

Pengaruh Ketinggian Tempat Tumbuh terhadap Profil Senyawa Kurkumin pada Rimpang Kunyit (*Curcuma longa* L.) di Desa Nunsanen Kabupaten Kupang

Pricilia Rilyn Restifanny Marolly^{a, 1*}, Muntasir^{a, 2}, Nurul Fatmawati Pua Upa^{a, 3}

^a Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Kedokteran Hewan, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto, Penfui, Kupang, 85 001

¹picimarolly@gmail.com*; ²muntasir@staf.undana.ac.id; ³nurul.upa@staf.undana.ac.id

*korespondensi penulis

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
Sejarah artikel: Diterima : 19-06-2026 Revisi : 25-06-2026 Disetujui : 27-06-2026 Kata kunci: <i>Curcuma longa</i> L. Profil senyawa kurkumin Ketinggian tempat tumbuh HPLC Nunsanen Key word: <i>Curcuma longa</i> L. Curcumin profile Growth altitude HPLC Nunsanen	Kunyit (<i>Curcuma longa</i> L.) mengandung kurkumin sebagai senyawa bioaktif utama dengan berbagai aktivitas farmakologis. Kandungan kurkumin dipengaruhi oleh faktor lingkungan, salah satunya ketinggian tempat tumbuh. Penelitian bertujuan menganalisis pengaruh ketinggian tanam terhadap profil senyawa kurkumin dan menentukan zona ketinggian yang menghasilkan kandungan kurkumin optimal pada rimpang kunyit. Desain penelitian observasional komparatif dengan pendekatan survei lapangan. Sampel adalah rimpang kunyit zona rendah (540,14 mdpl), zona menengah (689,53 mdpl) dan zona tinggi (871,19 mdpl). Metode analisis yang digunakan adalah TLC dan HPLC dengan detektor UV pada panjang gelombang 425 nm. Analisis data menggunakan uji <i>One-Way</i> ANOVA dan <i>Tukey</i> HSD. Hasil TLC diperoleh nilai Rf berkisar antara 0,88-0,94 mendekati standar (0,94). Hasil HPLC menunjukkan kandungan kurkumin tertinggi di zona tinggi (32,62 mg/g), zona menengah (21,84 mg/g) dan zona rendah (19,35 mg/g). Hasil uji <i>One-Way</i> ANOVA menemukan perbedaan signifikan. Uji <i>Tukey</i> HSD menemukan perbedaan signifikan antara zona tinggi dan zona rendah serta menengah, sedangkan zona rendah dan menengah tidak signifikan. Variasi ketinggian tempat tumbuh terbukti berpengaruh signifikan terhadap profil senyawa kurkumin pada rimpang kunyit di Desa Nunsanen, Kabupaten Kupang, di mana semakin tinggi lokasi penanaman, kadar kurkumin yang dihasilkan cenderung meningkat. Di antara tiga zona yang diteliti, zona tinggi (871,19 mdpl) terbukti menghasilkan kadar kurkumin paling tinggi dan optimal. Dataran tinggi di Desa Nunsanen direkomendasikan sebagai lokasi budidaya strategis untuk menghasilkan kunyit dengan kualitas bioaktif terbaik. ABSTRACT Turmeric (<i>Curcuma longa</i> L.) contains curcumin as main bioactive compound with various pharmacological activities. Curcumin content is influenced by environmental factors, one of which is altitude of growing area. Study aimed to analyze effect of planting altitude on curcumin profile and determine altitude zone that produces optimal curcumin content in turmeric rhizomes. Study design was a comparative observational study with a field survey approach. Samples were turmeric rhizomes from low zone (540.14 masl), middle zone (689.53 masl) and high zone (871.19 masl). Analytical methods used were TLC and HPLC with a UV detector at a wavelength of 425 nm. Data analysis used One-Way ANOVA and Tukey HSD tests. TLC results obtained Rf values ranging from 0.88-0.94 approaching standard (0.94). HPLC results showed highest curcumin content in high zone (32.62 mg/g), middle zone (21.84 mg/g) and low zone (19.35 mg/g). Results of One-Way ANOVA test found significant differences. Tukey HSD test found significant differences between high zone and low and middle zones, while low and middle zones were not significant. Variations in growing altitude were shown to have a significant effect on curcumin compound profile in turmeric rhizomes (<i>Curcuma longa</i> L.) in Nunsanen Village, Kupang Regency, where higher planting location, curcumin levels produced tended to increase. Among three zones studied, high zone (871.19 masl) was shown to produce highest and optimal curcumin levels. Highland area in Nunsanen Village is recommended as a strategic cultivation location to produce turmeric with best bioactive quality. This is an open access article under the CC-BY-SA license.



Pendahuluan

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang sangat luas dan berdiri sebagai salah satu pusat tanaman obat terkemuka di dunia. Sekitar 9,600 spesies dari 30,000 tumbuhan vaskular di seluruh kepulauan telah dimanfaatkan secara tradisional untuk praktik terapi, namun sebagian besar di antaranya belum dikarakterisasi secara ilmiah mengenai komposisi fitokimia spesifiknya (Syukur, 2023). Kunyit (*Curcuma longa* L.) merupakan komoditas inti di antara rempah-rempah nasional dan pengobatan tradisional (Sangwan et al., 2017). Tanaman ini menunjukkan sifat farmakologis yang penting termasuk aktivitas antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, dan antikanker yang terutama dikaitkan dengan *polifenol diarilheptanoid* (senyawa dengan struktur rantai tujuh karbon yang menghubungkan dua cincin *fenolik*) sebagai bioaktif utamanya, yaitu kurkumin (Hewlings & Kalman, 2017). Kurkumin adalah senyawa yang sangat aktif secara biologis dengan potensi besar dalam pencegahan dan pengobatan berbagai penyakit (Muntasir et al., 2025).

