

PENGEMBANGAN DAN VALIDASI SPEKTROFOTOMETRI SINAR TAMPAK UNTUK PENETAPAN KANDUNGAN FORMALIN DALAM BUNGA KOL (*Brassica oleracea*) YANG DIJUAL DI PASAR JAKARTA UTARA

ANALYTICAL METHOD DEVELOPMENT AND VALIDATION VISIBLE SPECTOPHOTOMETRY FOR DETERMINATION FORMALDEHYDE CONTENT IN CAULIFLOWER (*Brassica oleracea*) SOLD AT NORTH JAKARTA

Untung Gunawan*, Eko Adi Prasetyanto, Shannen Ivanka Gunardi

Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Pluit Raya no 2, Jakarta, 14440, Indonesia

*Email: untung.gunawan@atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan formalin sebagai pengawet makanan dilarang karena bersifat karsinogen. Kondisi lingkungan di Jakarta Utara yang bersuhu tinggi, lembab, dan berlokasi dekat laut seringkali menyebabkan penyalahgunaan formalin sebagai pengawet pada sayur-sayuran untuk meningkatkan waktu penyimpanannya, termasuk dalam bunga kol (*Brassica oleracea*). Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan kandungan formalin dalam bunga kol yang dijual di 6 kecamatan Jakarta Utara. Metode penelitian meliputi optimasi derivatisasi formalin, ekstraksi formalin dari bunga kol, validasi metode analisis, dan penentuan kandungan formalin dalam bunga kol. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum derivatisasi pada konsentrasi formalin:asam kromatopat 0,33: 33,3 (mol:mol) pada suhu 60°C selama 15 menit. Ekstraksi formalin dilakukan menggunakan asam fosfat 10%, kemudian sampel didestilasi. Pengujian spesifisitas menunjukkan tidak terdapat interferensi, metode linear pada rentang konsentrasi 2-10 µg/mL, batas deteksi dan batas kuantisasi metode berturut-turut adalah 0,55 µg/mL dan 1,68 µg/mL. Perolehan kembali pada pengujian akurasi adalah 96,2%; 97,4%; dan 96,9%, dan koefisien variasi pada pengujian presisi adalah 2,1%; 2,0%; dan 1,5% pada konsentrasi 4, 5, dan 6 µg/mL. Kesimpulan: pengujian bunga kol terletak pada 6 kecamatan di Jakarta Utara menunjukkan rerata kandungan formalin sebesar 32,42 mg per kg sampel.

Kata Kunci: Bunga Kol, Formalin, Validasi Metode Analisis

ABSTRACT

The use of formalin as a food preservative is prohibited because it's carcinogenicity. Environmental conditions in North Jakarta which have high temperature, humidity, and located near the sea cause use of formalin as a preservative in vegetables to extend its storage time, including in cauliflower (*Brassica oleracea*). The purpose of this study was to determine the content of formaldehyde in cauliflower which sold in 6 districts at North Jakarta. The study was started by optimize derivatization, extraction of formaldehyde, analytical method validation, and determination of formaldehyde content. Optimum condition for derivatize formaldehyde were the concentration of formaldehyde:chromatropic 0,33:33,3 (mol:mol) at 60°C for 15 minutes. Extraction of formaldehyde was carried out using 10% phosphoric acid and distilled. Specificity study show there were no interferences, the method provided linear result at 2 to 10 µg/mL. Limit of detection limit and quantification method were 0.55 µg/mL and 1.68 µg/mL. Recovery of method were 96.2%, 97.4%, and 96.9% and coefficient of variation were 2.1%, 2.0%, and 1.5% at concentration 4, 5, and 6 µg/mL respectively. Conclusion: analysis of samples at 6 North Jakarta districts provided that average of formaldehyde content in samples was 32.42 mg every kg sample.

Key words: Cauliflower, Formaldehyde, Analytical Method Validation.

