

Validasi Metode Analisis Kurkuminoid dan Xantorizol pada Rimpang Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) dengan KLT-Densitometri

Febrina Amelia Saputri, Abdul Mun'im, Chinthia Rahadi Putri dan Dewi Aryani

Fakultas Farmasi Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

Korespondensi: Febrina Amelia Saputri
Email: febrina.amelia@farmasi.ui.ac.id

Submitted: 25-11-2022, Revised: 15-12-2022, Accepted: 21-12-2022

ABSTRAK: Rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) merupakan bagian tanaman yang banyak dimanfaatkan untuk pengobatan tradisional. Metabolit sekunder yang memberikan aktivitas farmakologisnya adalah senyawa kurkuminoid dan xantorizol. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh metode analisis kurkuminoid dan xantorizol yang tervalidasi, cepat, dan sederhana. Analisis dilakukan dengan menggunakan fase diam berupa lempeng KLT silika gel 60 GF254 dan fase gerak diklorometana-kloroform (4:6). Pemindaian (*scanning*) densitometrik dilakukan pada 224 nm untuk xantorizol dan 425 nm untuk kurkuminoid. Metode menunjukkan linieritas, akurasi, dan presisi yang baik, dengan batas deteksi kurkuminoid dan xantorizol yaitu 7,88 bpj dan 28,23 bpj dan batas kuantitasi kurkuminoid dan xantorizol yaitu 23,89 bpj dan 85,55 bpj. Kadar kurkuminoid dan xantorizol pada ekstrak rimpang temulawak adalah $4,95 \pm 0,01$ dan $31,30 \pm 0,09$ mg/g serbuk simplisia.

Kata kunci: kurkuminoid; xantorizol; KLT densitometri; validasi; rimpang temulawak

ABSTRACT: The rhizome of temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) is a part of the plant that is widely used for traditional medicine. Secondary metabolites that provide pharmacological activity are curcuminoids and xanthorrhizol. This study aims to obtain a validated, fast, and simple analytical method for curcuminoids and xanthorrhizol. The analysis was carried out with the stationary phase TLC plates silica gel 60 GF254. The mobile phase used was dichloromethane-chloroform (4:6), with densitometric scanning at 224 nm for xanthorrhizol and 425 nm for curcuminoids. The method showed good linearity, accuracy, and precision, with curcuminoids and xanthorrhizol detection limits of 7.88 ppm and 28.23 ppm, curcuminoids and xanthorrhizol quantitation limits of 23.89 ppm and 85.55 ppm, respectively. The content of curcuminoids and xanthorrhizol in temulawak rhizome extract were 4.95 ± 0.01 and 31.30 ± 0.09 mg/g *Simplicia* powder, respectively.

Keywords: curcuminoids; xanthorrhizol; TLC-densitometry; validation; temulawak rhizome

1. Pendahuluan

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) merupakan tanaman asli Indonesia yang banyak digunakan untuk pengobatan secara tradisional [1]. Bagian tanaman yang paling banyak dimanfaatkan adalah bagian rimpang [2]. Rimpang temulawak digunakan untuk meningkatkan nafsu makan, mengatasi konstipasi, diare berdarah, disentri, demam pada anak, hemoroid, serta memiliki aktivitas antihipertensi, antihepatotoksik, antioksidan, antibakteri, antidiuretik, dan antiinflamasi [3-6].

Aktivitas farmakologi rimpang temulawak disebabkan oleh kandungan metabolit sekundernya. Metabolit sekunder yang memberikan warna kuning pada rimpang temulawak adalah kurkuminoid [7]. Kurkuminoid bermanfaat untuk hipoglikemik, hepatoprotektif, antitrombotik, dan antiinflamasi [8]. Jenis kurkuminoid yang terkandung dalam rimpang temulawak antara lain kurkumin (CUR), demetoksikurkumin (DMC), dan bisdemetoksikurkumin (BDMC). Selain itu, rimpang temulawak memiliki senyawa penanda berupa xantorizol. Xantorizol adalah salah satu senyawa sesquiterpen bisabolan dan merupakan komponen utama dari minyak atsiri dalam rimpang temulawak [9]. Xantorizol diketahui memiliki aktivitas antikanker dan antibakteri [10, 11].

Terdapat berbagai metode untuk ekstraksi dan isolasi senyawa kurkuminoid dan xantorizol. Penggunaan metode konvensional hingga metode dengan pelarut ramah lingkungan kian berkembang [12-14]. Metode analisis yang tervalidasi diperlukan untuk evaluasi kadar kurkuminoid dan xantorizol hasil ekstraksi dan isolasi.

Kromatografi Lapis Tipis (KLT) merupakan metode yang sederhana, murah, dan memiliki kecepatan pemisahan tinggi. Metode ini dapat dilengkapi dengan pemindai densitometer dan alat penotol otomatis sehingga reliabilitas, sensitivitas, presisi dan akurasinya meningkat [15]. Penelitian ini berkontribusi untuk memperoleh metode analisis kurkuminoid dan xantorizol yang

tervalidasi menggunakan KLT-Densitometri. Metode analisis selanjutnya diaplikasikan untuk menentukan kadar kurkuminoid dan xantorizol dari rimpang temulawak.