Akumulasi kurkumin dalam rimpang kunyit bersifat dinamis dan diatur secara intens oleh interaksi antara genetika tanaman dan faktor agroklimat setempat, seperti suhu lingkungan, kelembapan relatif, paparan cahaya, karakteristik tanah, dan ketinggian tempat tumbuh (Ravindran, 2017). Ketinggian secara langsung mengendalikan lingkungan mikroklimat dari suatu lokasi budidaya (Akbar et al., 2016). Elevasi yang lebih tinggi umumnya ditandai dengan penurunan suhu rata-rata dan peningkatan paparan radiasi matahari ultraviolet (UV), yang berfungsi sebagai agen stres abiotik yang halus (Akbar et al., 2016). Menanggapi kendala lingkungan tersebut, tanaman meningkatkan regulasi mekanisme pertahanan tertentu, termasuk aktivasi jalur metabolik utama seperti jalur *fenilpropanoid* (Akbar et al., 2016). Adaptasi metabolik ini menstimulasi enzim regulatori penting, khususnya *fenilalanin amonia-liase* (PAL) dan kurkumin sintase (CURS), yang mengarah pada biosintesis metabolit sekunder yang dipercepat seperti kurkumin untuk melindungi sel tanaman dari degradasi oksidatif (Sangwan et al., 2017).

Desa Nunsanen, yang terletak di dalam Wilayah Kecamatan Fatuleu Tengah, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur (NTT), menampilkan topografi yang berbeda yang ditandai dengan ketinggian pegunungan yang bervariasi. Hampir 95% penduduk setempat bekerja sebagai petani dan secara ekstensif menanam kunyit lokal untuk digunakan sebagai bumbu makanan dan

bahan baku minuman herbal tradisional seperti Kunyit Asam. Namun, publikasi ilmiah mengenai tanaman kunyit di Desa Nunsanen sejauh ini masih terbatas pada aspek pemanfaatan etnobotani tradisional dan pengolahan pascapanen skala rumah tangga. Belum ada data empiris dan terstandarisasi secara laboratorium yang memverifikasi konstituen farmasi aktifnya berdasarkan variasi ketinggian tempat tumbuh di wilayah tersebut.

Beberapa penelitian terdahulu di wilayah lain sebenarnya telah menunjukkan bahwa kadar kurkumin pada *Curcuma longa* L. bervariasi antar lokasi tumbuh dengan perbedaan ketinggian geografis, di mana variasi lingkungan seperti ketinggian tempat (mdpl) berpengaruh signifikan terhadap kandungan kurkumin dalam rimpang tanaman (Singh et al., 2023). Namun, terdapat kontradiksi hasil (*research gap*) yang nyata di antara para peneliti. (Singh et al., 2023) menemukan bahwa kandungan kurkumin pada rimpang kunyit dari 60 lokasi dengan altitud berbeda berkisar antara 0,4% – 8,8%, dengan kecenderungan penurunan kadar kurkumin pada ketinggian tempat tumbuh yang lebih tinggi. Sebaliknya, penelitian fitokimia lainnya justru menunjukkan bahwa produksi metabolit sekunder termasuk kurkumin meningkat dengan bertambahnya elevasi, serupa dengan studi lintas zona ekologis pada tanaman sefamili seperti jahe, di mana produksi 10 gingerol meningkat seiring peningkatan ketinggian lokasi tumbuh.

Ketidakpastian tren ini membuka ruang permasalahan baru, terlebih jika dihadapkan pada karakteristik agroklimat spesifik Nusa Tenggara Timur yang didominasi oleh iklim kering dan jenis tanah mediteran, kondisi yang sangat kontras dengan lokasi-lokasi penelitian terdahulu yang umumnya berada di wilayah subur beriklim basah. Oleh karena itu, studi tentang pengaruh ketinggian terhadap profil senyawa kurkumin di Desa Nunsanen menjadi sangat krusial, tidak hanya memiliki nilai praktis bagi standarisasi budidaya lokal, tetapi juga penting secara biokimia untuk memahami dinamika pembentukan metabolit sekunder di bawah pengaruh cekaman lingkungan spesifik.

Di sinilah letak kebaruan (*novelty*) penelitian ini. Berbeda dengan riset sebelumnya, penelitian ini secara khusus memetakan profil senyawa *kurkuminoid* dari kunyit spesifik lokal Desa Nunsanen yang tumbuh di zona iklim kering dengan menggunakan pendekatan metode pemisahan yang menawarkan selektivitas, sensitivitas, dan resolusi garis dasar yang tinggi (Snyder et al., 2020). Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC) yang dikombinasikan dengan

penapisan awal Kromatografi Lapis Tipis (KLT) lebih disukai karena secara efektif memisahkan dan mengukur analit target dari matriks jaringan tanaman yang rumit tanpa adanya gangguan (Lee et al., 2019). Penelitian bertujuan mengetahui dan menganalisis pengaruh ketinggian tempat tumbuh terhadap profil kandungan kurkumin pada rimpang Kunyit yang dibudidayakan di Desa Nunsanen, Kabupaten Kupang, guna memperoleh gambaran ilmiah mengenai hubungan antara faktor agroklimat dan kualitas fitokimia tumbuhan kunyit lokal.

Metode

Jenis penelitian desain observasional komparatif dengan pendekatan survei lapangan. Teknik pengambilan sampel adalah *purposive sampling* di tiga zona ketinggian yang berbeda. Koordinat spasial dan elevasi dicatat menggunakan *platform* Avenza Maps (Aprianto et al., 2025). Zona pengumpulan sampel yang ditetapkan meliputi: zona rendah (540,14 mdpl), zona sedang (689,53 mdpl) dan zona tinggi (871,19 mdpl) sehingga menghasilkan total sembilan unit rimpang sehat (tiga replikasi biologis per zona).

