

REVIEW ARTIKEL: VALIDASI METODE DENGAN ALAT KROMATOGRAFI CAIR KINERJA TINGGI (KCKT) DALAM ANALISIS SENYAWA KURKUMIN

ARTICLE REVIEW: METHOD VALIDATION USING HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC) IN THE ANALYSIS OF CURCUMIN COMPOUNDS

Silviani Rahayu¹ *, Siti Latifah Hanum¹, Rafi Dafa Azhari¹, Ayu Anastasya¹, Aidah Intan Azkiyah¹, Lintang Asri¹

¹Fakultas Farmasi, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, Jakarta Utara, Indonesia, 14350

*E-mail: silvianirahayu729@gmail.com

Abstrak

Validasi metode merupakan suatu tindakan penilaian terhadap parameter tertentu, berdasarkan percobaan laboratorium untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan penggunaannya. Review artikel ini bertujuan untuk menilai tingkat mutu baik suatu bahan ataupun sediaan farmasi dengan menggunakan parameter validasi metode pada alat Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) untuk mencari senyawa Kurkumin. Kajian ini diterapkan dengan melakukan pemilihan dan pencarian literatur dengan menelusuri beberapa jurnal penelitian dari skala nasional maupun internasional yang dibatasi pada publikasi selama 10 tahun terakhir (2016-2025) melalui basis data elektronik seperti *Google Scholar*, *Pubmed*, *ScienceDirect*, *Mendeley* berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi dengan menggunakan kata kunci yang relevan dengan topik penelitian. Artikel yang sudah dipilih dianalisis menggunakan data hasil analisis kualitatif dan kuantitatif dengan fokus parameter validasi metode, meliputi akurasi, spesifisitas, presisi, linieritas, batas deteksi (LOD), batas kuantitasi (LOQ). Hasil review artikel ini menunjukkan bahwa Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) mampu memisahkan kurkumin dari matriks yang rumit dengan nilai akurasi tinggi dengan rentang pemulihan sebesar 98% - 102% serta presisi yang bagus dengan nilai %RSD $\leq 2\%$, sehingga sangat cocok digunakan untuk pengendalian kualitas produk yang mengandung kurkumin.

Kata kunci: Validasi metode, Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT), Kurkumin

Abstract

Method validation is an action to assess certain parameters, based on laboratory experiments to prove that these parameters meet the requirements for their use. This article review aims to assess the quality level of a material or pharmaceutical preparation using method validation parameters on a High Performance Liquid Chromatography (HPLC) tool to search for Curcumin compounds. This study was implemented by selecting and searching literature by browsing several research journals from national and international scales limited to publications during the last 10 years (2016-2025) through electronic databases such as Google Scholar, Pubmed, ScienceDirect, Mendeley based on inclusion and exclusion criteria using keywords relevant to the research topic. The selected articles were analyzed using qualitative and quantitative analysis data with a focus on method validation parameters, including accuracy, specificity, precision, linearity, limit of detection (LOD), limit of quantitation (LOQ). The results of this article review show that High Performance Liquid Chromatography (HPLC) is able to separate curcumin from complex matrices with high accuracy values with a recovery range of 98% - 102% and good precision with a %RSD value of $\leq 2\%$, making it very suitable for use in quality control of products containing curcumin.

Keywords: Validation method, High Performance Liquid Chromatography (HPLC), Curcumin

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang di mana mayoritas masyarakatnya masih menggunakan cara tradisional atau turun-temurun dari nenek moyang dalam kehidupan sehari-hari. Kondisi ini didukung oleh keragaman keanekaragaman hayati yang ada di berbagai sudut Indonesia, mulai dari Sabang hingga Merauke. Pemanfaatan keanekaragaman hayati tersebut telah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat secara empiris dan turun-temurun. Namun, masih terdapat kekurangan dalam pemahaman tentang penggunaan tanaman obat yang digunakan oleh masyarakat Indonesia adalah jenis rimpang, seperti jahe, junyit, temu putih, temulawak, serta berbagai tanaman lainnya yang tersebar di seluruh Indonesia. Penggunaan tanaman obat ini biasanya dilakukan secara langsung maupun melalui proses ekstraksi untuk memperoleh senyawa yang memiliki efek farmakologi dan terapeutik [2].

Setiap tanaman pasti memiliki kandungan senyawa yang dapat dimanfaatkan oleh manusia maupun tanaman itu sendiri, seperti metabolit primer dan metabolit sekunder. Contohnya kurkumin, yang merupakan salah satu metabolit sekunder. Kurkumin adalah senyawa polifenolik dengan nama kimia 2-(3,4-Dihidroksifenil)-3,5,7-trihidroksikinon. Kurkumin memiliki banyak manfaat, seperti sebagai antioksidan, antiinflamasi, antikanker, antibakteri, serta memiliki aktivitas antihepatotoksik yang kuat [3].

etapi, Kurkumin memiliki masalah dalam stabilitasnya. Kurkumin akan mengalami degradasi pada pH di atas 6,5 atau Kurkumin terpapar cahaya berlebih. Oleh karena itu stabilitas kurkumin dipengaruhi oleh pH dan cahaya. Kurkumin dalam larutan air akan mengalami reaksi hidrolisis yang sangat tergantung pada pH lingkungan. Pada larutan dengan pH rendah, kurkumin terurai dan menghasilkan warna coklat kemerahan yang pekat hingga kuning muda (Tonnesen et al., 1985). Kurkumin akan stabil pada pH dibawah 6,5 karena adanya gugus metilen aktif. Produk degradasi kurkumin dalam suasana alkali (pH 7-10) akan menghasilkan asam ferulat dan ferulic metil. Adapun metode analisis yang digunakan untuk menentukan kadar kurkumin adalah dengan menggunakan KCKT. KCKT memiliki kemampuan daya pisah yang tinggi serta konsistensi yang baik dengan batas deteksi yang rendah. KCKT merupakan teknik kuantitatif dengan analisis yang lebih cepat [4].