2. Metode penelitian

2.1. Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah standar kurkuminoid (SciYu Biotech Co., Ltd, RRC) dan xantorizol (MarkHerb, Indonesia), air bebas mineral (Brataco, Indonesia), diklorometana (Merck, Jerman), etanol 96% (Merck, Jerman), dan kloroform (Merck, Jerman). Simplisia berupa serbuk kering rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) berasal dari Balitro Badan Litbang Pertanian, Kota Bogor, Jawa Barat. Sampel tanaman berasal dari tempat yang sama dan dideterminasi oleh Pusat Riset Biosistemika dan Evolusi Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN), Kota Bogor, Jawa Barat.

Alat yang digunakan antara lain TLC Scanner (CAMAG 3 TLC Scanner), bejana kromatografi (CAMAG UV Cabinet 4), lempeng KLT alumunium yang dilapisi silika gel 60 GF254 (Merck Millipore), winCATS software, mikropipet (Thermo Fisher Scientific, USA; Socorex, Swiss), rotary vacuum evaporator (Buchi R-300), mikroskop (NIKON Eclipse E200), dan alat-alat gelas laboratorium.

2.2. Pembuatan larutan baku

Larutan baku dibuat dengan menimbang sek-sama baku kurkuminoid dan xantorizol masing-masing 120 dan 240 mg, lalu melarutkannya dengan etanol hingga 10,0 mL sehingga diperoleh larutan induk kurkuminoid dan xantorizol dengan konsentrasi 12000 bpj dan 24000 bpj. Selanjutnya masing-masing dipipet sebanyak 2,0 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 20,0 mL, dan ditambahkan etanol hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan baku campuran kurkuminoid dan xantorizol dengan konsentrasi 1200 bpj dan 2400 bpj.

2.3. Determinasi dan uji mikroskopik simplisia

Sampel tanaman berasal dari Balitro Badan Litbang Pertanian dan dideterminasi oleh Pusat Riset Biosistematika dan Evolusi Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN), Bogor, Jawa Barat. Uji mikroskopik dilakukan terhadap serbuk simplisia dan irisan melintang rimpang temulawak. Irisan melintang didapatkan dari rimpang temulawak segar. Pada saat uji, serbuk simplisia atau irisan melintang temulawak diletakkan di atas kaca preparat dan ditetesi 2 – 3 tetes media kloralhidrat, dipanaskan di atas nyala bunsen, kemudian diamati menggunakan mikroskop. Selain itu, dilakukan pula uji mikroskopik menggunakan media aquadestilata untuk mengidentifikasi amilum [16].

2.4. Ekstraksi kurkuminoid dan xantorizol

Serbuk rimpang temulawak sebanyak 20 g diekstraksi secara digesti menggunakan 400 mL etanol 96%. Serbuk rimpang temulawak diekstraksi selama 4 jam pada suhu 50°C dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Setelah itu, ekstrak dipisahkan dengan cara filtrasi menggunakan kertas saring. Filtrat yang didapatkan diuapkan menggunakan rotary vacuum evaporator dan dilanjutkan dengan oven vakum pada suhu 50°C hingga diperoleh ekstrak kental [16].

2.5. Optimasi metode analisis

Analisis kurkuminoid dan xantorizol dilakukan dengan fase diam berupa lempeng KLT silika gel 60 GF₂₅₄ dengan ketebalan 250 µm. Ukuran lempeng KLT untuk optimasi metode adalah 12 cm x 5 cm. Larutan baku ditotolkan pada lempeng KLT sebanyak 5 µl dengan jarak antar bercak adalah 1 cm. Lempeng dieluasi sampai ketinggian sekitar 12 cm dalam bejana gelas yang sebelumnya telah dijenuhkan dengan uap fase gerak. Fase gerak yang digunakan adalah salah satu dari campuran berikut: diklorometana-kloroform (2:8), diklorometana-kloroform (3:7), dan diklorometana-kloroform (4:6) yang dapat memisahkan keempat senyawa paling baik. Pemindaian (*scanning*) densitometrik dilakukan pada 224 nm untuk xantorizol dan 425 nm untuk kurkuminoid [17].

2.6. Validasi metode analisis

Validasi metode mengacu pada ICH Q2 [18], dimana parameter yang diuji antara lain linearitas, batas deteksi (BD), batas kuantitasi (BK), akurasi, dan presisi.