1. Alat dan Bahan

Instrumen analitik khusus yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari Aplikasi Avenza Maps untuk menentukan ketinggian, seperangkat alat Kromatografi Lapis Tipis (KLT): bejana elusi, lampu UV 254 nm, pipa kapiler), HPLC dengan detektor UV/Vis/DAD, *Rotary Evaporator*, dan peralatan gelas.

Bahan. Rimpang kunyit (*Curcuma longa L.*) sehat yang dibudidayakan di Desa Nunsanen dan diotentikasi oleh UPT Laboratorium Herbal Materia Medica Batu Nomor: 000.9.3/4295/102.20/2025, serbuk standar kurkumin, diperoleh dari *Sigma-Aldrich*, serta menggunakan pelarut metanol 99%, plat KLT silika gel 60 F₂₅₄, kloroform dan metanol untuk fase gerak KLT.

2. Prosedur Penelitian

Tahap I: Rimpang kunyit baru dipanen, dicuci, dikupas, dan diiris secara tipis 2–3 mm setiap bagian (Li et al., 2021). Irisan rimpang dikeringkan dalam oven terkontrol pada suhu 45°C sampai berat stabil untuk mencegah degradasi termal dari *kurkuminoid* (Amalraj et al., 2017). Bahan kering tersebut dihaluskan dengan blender laboratorium untuk menghasilkan bubuk simplisia yang halus dan homogen (Park et al., 2022).

Tahap II: Bubuk homogen dari masing-masing zona diekstraksi dengan cara maserasi menggunakan

metanol 99% sebagai pelarut dengan rasio padatan terhadap pelarut sebesar 1:10 (Budiansyah et al., 2023). Ekstraksi dipertahankan selama 72 jam dalam wadah kaca tertutup terlindung dari cahaya dengan pengocokan manual secara berkala (Li et al., 2021). Filtrat yang dihasilkan dipisahkan menggunakan kertas saring kuantitatif dan dipekatkan di bawah tekanan tereduksi pada suhu 45°C menggunakan *rotary evaporator*, dilanjutkan dengan penguapan akhir di atas penangas air untuk menghasilkan ekstrak kental mentah yang semi-padat (Amalraj et al., 2017).

Penapisan KLT Kualitatif dan Penetapan Kadar HPLC Kuantitatif

Evaluasi kualitatif dilakukan pada pelat KLT silika gel 60 F₂₅₄ sebagai fase diam, menggunakan campuran fase gerak kloroform dan metanol (95:5 v/v) (Slaček et al., 2023). Sejumlah sampel ekstrak yang telah direkonstitusi bersama dengan kurkumin standar murni ditempatkan menggunakan pipa kapiler pada pelat, dialirkan campuran fase gerak dengan jarak migrasi 8 cm dalam bejana yang telah dijenuhkan, dikeringkan, dan diperiksa di bawah lampu UV pada 366 nm untuk menentukan nilai *retardation factor* (Rf) masing-masing (Safrida, 2023).

Penentuan kuantitatif kurkumin dilakukan melalui HPLC fase terbalik (RP-HPLC) menggunakan kolom C₁₈ fase diam (Li et al., 2021). Fase gerak isokratik terdiri dari campuran Eluen A (10 mL asam format dilarutkan dalam 990 mL WFI) dan Eluen B (10 mL asam format dilarutkan dalam 990 mL asetonitril) dengan rasio 40:60 v/v (Slaček et al., 2023). Konfigurasi parameter instrumen diatur pada laju alir 0,5 mL/menit, volume injeksi 10–20 µL, dan deteksi pada panjang gelombang 425 nm (Li et al., 2021). Kuantifikasi akhir dilakukan dengan memetakan nilai luas area puncak sampel terhadap kurva kalibrasi linier standar kurkumin 50–400 ppm (Li et al., 2021).

Analisis Data

Nilai kumpulan data numerik yang mewakili konsentrasi kurkumin terlebih dahulu menjalani evaluasi normalitas melalui uji *Shapiro-Wilk* dan verifikasi homogenitas varians menggunakan uji *Levene*. Setelah memenuhi asumsi parametrik, data diproses dengan analisis *One-Way ANOVA* pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) menggunakan perangkat lunak SPSS 25. Variasi signifikan di antara kelompok ($p < 0,05$) dievaluasi lebih lanjut menggunakan uji lanjut uji *Tukey HSD* untuk mengidentifikasi varians berpasangan yang spesifik.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Simplisia dan Rendemen Ekstrak Rimpang Kunyit

Prosedur pascaproduksi menghasilkan bubuk kunyit halus dengan sifat organoleptik yang spesifik: warna kuning cerah hingga jingga yang menunjukkan pigmen *kurkuminoid* alami dan

aroma khas yang berasal dari minyak atsiri yang mudah menguap. Pengeringan oven terkontrol pada suhu 45°C secara efektif mengurangi air bebas di dalam jaringan rimpang, mempertahankan stabilitas senyawa aktif termolabil dari risiko degradasi termal. Data penimbangan berat basah, berat kering simplisia, serta persentase nilai rendemen diuraikan pada Tabel I.

