

Evaluasi Dan Modifikasi Analisis Boron secara Spektrofotometri UV-Vis Menggunakan Kurkumin yang Terdistilasi Ester Borat

Risna E. Y. Adu^{*1}, Roto-Roto² dan Agus Kuncaka²

¹Program Studi Kimia, Universitas Timor, Kefamenanu, Indonesia

²Program Studi Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

*alamat email korespondensi : adoe.risna@yahoo.com

Abstrak

Evaluasi dan modifikasi terhadap metode analisis boron secara Spektrofotometri UV-Vis menggunakan kurkumin telah dilakukan untuk menetapkan metode yang akurat dan presisi pada penentuan kadar boron dalam sampel makanan. Modifikasi didasarkan pada reaksi boron dengan kurkumin membentuk kompleks rubrokurkumin dengan mengevaluasi sejumlah variable yaitu waktu pembentukan kompleks, rasio asam oksalat /kurkumin, jenis pelarut kurkumin, serta rasio volume etanol/asam borat. Metode yang telah ditetapkan digunakan untuk analisis boron di dalam sampel mie. Dari hasil evaluasi diperoleh waktu kestabilan kompleks pada menit ke-20, rasio asam oksalat/kurkumin 15:1, jenis pelarut etil asetat serta rasio volume etanol 5:1 terhadap massa asam borat. Metode hasil evaluasi dan modifikasi telah divalidasi dan memenuhi kriteria akurat dan presisi dengan nilai persen perolehan kembali berkisar 96,09-104,92% dan nilai presisi intraday dan interday pada kisaran 0,44–1,50%. Metode tersebut telah digunakan untuk menentukan konten boron dalam mie A, B, dan C dan diperoleh nilai secara berturut-turut sebesar 0,74; 1,04 dan 1,08 mg kg⁻¹. Metode analisis boron hasil modifikasi memiliki nilai presisi dan akurasi yang baik sehingga dapat digunakan untuk menentukan konten boron dalam sampel makanan lainnya.

Kata Kunci: boron, kurkumin, ester borat, distilasi, Spektrofotometri UV-Vis

I. PENDAHULUAN

Boron merupakan unsur yang memiliki peranan penting bagi makhluk hidup. Boron berperan dalam metabolisme mineral dan

hormon, perkembangan tulang sehat, reaksi enzim dan pemeliharaan membran sel (Bakirdere, Orenay, & Korkmaz, 2010). Boron menunjukkan fungsi sebagai elemen

esensial bagi organisme pada konsentrasi rendah tetapi menjadi toksik pada konsentrasi tinggi ($> 9,6$ mg/kg berat badan/hari). Boron bermanfaat untuk pembentukan komposisi tulang dengan mengatur hormon yang mendukung pertumbuhan tulang, asupan boron dalam diet juga dapat mengurangi risiko kanker paru-paru dan payudara pada wanita (Cui dkk., 2004; Mahabir dkk., 2008). Efek menguntungkan boron tersebut dapat diperoleh pada asupan kurang dari 3 mg/hari (Pizzorno, 2015). Manusia dapat mengkonsumsi 1–7 mg boron yang terkandung dalam sayuran, buah-buahan, kacang-kacangan, dan produk lainnya setiap hari. Asupan boron yang berlebihan akan diserap melalui saluran pencernaan dan berada dalam tubuh sebagai asam borat yang dapat menghambat sintesis protein (Uluisik, Karakaya, & Koc, 2018).

Boron tidak ditemukan sebagai unsur bebas di alam tetapi umumnya ditemukan dalam bentuk asam borat, boraks, dan bentuk kompleks lainnya. Asam borat dan boraks bersifat toksik terhadap sel dengan nilai total dosis mematikan adalah 3–6 gr untuk bayi dan 15–20 gr untuk orang dewasa (Abdulmir & Heng, 2010). Karena itu senyawa boron seperti asam borat dan boraks dilarang penggunaannya sebagai bahan tambahan pangan. Meskipun demikian asam borat dan boraks masih sering ditambahkan ke dalam

produk pangan untuk mengontrol gelatinisasi pati, mempertahankan warna, tekstur dan rasa suatu makanan (Pratiwi dkk., 2020; Amit dkk., 2020). Salah satu produk pangan yang dalam pembuatannya sering menggunakan asam borat dan boraks adalah mie (Reubun, 2021). Penambahan bahan tambahan tersebut untuk menghasilkan tekstur yang lebih kenyal dan lebih awet.

Untuk menjamin keamanan pangan bagi masyarakat dibutuhkan sistem kontrol dalam analisis kadar boron pada sampel mie secara berkala untuk membatasi peredaran produk yang mengandung bahan *additive* terlarang tersebut. Ketersediaan metode analisis yang sensitif dan akurat merupakan faktor pendukung penting dalam sistem pengawasan terhadap keberadaan asam borat dan turunannya dalam produk pangan. Spektrofotometri UV-Vis merupakan salah satu metode analisis yang digunakan secara luas dalam penentuan kandungan boron dan senyawa turunannya karena lebih sensitif, akurat dan efisien pada analisis rutin (Ma dkk., 2011). Analisis boron secara spektrofotometri didasarkan pada reaksi spesifik antara boron dengan reagen yang memiliki gugus kromofor membentuk kompleks berwarna. Beberapa zat warna organik yang paling sering digunakan adalah azometin-H, asam karminat dan kurkumin. Azometin-H bereaksi dengan boron dalam larutan dengan pH 7,5

membentuk kompleks berwarna kuning dan merupakan reagen analisis boron yang paling sensitif tetapi kurang selektif karena azometin-H sensitif terhadap beberapa logam sehingga terjadi interferensi yang menurunkan kestabilan kompleks boron-azometin (Sarkar *dkk.*, 2014). Analisis boron menggunakan reagen asam karminat tidak praktis karena membutuhkan medium asam sulfat pekat dalam pembentukan kompleks berwarna biru (Floquet *dkk.*, 2016). Kurkumin merupakan zat warna organik yang digunakan secara luas dalam analisis boron karena lebih sensitif, membentuk kompleks boron-kurkumin yang lebih stabil (Setyawati, 2020) serta memberikan persen perolehan yang lebih baik untuk analisis asam borat dalam sampel makanan (Siti-Mizura *dkk.*, 1991).