High Performance Liquid Chromatography (HPLC) atau Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) adalah salah satu alat instrumen yang digunakan dalam teknik analisis untuk memisahkan, mengidentifikasi, mengukur jumlah, mengisolasi, dan memurnikan komponen. Prinsip kerjanya berdasarkan proses adsorpsi dinamis di mana molekul yang dianalisis bergerak melalui celah berpori. Material pada kolom (fase diam) akan berinteraksi dengan komponen dalam sampel, sehingga terjadi pemisahan. Durasi waktu interaksi (retention time) tergantung pada tingkat kekuatan interaksi antara material kolom dan komponen sampel. KCKT menggunakan dua tahap fase kerja yaitu fase gerak (mobile phase) dan fase diam (stationary phase). Fase gerak berupa cairan atau pelarut yang berfungsi untuk membawa komponen campuran menuju detektor, sedangkan fase diam adalah fase tetap di dalam kolom berupa partikel dengan pori yang kecil dan memiliki luas permukaan tinggi [5].

Tujuan dari review jurnal ini adalah untuk mengkaji secara mendalam berbagai literatur mengenai validasi metode analisis kurkumin menggunakan instrumen Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). Fokus utama dari tinjauan ini adalah mengevaluasi pemenuhan parameter validasi yang mencakup aspek akurasi, presisi, linearitas, serta batas deteksi (LOD) dan kuantitas (LOQ) pada berbagai kondisi eksperimental. Selain itu, review jurnal ini bermaksud untuk membandingkan efisiensi kondisi kromatografi, seperti komposisi fase gerak dan jenis kolom, guna menentukan prosedur yang paling selektif dan efisien dalam memisahkan kurkumin dari matriks sampel yang kompleks.

METODE

Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan berupa jurnal penelitian dari skala nasional dan internasional. Jurnal tersebut diperoleh dari basis data elektronik seperti *Google Scholar*, *Pubmed*, *ScienceDirect*, *Mendeley* dengan menggunakan kata kunci seperti: Validasi metode, Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT), Kurkumin, Analisis. Jurnal yang digunakan dibatasi pada publikasi selama 10 tahun terakhir (2016-2025), baik jurnal yang berbahasa Indonesia maupun jurnal yang berbahasa Inggris. Kriteria inklusi yang digunakan mencakup artikel yang menyajikan data hasil analisis kualitatif dan kuantitatif menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT).

Prosedur kerja

Pemilihan dan pencarian literatur dilakukan dengan menelusuri beberapa basis data ilmiah telah ditentukan menggunakan kata kunci yang relevan dengan topik penelitian. Seluruh artikel dan jurnal yang diperoleh kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi meliputi artikel dan jurnal ilmiah yang diterbitkan dalam rentang tahun tertentu, membahas topik yang sesuai dengan fokus penelitian, serta menggunakan sampel dan populasi yang relevan dengan tujuan kajian. Sementara itu Hasil pencarian dari basis data akan dikumpulkan dan ditelaah untuk dilakukan seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan. Sementara itu, kriteria eksklusi mencakup artikel yang topiknya tidak relevan, memiliki pembahasan yang sama namun dengan intervensi atau populasi yang berbeda, serta publikasi yang tidak menyediakan data atau pembahasan yang memadai. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan tidak termasuk dalam kriteria eksklusi selanjutnya ditelaah secara mendalam untuk dianalisis dan dibahas pada bagian hasil dan pembahasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan seleksi artikel dari berbagai basis data elektronik dengan menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi, beberapa peneliti yang sesuai berhasil diperoleh. Setiap artikel tersebut berisi informasi mengenai validasi metode analisis menggunakan alat instrumen Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). Informasi tersebut kemudian dirangkum dan disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil *review* artikel

No	Referensi	Sampel	Kondisi Analisis HPLC	Hasil Penelitian
1	[6]	Ekstrak rimpang temulawak	Selektifitas : 1,7	Metode HPLC untuk analisis kurkumin pada ekstrak rimpang temulawak dinyatakan valid karena memenuhi seluruh parameter.
			Linear : 0,994	
			Akurasi : $100,19 \pm 1,54\%$	
			Presisi : Keterulangan : nilai RSD $0,64 \pm 0,39\%$ Presisi antara : nilai RSD $0,49 \pm 0,06\%$	
			LOD : $12 \mu\text{g/mL}$	
			LOQ : $41 \mu\text{g/mL}$	
2	[7]	Derivatif kunyit	Persamaan Regresi dan Linear : $r^2 = 0,9999$ $y = 23,388x - 13,83$	Metode ini dinyatakan valid karena memenuhi kriteria linieritas yang tinggi, batas deteksi yang rendah, serta tingkat presisi dan akurasi yang sangat baik.
			LOD : $0,11 \mu\text{g/mL}$	
			LOQ : $0,33 \mu\text{g/mL}$	
			Presisi : Dalam satu hari : antara $0,11\%$ hingga $0,78\%$ Antara hari : antara $0,14\%$ - $0,91\%$	
			Akurasi : $99,57\%$ - $101,95\%$	
3	[8]	Isolasi kunyit	Selektivitas : 5,7172	Metode analisis kurkumin hasil isolasi rimpang kunyit menggunakan KCKT-PDA dinyatakan valid dan memenuhi persyaratan.
			Linearitas : $r^2 = 0,9991$ $y = 173.642,0064x - 33.416,420$	
			Rentang : 0,5-10 ppm	
			Akursi : 0,5 ppm : $95,66\%$ - $101,54\%$ 1 ppm : $85,39\%$ - $95,04\%$	
			Presisi : hasil menunjukkan bahwa semua replikasi sampel dan standar 10 ppm memiliki nilai $\%RSD < 20,0\%$	
			LOD : 0,1122 ppm - 0,11 ppm	
			LOQ : 0,3401 ppm - 0,34 ppm	
			Kesesuaian sistem : Bilangan lempeng teori (N) : 2026,9773 HETP : 0,0132 mm Faktor tailing (TF) : 0,8000 Kapasitas kolom (k') : 1,0837	
4	[9]	Rimpang temu putih	Hasil uji keterulangan : $\%RSD$ dari nilai RRT : rentang $0,015\%$ - $1,388\%$	Metode KCKT menunjukkan keterulangan dan stabilitas yang baik