Tabel I. Persentase Rendemen Simplisia Kering dan Kadar Air Ekstrak Rimpang Kunyit Lokal

Zona	Berat Segar Awal (g)	Berat Kering Akhir (g)
Zona Rendah	916,6	77,4
Zona Menengah	596,7	44,5
Zona Tinggi	1196,8	98,2

Zona	Kadar Air (%)	Persentase Rendemen (%)
Zona Rendah	8,12% ± 0,15	8,44%
Zona Menengah	8,54% ± 0,22	7,46%
Zona Tinggi	7,95% ± 0,11	8,20%

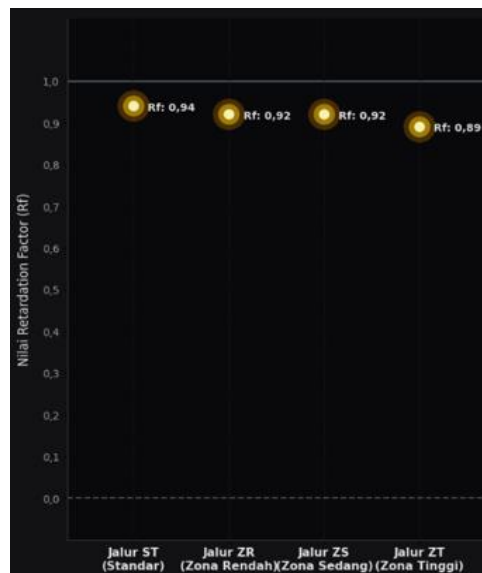
Sumber: Hasil Laboratorium dan Olahan Data (2026)

Berdasarkan tabel I menunjukkan bahwa rentang nilai rendemen yang diamati (7,46% - 8,44%) mencerminkan sedikit variasi dalam kadar air awal sampel mentah yang dikumpulkan di berbagai elevasi geografis. Dehidrasi termal pada suhu 45°C berhasil menurunkan kadar air di bawah ambang batas standar 10%, mencegah degradasi *enzimatik* dan memastikan stabilitas kimia selama ekstraksi berikutnya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perbedaan rendemen pada masing-masing zona menunjukkan adanya

pengaruh faktor lingkungan terhadap karakteristik bahan baku kunyit yang digunakan dalam penelitian ini (Pangestika et al., 2025).

Penapisan KLT Kualitatif

Pemisahan KLT berhasil memisahkan komponen aktif di dalam ekstrak. Di bawah iluminasi UV 366 nm, semua jalur sampel menampilkan noda *fluoresensi* kuning-oranye terang yang sejajar secara vertikal dengan jalur referensi dari jalur standar kurkumin.



Gambar 1. Visualisasi Kromatogram KLT di Bawah Sinar UV 366 nm

Berdasarkan gambar 1 menjelaskan bahwa hasil penapisan kualitatif kromatogram KLT di bawah sinar UV 366 nm mengonfirmasi keberadaan senyawa aktif kurkumin pada seluruh sampel dari Desa Nunsan melalui kemunculan noda fluoresensi kuning-oranye yang khas. Kesejajaran migrasi bercak terlihat jelas antara Jalur ST sebagai standar kurkumin murni ($R_f = 0,94$) dengan sampel pada jalur zona rendah ($R_f = 0,92$), jalur zona sedang ($R_f = 0,92$), dan jalur zona tinggi ($R_f = 0,89$). Karakteristik migrasi bercak sampel yang berada pada rentang nilai $R_f \leq 0,94$ ini menunjukkan konsistensi yang linier dengan beberapa studi kromatografi terdahulu.

Sebagai pembandingan, riset oleh Rafi et al. (2018) menemukan bahwa karakterisasi *kurkuminoid* menggunakan sistem eluen berbasis

kloroform menghasilkan nilai R_f kurkumin standar pada kisaran 0,85-0,95. Sedikit pergeseran nilai R_f yang terjadi pada sampel zona tinggi ($R_f = 0,89$) dibandingkan dengan standar murni merupakan fenomena umum dalam kromatografi lapis tipis akibat pengaruh *matrix effect*. Menurut Khadka et al. (2022), keberadaan senyawa seperti lipid, minyak atsiri, atau senyawa *fenolik* lain dalam matriks ekstrak total dapat mengganggu interaksi partisi analit target pada situs aktif fase diam silika gel, sehingga menyebabkan hambatan migrasi yang dinamis. Dengan demikian, kesesuaian profil *fluoresensi* dan kemiripan nilai R_f ini secara ilmiah membuktikan bahwa rimpang kunyit di ketiga zona elevasi Desa Nunsan positif mengandung kurkumin sebagai senyawa penanda utamanya.

Tabel 2. Profil *Retardation Factor* (R_f) dari Evaluasi KLT Kualitatif

Pengelompokan Sampel	Migrasi Solut (cm)	Batas Depan Pelarut (cm)
Standar Kurkumin	7,5	8,0
Zona Rendah	7,5; 7,5; 7,0	8,0
Zona Sedang	7,3; 7,3; 7,4	8,0
Zona Tinggi	7,0; 7,1; 7,1	8,0
Pengelompokan Sampel	Nilai R_f Hasil Hitung	Rata-Rata R_f ($\bar{X} \pm SD$)
Standar Kurkumin	0,94	-
Zona Rendah	0,9375; 0,9375; 0,8750	$0,92 \pm 0,04$
Zona Sedang	0,9125; 0,9125; 0,9250	$0,92 \pm 0,01$
Zona Tinggi	0,8750; 0,8875; 0,8875	$0,89 \pm 0,06$

Sumber: Hasil Laboratorium dan Olahan Data (2026)

Berdasarkan tabel 2 ditemukan bahwa nilai R_f hasil hitung di semua zona berkisar antara 0,88 hingga 0,94, berada dalam batas deviasi yang dapat diterima ($\leq 0,06$) relatif terhadap standar referensi murni ($R_f = 0,94$). Secara teoritis, kompleks kurkuminoid memiliki kemiripan kerangka struktural linear *diarilheptanoid* yang sangat tinggi dan hanya berbeda pada jumlah gugus *metoksina* (Revathy et al., 2021). Perbedaan polaritas yang sangat tipis ini, berinteraksi dengan komponen matriks ekstrak kasar seperti minyak atsiri, dapat mengganggu distribusi partisi analit pada situs aktif fase diam silika gel sehingga memicu sedikit pergeseran nilai R_f sampel (Ashraf et al., 2022). Temuan ini mengonfirmasi bahwa kunyit lokal di ketiga zona altitudinal Desa Nunsan positif mengandung senyawa target, yaitu kurkumin.