2.6.1. Linieritas, batas deteksi, dan batas kuantitasi

Penentuan linearitas, BD, dan BK dibuat berdasarkan kurva kalibrasi masing-masing senyawa kurkuminoid dan xantorizol. Pada senyawa kurkuminoid seri larutan baku terdiri dari 6 konsentrasi berbeda dalam etanol yaitu 50 bpj, 100 bpj, 150 bpj, 200 bpj, 250 bpj, dan 300 bpj. Sedangkan pada senyawa xantorizol seri larutan baku terdiri dari 6 konsentrasi berbeda dalam etanol yaitu 100 bpj, 200 bpj, 300 bpj, 400 bpj, 500 bpj, dan 600 bpj. Regresi linear dibuat berdasarkan nilai konsentrasi dan area yang dihasilkan oleh TLC *Scanner* pada panjang gelombang 425 nm untuk kurkuminoid dan 224 nm untuk xantorizol. Linieritas dievaluasi dengan menentukan koefisien korelasi (*r*) dari analisis regresi linier ($y = bx + a$). BD dan BK dihitung masing-masing dengan persamaan $3.3 S_{y/x}/\text{slope}$ dan $10 S_{y/x}/\text{slope}$. $S_{y/x}$ adalah standar deviasi dari intersep-*y* garis regresi.

2.6.2. Akurasi dan presisi

Uji akurasi dan presisi dilakukan dengan metode adisi baku menggunakan 3 konsentrasi berbeda dilakukan dalam 3 kali replikasi. Secara berurutan standar kurkuminoid terdiri dari konsentrasi 100 bpj, 150 bpj, dan 250 bpj. Sedangkan untuk standar xantorizol terdiri dari konsentrasi 250 bpj, 350 bpj, dan 450 bpj. Uji akurasi dinilai berdasarkan %Uji Perolehan Kembali (%UPK) yang didapat sedangkan presisi dinilai berdasarkan %Koefisien Variasi (%KV).

2.7. Penetapan kadar kurkuminoid dan xantorizol dari ekstrak rimpang temulawak

Penetapan kadar kurkuminoid dan xantorizol dilakukan secara simultan. Larutan uji ekstrak etanol 96% dibuat dengan menimbang sebanyak 20 mg ekstrak, kemudian dilarutkan dalam 5 mL

etanol 96%, dimasukkan ke dalam labu ukur 10,0 mL dan ditambahkan etanol 96% hingga batas. Kadar dihitung dengan plot luas area ke dalam persamaan regresi linear.

3. Hasil dan diskusi

3.1. Determinasi dan uji mikroskopik simplisia

Hasil determinasi yang dilakukan di Pusat Riset Biosistemika dan Evolusi BRIN menyatakan bahwa sampel tanaman tersebut merupakan *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. Uji mikroskopik simplisia rimpang temulawak dilakukan menggunakan reagen kloralhidrat untuk melihat fragmen spesifik. Kloralhidrat umum digunakan sebagai reagen penjernih dalam uji mikroskopik. Pada sampel tanaman, kloralhidrat dapat melarutkan isi sel dan zat antarsel sehingga fragmen pada sampel tanaman dapat lebih mudah diamati. *Aquadestillata* digunakan untuk melihat adanya amilum [16]

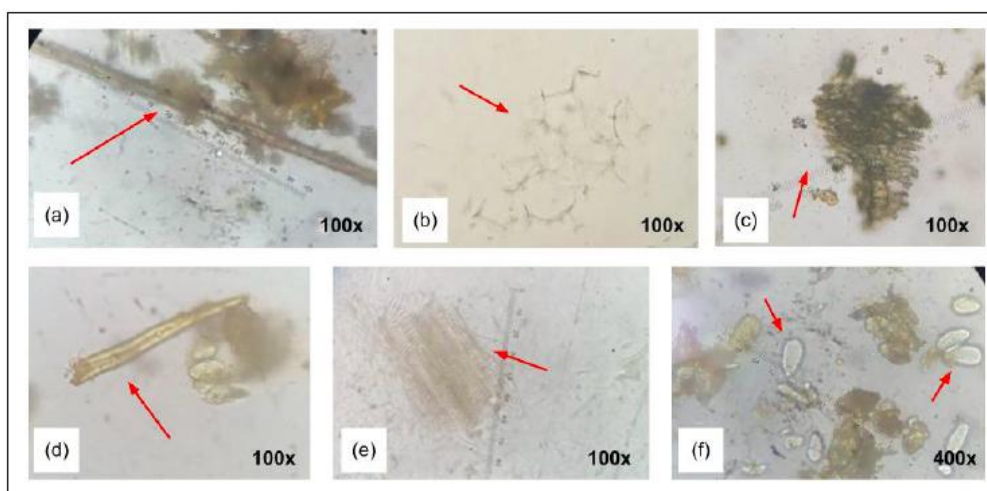
Pada pengujian serbuk simplisia temulawak, terdapat beberapa fragmen spesifik diantaranya sklerenkim, sel gabus, parenkim korteks amilum, dan rambut penutup (Gambar 1). Salah satu fragmen pembeda antara serbuk rimpang temulawak dengan serbuk rimpang kunyit yang merupakan tanaman satu marga dengan pemerian serbuk yang hampir serupa adalah amilum. Amilum

pada rimpang temulawak berbentuk pipih bulat memanjang, sedangkan amilum pada rimpang kunyit berbentuk lonjong dengan satu ujung mempunyai tonjolan [19].