			%RSD dari nilai RPA : rentang 2,123% - 52,956%	dengan %RSD, RRT 1,388%, sehingga metode dinyatakan presisi, dan stabil.
			Hasil uji stabilitas : %RSD dari nilai RRT : rentang 0,02% - 1,388% %RSD dari nilai RPA : rentang 2,635% - 52,956%	
5	[10]	Ekstrak etanol kunyit	Spesifitas : waktu retensi kurkumin 1. Standar : 3,195 menit 2. Ekstrak etanol 96% : 3,201 menit 3. Ekstrak etanol 80% : 3,220 menit 4. Ekstrak etanol 70% : 3,214 menit	Metode analisis kurkumin menggunakan alat UHPLC - MS/MS telah memenuhi kriteria validasi metode analitik
			Linearitas konsentrasi : 0,25 - 4 ppm Regresi $y = 58350x - 1080,64$ Koefisien korelasi (r^2) : 0,99997	
			Rentang : 0,25 - 4 ppm	
			Akurasi : 1. % recovery : 97,54% - 106,38% 2. rata rata recovery : 100,90%	
			LOD : 0,035 ppm	
			LOQ : 0,117 ppm	
6	[11]	Tablet ekstrak rimpang temulawak	Linearitas : Koefisien korelasi (r^2) : 0,9994	Metode KCKT yang digunakan untuk pengujian dikatakan valid dan memenuhi persyaratan parameter validasi untuk menetapkan kadar kurkumin pada tablet ekstrak rimpang temulawak
			Presisi : RSD bernilai 0,47%	
			Akurasi : % recovery bernilai 100,24%	
			LOD : 0,3560 $\mu\text{g/mL}$	
			LOQ : 1,0788 $\mu\text{g/mL}$	
7	[12]	Rimpang kunyit	Linearitas: r^2 :0,9996	Metode HPLC yang digunakan untuk penetapan kadar kurkumin telah memenuhi seluruh parameter keberterimaan yang ditetapkan, sehingga dinyatakan valid dan reliabel.
			Akurasi %recovery: 98,32%	
			Presisi: RSD: 1,48%	
			LOD: 1,3243 ppm	
			LOQ: 4,4143 ppm	
8	[13]	Senyawa kurkumin dengan alat RP-HPLC	Spesifitas : waktu retensi = $\pm 3,047$ menit	Metode RP-HPLC telah memenuhi persyaratan validasi, metode analitik.
			Linearitas : Rentang konsentrasi : 8-48 $\mu\text{g/mL}$ Koefisien korelasi (r^2) = 0,998	

			Range : 8 - 48 µg/mL Akurasi : 99,73% - 100,64% Presisi : %RSD $\leq$ 2% LOD : 0,3594 µg/mL LOQ : 1,0892 µg/mL	
9	[14]	Gel Tetrahydrocurcumin 1% w/w	Spesifitas : Peak purity : Sample = 0,997 Standar = 0,996 Linearitas : Rentang konsentrasi : 4 - 60 µg/mL Koefisien korelasi (r^2) = 0,9998 Nilai P : 0,99999 Range : 4 - 60 µg/mL Akurasi : 98,23% - 99,99% %RSD : 0,016 - 0,194 Presisi : Repeatability (%RSD) : 0,272 Intermediate precision (%RSD) : 0,275 Robustness : Perubahan kecil pada : • Panjang gelombang : $\pm$ 3nm • Laju alir : $\pm$ 10% • Suhu kolom : $\pm$ 2°C System suitability : Rata rata waktu retensi : 6,62 menit Asymmetry factor : $\pm$ 1,15 Jumlah pelat teoritis : $\pm$ 5956 %RSD semua parameter < 1%	Metode RP-HPLC yang dikembangkan untuk penetapan kadar Tetrahydrocurcumin telah memenuhi persyaratan validasi dengan hasil spesifitas, linearitas, akurasi, presisi, robustness, dan system suitability yang baik.
10	[15]	Mengukur kadar metformin dan kurkumin secara bersamaan	Linearitas : Koefisien korelasi (r^2) > 0,999 Presisi : %RSD $\leq$ 2% Akurasi : $100 \pm 0,004$ LOD : 3,49 µg/mL LOQ : 10,56 µg/mL	Metode RP-HPLC untuk penetapan kadar metformin dan kurkumin secara simultan dinyatakan valid karena memenuhi seluruh kriteria parameter analisis.
11	[16]	Penetapan kadar kurkuminoid	Akurasi dan presisi : Nilai perolehan kembali : 98,2% - 100,5% %RSD : dibawah 2% Linearitas (r^2) = 0,999 LOD : 0,001 mg/L LOQ : 0,003 mg/L	Metode HPLC-DAD yang dikembangkan dinyatakan valid karena memenuhi seluruh parameter standar internasional. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik.
12	[17]		Akurasi dan presisi :	