Penetapan Kadar HPLC Kuantitatif dan Evaluasi Statistik

Sebelum menetapkan kadar sampel secara kuantitatif, dilakukan pengujian parameter validasi metode analisis RP-HPLC isokratik untuk menjamin reproduktibilitas dan sensitivitas instrumen (Murti et al., 2024). Pengujian validasi

ini mencakup aspek linieritas kurva kalibrasi, batas deteksi (LoD), batas kuantifikasi (LoQ), presisi keterulangan alat (%RSD), dan akurasi persen perolehan kembali (Verma et al., 2020).

Hasil validasi pada Tabel 3 menunjukkan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9994, menunjukkan adanya hubungan linieritas yang sangat kuat antara konsentrasi analit standar kurkumin dengan respons luas area puncak instrumen (Verma et al., 2020). Nilai LoD 1,12 ppm dan LoQ 3,41 ppm membuktikan akurasi batas sensitivitas instrumen dalam mendeteksi analit dalam jumlah sangat kecil (Murti et al., 2024).

Uji presisi menghasilkan nilai *Relative Standard Deviation* (%RSD) sebesar 1,14%, yang berada jauh di bawah ambang batas maksimal 2,0%, mengonfirmasi bahwa metode ini memiliki tingkat keterulangan sistem yang tinggi (Verma et al., 2020).

Sementara itu, uji akurasi yang dilakukan melalui metode penambahan standar menghasilkan persentase perolehan kembali $98,75\% \pm 0,85$, memenuhi rentang penerimaan untuk analisis bahan alam yaitu 98,0% - 102,0% (Murti et al., 2024).

Tabel 3. Parameter Kinerja Validasi Metode RP-HPLC untuk Analisis Kurkumin

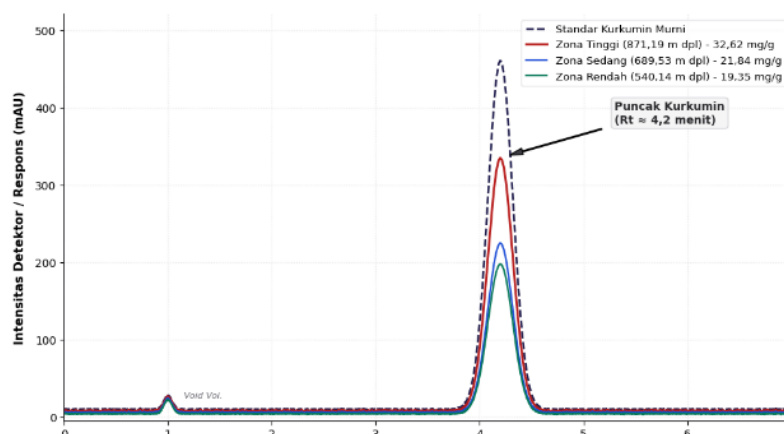
Parameter Validasi Analitis		Hasil Evaluasi Metode
Linieritas (Rentang 50–400 ppm)		$y = 5241,3x - 12450$ $R^2 = 0,9994$
Batas Deteksi (LoD)		1,12 ppm
Batas Kuantifikasi (LoQ)		3,41 ppm
Presisi Alat (%RSD Replikasi)		1,14%
Akurasi (% Perolehan Kembali)		98,75% $\pm$ 0,85
Parameter Validasi Analitis	Kriteria Batas Penerimaan	Status Metode
Linieritas	$R^2 \geq 0,999$	Memenuhi Syarat
LoD	-	Sangat Sensitif
LoQ	-	Sangat Sensitif
Presisi Alat	$\leq 2,0\%$	Memenuhi Syarat
Akurasi	98,0%-102,0%	Memenuhi Syarat

Sumber: Hasil Laboratorium dan Olahan Data (2026)

Validitas seluruh parameter ini menegaskan bahwa variasi kadar kurkumin yang diperoleh pada sampel murni disebabkan oleh faktor internal tanaman dan perlakuan lingkungan, bukan akibat galat sistematis dari instrumen (Verma et al., 2020).

Analisis Kuantitatif Kadar Kurkumin Melalui RP-HPLC dan Evaluasi Statistik

Analisis kuantitatif menggunakan integrasi luas area puncak kromatogram RP-HPLC fase terbalik menunjukkan profil konsentrasi senyawa aktif yang berbeda secara nyata di antara zona elevasi yang dipilih.



Gambar 2. Profil Senyawa Kurkumin Pada 3 Zona (Metode HPLC pada Panjang Gelombang 425 nm)

Berdasarkan gambar 2 dengan metode HPLC pada panjang gelombang selektif 425 nm, memperlihatkan perbedaan profil puncak (*peak*) antara standar kurkumin murni dengan sampel ekstrak rimpang kunyit dari tiga zona ketinggian di Desa Nunsan. Grafik menunjukkan puncak tunggal yang tajam dan terpisah secara sempurna pada waktu retensi yang konsisten antara standar dan seluruh sampel, mengonfirmasi bahwa metode pemisahan fase terbalik yang digunakan memiliki selektivitas dan resolusi garis dasar (*baseline resolution*) yang sangat baik tanpa adanya gangguan matriks. Perbedaan tinggi serta luas area puncak pada gambar ini merepresentasikan secara langsung variasi kuantitatif kadar analit, di mana respons area

puncak tertinggi ditunjukkan oleh sampel zona tinggi (871,19 mdpl) dengan kadar 32,62 mg/g, diikuti oleh zona menengah (21,84 mg/g), dan area puncak terendah pada zona rendah (19,35 mg/g). Profil kromatogram ini memberikan bukti visual yang kokoh bahwa peningkatan elevasi tempat tumbuh berbanding lurus dengan kapasitas sekresi dan akumulasi senyawa bioaktif kurkumin di dalam jaringan rimpang tanaman.