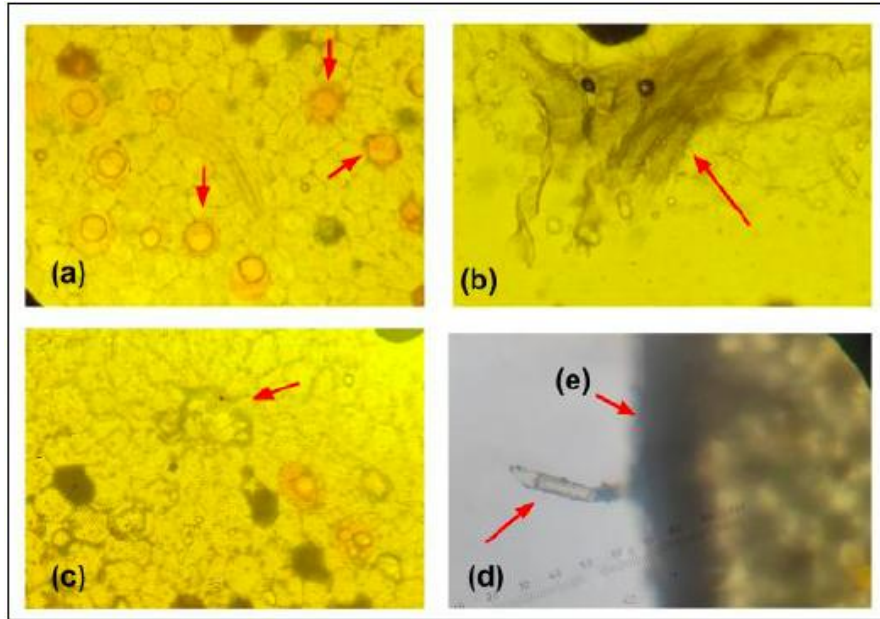
Pada pengujian mikroskopik terhadap penampang melintang rimpang temulawak segar ditemukan berkas pembuluh dengan penebalan tipe tangga, epidermis, berkas pembuluh kolateral, rambut penutup, dan sel minyak (Gambar 2). Pada parenkim, terlihat banyak sel minyak yang tersebar berisi minyak berwarna kuning hingga jingga. Kedua hasil uji mikroskopik menandakan bahwa sampel uji adalah benar rimpang temulawak.

3.2. Optimasi metode analisis

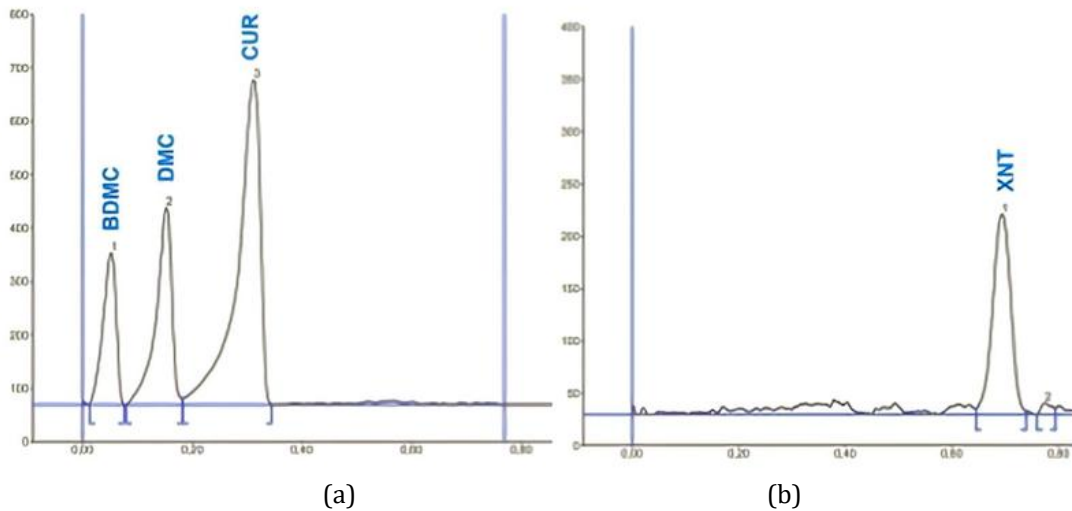
Optimasi dilakukan pada tiga variasi fase gerak yaitu diklorometana-kloroform (2:8), diklorometana-kloroform (3:7), dan diklorometana-kloroform (4:6). Metode analisis dilakukan dengan memodifikasi kondisi penelitian yang dilakukan oleh Aziz dkk (2018) yang menggunakan fase gerak diklorometana-kloroform (2:8) [17], dimana pada kondisi tersebut menghasilkan Rf yang terlalu besar untuk xantorizol, yaitu 0,90 sehingga dilakukan optimasi metode analisis dengan memodifikasi komposisi fase gerak. Pada analisis dengan fase gerak diklorometana-kloroform (3:7) menghasilkan nilai Rf xantorizol yaitu 0,87, sedangkan dengan fase gerak diklorometana-kloroform (4:6)