		Sediaan kapsul mengandung campuran Thymoquinone dan curcumin	Nilai perolehan kembali : 99,1% - 100,5% %RSD : < 2% Linearitas : Koefisien korelasi (r^2) = 0,999 LOD : 0,67 mg/L LOQ : 2,04 mg/L	Metode ini dinyatakan valid karena memenuhi standar dengan hasil yang akurat. Serta mampu memisahkan kedua senyawa secara spesifik dan cepat.
13	[18]	Bahan baku murni dan kompleks campuran kurkuminoid	Linearitas dan rentang : • Rentang konsentrasi : 0,1 - 20 $\mu\text{g/mL}$ • Persamaan regresi $y = 117.84x - 6.4523$ • Koefisien determinasi (r^2) = 0,9999 LOD : 0,007 $\mu\text{g/mL}$ LOQ : 0,022 $\mu\text{g/mL}$ Akurasi : Persentase recovery : rentang 98,71% - 100,53% Presisi : Dalam satu hari : RSD < 0,92% Antara hari : RSD < 1,47%	Metode RP-HPLC isokratik berhasil dikembangkan untuk mendeteksi kurkumin. Metode terbukti akurat, presisi, dan linear sesuai panduan ICH.
14	[19]	HPLC yang lebih ramah lingkungan (<i>greener</i>) untuk penetapan kadar kurkumin	Linearitas : rentang 2-24 $\mu\text{g/mL}$ Rentang korelasi (r^2) = 0,996 LOD : 0,06 $\mu\text{g/mL}$ LOQ : 0,18 $\mu\text{g/mL}$ Presisi : Intra-day & inter-day : %RSD = rentang 0,82% - 0,98% Akurasi : rentang 98,16% - 101,23%	Metode HPLC ini dianggap lebih “hijau” karena menggunakan campuran etanol dan air. Analisis dapat dilakukan dalam waktu singkat, ramah lingkungan, dan sensitivitas untuk menentukan kadar kurkumin.
15	[20]	Nanokokleat bermuatan kurkumin dan plasma tikus	Linearitas : 0,5 - 10,0 $\mu\text{g/mL}$ Koefisien korelasi (r^2) = 0,999 LOD : 0,035 $\mu\text{g/mL}$ LOQ : 0,107 $\mu\text{g/mL}$ Akurasi : 98,92% sehingga 100,24% Presisi : %RSD = 2%	Penelitian ini berhasil mengembangkan dan memvalidasi metode RP-HPLC yang sederhana, sensitif, dan akurat untuk identifikasi kurkumin dalam sediaan nanokokleat serta sampel plasma tikus
16	[21]	Penentuan kristal cair bermuatan kurkumin yang membentuk gel in situ dalam uji kinerja in vitro	Linearitas : 2,5-100 $\mu\text{g/mL}$ Koefisien korelasi (r^2) = 0,9983 Waktu retensi : 3,57 menit LOD : 0,39 $\mu\text{g/mL}$ LOQ : 1,17 $\mu\text{g/mL}$ Akurasi : 98,92% - 100,24% Presisi : %RSD = dibawah 2%	Metode RP-HPLC yang dikembangkan terbukti sangat efektif, sederhana, dan valid untuk kuantifikasi kurkumin dalam sistem pengiriman obat berbasis kristal cair.
17	[22]		Linearitas : 1-100 $\mu\text{g/mL}$	

		Penentuan Simultan Kurkumin dan quercetin dalam ekstrak, formulasi yang dipasarkan, dan sistem penghantaran obat nanoemulsi mandiri (SNEDDS)	Koefisien korelasi (r^2) = 0,999 Waktu retensi : 3,57 menit LOD : 0,39 $\mu\text{g/mL}$ LOQ : 1,17 $\mu\text{g/mL}$ Akurasi : 98,92% - 100,24% Presisi : < 2%	Metode RP-HPLC yang dikembangkan merupakan yang sederhana, cepat, dan ekonomis untuk analisis simultan kurkumin dan quercetin tanpa adanya gangguan dari eksipien.
18	[23]	Senyawa kurkumin menggunakan solid lipid nanopartikel (CLEN)	Linearitas : 1-10 $\mu\text{g/mL}$ Koefisien korelasi (r^2) = 0,999 Akurasi : 98,2% - 101,3% Presisi : Dibawah 2%	Metode UPLC yang dikembangkan terbukti kuat (robust) dan valid untuk digunakan dalam studi farmakokinetik untuk mengukur kadar kurkumin dalam plasma tikus setelah pemberian formulasi CLEN.
19	[24]	Validasi ketidakpastian pengukuran, dan aplikasi sesquiterpenoid dan kurkuminoid dalam kunyit (<i>Curcuma Longa</i> L.) menggunakan HPLC-DAD dan UHPLC-ESI-MS/MS	Linearitas : Koefisien korelasi (r^2) $\leq$ 0,999 Akurasi : 90,7% - 107,3% Presisi : 41%	Metode HPLC-DAD dan HPLC-ESI-MS/MS yang dikembangkan telah tervalidasi secara penuh sesuai pedoman AOAC.
20	[25]	Evaluasi Farmakognostik Rimpang <i>Curcuma longa</i> L. dan Standardisasi Formulasinya dengan HPLC Menggunakan Kurkumin sebagai Penanda	Waktu Retensi : 9,208	Metode HPLC yang digunakan dinyatakan andal dan sensitifitas untuk kontrol kualitas komponen obat.
21	[26]	Standardisasi dan kuantifikasi kurkumin dari ekstrak	Linearitas : 20-60 $\mu\text{g/mL}$ Koefisien korelasi (r^2) = 0,9998 Akurasi : rata-rata 97%	Metode HPLC yang dikembangkan telah memenuhi kriteria validasi internasional (ICH).