Pada Tabel 4, akumulasi kurkumin tertinggi terjadi pada sampel yang dipanen dari zona tinggi (871,19 mdpl), menghasilkan 32,62 mg/g. Hal ini diikuti oleh zona sedang (21,84 mg/g), sedangkan konsentrasi terendah dicatat pada zona rendah (19,35 mg/g)

Tabel 4. Kadar Kurkumin Kuantitatif Rimpang Kunyit di Berbagai Gradien Ketinggian

Zona	Replikasi Sampel	Konsentrasi Kurkumin (mg/g)	Kadar Rata-Rata ($\bar{X} \pm SD$)
Zona Rendah	3	19.35	19.35 $\pm$ 0.12
Zona Menengah	3	21.84	21.84 $\pm$ 0.18
Zona Tinggi	3	32.62	32.62 $\pm$ 0.25

Sumber: Hasil Laboratorium dan Olahan Data (2026)

Zona tinggi memiliki kadar kurkumin yang cenderung lebih tinggi dipicu oleh mekanisme adaptasi tanaman terhadap stres abiotik di dataran tinggi. Ketinggian tempat yang meningkat secara linear ditandai dengan penurunan suhu lingkungan dan intensifikasi paparan radiasi ultraviolet (Akbar et al., 2016).

Kumpulan data memenuhi prasyarat untuk analisis parametrik, menunjukkan distribusi normal (*Shapiro-Wilk*, $p > 0,05$) dan varians yang homogen (*Levene*, $p > 0,05$). Hasil uji *One-Way*

ANOVA menunjukkan profil varians yang sangat signifikan:

$$F_{\text{statistic}} = 104,987, p = 0,000 (p < 0,05)$$

Oleh karena itu, hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima, mengonfirmasi bahwa ketinggian tempat tumbuh yang berbeda memberikan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap kadar kurkumin rimpang kunyit di Desa Nunsanen.

Tabel 5. Matriks Uji *Tukey* HSD

Perbandingan Zona	Signifikansi	Kesimpulan
Zona Tinggi vs Zona Rendah	$p = 0,000$	Berbeda signifikan ($p < 0,05$)
Zona Tinggi vs Zona Menengah	$p = 0,000$	Berbeda signifikan ($p < 0,05$)
Zona Menengah vs Zona Rendah	$p = 0,095$	Tidak berbeda ($p > 0,05$)

Sumber: Hasil Olahan Data SPSS (2026)

Analisis uji *Tukey* HSD (Tabel 5) menunjukkan bahwa akumulasi kurkumin meningkat secara signifikan pada zona tinggi terhadap zona rendah dan zona menengah. Artinya, pada tingkat tertentu, perubahan kondisi zona memberikan dampak yang jauh lebih besar atau terdapat batas atau titik kritis dimana faktor zonasi mulai memberikan efek yang dominan terhadap hasil kadar tiap zona. Fenomena ini sejalan dengan konsep dalam statistika dan ilmu eksperimental, dimana suatu variabel tidak selalu memberikan pengaruh secara bertahap tetapi dapat menunjukkan peningkatan yang tajam setelah melewati ambang tertentu (Field, 2023). Sebaliknya, perbandingan pada zona menengah terhadap zona rendah tidak signifikan secara statistik ($p = 0,095$) Artinya, perubahan kondisi dari tingkat rendah ke menengah belum cukup kuat untuk memengaruhi parameter yang diukur secara nyata yang disebabkan oleh kesamaan karakteristik lingkungan atau perlakuan pada kedua zona tersebut yang masih berada dalam rentang yang relatif homogen (Mpapa, 2016).

Pengaruh Altitudinal pada Biosintesis Kurkumin

Tren linier yang menunjukkan peningkatan kadar kurkumin pada elevasi yang lebih tinggi di Desa Nunsanen (mencapai optimumnya pada 871,19 mdpl) menyoroti respons fisiologis adaptif terhadap kondisi lingkungan. Habitat dataran tinggi

memiliki ciri suhu rata-rata yang lebih rendah dan peningkatan paparan radiasi matahari ultraviolet-B (UV-B). Faktor lingkungan tersebut bertindak sebagai pemicu stres abiotik yang ringan dan berkelanjutan pada tanaman. Pada tingkat molekuler, stres abiotik akibat paparan UV yang intens di elevasi tinggi memicu jalur pensinyalan intraseluler yang meningkatkan aktivitas enzim kunci seperti *Phenylalanine ammonia-lyase* (PAL) dan *Curcumin Synthase* (CURS) untuk mengoptimalkan biosintesis kurkumin di dalam rimpang sebagai antioksidan endogen penangkap *Reactive Oxygen Species* (ROS).

Hal ini membuktikan bahwa elevasi hingga 871,19 mdpl di Nusa Tenggara Timur menyediakan kombinasi stresor mikroklimat yang seimbang, yang mampu memaksimalkan jalur metabolik sekunder *Zingiberaceae* tanpa menghambat pertumbuhan vegetatifnya.