Gambar 1. Fragmen spesifik serbuk rimpang temulawak menggunakan media kloralhidrat (a-e) dan aquadestilata (f): (a) Sklerenkim, (b) Sel gabus, (c) Parenkim korteks, (d) Rambut penutup, (e) Pembuluh penebalan tipe tangga, (f) Amilum



Gambar 2. Fragmen spesifik pada penampang melintang rimpang temulawak dengan media kloralhidrat perbesaran 100x: (a) Sel minyak, (b) Berkas pembuluh penebalan tipe tangga, (c) Berkas pembuluh kolateral, (d) Rambut penutup, (e) Epidermis



Gambar 3. Kromatogram baku kurkuminoid (a) dan xantorizol (b)
 Keterangan: BDMC: bisdemetoksikurkumin; DMC: demetoksikurkumin; CUR: kurkumin; XNT: xantorizol

menghasilkan nilai Rf xantorizol yaitu 0,69. Selanjutnya dilakukan penotolan kurkuminoid dan xantorizol secara simultan dengan fase gerak diklorometan-kloroform (4:6). Dari hasil analisis, baku kurkuminoid mengandung tiga senyawa yaitu bisdemetoksikurkumin (BDMC), demetoksikurkumin (DMC), dan kurkumin (CUR) yang menghasilkan tiga puncak kromatogram dengan Rf 0,04; 0,13; dan 0,26, serta satu puncak kromatogram untuk baku xantorizol (XNT) dengan Rf 0,69 (Gambar 3). Area tiga puncak kurkumi-

noid ditotal sebagai puncak kurkuminoid.

Profil kromatogram kurkuminoid yang menunjukkan adanya tiga puncak, sejalan dengan penelitian Siviero, et al (2015) yang menyatakan bahwa CUR memiliki dua turunan yaitu BDMC dan DMC [20]. Nilai Rf senyawa kurkuminoid (BDMC, DMC, dan CUR) merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni dkk (2018), dimana BDMC memiliki nilai Rf paling kecil, diikuti oleh DMC kemudian CUR [21]. Hal ini dikarenakan pada BDMC terjadi penghilangan dua gugus

metoksi (-OCH₃) yang membuatnya bersifat lebih polar dibanding DMC dan CUR sehingga nilai Rf lebih kecil. Perbandingan nilai Rf kurkuminoid dan xantorizol sejalan dengan penelitian Aziz dkk (2018) yang menghasilkan nilai Rf xantorizol lebih besar dibanding kurkuminoid [17]. Banyaknya gugus hidroksil pada kurkuminoid menyebabkan senyawa tersebut bersifat lebih polar, sehingga menghasilkan nilai Rf yang lebih kecil.

Analisis kurkuminoid dan xantorizol secara simultan menggunakan KCKT telah dilakukan oleh Erpina dkk (2017). Fase diam yang digunakan adalah kolom C18, sedangkan fase gerak adalah campuran asetonitril dan asam format [22], dimana retensi senyawa dari yang paling cepat ke yang paling lambat secara berurutan adalah BDMC, DMC, CUR, dan XNT. Pada metode analisis yang dikembangkan oleh Erpina dkk

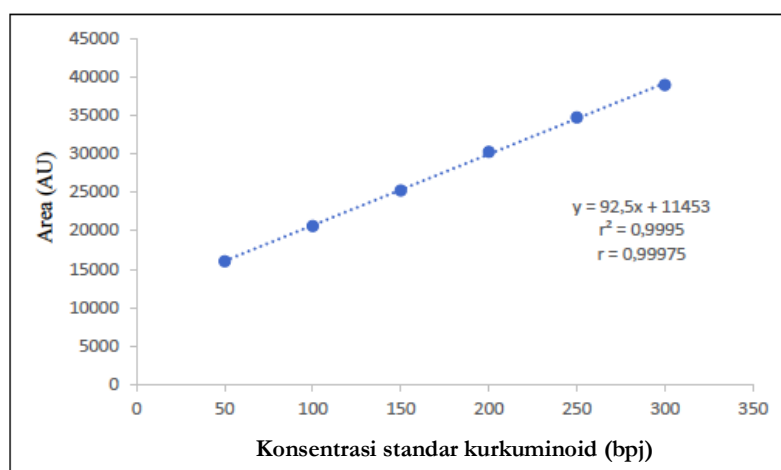
dibutuhkan waktu analisis yang panjang yaitu 60 menit, sehingga metode analisis pada penelitian ini dapat digunakan sebagai alternatif karena kemudahan dan kecepatan analisisnya.