Analisis boron menggunakan pengompleks kurkumin dapat dilakukan melalui dua cara yaitu melalui pembentukan kompleks rubrokurkumin dan rososyanin menghasilkan larutan berwarna merah yang dapat diukur pada panjang gelombang ~550 nm (Wanninger *dkk.*, 2015)(Ncttwrlandr, 1968). Reaksi antara boron dan kurkumin di dalam campuran asam asetat-asam sulfat membentuk kompleks rososianin yang bermuatan, sedangkan reaksi antara boron dan kurkumin dengan adanya penambahan asam oksalat membentuk kompleks rubrokurkumin. Analisis boron dalam makanan secara

spektrofotometri melalui pembentukan kompleks rososianin telah banyak dilakukan dengan akurasi yang bervariasi (Suseno, 2019; Setianingsih & Kresnadipayana, 2018; Anngela *dkk.*, 2021). Telah dilaporkan bahwa kompleks rososianin lebih mudah mengalami hidrolisis karena ketidaksesuaian pelarut, pH dan suhu (John *dkk.*, 2018). Kompleks rubrokurkumin dinyatakan memiliki keunggulan dalam penentuan boron karena pembentukan warna merah yang lebih cepat dan stabil serta merupakan suatu kompleks netral (John, 2016; Thangavel *dkk.*, 2004). Penentuan boron secara Spektrofotometri UV-Vis melalui pembentukan kompleks rubrokurkumin dalam berbagai macam matriks sampel (air, bubuk boron, uranil nitrat dan uranium oksida) telah dilakukan (Thangavel, Dhavile, Dash, & Chaurasia, 2004), sedangkan analisis boron di dalam sampel makanan melalui pembentukan kompleks rubrokurkumin masih terbatas karena komponen matriks organik yang kompleks sehingga membutuhkan tahapan pemisahan melalui distilasi ester borat. Ester borat yang dihasilkan dari reaksi asam borat dan alkohol memiliki tekanan uap yang tinggi pada suhu ruang sehingga dapat terdistilasi ke dalam larutan alkohol-kurkumin membentuk kompleks rubrokurkumin yang dapat dianalisis dengan Spektrofotometer UV-Vis (Adu, 2021). Pembentukan kompleks

rubrokurkumin tersebut dipengaruhi oleh sejumlah variabel seperti waktu pembentukan kompleks, rasio asam oksalat /kurkumin, jenis pelarut kurkumin, dan rasio volume etanol/asam borat. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan evaluasi dan modifikasi terhadap variabel-variabel tersebut untuk menetapkan suatu metode analisis boron yang akurat dan presisi pada sampel makanan melalui pembentukan kompleks rubrokurkumin.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan antara lain kurkumin, etanol dan asam oksalat (Pro Analisis, Merck) digunakan sebagai pengompleks. Asam borat digunakan sebagai larutan standar. Aseton (Pro Analisis, Merck) digunakan sebagai pelarut pada analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Etanol, metanol dan etil asetat (Pro Analisis, Merck) digunakan sebagai alternatif pelarut untuk kurkumin. Asam sulfat sebagai katalis asam untuk esterifikasi asam borat. Produk makanan yang dibeli dari supermarket berupa mie (jenis A, B dan C), sosis (merk A, B dan C), bakso (merk A, B dan C) dan tahu (jenis A, B dan C). Peralatan yang digunakan yaitu peralatan gelas, *chamber* distilasi dari teflon yang terdiri dari *chamber* bagian dalam dan

chamber bagian luar, neraca analitik (Mettler Toledo ME204E), Spektrofotometer UV-Vis (Spectronic 200), water bath, pH meter, oven, termometer, dan mortar.

2.2 Prosedur

2.2.1 Persiapan sampel dan pembuatan larutan

Pengambilan sampel mie dilakukan secara acak pada beberapa supermarket di sekitar Jalan Kaliurang Kota Yogyakarta. Sampel yang telah diperoleh dihaluskan menggunakan mortar. Larutan kurkumin sebagai reagen disiapkan melalui pelarutan kurkumin 0,04 g dan asam oksalat 0,6 g ke dalam pelarut etanol:air (3:1).

2.2.2 Penentuan panjang gelombang kompleks boron-kurkumin

Sebanyak 100 mg asam borat dilarutkan dalam 0,5 mL etanol lalu dituang ke dalam *chamber* distilasi dalam. Di *chamber* luar diisi dengan larutan kurkumin 10 mL dan disimpan selama 24 jam. *Chamber* dalam diambil, sedangkan larutan kurkumin diuapkan di dalam *water bath* pada suhu ~80 °C hingga membentuk ekstrak pekat. Ekstrak pekat tersebut dipindahkan ke dalam labu takar 25 mL lalu ditambahkan aseton hingga tanda batas. Absorbansi larutan ditentukan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 450-650 nm

setelah 10 menit. Panjang gelombang maksimum kurkumin dalam aseton sebagai blanko ditentukan dengan melarutkan kurkumin 0,01 g dalam 10 mL aseton kemudian pengukuran dilakukan pada rentang panjang gelombang 380-480 nm.

2.2.3 Optimasi waktu kestabilan kompleks

Asam borat sebanyak 100 mg didistilasi secara isothermal. Hasil distilasi berupa ekstrak pekat dipindahkan ke dalam labu takar 25 mL lalu diencerkan dengan aseton hingga tanda batas. Absorbansi larutan dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum setelah 10 menit.