Diskusi Komparatif Berdasarkan Penelitian Terdahulu Sejenis

Dalam memperkuat justifikasi ilmiah mengenai pengaruh elevasi di Desa Nunsanen, hasil kadar kurkumin pada penelitian ini dikomparasikan dengan beberapa penelitian terdahulu yang sejenis menggunakan pendekatan variasi geografis

1. Penelitian Lee et al. (2019) pada wilayah budidaya domestik Korea (sub-tropis)

menemukan hasil variasi geografis dengan tren fluktuatif yang lebih spesifik yaitu fluktuasi kadar kurkumin dipengaruhi suhu dingin musim gugur setempat.

2. Penelitian Akbar et al. (2016) pada berbagai zona agroklimat di India menemukan hasil lintas wilayah geografis dengan tren multivariat yaitu kadar senyawa metabolit sekunder dipengaruhi tipe tanah dan elevasi iklim.

Melalui kajian perbandingan penelitian terdahulu terlihat jelas bahwasanya efek elevasi ketinggian terhadap jalur metabolisme metabolit sekunder tanaman ditentukan oleh kondisi makroklimat regional wilayah setempat (Akbar et al., 2016). Pada wilayah dengan iklim dingin atau sub-tropis ekstrem, dataran tinggi justru menekan biosintesis kurkumin secara signifikan (Lee et al., 2019). Hal ini terjadi karena suhu dingin yang mendekati titik beku dapat mengganggu fisiologi tanaman, merusak struktur kloroplas, dan menghambat kerja enzim utama pada jalur asam sikimat, sehingga metabolisme primer tanaman melambat (Kafi et al., 2023).

Sebaliknya, kondisi tropis kering moderat di Desa Nunsan, Kabupaten Kupang, menunjukkan tren positif yang linier karena batas atas elevasi riset ini (871,19 mdpl) belum menyentuh titik ekstrem dingin yang dapat merusak fisiologi tanaman (Anwar et al., 2022). Ketinggian tempat tumbuh pada dataran tinggi menengah (rentang 600–900 mdpl) bertindak sebagai optimal zone atau zona keemasan bagi tanaman jenis *Zingiberaceae* (Yousif et al., 2024). Pada rentang ketinggian ini, cekaman radiasi UV-B berpadu dengan suhu tropis yang sejuk, sehingga mampu memicu ekspresi gen *Curcumin synthase* (CURS) secara maksimal tanpa menghambat sintesis biomassa tanaman (Zou et al., 2023). Keunggulan komparatif kunyit lokal Desa Nunsan pada Zona Tinggi yang mencapai kadar 32,62 mg/g menegaskan bahwa varietas lokal ini memiliki ketahanan adaptif yang sangat baik terhadap stres abiotik, menjadikannya kandidat unggul untuk dikembangkan sebagai komoditas farmasi terstandar.

Simpulan dan Saran

Variasi ketinggian tempat tumbuh terbukti berpengaruh signifikan terhadap profil kandungan kurkumin pada rimpang kunyit (*Curcuma longa* L.) di Desa Nunsan, Kabupaten Kupang, di mana semakin tinggi lokasi penanaman, kadar kurkumin yang dihasilkan cenderung meningkat. Di antara tiga zona yang diteliti, zona tinggi (871,19 mdpl) terbukti menghasilkan kadar kurkumin paling tinggi dan optimal. Oleh karena itu, wilayah dataran

tinggi di Desa Nunsan direkomendasikan sebagai lokasi budidaya strategis untuk menghasilkan kunyit dengan kualitas bioaktif terbaik.

Penelitian selanjutnya untuk meningkatkan kekuatan statistik dengan memperbanyak sampel, melakukan kontrol ketat terhadap variabel lingkungan dan genetik, serta memperluas analisis profil senyawa kurkuminoid secara komprehensif. Bagi masyarakat dan petani, budidaya kunyit sebaiknya dipusatkan di wilayah dengan ketinggian sekitar 800–900 mdpl, seperti Desa Nunsan, guna menjamin kualitas bahan baku industri herbal. Sementara itu, pemerintah daerah diharapkan dapat menjadikan hasil penelitian ini sebagai acuan kebijakan pengembangan komoditas unggulan melalui pemberian pendampingan teknis kepada petani di zona tinggi demi mengoptimalkan kualitas panen dan keberlanjutan budidaya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada masyarakat petani lokal di Desa Nunsan, Kabupaten Kupang, yang telah memberikan akses ke lahan budidaya dan membantu pengumpulan sampel. Penulis juga berterima kasih kepada pimpinan dan staf laboratorium UPT Laboratorium Herbal Materia Medica Batu yang telah menyediakan fasilitas dan dukungan teknis yang diperlukan selama fase analitik penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Akbar, S., Hanif, M., Ali, M. S., Iqbal, M. S., Khan, M. I., & Tariq, M. (2016). Variability in Curcumin Content in Turmeric (*Curcuma longa* L.) Collected from Different Agroclimatic Zones of India. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(4), 320–327.
- Amalraj, A., Pius, A., Gopi, S., & Gopi, S. (2017). Biological Activities of Curcuminoids, Other Biomolecules from Turmeric and Their Derivatives – A Review. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7(2), 205–215.
- Anwar, S., Sari, D. P., Utami, W., & Putri, A. R. (2022). Standardisasi Parameter Spesifik dan Non-Spesifik Ekstrak Etanol Rimpang Kunyit (*Curcuma longa* L.) dari Berbagai Daerah di Indonesia. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 19(1), 12–22.
- Aprianto, Sabihi, & Lukum, A. (2025). Pengambilan Data Koordinat Menggunakan Aplikasi Avenza Maps Untuk Mahasiswa

