraction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 347(1), 012066. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/347/1/012066>
- Arundita, S., Ismed, F., Rita, R. S., & Putra, D. P. (2020). (+)-Catechin & proanthocyanidin fraction of *Uncaria gambir* Roxb. improve adipocytes differentiation & glucose uptake of 3T3-L1 cells via Sirtuin-1, PPAR γ , and GLUT-4 expressions. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 10(4), 602–609. <https://doi.org/10.34172/apb.2020.072>
- Asmarhansyah, & Hafif, B. (2021). Soil fertility evaluation and quality of gambier (*Uncaria gambir* Roxb) in Kundur, Kepulauan Riau. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 648(1), 012169. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012169>
- Audina, Z., Syamsuardi, Mildawati, Nurainas, & Christy, P. (2025). Haplotype diversity of *Uncaria gambir* (W. Hunter) Roxb. landraces in West Sumatra, Indonesia, based on internal transcribed spacer (ITS) markers. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 57(5), 2024–2035. <https://doi.org/10.54910/sabrado2025.57.5.23>
- Cui, J., Yang, Y., Che, Y., Yan, L., Zhang, Q., Wei, Q., Li, J., Zhou, J., & Wang, B. (2026). Altitude-dependent differences in non-volatile metabolites of tea leaves revealed by widely targeted metabolomics. *Biology*, 15(3), 224. <https://doi.org/10.3390/biology15030224>
- Faadhilah, A., Widjastuti, T., & Adriani, L. (2025). Identification of antioxidant levels, catechin, tannin, crude protein, and crude fiber from the fermentation of gambir leaves (*Uncaria gambir* R.) using *Rhizopus oligosporus* and *Lactobacillus plantarum*. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 12(1), 112–118. <https://doi.org/10.24198/ijpst.v12i1.54763>

- Hera, N., Kurniawan, R. T., Arminudin, A. T., & Septirosya, T. (2023). Identifikasi dan deskripsi morfologi gambir liar (*Uncaria gambir* (Hunter) Roxb.) pada tiga kecamatan di Kota Pekanbaru. *Jagur Jurnal Agroteknologi*, 5(2), 56–61. <https://doi.org/10.25077/jagur.5.2.56-61.2023>
- Ismail, A. S., Rizal, Y., Armenia, & Kasim, A. (2021). Identification of bioactive compounds in gambir (*Uncaria gambir*) liquid by-product in West Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 22, 1474–1480. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220351>
- Munggari, I. P., Kurnia, D., Deawati, Y., & Julaeah, E. (2022). Current research of phytochemical, medicinal and non-medicinal uses of *Uncaria gambir* Roxb.: A review. *Molecules*, 27(19), 6551. <https://doi.org/10.3390/molecules27196551>
- Nakayama, H. (2024). Leaf form diversity and evolution: A never-ending story in plant biology. *Journal of Plant Research*, 137(4), 547–560. <https://doi.org/10.1007/s10265-024-01541-4>
- Pazla, R., Natsir, A., Hidayat, R., Ginting, N., Zain, M., Antonius, Ikhlas, Z., Rosani, U., Utami, B. V., & Sucitra, L. S. (2025). Regional variation in antinutrient content of gambir (*Uncaria gambir*): Implications for ruminant feed efficiency and methane reduction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1497(1), 012051. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1497/1/012051>
- Qaderi, M. M., Martel, A. B., & Strugnell, C. A. (2023). Environmental factors regulate plant secondary metabolites. *Plants*, 12(3), 447. <https://doi.org/10.3390/plants12030447>
- Rela, S., Sribudiani, E., & Darlis, V. V. (2023). Kaitan produksi tanaman gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) berdasarkan ketinggian tempat tumbuh di Kabupaten Lima Puluh Kota. *Jurnal Ilmu-Ilmu Kehutanan*, 7(1), 1–8. <https://jiiik.ejournal.unri.ac.id/index.php/JIIK/article/download/53/40>