2.2.4 Optimasi rasio massa asam oksalat: kurkumin

Larutan kurkumin dengan rasio massa asam oksalat-kurkumin 5:1 disiapkan dengan cara melarutkan 0,02 g kurkumin dan 0,1 g asam oksalat di dalam 20 mL campuran etanol air (3:1). Sebanyak 10 mL dari larutan tersebut diisi dalam tabung distilasi bagian luar. Asam borat sebanyak 100 mg dimasukkan ke dalam *chamber* distilasi bagian dalam dan ditambahkan etanol 0,5 mL kemudian diletakkan dalam *chamber* distilasi bagian luar. *Chamber* luar ditutup dan disimpan selama 24 jam, kemudian *chamber* dalam dikeluarkan, sedangkan larutan kurkumin diuapkan di

dalam *water bath* pada suhu ~80 °C hingga membentuk ekstrak pekat. Ekstrak pekat tersebut dipindahkan ke dalam labu takar 25 mL lalu ditambahkan aseton hingga tanda batas. Absorbansi larutan dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang maksimum setelah 10 menit. Prosedur yang sama dilakukan terhadap larutan kurkumin dengan rasio asam oksalat-kurkumin 10:1, 15:1, 20:1 dan 25:1.

2.2.5 Optimasi jenis pelarut kurkumin

Sebanyak 0,04 g kurkumin dan asam oksalat 0,6 g dilarutkan ke dalam campuran pelarut etanol: air 3:1, dilanjutkan dengan prosedur yang sama seperti sebelumnya. Prosedur yang sama diulangi dengan mengganti pelarut etanol:air dengan masing-masing pelarut aseton:air (3:1), metanol:air (3:1) dan etil asetat:air (3:1).

2.2.6 Optimasi rasio etanol:asam borat

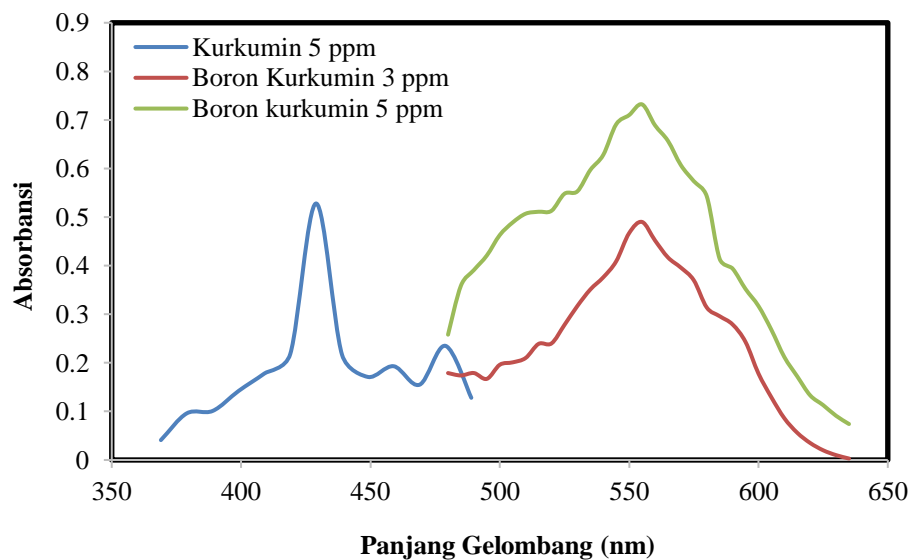
Ke dalam etanol 0,1 mL dilarutkan 100 mg asam borat kemudian larutan dituang ke dalam *chamber* distilasi dalam. Selanjutnya diproses sesuai prosedur sebelumnya. Variasi rasio etanol:asam borat yang dievaluasi adalah 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1 dan 7:1.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Panjang gelombang kurkumin dan kompleks boron

Panjang gelombang maksimum kurkumin dalam aseton ditentukan pada rentang panjang gelombang 300-650 nm. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Gambar 1, kompleks boron-kurkumin yang terbentuk memberikan nilai absorbansi

terbesar pada panjang gelombang 555 nm (Setyawati, 2020; Ma *dkk.*, 2011 dan Qin, 2013). Pengukuran absorbansi kurkumin dalam aseton menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum kurkumin adalah 419 nm (Van Nong *dkk.*, 2016; Sofyan *dkk.*, 2018).



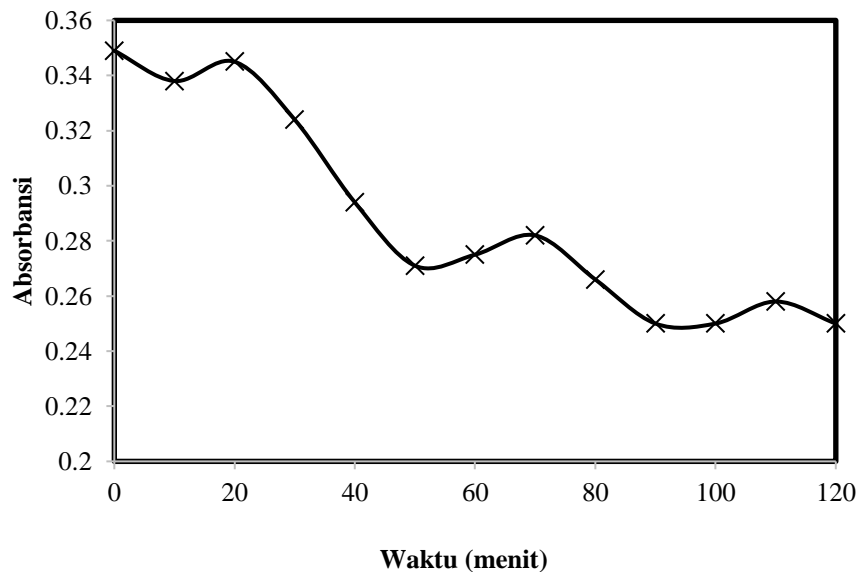
Gambar 1. Spektra UV-Vis kurkumin dan kompleks boron-kurkumin