		Curcuma longa menggunakan spektroskopi UV-Vis dan HPLC.	Presisi : %RSD $\leq$ 2%	
22	[27]	Metode RP-HPLC baru yang menunjukkan stabilitas untuk penentuan kurkumin: aplikasi pada Formulasi nanopartikel	Linearitas : 2-12 $\mu\text{g/mL}$	Memvalidasi metode RP-HPLC baru yang bersifat stability-indicating untuk analisis kurkumin dengan hasil yang sangat baik.
			Presisi : %RSD $\leq$ 2%	
			Akurasi : 98,54% - 100,56%	
			LOD : 0,064 $\mu\text{g/mL}$	
			LOQ : 0,195 $\mu\text{g/mL}$	
23	[28]	Analisis kurkumin pada atlet yang diberi suplemen	Linearitas : 5 - 100 $\mu\text{g/mL}$ Koefisien korelasi (r^2) = 0,9991	Metode HPLC-FLD ini dinyatakan valid, sensitif, dan reliabel untuk mendeteksi kadar kurkumin yang sangat rendah dalam plasma atlet.
			LOD : 1,22 $\mu\text{g/mL}$	
			LOQ : 5 $\mu\text{g/mL}$	
			Presisi : Dibawah 15%	
			Akurasi : (80-120%)	
24	[29]	Analisis perbandingan kunyit di provinsi Gandaki, Nepal	Selektifitas :	Analisis kuantitatif kurkumin dalam rimpang kunyit mendapatkan hasil yang cukup baik. Seperti, hasil pada akurasi yang mendekati 100%, %RSD <2% yang dimana hasil ini dinyatakan telah memenuhi standar nasional.
			Waktu retensi : 10,87 menit	
			Linearitas : pada rentang 0,5 $\mu\text{g/mL}$ - 100 $\mu\text{g/mL}$	
			Koefisien korelasi (r^2) : 0,9996	
			LOD : 0,064%	
			LOQ : 0,195%	
25	[30]	Mengukur Paclitaxel dan Kurkumin secara bersamaan	Akurasi : 98,21% - 100,24%	% RSD yang dihasilkan <2%, maka metode ini memiliki pengulangan yang sangat konsisten, sehingga dapat menstabilkan pengukuran 2 sampel secara bersamaan
			Presisi : %RSD : <2%	
			Linearitas :	
			Rentang konsentrasi : 1 $\mu\text{g/mL}$ - 50 $\mu\text{g/mL}$	
			Koefisien korelasi (r^2) : 0,999 untuk Paclitaxel, 0,998 untuk Kurkumin	
			Akurasi : berada dalam rentang 98% - 102%	
			Presisi : %RSD : dibawah 2%	
			LOD :	
			Paclitaxel : 0,11 $\mu\text{g/mL}$ Kurkumin : 0,88 $\mu\text{g/mL}$	
			LOQ :	
			Paclitaxel : 0,33 $\mu\text{g/mL}$ Kurkumin : 0,26 $\mu\text{g/mL}$	

26	[31]	Mengukur kadar kurkumin dan kuersetin dalam sediaan nanoemulsi untuk pemberian intranasal	Linearitas : $r^2 > 0,999$ Rentang konsentrasi : 0,5 - 10,0 $\mu\text{g/mL}$	Metode HPLC-UV yang dikembangkan terbukti valid, spesifik, dan anal untuk analisis kuantitatif simultan kurkumin dan kuersetin dalam sistem penghantaran nanoemulsi.
			Presisi : %RSD < 5%	
			Akurasi : rentang 90% - 100%	
27	[32]	Penetapan kadar kurkumin	Linearitas : $r^2 > 0,99$	Metode analisis kurkumin dengan HPLC menjadi metode yang paling unggul dalam hal sensitivitas dan akurasi untuk matriks kompleks
			LOD : 0,022 $\mu\text{g/mL}$ (sangat rendah)	
28	[33]	perbandingan metode HPLC dan spektrofotometri menggunakan senyawa kurkumin	Linearitas : - HPLC : rentang 50-7500 $\mu\text{g/mL}$ ($r^2 > 0,9999$) - Spektrofotometri : sangat sensitif pada rentang 15 - 3900 $\mu\text{g/mL}$	Jika dibandingkan dengan metode HPLC konvensional, Spektrofotometri menawarkan batas deteksi jauh lebih rendah serta keunggulan dalam kecepatan analisis karena mampu memproses banyak sampel sekaligus.
			Sensitifitas : LOD - HPLC : 11,21 $\mu\text{g/mL}$ - Spektrofotometri : 2,12 $\mu\text{g/mL}$	
			Akurasi & presisi : Hasil perolehan kembali: 98% - 102% Nilai %RSD $\leq 2\%$	
29	[34]	Ekstrak rimpang kunyit	Linearitas : Rentang konsentrasi : 200 - 1000 $\mu\text{g/mL}$ Koefisien korelasi (r^2) = 0,9991	Metode HPTLC yang dikembangkan dalam penelitian ini terbukti sederhana, cepat akurat, dan sangat presisi untuk kuantifikasi kurkumin dalam berbagai jenis ekstrak kunyit.
			Presisi : Repeatability (keterulangan) : %RSD : 0,81%	
			Intermediate precision (intraday & interday) : % RSD berkisaran 0,18% - 0,72%	
			Akurasi : 98,30% - 99,22%	
			LOD : 10 $\mu\text{g/mL}$	
			LOQ : 40 $\mu\text{g/mL}$	
30	[35]	Penetapan kadar simultan kurkumin I, II, III pada kunyit	Linearitas : 100-1200 $\mu\text{g/spot}$ Koefisien korelasi (r^2) = 0,9989 - 0,9993	Metode HPTLC telah divalidasi sebagai prosedur analisis yang cepat, ekonomis, dan sangat spesifik. Berdasarkan parameter ICH yang terpenuhi, termasuk presisi
			LOD : 13,22-16,84 $\mu\text{g/spot}$	
			LOQ : 40,08-51,04 $\mu\text{g/spot}$	
			Presisi :	