3.3. Validasi metode analisis

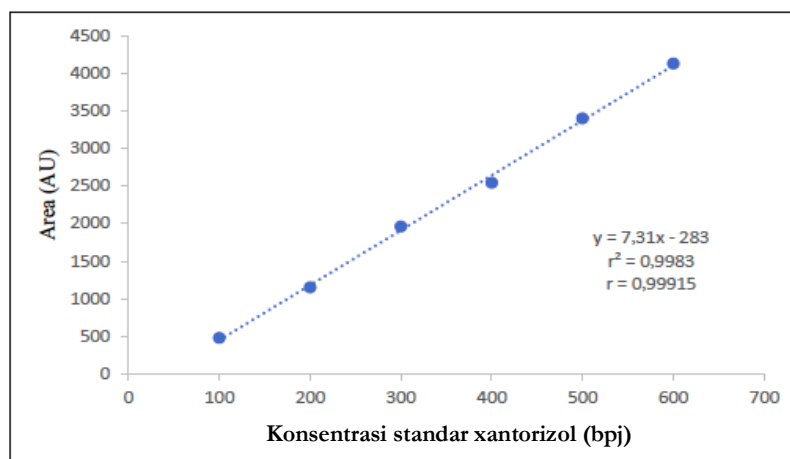
3.3.1. Linieritas, batas deteksi, dan batas kuantitasi

Linieritas metode analisis dievaluasi menggunakan nilai koefisien korelasi (r) dari analisis regresi linier. Persamaan garis regresi linier untuk kurkuminoid adalah $y = 92,5x + 11453$ dengan nilai $r = 0,99975$, sedangkan untuk xantorizol adalah $y = 7,31x - 283$ dengan nilai $r = 0,99915$ (Gambar 4). Kedua nilai r menunjukkan bahwa ada korelasi linier antara peningkatan konsentrasi dengan area.

BD untuk kurkuminoid dan xantorizol adalah



(a)



(b)

Gambar 4. Kurva kalibrasi kurkuminoid (a) dan xantorizol (b)

7,88 bpj dan 28,23 bpj sedangkan BK untuk kurkuminoid dan xantorizol adalah 23,89 bpj dan 85,55 bpj. Berdasarkan nilai BD dan BK, metode lebih sensitif terhadap kurkuminoid dibandingkan xantorizol. Nilai BD hasil validasi metode KCKT oleh Erpina dkk yaitu 0,0535 bpj dan 0,2856 bpj, sedangkan nilai BK yaitu 0,1849 bpj dan 1,1904 bpj untuk kurkuminoid dan xantorizol secara berturut-turut [22]. BD dan BK pada penelitian ini lebih besar dari yang pernah dilaporkan. Sehingga, untuk analisis dibawah 7,88 bpj kurkuminoid dan 28,23 bpj xantorizol dapat dilakukan dengan meningkatkan konsentrasi ekstrak yang dianalisis.

3.3.2. Akurasi dan presisi

Akurasi metode dinyatakan dalam %Uji Perolehan Kembali (%UPK). Suatu metode dikatakan

baik bila memiliki %UPK 98-102% [18]. Rentang %UPK kurkuminoid dan xantorizol adalah 99,87-100,88% dan 99,17-100,65%. Presisi metode dinyatakan dengan %Koefisien Variasi (%KV), dimana syaratnya adalah tidak lebih dari 2% [18]. Rentang %KV kurkuminoid dan xantorizol adalah 0,31-1,12% dan 0,76-1,34%. Metode memenuhi persyaratan akurasi dan presisi (Tabel 1 dan Tabel 2).

3.4. Penetapan kadar kurkuminoid dan xantorizol dari ekstrak rimpang temulawak

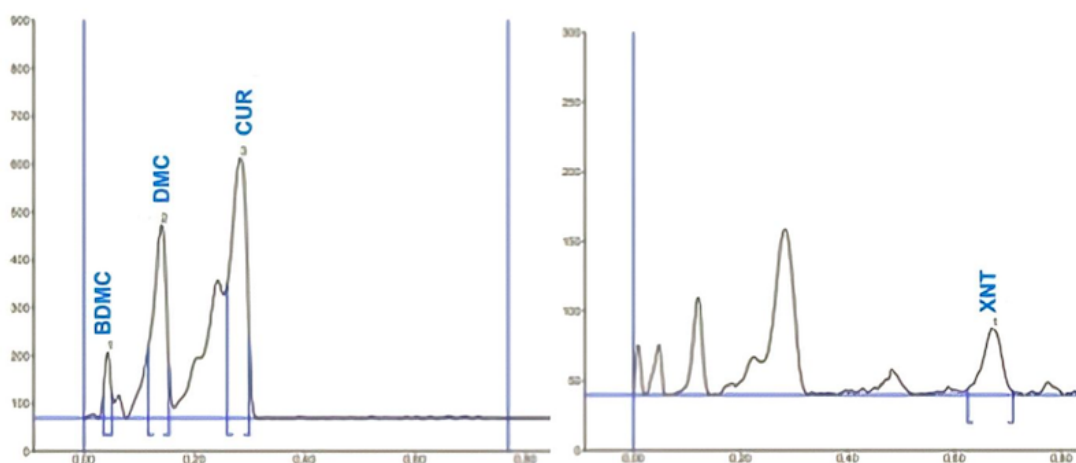
Penetapan kadar dilakukan secara simultan menggunakan fase diam Silica Gel 60 GF254 dan fase gerak diklorometana-kloroform (4:6) (Gambar 5). Kadar kurkuminoid dan xantorizol pada ekstrak rimpang temulawak adalah $4,95 \pm 0,01$ dan $31,30 \pm 0,09$ mg/g serbuk simplisia. Perban-