3.2 Kestabilan kompleks boron-kurkumin

Kestabilan warna kompleks boron-kurkumin terhadap perubahan waktu diukur setiap 10 menit selama 2 jam. Hasil pengukuran ditampilkan pada Gambar 2. Kompleks boron-kurkumin cenderung stabil hingga menit ke 20 pada jam pertama, kemudian mengalami penurunan pada menit ke 30 hingga menit ke 120 meskipun tidak

signifikan akibat hidrolisis kompleks boron-kurkumin karena kelembaban. Kompleks rubrokurkumin merupakan kompleks netral yang menyebabkan kompleks ini mudah terhidrolisis oleh air dan alkohol. Empat ikatan kovalen pada atom boron yang kurang stabil menyebabkan kompleks boron-kurkumin mudah mengalami dekomposisi dalam waktu yang relatif singkat. Dengan demikian analisis harus dilakukan setelah 10

menit pembentukan kompleks boron-kurkumin.



Gambar 2. Kestabilan kompleks boron-kurkumin terhadap perubahan waktu

Kompleks rubrokurkumin merupakan suatu ester spiroborat yang terbentuk melalui reaksi kondensasi antara asam borat, asam oksalat dan kurkumin (rasio 1:1:1) dengan mekanisme yang diprediksikan seperti pada Gambar 3. Pembentukan rubrokurkumin diawali dengan kondensasi asam oksalat dan asam borat membentuk kompleks boroksalat, yang kemudian membentuk ikatan kovalen dengan kurkumin menghasilkan suatu kompleks netral.

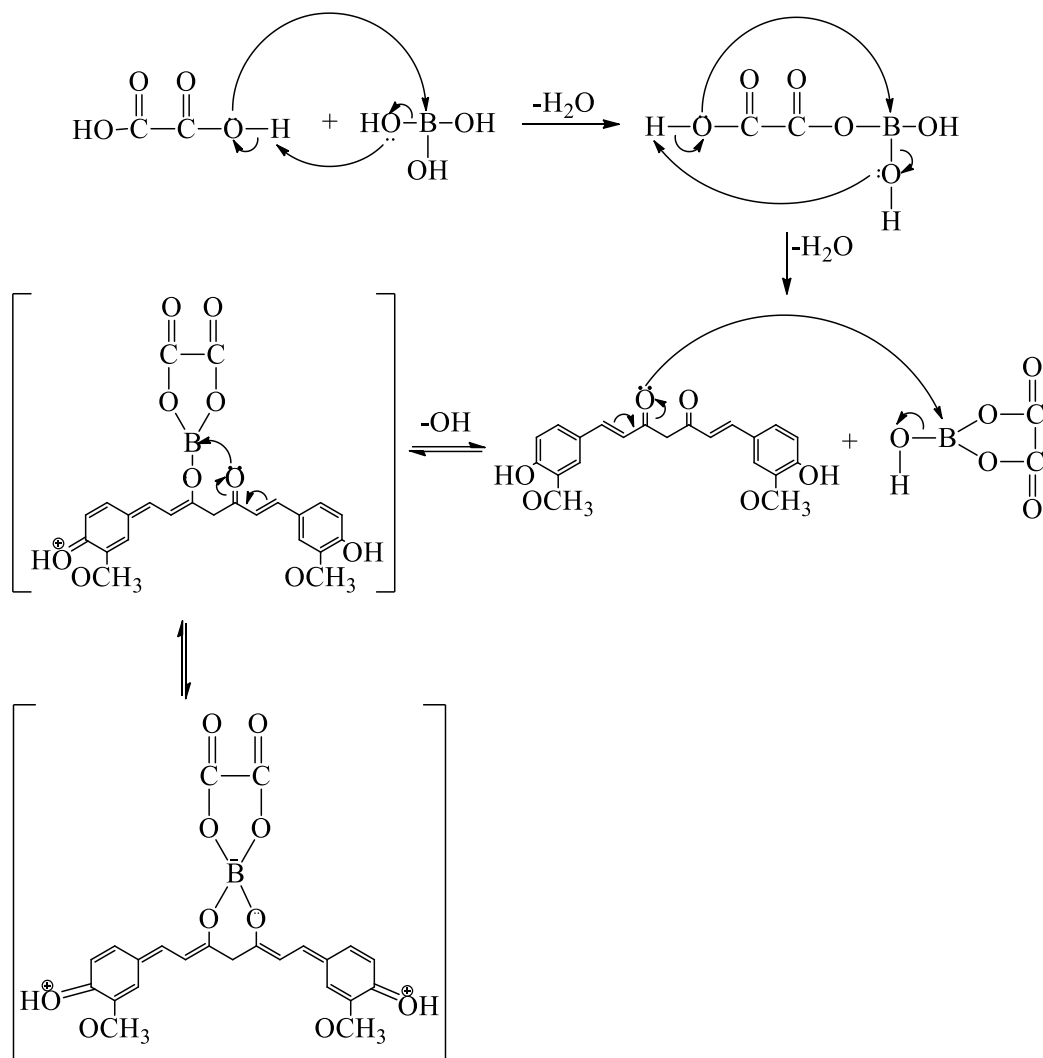
3.3 Evaluasi Rasio Massa asam oksalat:kurkumin