			Intraday & interday : dibawah 1,5%	yang tinggi (%RSD $\leq$ 1,5%) dan sensitivitas yang baik.
			Akurasi : rentang 98,42% - 101,32%	

PEMBAHASAN

Berdasarkan penelaahan terhadap 30 artikel yang dipublikasikan dalam sepuluh tahun terakhir, dapat dilihat bahwa metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT/HPLC) merupakan teknik yang paling banyak digunakan dan paling konsisten untuk analisis kurkumin. Metode ini dapat diaplikasikan pada berbagai jenis sampel, mulai dari simplisia dan ekstrak tanaman hingga sediaan farmasi serta sampel biologis seperti plasma. Secara umum, metode yang dikembangkan dalam penelitian-penelitian tersebut telah memenuhi persyaratan validasi sesuai pedoman internasional seperti ICH dan AOAC. [6][16][18]

Dilihat dari sisi spesifisitas, HPLC mampu memisahkan kurkumin dengan baik dari senyawa lain yang terdapat dalam matriks kompleks. Hal ini ditunjukkan oleh puncak kromatografi yang jelas, tidak saling tumpang tindih, serta tidak ditemukannya gangguan pada waktu retensi kurkumin. Waktu retensi kurkumin sendiri bervariasi, umumnya berada pada kisaran 3–10 menit tergantung jenis kolom, fase gerak, dan kondisi analisis yang digunakan [8][13][21]. Penggunaan detektor seperti photodiode array (PDA) maupun MS/MS turut membantu memastikan bahwa puncak yang terdeteksi benar-benar merupakan kurkumin, baik melalui kecocokan spektrum UV maupun fragmen massa [10][24].

Hasil uji linearitas pada sebagian besar penelitian menunjukkan hubungan yang sangat baik antara konsentrasi kurkumin dan respon detektor, dengan nilai koefisien korelasi (r^2) umumnya lebih dari 0,999. Rentang konsentrasi yang digunakan cukup beragam, menyesuaikan dengan tujuan analisis baik untuk kadar rendah pada sampel biologis maupun kadar tinggi pada bahan baku dan ekstrak [7][18][22]. Hal ini menunjukkan bahwa metode HPLC cukup fleksibel dan dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan analisis kuantitatif.

Akurasi metode yang dinilai melalui uji perolehan kembali juga menunjukkan hasil yang baik, dengan nilai yang umumnya berada pada kisaran 98–102%. Nilai ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran yang diperoleh cukup mendekati kadar sebenarnya [6][14][19]. Selain itu, presisi metode tergolong baik yang ditunjukkan oleh nilai %RSD yang sebagian besar tidak melebihi 2%, baik pada pengujian keterulangan maupun presisi antar hari [11][17][27]. Hasil tersebut menandakan bahwa metode HPLC mampu memberikan hasil yang konsisten pada pengukuran berulang.

Adapun dari sisi sensitivitas, nilai batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) yang dilaporkan bervariasi tergantung pada jenis detektor yang digunakan. Metode yang menggunakan detektor fluoresensi atau MS/MS umumnya memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan detektor UV, bahkan mampu mendeteksi kurkumin pada kadar yang sangat rendah [10] [28]. Sensitivitas

ini sangat penting terutama untuk analisis sampel biologis, di mana kadar kurkumin biasanya relatif kecil [20][23].

Selain performa analitik, beberapa penelitian juga menunjukkan adanya pengembangan metode HPLC ke arah yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Salah satunya adalah penerapan konsep green analytical chemistry dengan mengganti pelarut organik berbahaya seperti asetonitril dengan pelarut yang lebih aman seperti etanol [19]. Selain itu, metode analisis simultan juga mulai banyak dikembangkan sehingga beberapa senyawa dapat dianalisis dalam satu kali injeksi [15][22][30]. Pendekatan ini dinilai lebih praktis karena dapat menghemat waktu dan biaya analisis tanpa mengurangi keandalan hasil yang diperoleh.

KESIMPULAN

Metode KCKT terbukti memenuhi semua standar validasi internasional (ICH dan AOAC) secara konsisten. Metode ini memiliki akurasi tinggi dengan rentang pemulihan sebesar 98%-102% serta presisi yang bagus dengan nilai $\%RSD \leq 2\%$, sehingga sangat cocok digunakan untuk pengendalian kualitas produk yang mengandung kurkumin. Instrumen yang digunakan mampu memisahkan kurkumin dari matriks yang rumit, seperti plasma atau campuran ekstrak herbal, dengan waktu retensi yang stabil. Adanya inovasi pada detektor, seperti MS/MS dan FLD, meningkatkan sensitivitas metode secara signifikan, bisa mendeteksi kurkumin dalam kadar mikrogram, yaitu dengan LOD mencapai $0,022 \mu\text{g/mL}$. Tren penelitian terbaru menunjukkan bahwa KCKT tidak hanya akurat tetapi juga lebih efisien. Metode ini bisa mengukur beberapa senyawa sekaligus dalam satu injeksi (analisis simultan) sehingga lebih cepat dan ekonomis. Selain itu, KCKT juga semakin ramah lingkungan berkat penggunaan pelarut yang lebih aman seperti etanol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami, Penulis mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian yang berjudul “Validasi Metode dengan Alat Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) Dalam Analisis Senyawa Kurkumin” dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan berharga selama proses penelitian dan penulisan jurnal ini.
2. Rekan-rekan mahasiswa yang turut membantu dalam proses pengumpulan data dan diskusi selama penelitian berlangsung.
3. Keluarga tercinta, atas doa, dukungan, dan motivasi yang tiada henti.