PENDAHULUAN

Penggunaan formalin sebagai pengawet makanan dilarang di sebagian besar negara karena bersifat karsinogen (European Union of Medical Specialists, 2016), menurut International Agency for Research on Cancer (IARC) formalin diklasifikasikan sebagai senyawa karsinogen golongan I. Formalin dapat ditemukan secara alamiah di lingkungan, terdapat secara alami dalam buah-buahan, sayur-sayuran, dan makanan (IARC, 2012).

Formalin berbahaya bagi manusia, dapat menimbulkan efek seperti nyeri disertai peradangan, nekrosis selaput lendir, mual dan muntah, urin dan diare berdarah, gangguan pencernaan, asidosis, vertigo, depresi sistem saraf pusat, gangguan pernafasan, kegagalan ginjal dan hati, kanker dan tumor, serta neurotoksisitas yang irreversible (Wilbur et al., 1999; Mamun et al., 2014; Hussein et al., 2014).

Formalin dapat terkandung dalam buah maupun sayuran tertentu, diantaranya bunga kol (*Brassica oleracea*). Bunga kol merupakan komoditas tanaman

yang sering dikonsumsi masyarakat Indonesia, biasa digunakan sebagai bahan masakan atau digunakan menjadi pengganti nasi sebagai makanan utama. Menurut pusat keamanan makanan Hongkong, bunga kol yang beredar di pasaran memiliki kandungan formalin sebesar 26,9 miligram per kilogram bobot. Kondisi cuaca di Jakarta terutama di Jakarta Utara yang bersuhu tinggi, lembab, dan berlokasi dekat dengan pantai menyebabkan seringkali terjadi penyalahgunaan formalin sebagai pengawet pada produk makanan seperti ikan, buah-buahan, dan sayur-sayuran termasuk bunga kol yang dijual di pasar untuk meningkatkan waktu penyimpanannya. Oleh karena itu diperlukan penentuan kandungan formalin dalam bunga kol yang dijual di pasar yang terletak di 6 kecamatan Jakarta Utara (Cilincing, Kelapa Gading, Koja, Pademangan, Penjaringan, dan Tanjung Priok).

Berbagai metode analisis telah digunakan untuk menganalisis formalin dalam produk makanan antara lain metode kromatografi, fluorometri, dan spektrofotometri (Wang et al., 2006). Spektrofotometri memiliki beberapa keunggulan antara lain

metode yang akurat, sensitif, peralatan yang sederhana, waktu analisis yang relatif cepat. Ditinjau dari strukturnya formalin tidak memiliki kromofor, oleh karena itu perlu dilakukan derivatisasi, prinsip analisis formalin dengan metode spektrofotometri adalah membuat formalin bereaksi spesifik dengan suatu senyawa (Zhang et al., 2017), berbagai senyawa penderivat telah digunakan untuk menganalisis formalin antara lain menggunakan tryptamine TA (Yasri et al., 2015), metil asetoasetat (Li et al., 2008). Rhodamin B (Cui et al., 2007), jus bawang (Rozidiani et al., 2014), asam kromatropat (Fagnani et al., 2003). Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan kandungan formalin dalam bunga kol yang dijual di 6 kecamatan yang terletak di Jakarta Utara.

METODE PENELITIAN

Prosedur penelitian

Penelitian dilakukan dengan memodifikasi metode Fagnanti et al (2003) dengan melakukan modifikasi pada beberapa parameter seperti konsentrasi senyawa penderivat, medium reaksi, kondisi reaksi seperti waktu derivatisasi, suhu derivatisasi, serta menguji stabilitas derivat yang

terbentuk sehingga dapat diperoleh metode yang valid, sederhana dan ekonomis.

1. Optimasi derivatisasi

Derivatisasi formalin dilakukan dengan mereaksikan 1 mL larutan formalin 10 µg/mL dengan 1 mL larutan natrium kromatrat 600 µg/mL dan 3 mL asam sulfat pekat. Derivatisasi dilakukan pada suhu 60°C selama 15 menit, derivat didinginkan pada suhu kamar selama 5 menit kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer. Optimasi derivatisasi dilakukan dengan metode *One Factor At Time* (OFAT) (Wahid et al., 2013). Nilai optimum dari tiap parameter akan digunakan sebagai kondisi optimum reaksi derivatisasi.