Pengaruh asam oksalat terhadap serapan kompleks boron-kurkumin dipelajari dengan

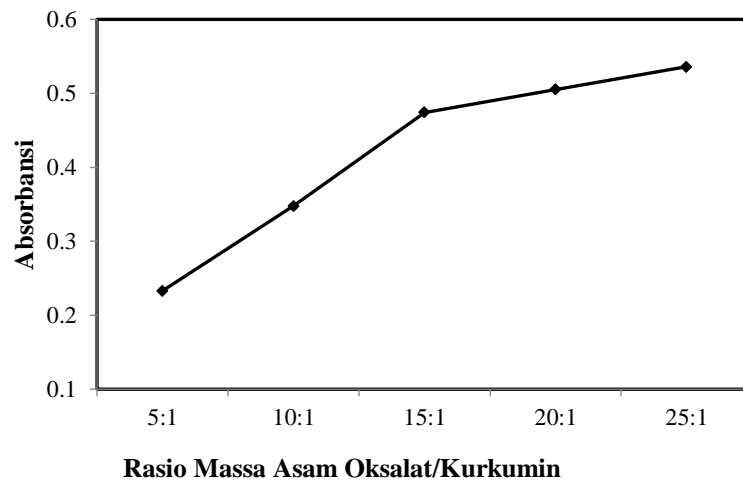
melakukan variasi massa asam oksalat/kurkumin pada rasio 5:1, 10:1, 15:1, 20:1 dan 25:1. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 4.

Rasio massa asam oksalat/kurkumin memiliki pengaruh terhadap serapan kompleks boron-kurkumin. Nilai absorbansi kompleks boron-kurkumin untuk rasio asam oksalat/kurkumin 5:1, 10:1, 15:1, 20:1 dan 25:1 adalah 0,233; 0,348; 0,474; 0,505 dan 0,535. Semakin tinggi rasio massa, semakin tinggi serapan kompleks boron-kurkumin. Absorbansi optimum kompleks boron-kurkumin diperoleh pada rasio 15:1. Rasio massa asam oksalat/kurkumin yang lebih

tinggi dari 15:1 memberikan kenaikan serapan kompleks boron-kurkumin yang tidak signifikan.



Gambar 3. Prediksi mekanisme reaksi pembentukan kompleks rubrokurkumin



Gambar 4. Pengaruh rasio asam oksalat/kurkumin terhadap kompleks boron-kurkumin

Asam oksalat merupakan senyawa diol dengan gugus hidroksil yang terikat pada atom karbon yang berdekatan sehingga bereaksi secara cepat dalam larutan berair (Anjana dkk., 2019). Reaksi asam oksalat dengan asam borat membentuk intermediet boro-oksalat yang optimum pada rasio 15:1. Berdasarkan mekanisme reaksi pembentukan kompleks rubrokurkumin pada Gambar 3, diketahui bahwa reaksi boron, kurkumin dan asam oksalat berlangsung dengan rasio reaktan 1:1:1, namun data pada penelitian ini menunjukkan bahwa reaksi optimum terjadi pada penggunaan asam oksalat yang berlebih. Hal ini menunjukkan bahwa masih terjadi reaksi lanjutan pada kompleks rubrokurkumin dengan boro-oksalat. Rasio asam oksalat/kurkumin yang lebih besar dari 15:1 menyebabkan intermediet boro-oksalat sangat terintangi sehingga laju pembentukan

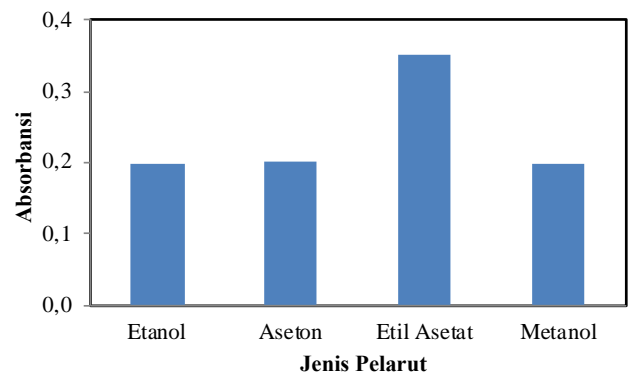
kompleks dengan kurkumin menjadi lambat. Penggunaan asam oksalat diketahui sangat efektif dalam meningkatkan sensitivitas metode kurkumin. Naftel (1939) mempelajari pengaruh konsentrasi asam oksalat terhadap intensitas warna larutan kompleks boron-kurkumin dengan menggunakan konsentrasi kurkumin 1% dan variasi konsentrasi asam oksalat 5, 10, 20 dan 40%. Penggunaan asam oksalat 20% menghasilkan intensitas yang lebih baik, sedangkan asam oksalat dengan konsentrasi yang lebih tinggi (40%) memberikan kenaikan intensitas yang relatif sedikit.

3.4 Jenis pelarut kurkumin

Pemilihan jenis pelarut yang paling tepat untuk kurkumin didasarkan pada perbedaan tingkat kepolaran masing-masing pelarut. Jenis pelarut yang dipilih sebagai

pelarut kurkumin yaitu metanol, etanol, etil asetat dan aseton. Adanya pengaruh jenis pelarut kurkumin terhadap absorbansi kompleks kurkumin dapat dilihat pada Gambar 5.