- Ren, X., Lin, M., Liu, J., Khan, W., Zhao, H., Sun, B., Liu, S., & Zheng, P. (2025). Effects of altitude on tea composition: Dual regulation by soil physicochemical properties and microbial communities. *Plants*, 14(11), 1642. <https://doi.org/10.3390/plants14111642>
- Rosalina, L., Sukma, M., Nelva, H., Mentari, T. A. S., Susanti, R., Amran, R., Yuniarti, E., & Azzahra, N. (2025). Bibliometric analysis of Indonesian herbal plant gambir (*Uncaria gambir* Roxb.). *Multidisciplinary Reviews*, 8(7), 2025215. <https://doi.org/10.31893/multirev.2025215>
- Schneider, R., Bäurle, I., Nikoloski, Z., & Lenhard, M. (2026). Plant phenotypic plasticity: From molecular mechanisms to breeding and climate change adaptation. *Annual Review of Plant Biology*, 77, 707–731. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-063025-111942>
- Sulastri, S., Enati, N. P., Fefriyanti, D. S., Agustia, R., & Yuliatr. (2025). Exploration and characterization parental strain of the gambir (*Uncaria gambir* (Hunter) Roxb.) in Lima Puluh Kota Regency. *JERAMI: Indonesian Journal of Crop Science*, 7(2), 35–38. <https://doi.org/10.25077/jijcs.v7i2.179>
- Tian, X., Chen, S., Zhong, Q., Wang, J., Chen, J., Chen, L., Moon, D., & Ma, J. (2024). Widely targeted metabolomics analysis reveals the effect of cultivation altitude on tea metabolites. *Agronomy*, 14(4), 812. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040812>
- Vani, A. T., Triansyah, I., Dewi, N. P., Abdullah, D., & Zulkarnaini, A. (2026). Kadar katekin dan aktivitas antioksidan gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) di Indonesia: Tinjauan literatur 10 tahun terakhir (2015–2025). *Nusantara Hasana Journal*, 5(8). <https://doi.org/10.59003/nhj.v5i8.1862>

- Verpoorte, R., Witkamp, G.-J., & Choi, Y. H. (2022). Preface: Natural deep eutectic solvents: A third liquid phase in living organisms? Discovery, theory, biology and applications. *Advances in Botanical Research*, 97, xv–xxii. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(21\)00010-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(21)00010-0)
- Wardi, E. S., Syukur, S., Chaidir, Z., & Jamsari. (2022). DNA barcoding for the discrimination of *Uncaria gambir* and its closely related species using internal transcribed spacer genes. *F1000Research*, 11, 106. <https://doi.org/10.12688/f1000research.74254.1>
- Wardi, E. S., Syukur, S., Chaidir, Z., & Jamsari. (2024). Genotypic identification and catechin profiling of *Uncaria gambir* in West Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(3), 1151–1158. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250330>
- Yunarto, N., Calvin, C. C., Sulistyowati, I., Oktoberia, I. S., Reswandaru, U. N., Elya, B., Sauriasari, R., & Mihardja, L. K. (2023). Development and validation of a high-performance liquid chromatography-based method for catechin isolated from the leaves of gambir (*Uncaria gambir* Roxb.). *Tropical Journal of Natural Product Research*, 7(3), 2569–2573. <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v7i3.16>
- Yunarto, N., Ismaya, N. A., Reswandaru, U. N., Hermiyanti, E., Gumilang, N. C., & Salina, F. (2024). In vivo study of uric acid inhibitory of catechin from gambir [*Uncaria gambir* (Hunter) Roxb.] in male rats. *Journal of Pharmaceutical and Pharmacognosy Research*, 14(1).
- Yunarto, N., Sulistyowati, I., Elya, B., Sauriasari, R., & Mihardja, L. K. (2024). Evaluation of film-coated tablets of ethyl acetate fraction of *Uncaria gambir* Roxb. (Hunter) Roxb. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 8(1), 5908–5912. <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v8i1.28>