- Pada Praktikum Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Edukasi Geografi*, 9(4), 101–109.
- Ashraf, K., Ahmad, S., Khan, M. S. S., & Ahmad, M. (2022). Validated HPTLC method for quantification of curcuminoids in herbal extracts and crude drugs. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(3), 420–425.
- Budiansyah, A., Santoso, U., Karyono, T., & Yosi, F. (2023). Antioxidant and Antibacterial Activities of The Rhizome Extract of Curcuma Zedoaria Extracted Using Some Organic Solvents. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 10(3), 450–458.
- Field, A. (2023). *Discovering statistics using SPSS* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Hewlings, S. J., & Kalman, D. S. (2017). Curcumin: A Review of Its Effects on Human Health. *Foods*, 6(10), 92.
- Kafi, M., Hemayti, S., Borzouei, A., & Zare, M. (2023). Plant Responses to Environmental Stresses: From Physiology to Molecular Biology. *Environmental and Experimental Botany*, 20(5), 105–117.
- Khadka, S., Sharma, R., & Thapa, B. B. (2022). Influence of matrix interference on the thin layer chromatographic separation of secondary metabolites from medicinal plants. *Analytical Chemistry Reports*, 6(2), 89–97.
- Lee, J.-H., Kim, D.-H., Kim, M.-J., Kim, J.-S., Kim, S.-J., Kim, S.-Y., & Choi, H.-J. (2019). Environmental and Geographical Variations of Curcuminoid Content in Turmeric (*Curcuma longa* L.) Grown in Korea. *Molecules*, 24(9), 1805.
- Li, S., Yuan, W., Deng, G., Wang, P., Yang, P., & Agwaramgbo, L. O. (2021). Chemical Composition and Product Quality Control of Turmeric (*Curcuma longa* L.). *Pharmaceutical Crops*, 5(1), 11–21.
- Mpapa, B. L. (2016). Analisis kesuburan tanah tempat tumbuh pohon jati (*Tectona grandis* L.) pada ketinggian yang berbeda. *Agroteknologi Dan Kehutanan*, 4(2), 143–149.
- Muntasir, Faradina, A., Wuryandari, T., & Cendekiawan, K. A. (2025). Pharmacological Effects of Curcumin in Chronic Inflammatory Therapy. *Journal of Pharmacopoeia*, 2(1), 21–39.
- Murti, K., Sari, R., Hidayat, M., & Pratama, A. (2024). alidasi Metode Analisis Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) untuk Penetapan Kadar Kurkumin dalam Sediaan Herbal. *Jurnal Analisis Farmasi*, 9(2), 134–142.
- Pangestika, I. W., Sari, R., Prastowo, P., & Wahyudi, T. (2025). Relationship Between Altitudes, Morphological Traits, And Biochemical Compositions of Coffea canephora Pierre Ex A. Froehner In Temanggung, Indonesia. *Menara Perkebunan*, 93(1), 54–62.
- Park, J.-E., Kim, M.-J., Lee, S.-H., & Lee, H.-J. (2022). Preparation of Turmeric Powder with Various Extraction and Drying Methods. *Applied Biological Chemistry*, 65(1), 42.
- Rafi, M., Nurjanah, S., & Syafitri, U. D. (2018). Thin-layer chromatography fingerprinting coupled with multivariate analysis for discrimination of *Curcuma longa* and *Curcuma xanthorrhiza*. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 48(1), 125–132.
- Ravindran, P. N. (2017). *Turmeric: The Genus Curcuma*. CRC Press.
- Revathy, S., Elumalai, S., Benny, M., & Anthony, B. (2021). Isolation, purification and identification of curcuminoids from turmeric (*Curcuma longa* L.) by bio-chromatographic methods. *Journal of Experimental Sciences*, 2(4), 20–25.
- Safrida. (2023). Perbandingan Kadar Kurkumin Dari Ekstrak Kunyit dan Temulawak Yang Ditentukan Dengan Metode Spektrofotometri Visible. *Jurnal Sains Farmasi*, 4(2), 89–97.
- Sangwan, R. S., Agarwal, D., Lattoo, R. A., Sangwan, N. S., & Jain, S. (2017). Biochemical Mechanisms of Curcuminoid Biosynthesis in *Curcuma longa*: Key Enzyme Regulation and Environmental Influence. *Journal of Plant Biochemistry*, 24(1), 15–28.
- Singh, S., Joshi, R., & Nayak, S. (2023). Identification of elite genotypes of turmeric through agroclimatic zone based evaluation of important drug yielding traits. *Industrial Crops and Products*, 43(1), 165–171.
- Slaček, G., Knez, Ž., & Knez Hrnčič, M. (2023). The Extraction Process, Separation, and Identification of Curcuminoids from Turmeric *Curcuma longa*. *Foods*, 12(21), 4000.
- Snyder, L. R., Kirkland, J. J., & Dolan, J. W. (2020). *Introduction to Modern Liquid Chromatography* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

- Syukur, M. H. (2023). *Tanaman Obat dan Rempah Indonesia*. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik.
- Verma, R. K., Mishra, A., Singh, S., & Singh, N. (2020). High-Performance Liquid Chromatographic Method for Quantitation of Curcuminoids in *Curcuma longa* L. *Journal of Chromatography B*, *11*(52), 122–130.
- Yousif, A. N., Al-Hamed, H. S., & Khalid, K. A. (2024). Effect of Altitudinal Gradient on Secondary Metabolites and Antioxidant Activity of Medicinal Zingiberaceae. *Biochemical Systematics and Ecology*, *11*(3), 104–112.
- Zou, Y., Wang, X., Zhang, L., & Li, H. (2023). Regulation of Phenylpropanoid Pathway Enzymes in Response to UV-B Radiation Stress in Plants. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(14), 41200–41212.