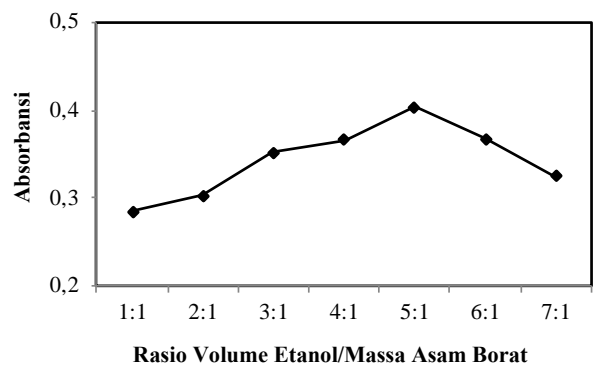
Pemakaian pelarut etil asetat memberikan nilai absorbansi kompleks boron-kurkumin tertinggi dibandingkan dengan aseton, etanol dan metanol. Data ini menunjukkan bahwa semakin rendah tingkat kepolaran pelarut kurkumin yang digunakan, semakin tinggi nilai absorbansi kompleks boron-kurkumin yang diperoleh. Adapun nilai konstanta dielektrik untuk metanol, etanol, aseton dan etil asetat secara berturut-turut adalah 30, 30, 21 dan 6. Nilai ini digunakan untuk menentukan tingkat kepolaran pelarut kurkumin (Moldoveanu & David, 2013). Berdasarkan nilai konstanta dielektrik tersebut, etil asetat memiliki kepolaran paling rendah. Sebagaimana telah diketahui bahwa kurkumin merupakan senyawa polifenol yang bersifat hidrofobik (Priyadarsini, 2014; Zhang *dkk.*, 2019; Lee *dkk.*, 2013) sehingga kurkumin akan memiliki kelarutan paling tinggi di dalam pelarut etil asetat berdasarkan prinsip *like dissolved like*.



Gambar 5. Pengaruh jenis pelarut terhadap serapan kompleks boron-kurkumin

3.5 Rasio etanol-asam borat

Pengaruh rasio etanol: asam borat terhadap pembentukan kompleks boron-kurkumin dikaji dengan menggunakan rasio 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1 dan 7:1. Hasil pengujian ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh rasio etanol/asam borat terhadap serapan kompleks boron-kurkumin

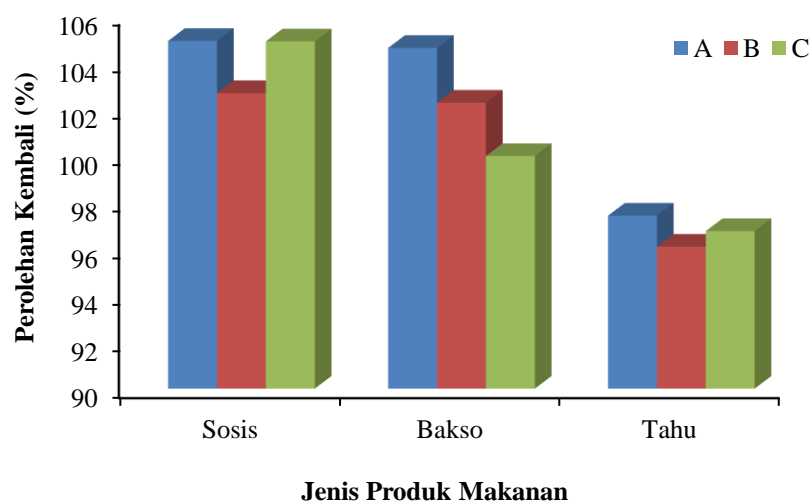
Rasio volume etanol terhadap massa asam borat memiliki pengaruh terhadap nilai absorbansi kompleks boron-kurkumin. Perbandingan volume etanol terhadap massa asam borat menghasilkan nilai absorbansi

tertinggi pada rasio 5:1. Penurunan absorbansi terjadi pada rasio etanol-asam borat yang lebih tinggi dari 5:1. Berdasarkan mekanisme reaksinya, esterifikasi asam borat merupakan reaksi reversibel, dengan demikian untuk memperoleh rendemen yang tinggi kesetimbangan harus digeser ke arah etil borat dengan menambahkan etanol secara berlebih (Levent, Budak, Pamukoğlu, & Gönen, 2016). Peningkatan volume etanol yang berlebihan menyebabkan rintangan sterik pada zat antara semakin meningkat. Hal ini menyebabkan laju pembentukan etil borat menjadi lambat sehingga berakibat pada berkurangnya rendemen ester yang dihasilkan.

3.6 Validasi Metode

Hasil evaluasi metode kurkumin dalam penentuan konsentrasi boron melalui distilasi

ester borat divalidasi untuk menetapkan kelayakan penggunaannya. Parameter validasi yang diuji yaitu ketepatan dan ketelitian. Ketepatan atau akurasi diukur dalam bentuk persen perolehan kembali (*% recovery*) yang dianalisis menggunakan metode penambahan baku (*standard addition method*). Persen perolehan kembali disajikan pada Gambar 7. Persen perolehan kembali pada sampel sosis, bakso dan mie berkisar antara 96,09-104,92%. Nilai % perolehan kembali pada ketiga sampel dapat diterima karena memenuhi kriteria persen perolehan kembali, sebagaimana telah dilaporkan bahwa untuk $0,001 < [A] \leq 0,1$ (%) dalam matriks sampel, maka rentang persen perolehan kembali adalah 90 -107% (Harmita, 2004).



Gambar 7. Persen perolehan kembali pada sampel makanan

Ketelitian metode analisis boron dengan Spektrofotometer UV-Vis menggunakan kurkumin yang terdistilasi asam borat dinyatakan sebagai keterulangan (*repeatability*) dan diukur sebagai simpangan baku relatif (RSD). Pengujian dilakukan

dengan mengukur 3 konsentrasi berbeda dengan 3 kali pengulangan yang dilakukan di hari yang sama (*intraday*) maupun di hari yang berbeda (*interday*). Hasil analisis ditunjukkan dalam Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Presisi *Intraday*

[B] (mg/L)	A Rerata	SD	% RSD
1,8	0,3717	0,0050	1,33
3,6	0,5619	0,0070	1,24
4,8	0,6494	0,0064	0,97

Tabel 2. Presisi *Interday*

[B] (mg/L)	A Rerata	SD	% RSD
1,8	0,3824	0,0017	0,44
3,6	0,5769	0,0087	1,50
4,8	0,6796	0,0100	1,47