Penulis menyadari bahwa jurnal ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk kesempurnaan review jurnal ini di masa mendatang.

DAFTAR RUJUKAN

1. Yuniar Dwi Nanda, A., Khalida Hanum, N., Nurfadhila, L., Rahmawati Utami, M., Studi Farmasi, P., Ilmu Kesehatan, F., Singaperbangsa Karawang, U., & Barat, J. (2024). Journal of Pharmaceutical and Sciences Volume 6
2. V. Vernanda, N. L. Buni, D. Tabuni, and B. Wenda, "Analisis Penggunaan Variasi Metode Pengeringan terhadap Persentase Kadar Air dan Kecepatan Proses Pengeringan pada Curcuma zedoaria | JURNAL HOLAN
3. Hirlekar, R., Khismatrao, A., Bhairy, S. 2018. Development And Validation Of RP-HPLC Method For Simultaneous Estimation Of Curcumin And Piperine. *Innovare Academic Sciences Pvt. Ltd. India*. 10, Issue-5.
4. Farida, I. N., & Muliya, A. (2023). Validasi Kurkumin Hasil Isolasi Rimpang Kunyit Dengan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi Photodiode Array Detector. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 5(2), 50-57.
5. Angraini, N., & Desmaniar, P. (2020). Optimasi penggunaan High Performance Liquid Chromatography (HPLC) untuk analisis asam askorbat guna menunjang kegiatan Praktikum Bioteknologi Kelautan. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(2), 69-75.
6. Hanwar, D., Handayani, V. R., & Suhendi, A. (2020). Validasi Metode HPLC untuk Analisis Kurkumin pada Ekstrak Rimpang Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). *Prosiding University Research Colloquium*, 371–378.
7. Lee, Y. S., Oh, S. M., Li, Q. Q., Kim, K. W., Yoon, D., Lee, M. H., Kwon, D. Y., Kang, O. H., & Lee, D. Y. (2022). Validation of a Quantification Method for Curcumin Derivatives and Their Hepatoprotective Effects on Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Current Issues in Molecular Biology*, 44(1), 409–432.
8. Farida, I. N., & Muliya, A. (2023). Validasi Kurkumin Hasil Isolasi Rimpang Kunyit Dengan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi Photodiode Array Detector. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 5(2), 50-57.
9. Qirom, A. K. K., Marliani, L., & Kusriani, R. H. (2017). HPLC FINGERPRINT ANALYSIS EKSTRAK DAN PRODUK RIMPANG TEMU PUTIH (*Curcuma zedoaria* (Christin) Roscoe). *JURNAL FARMASI GALENIKA*, 4(Edisi Khusus), 1–7.
10. Rifai, B., Ihsan, P., Farmasi, J., Kedokteran, F., Brawijaya, U., Malang, J. V., Nurhayati, I. P., & Maysaroh, I. (2023). PHARMACEUTICAL JOURNAL OF INDONESIA Validasi Metode Ultra High Performance Chromatography Double Mass Spectrometry (UHPLC-MS/MS) untuk Analisis Kurkumin pada Ekstrak Etanol Kunyit (*Curcuma longa*) dengan Berbagai Perbandingan Method Validation of Ultra High Performance Chromatography-Double Mass Spectrometry (UHPLC-MS/MS) for Analysis of Curcumin in Ethanol Extract of Turmeric (*Curcuma longa*) with Various Comparisons. In *PHARMACEUTICAL JOURNAL OF INDONESIA* (Vol. 2018, Issue 1).
11. Choliq, R. I., Hardani, T., & Sinulingga, A. S. (2020). Journal of Pharmaceutical and Sciences Method Validation of Curcumin Content Determination in Curcuma Rhizome Extract Tablets (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) by HPLC Validasi Metode Penetapan

- Kadar Kurkumin pada Tablet Ekstrak Rimpang Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) dengan KCKT. JPS, 2024(4), 571–579.
12. Salsabila, S. (2023). Penetapan Kadar Kurkumin Metode HPLC dengan Variasi Metode Ekstraksi Maserasi dan Remaserasi pada Ekstrak Rimpang Tanaman Kunyit (*Curcuma domestica*) [Tugas Akhir, Universitas Brawijaya]. Repository Universitas Brawijaya.
 13. Desai, N., Momin, M., Singh, U., Khan, T., & Sherje, A. (2019). Analytical method development and validation for simultaneous estimation of curcumin and cyclosporine by RP-HPLC. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 11(2), 26–33.
 14. Raut, R., & Shaji, J. (2021). HPLC method validation for quantification of tetrahydrocurcumin in bulk drug and formulation. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7, 42.
 15. Noshadi, B., Burgaz, E. V., & Beba Pozharani, L. (2025). Development and Validation of an RP-HPLC Method for the Simultaneous Quantification of Metformin and Curcumin. *Cyprus Journal of Medical Sciences*, 4–7.
 16. Sap, A., & Yaman, M. (2022). Optimization and Validation of HPLC-DAD Method for the Quantification of Curcuminoids in Turmeric (*Curcuma Longa* L.). *J. Anal. Environ. Chem*, 23(1), 93–101.
 17. Jagtap, P., Mahajan, N., Parte, A., Pananchery, J., & Jain, A. (2021). RP-HPLC Method Development and Validation for Simultaneous Estimation of Thymoquinone and Curcumin in Dosage form. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 53–62.
 18. Amanolahi, F., Mohammadi, A., Oskuee, R. K., Nassirli, H., & Malaekheh-Nikouei, B. (2017). A simple, sensitive and rapid isocratic reversed-phase high-performance liquid chromatography method for determination and stability study of curcumin in pharmaceutical samples. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 7(5), 444–453.
 19. Haq, N., Shakeel, F., Ghoneim, M. M., Asdaq, S. M. B., Alam, P., Alanazi, S. A., & Alshehri, S. (2023). Greener Stability-Indicating HPLC Approach for the Determination of Curcumin in In-House Developed Nanoemulsion and *Curcuma longa* L. Extract. *Separations*, 10(2).
 20. Nadaf, S., & Killedar, S. (2020). Development and validation of RP-HPLC method for estimation of curcumin from nanocochleates and its application in in-vivo pharmacokinetic study. *Acta Chimica Slovenica*, 67(4), 1100–1110.
 21. Fonseca-Santos, B., Gremião, M. P. D., & Chorilli, M. (2017). A simple reversed phase high-performance liquid chromatography (HPLC) method for determination of in situ gelling curcumin-loaded liquid crystals in in vitro performance tests. *Arabian Journal of Chemistry*, 10(7), 1029–1037.
 22. Khursheed, R., Singh, S. K., Kapoor, B., Gulati, M., Wadhwa, S., Gupta, S., Prasher, P., Kumar, D., Dua, K., Kumar, L. M. S., Babu, U. v., Sharma, M., Soni, H. K., & Kumar, V. (2021). Development and Validation of RP-HPLC Method for Simultaneous Determination of Curcumin and Quercetin in Extracts, Marketed Formulations, and Self-Nanoemulsifying Drug Delivery System. *Re:GEN Open*, 1(1), 43–52.