Tabel 1. Akurasi dan presisi kurkuminoid

No	Konsentrasi (bpj)	Area Unspike	Kadar Unspike (bpj)	Area Spike	Kadar Spike (bpj)	%UPK	Rerata %UPK	%KV
1	100	19851,4	45,40	29175,7	95,80	100,80	99,87	1,12
2		19648,9	44,30	28915,4	94,39	100,18		
3		19771,5	44,96	29005,9	94,88	98,63		
1	150	19748,2	44,84	33813,2	120,87	101,20	100,88	0,31
2		19822	45,24	33815,8	120,88	100,86		
3		19887,6	45,59	33843,2	121,03	100,58		
1	200	19732,5	44,75	38547	146,45	101,70	100,75	1,01
2		19810,9	45,18	38471,6	146,05	100,87		
3		19882,3	45,56	38188,9	144,52	99,68		

Tabel 2. Akurasi dan presisi xantorizol

No	Konsentrasi (bpj)	Area Unspike	Kadar Unspike (bpj)	Area Spike	Kadar Spike (bpj)	%UPK	Rerata %UPK	%KV
1	250	3025,1	452,54	3943,3	578,15	100,49	99,641	0,76
2		3050,1	455,96	3955,1	579,77	99,04		
3		3032	453,49	3940,2	577,73	99,39		
1	350	3018,3	451,61	4274	623,39	98,16	99,165	1,34
2		3032,2	453,52	4294,4	626,18	98,67		
3		3023,6	452,34	4311,4	628,51	100,67		
1	450	3026,8	452,78	4683,5	679,41	100,73	100,645	1,11
2		3036,9	454,16	4673,2	678,00	99,49		
3		3027	452,80	4700,1	681,68	101,72		



Gambar 5. Kromatogram ekstrak rimpang temulawak

Tabel 3. Kadar kurkuminoid dan xantorizol dari berbagai sumber

No	Sumber	Kurkuminoid (mg/g)	Xantorizol (mg/g)	Pustaka
1	Bogor	4,95 ± 0,01	31,30 ± 0,09	Penelitian ini
2	Bogor	2,87	9,88	[17]
3	Bogor	16,64 ± 0,04	158,3 ± 0,83	[22]
4	Yogyakarta	18,11 ± 0,15	201,75 ± 1,99	[22]
5	Solo	10,03 ± 0,27	136,46 ± 1,14	[22]
6	Bogor	0,53 ± 0,01	5,85 ± 0,13	[22]

dingan kadar kurkuminoid dan xantorizol dari berbagai sumber yang dianalisis secara simultan dapat dilihat pada Tabel 3. Kadar metabolit sekunder suatu tanaman dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, intensitas cahaya, suplai air, mineral, dan karbondioksida [23], sehingga tempat tumbuh dan waktu panen menentukan konsentrasi kurkuminoid dan xantorizol pada rimpang temulawak.

4. Kesimpulan

Optimasi metode analisis kurkuminoid dan xantorizol secara simultan telah dilakukan dengan KLT densitometri. Persamaan garis regresi linier untuk kurkuminoid adalah $y = 92,5x + 11453$ dengan nilai $r = 0,99975$, sedangkan untuk xantorizol adalah $y = 7,31x - 283$ dengan nilai $r = 0,99915$. Batas deteksi untuk kurkuminoid dan xantorizol adalah 7,88 bpj dan 28,23 bpj, sedang-

kan batas kuantitasi untuk kurkuminoid dan xantorizol adalah 23,89 bpj dan 85, 55 bpj. Rentang %UPK kurkuminoid dan xantorizol adalah 99,87-100,88% dan 99,17-100,65%. Rentang %KV kurkuminoid dan xantorizol adalah 0,31-1,12% dan 0,76-1,34%. Metode menunjukkan linieritas, batas deteksi, batas kuantitasi, akurasi, dan presisi yang baik. Metode ini telah diaplikasikan untuk menetapkan kadar kurkuminoid dan xantorizol dari ekstrak rimpang temulawak.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Farmakognosi dan Fitokimia serta Laboratorium Kimia Farmasi-Medisinal dan Bioanalisis Fakultas Farmasi Universitas Indonesia, dan QLab Fakultas Farmasi Universitas Pancasila yang telah menyediakan fasilitas untuk penelitian ini.