2. Ekstraksi formalin dalam bunga kol

Ekstraksi dilakukan untuk melepaskan formalin dalam keadaan bebas. Proses ekstraksi dilakukan menggunakan hidrolisis dalam suasana asam menggunakan asam fosfat untuk melepaskan seluruh formalin menjadi dalam keadaan bebas (Zhang et al., 2017). Bunga kol dipotong kecil-kecil kemudian dihaluskan dengan cara diblender, 1 gram bunga kol

ditambahkan 100 mL asam fosfat 10% sebagai penghidrolisis kemudian dimasukan ke dalam labu destilasi. Dilakukan destilasi untuk mengekstraksi formalin, destilat ditampung dan kemudian diderivatisasi dengan asam kromatrat menggunakan metode yang telah dioptimasi.

3. Validasi metode analisis

Dilakukan validasi metode analisis terhadap metode yang telah dioptimasi, parameter yang divalidasi antara lain spesifisitas, linearitas, batas deteksi, batas kuantisasi, akurasi, dan presisi (Harmita, 2004). Pengujian spesifisitas dilakukan dengan membandingkan spektrum serapan derivat dengan spektrum serapan asam kromatrat dan formalin. Pengujian linearitas dilakukan dengan membuat larutan formalin pada konsentrasi 2, 4, 5, 6, 8, 10 µg/mL, masing-masing dibuat sebanyak tiga kali kemudian diderivatisasi. Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan formalin yang ditambahkan ke dalam bunga kol dengan formalin yang telah diketahui nilai benarnya (menggunakan metode standar adisi). Pengujian presisi dilakukan dengan menguji keterulangan (repeatability)

dengan menghitung nilai koefisien variasinya, digunakan 3 level konsentrasi pada 4, 5, dan 6 µg/mL yang masing-masingnya dipreparasi tiga kali.

4. Pengujian bunga kol di pasar Jakarta Utara

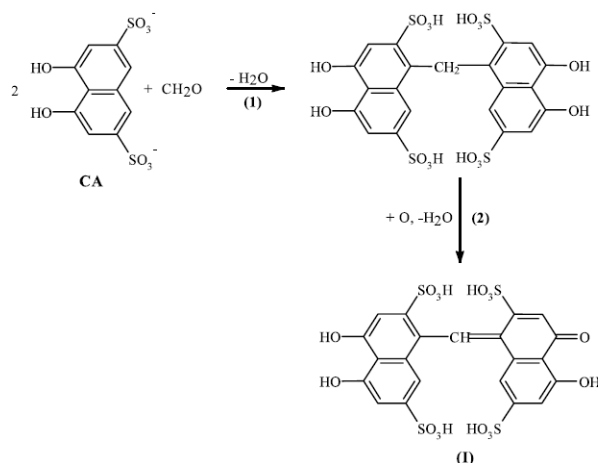
Pengujian terhadap bunga kol yang beredar di pasar Jakarta Utara dilakukan dengan melakukan proses pengambilan sampel menggunakan metode *simple random sampling* (Sugiyono, 2006) di 6 kecamatan yang terdapat di Jakarta Utara yaitu kecamatan Cilincing, Kelapa Gading, Koja, Pademangan, Penjaringan, dan Tanjung Priok. Dilakukan pengambilan sampel secara acak dari 5 pasar yang terdapat pada kelurahan yang berbeda dari tiap kecamatan di Jakarta Utara. Sampel yang diperoleh diberik nomor 1 sampai dengan 30. Bunga kol dipotong kecil-kecil kemudian diblender.