Metode analisis boron menggunakan kurkumin memiliki nilai RSD pada presisi *intraday* dan *interday* pada kisaran 0,44–1,50%. Nilai presisi *intraday* dan *interday* menunjukkan bahwa metode analisis boron menggunakan kurkumin memiliki keterulangan yang baik dan memenuhi kriteria presisi, sebagaimana telah dinyatakan bahwa apabila suatu metode analisis memberikan nilai % RSD $\leq 2\%$ maka metode tersebut memenuhi kriteria seksama (Harmita, 2004; González dkk., 2010). Nilai RSD tersebut juga memenuhi tingkat presisi menurut *American Preveterinary Medical Association* (APVMA) (2004) yaitu tingkat presisi (y) yang dapat diterima untuk jumlah komponen

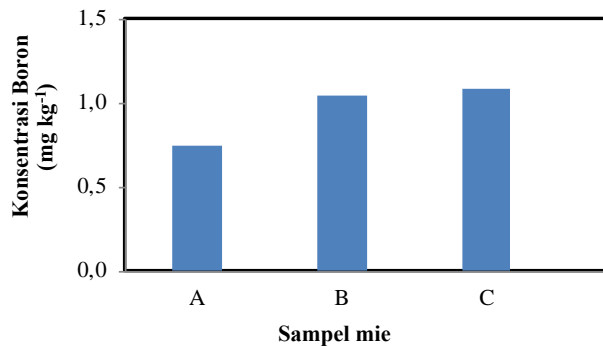
terukur dalam sampel (x) dengan nilai $x \leq 0,1\%$ adalah $\leq 20\%$.

Modifikasi minor terhadap metode analisis boron secara Spektrofotometri UV-Vis menggunakan kurkumin yang terdistilasi ester borat memenuhi parameter-parameter seperti linearitas, ketepatan dan ketelitian. Hal ini menunjukkan bahwa metode analisis tersebut memiliki validitas dan reliabilitas yang cukup baik. Oleh karena itu metode ini dapat digunakan secara umum dalam analisis boron pada sampel mie.

3.7 Analisis sampel mie

Sampel mie yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis sampel mie yang berbeda

yang diperoleh dari pasar tradisional di Kota Yogyakarta. Sampel mie yang digunakan yaitu Mie A, Mie B dan Mie C. Hasil analisis konsentrasi boron dalam masing-masing sampel mie dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Konsentrasi boron dalam sampel mie

Berdasarkan hasil analisis diperoleh konsentrasi boron untuk masing-masing sampel mie A, B, dan C secara berturut-turut adalah 0,74; 1,04 dan 1,08 mg kg⁻¹. Nilai konsentrasi boron pada sampel mie menunjukkan bahwa asam borat dan boraks digunakan sebagai bahan tambahan pangan pada sampel mie dalam konsentrasi yang sangat kecil dan masih berada pada batas aman untuk dikonsumsi oleh manusia dengan mempertimbangkan konten boron natural pada bahan makanan.

IV. KESIMPULAN

Evaluasi dan modifikasi terhadap metode kurkumin untuk analisis boron secara

Spektrofotometri UV-Vis telah dilakukan. Kondisi optimum dari hasil evaluasi yaitu panjang gelombang boron-kurkumin 555 nm, waktu kestabilan kompleks 20 menit, rasio asam oksalat/kurkumin 15:1, jenis pelarut etil asetat serta rasio volume etanol 5:1 terhadap massa asam borat. Metode kurkumin telah divalidasi dan memenuhi kriteria akurat dan presisi serta telah digunakan untuk menentukan konten boron dalam masing-masing sampel mie A, B, dan C secara berturut-turut adalah 0,74; 1,04 dan 1,08 mg kg⁻¹. Metode analisis boron hasil modifikasi dapat digunakan untuk menentukan konten boron dalam sampel makanan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adu, R. E. Y. (2021). A Simple Analyte Volatilization in Polytetrafluoroethylene (PTFE) Vessel for Spectrophotometric Determination of Boron. *Jurnal Akademika Kimia*, (2).
- Anjana, S., Joseph, J., John, J., Balachandran, S., Kumar, T. R. S., & Abraham, A. (2019). Novel fluorescent spiroborate esters: Potential therapeutic agents in in vitro cancer models. *Molecular Biology Reports*, 46(1), 727–740. <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4529-5>
- Abdulmir, A.S. & Heng, L.Y. 2010. Risk and Health Effect of Boric Acid.

- Amit, Z., Abdul Rahamn, M.H.L., Ahmad Rifien, N.N.N., Abdul Muti, N.H. & Ling, Ji.H. 2020. Contents of Boric Acid in Noodles and Processed Foods. *Borneo Journal of Resource Science and Technology*, 10(1): 70–78.
- Anggela, O., Muadifah, A. & Nugraha, D.P. 2021. Validasi Metode Penetapan Kadar Boraks pada Kerupuk Puli Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis: Validation of Methods of Borax Concentrations Determination in Puli Crackers Using a UV-Vis Spectrophotometer. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(4): 375–381.
- Bakirdere, S., Orenay, S., & Korkmaz, M. (2010). Effect of Boron on Human Health. *The Open Mineral Processing Journal*, 3(1), 54–59. <https://doi.org/10.2174/1874841401003010054>
- Cui, Y., Winton, M., Zhang, Z.-F., Rainey, C., Marshall, J., De Kernion, J., & Eckhert, C. (2004). Dietary boron intake and prostate cancer risk. *Oncology Reports*. <https://doi.org/10.3892/or.11.4.887>
- González, A.G., Herrador, M.Á. & Asuero, A.G. 2010. Intra-laboratory assessment of method accuracy (trueness and precision) by using validation standards. *Talanta*, 82(5): 1995–1998.
- Harmita, H. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode Dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 1(3): 117–135.
- John, J. 2016. Kinetic Analysis Of Thermal Decomposition Of Rubrocurcumin. *Acta Ciencia Indica*, (2).
- John, J., Rugmini, S.D. & Nair, B.S. 2018. Kinetics and Mechanism of the Thermal and Hydrolytic Decomposition Reaction of Rosocyanin: Thermal And Hydrolytic Decomposition Reaction Of Rosocyanin. *International Journal of Chemical Kinetics*, 50(3): 164–177.
- Lee, W.-H., Loo, C.-Y., Bebawy, M., Luk, F., Mason, R. & Rohanzadeh, R. 2013. Curcumin and its Derivatives: Their Application in Neuropharmacology and Neuroscience in the 21st Century. *Current Neuropharmacology*, 11(4): 338–378.
- Levent, S., Budak, A., Pamukoğlu, M. Y., & Gönen, M. (2016). Extraction of boric acid from tincal mineral by supercritical ethanol. *The Journal of Supercritical Fluids*, 109, 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.10.023>
- Ma, L., Zhang, Z. & Li, Q. 2011. Spectrophotometric determination of boron based on charge transfer reaction. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 79(3):