23. Gupta, T., Singh, J., Kaur, S., Sandhu, S., Singh, G., & Kaur, I. P. (2020). Enhancing Bioavailability and Stability of Curcumin Using Solid Lipid Nanoparticles (CLN): A Covenant for Its Effectiveness. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8.
24. Yun, C. I., Yang, H. J., Lee, J. H., & Kim, Y. J. (2025). Validation, measurement uncertainty, and application of sesquiterpenoids and curcuminoids in turmeric (*Curcuma longa* L.) using HPLC-DAD and UHPLC-ESI-MS/MS. *Food Science and Biotechnology*, 34(3), 611–620.
25. Ayurveda Limited Athani, K. (2018). Pharmacognostic Evaluation of *Curcuma longa* L. Rhizome and Standardization of its Formulation by HPLC Using Curcumin as Marker. Available Online on [Www.ijppr.Com](http://www.ijppr.com) International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research, 10(1), 38–42.
26. kadam Associate Professor of Pharmacognosy, P., yadav, K., Kadam, P. v, Yadav, K. N., Bhingare, C. L., & Patil, M. J. (2018). Standardization and quantification of curcumin from *Curcuma longa* extract using UV visible spectroscopy and HPLC. ~ 1913 ~ *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 1913–1918.
27. Panigrahi, S., & Hirlekar, R. (2016). A new stability-indicating RP-HPLC method for determination of curcumin: An application to nanoparticulate formulation. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 8(12), 149–155.
28. Antunes, A. H., Faria, F. R., Mota, J. F., Santiago, M. F., Kogawa, A. C., & Rezende, K. R. (2020). Bioanalytical method by HPLC-FLD for curcumin analysis in supplemented athletes. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 28(5), 599–606.
29. Paudel, D., Koirala, S., Pokharel, P., Bhandari, D. R., Adhikari, A., & Pokhrel, M. R. (2025). Optimization and Validation of a New HPLC Method for the Comparative Analysis of Curcumin in Fresh Rhizome Across Gandaki Province, Nepal, and Marketed Turmeric Powder. *Journal of Food Quality*, 2025(1).
30. Praveena, J., & Guru, B. R. (2021). Simultaneous estimation of paclitaxel and curcumin in nano-formulation: Stability analysis of drugs, optimization and validation of HPLC method. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 11(3), 071-083,.
31. Vaz, G., Clementino, A., Mitsou, E., Ferrari, E., Buttini, F., Sissa, C., Xenakis, A., Sonvico, F., & Dora, C. (2022). In Vitro Evaluation of Curcumin- and Quercetin-Loaded Nanoemulsions for Intranasal Administration: Effect of Surface Charge and Viscosity. *Pharmaceutics*, 14(1).
32. Japar Sodik, J., Indra Dinata, D., Herni Kusriani, R., & Jafar, G. (2023). COMPARISON OF ANALYSIS METHODS FOR CURCUMIN DETERMINATION: A LITERATURE REVIEW. In *Medical Sains : Jurnal Ilmiah Kefarmasian* (Vol. 8, Issue 4).
33. Sravani, A. B., Mathew, E. M., Ghate, V., & Lewis, S. A. (2022). A Sensitive Spectrofluorimetric Method for Curcumin Analysis. *Journal of Fluorescence*, 32(4), 1517–1527.

34. Rasheed, N. M. A., Srividya, G. S., & Nagaiah, K. (2017). HPTLC method development and quantification of curcumin content in different extracts of rhizomes of *Curcuma longa* L. *Annals of Phytomedicine: An International Journal*, 6(2).
35. Abdel-Kader, M. S., Salkini, A. A., Alam, P., Alshahrani, K. A., Foudah, A. I., & Alqarni, M. H. (2022). A High-Performance Thin-Layer Chromatographic Method for the Simultaneous Determination of Curcumin I, Curcumin II and Curcumin III in *Curcuma longa* and Herbal Formulation. *Separations*, 9(4).
36. Vera Nanda, E., & Pratiwi, Y. (2021). Validasi Dan Penetapan Kadar Kurkumin Pada Jamu Gendong Kunyit Asam Dengan Metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi Validation and Determination of Curcumin Levels in Tamarind Turmeric Gendong Herbs from the Kemiri Muka Market, Depok with High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) Method. In *Daerah Khusus Ibukota Jakarta* (Vol. 14, Issue 1).