Daftar pustaka

1. BPOM RI. Acuan sediaan herbal volume kedua edisi pertama. Jakarta: BPOM RI; 2006.
2. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Formularium ramuan obat tradisional Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2017.
3. Warmasari NWM, Ernawati DK, Indrayani AW, Dewi NWS, Jawi IM. Antibacterial activity from temulawak extract (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) on growth inhibition of *Staphylococcus epidermidis* in vitro. *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Komunitas*. 2020;5(1):1-7.
4. Widyastuti I, Luthfah HZ, Hartono YI, Islamadina R, Can AT, Rohman A. Aktivitas antioksidan temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) dan profil pengelompokannya dengan kemometrik. *Indonesian J. Chemom. Pharm. Anal.* 2021;1(1):28-41.
5. Westphal E, Jansen PCM. Plant resources of South-East Asia. Wageningen: Pudoc, 1989.
6. Salleh N, Ismail S, Halim MRA. Effects of *Curcuma xanthorrhiza* extracts and their constituents on phase II drug-metabolizing enzymes activity. *Pharmacognosy Research*. 2016;8(4):309-315.
7. Putri RMS. Si 'kuning' temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) dengan 'segudang' khasiat. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 2013;2(2):42-49.
8. Pastor-Villaescusa B, Rodriguez ES, Rangel-Huerta OD. Polyphenols in obesity and metabolic syndrome. in *Obesity*. Elsevier; 2018:213-239.
9. Park JH, Jung YJ, Shrestha S, Lee SM, Lee TH, Lee CH, Han D, Kim J, Baek NI. Inhibition of NO production in LPS-stimulated RAW264.7 macrophage cells with curcuminoids and xanthorrhizol from the rhizome of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. and quantitative analysis using HPLC. *J Korean Soc Appl Biol Chem*. 2014;57(3):407-412.
10. Choi MA, Kim SH, Chung WY, Hwang JK, Park KK. Xanthorrhizol, a natural sesquiterpenoid from *Curcuma xanthorrhiza*, has an anti-metastatic potential in experimental mouse lung metastasis model. *Biochem Biophys Res Commun*. 2004;326(1):210-217.
11. Hwang JK, Shim JS, Baek NI, Pyun YR. Xanthorrhizol: A potential antibacterial agent from *Curcuma xanthorrhiza* against *Streptococcus mutans*. *Planta Med*. 2000;66(2):196-197.
12. Espino M, Fernández MDLÁ, Gomez FJV, Silva MF. Natural designer solvents for greening analytical chemistry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2016;76:126-136.
13. Grozdanova T, Trusheva B, Alipieva K, Popova M, Dimitrova L, Najdenski H, Zaharieva MM, Ilieva Y, Vasileva B, Miloshev G, Georgieva M, Bankova V. Extracts of medicinal plants with natural deep eutectic solvents: enhanced antimicrobial activity and low genotoxicity. *BMC Chem*. 2020;14(1):73.
14. Skarpalezos D, Detsi A. Deep eutectic solvents as extraction media for valuable flavonoids from natural sources. *Applied Sciences*. 2019;9(19):4169.
15. Hayun H, Karina MA. Pengembangan dan validasi Metode KLT-Densitometri untuk analisis secara simultan parasetamol, asam mefenamat dan ibuprofen dalam jamu 'Pegel Linu'. *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*. 2016;2(2):150-161.
16. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Farmakope herbal Indonesia, Edisi 2. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
17. Aziz SA, Ridwan T, Batubara I. Increasing growth rate and production of bioactive compounds curcuminoid and xanthorrhizol in javanese turmeric (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) rhizomes with biozyme application. *Journal of Tropical Crop Science*. 2018;5(3):103-110.
18. European Medicines Agency. ICH Q2(R2) Validation of analytical procedures - Scientific guideline. Available from: <https://www.ema.europa.eu/en/ich-q2r2-validation-analytical-procedures-scientific-guideline>.
19. Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Materia Medika Indonesia Jilid II. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia; 1979.
20. Wahyuni DSC, Artanti AN, Rinanto Y. Quantitative analysis of curcuminoid collected from different location in Indonesia by TLC-Densitometry and its antioxidant capacity. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018;349(1).
21. Erpina E, Rafi M, Darusman LK, Vitasari A, Putra BR, Rohaeti E. Simultaneous quantification of curcuminoids and xanthorrhizol in *Curcuma*

xanthorrhiza by high-performance liquid chromatography. *J Liq Chromatogr Relat Technol.* 2017;40(12):635–639.

22. Akula R, Ravishankar GA. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signal Behav.* 2011;6(11):1720–1731.