- 599–602.
- Mahabir, S., Spitz, M. R., Barrera, S. L., Dong, Y. Q., Eastham, C., & Forman, M. R. (2008). Dietary Boron and Hormone Replacement Therapy as Risk Factors for Lung Cancer in Women. *American Journal of Epidemiology*, 167(9), 1070–1080. <https://doi.org/10.1093/aje/kwn021>
- Moldoveanu, S. C., & David, V. (2013). Mobile Phases and Their Properties. In *Essentials in Modern HPLC Separations* (pp. 363–447). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385013-3.00007-0>
- Naftel, J.A. 1939. Colorimetric Microdetermination of Boron. *Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition*, 11(7): 407–409.
- Nettwrlandr, T. (1968). *Are shown in Fig. 43*, 475–486.
- Pizzorno, L. 2015. Nothing Boring About Boron. *Integrative Medicine*, 14(4).
- Pratiwi, Y.S., Prasetyowati, I., Hidayati, M.N., Antika, R.B., Oktafiani, L.D.A., Damat, D., Shoukat, N. & Ahmed, K. 2020. Review article: The effect of borax as a food additive on energy metabolism. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*, 23(08). Tersedia di https://www.journal.atmph-specialissues.org/uploads/179/7630_pd
- f.pdf [Diakses 10 Februari 2023].
- Priyadarsini, K. 2014. The Chemistry of Curcumin: From Extraction to Therapeutic Agent. *Molecules*, 19(12): 20091–20112.
- Qin, Y. 2013. Determination of Boron in Water Samples by the Spectrophotometric Curcumin Method. *Advanced Materials Research*, 807–809: 323–326.
- Reubun, Y. T. A. (2021). *Analisis Boraks pada Mie Basah dan Mie Kering di Bekasi Utara dan Bekasi Timur dengan Spektrofotometri UV-Vis*.
- Sarkar, D., Sheikh, A.A., Batabyal, K. & Mandal, B. 2014. Boron Estimation in Soil, Plant, and Water Samples using Spectrophotometric Methods. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45(11): 1538–1550.
- Setianingsih, D.A. & Kresnadipayana, D. 2018. Penentuan Kadar Boraks pada Karak Berkode Registrasi dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Biomedika*, 11(2): 103–108.
- Setyawati, A. 2020. Analysis Methods Verification of Boron in River Water Using the Uv-Vis Spectrophotometer with Curcumin Complex as Alternative Practical Educations. *International Journal of Chemistry Education Research*, 3(2). Tersedia di

- <https://103.55.139.53/IJCER/article/view/14254> [Diakses 6 Januari 2023].
- Siti-Mizura, S., Tee, E.S. & Ooi, H.E. 1991. Determination of boric acid in foods: Comparative study of three methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 55(2): 261–268.
- Sofyan, N., Situmorang, F.W., Ridhova, A., Yuwono, A.H. & Udhiarto, A. 2018. Visible light absorption and photosensitizing characteristics of natural yellow 3 extracted from *Curcuma Longa* L. for Dye-Sensitized solar cell. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 105: 012073.
- Suseno, D. 2019. Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Kandungan Boraks Pada Bakso Menggunakan Kertas Turmeric, FT – IR Spektrometer dan Spektrofotometer Uv -Vis. *Indonesia Journal of Halal*, 2(1): 1.
- Thangavel, S., Dhavile, S. M., Dash, K., & Chaurasia, S. C. (2004). *Spectrophotometric determination of boron in complex matrices by isothermal distillation of borate ester into curcumin*. 502, 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.10.003>
- Ulusik, I., Karakaya, H. C., & Koc, A. (2018). The importance of boron in biological systems. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 45, 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.10.008>
- Van Nong, H., Hung, L.X., Thang, P.N., Chinh, V.D., Vu, L.V., Dung, P.T., Van Trung, T. & Nga, P.T. 2016. Fabrication and vibration characterization of curcumin extracted from turmeric (*Curcuma longa*) rhizomes of the northern Vietnam. *SpringerPlus*, 5(1): 1147.
- Wanninger, S., Lorenz, V., Subhan, A. & Edelman, F.T. 2015. Metal complexes of curcumin – synthetic strategies, structures and medicinal applications. *Chemical Society Reviews*, 44(15): 4986–5002.
- Zhang, Y., Li, W., Liu, D., Ge, Y., Zhao, M., Zhu, X., Li, W., Wang, L., Zheng, T. & Li, J. 2019. Oral Curcumin via Hydrophobic Porous Silicon Carrier: Preparation, Characterization, and Toxicological Evaluation In Vivo. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11(35): 31661–31670.