Sampel ditimbang sebanyak 1 gram dan ditambahkan 100 mL asam fosfat 10% kemudian didestilasi, destilat diderivatisasi dan dihitung kadarnya menggunakan metode yang telah divalidasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Optimasi derivatisasi

Pengembangan dan validasi spektrofotometri sinar tampak untuk penetapan kandungan formalin dalam bunga kol yang dijual di pasar Jakarta Utara diawali dengan melakukan optimasi reaksi untuk memperoleh kondisi optimum dimana seluruh formalin bereaksi menjadi derivatnya yang stabil. Formalin dapat bereaksi dengan asam kromatropat menghasilkan senyawa turunan *dibenzoxanthylum* (Georghiou et al., 1989), berupa larutan berwarna ungu yang serapannya dapat diukur dengan spektrofotomer sinar tampak.



Gambar 1. Mekanisme reaksi formalin dengan asam kromatropat (Fagnani *et al.*, 2002)

Setelah sampel diderivatisasi, dilakukan pengukuran serapan menggunakan spektrofotometri sinar tampak, diperoleh panjang gelombang maksimum derivat pada 576 nm. Optimasi derivatisasi dilakukan dengan metode One Factor At Time (OFAT) dimana setiap parameter yang mempengaruhi reaksi derivatisasi dioptimasi masing-masing dan parameter lainnya dibuat tetap sampai diperoleh hasil optimum untuk tiap parameternya. Suatu parameter dikatakan optimum ketika tidak ada lagi peningkatan absorbansi derivat yang dihasilkan dengan adanya peningkatan nilai parameter yang dioptimasi. Parameter yang dioptimasi antara lain: konsentrasi formalin, konsentrasi asam kromatropat, waktu derivatisasi, suhu derivatisasi, dan uji kinetika derivat.

Optimasi konsentrasi formalin dilakukan dengan membuat larutan seri formalin. Hasil pengujian pada menunjukkan semakin tinggi konsentrasi maka absorbansi yang dihasilkan semakin tinggi sesuai dengan prinsip hukum Lambert-Beer (Skoog *et al.*, 2014), untuk pengujian menggunakan spektrofotometri rentang absorbansi harus berada pada 0,2 – 0,8 memberikan presisi yang baik (Hansen *et al.*, 2012), oleh karena itu digunakan formalin rentang konsentrasi 2 – 10 µg/mL.

Tabel 1. Hasil optimasi konsentrasi formalin

Konsentrasi formalin (µg/mL)	Absorbansi
1	0,153
2	0,230
4	0,339
5	0,411
6	0,468
8	0,582
10	0,669
20	1,105

Optimasi konsentrasi asam kromatropat dilakukan untuk mengamati perbandingan optimum asam kromatropat untuk bereaksi dengan formalin. Hasil optimasi menunjukkan peningkatan absorbansi yang berkorelasi dengan peningkatan konsentrasi asam kromatropat dengan kondisi optimum konsentrasi formalin: asam kromatropat 0,33:33,33 atau

1:100 (mol:mol) dimana setelah perbandingan konsentrasi 1:100 tidak terjadi peningkatan absorbansi derivat lagi dikarenakan seluruh formalin telah bereaksi membentuk senyawa turunan *dibenzoxanthylum*. Fagnani et al (2003) menggunakan perbandingan konsentrasi formalin:asam kromatropat 1:140 (mol:mol) dalam penetapan kandungan formalin.

Tabel 2. Hasil optimasi konsentrasi asam kromatropat

Mol formalin	Mol asam kromatropat	Perbandingan mol	Absorbansi
0,33	3,33	1:10	0,113
0,33	8,25	1:25	0,320
0,33	16,50	1:50	0,353
0,33	24,75	1:75	0,387
0,33	33,33	1:100	0,411
0,33	49,50	1:150	0,404
0,33	66,66	1:200	0,409

Optimasi selanjutnya dilakukan dengan mengamati suhu dan waktu derivatisasi. Suhu dan waktu derivatisasi berperan dalam mekanisme reaksi untuk formalin membentuk senyawa turunan *dibenzoxanthylum*. Hasil pengujian pada menunjukkan suhu dan waktu optimum derivatisasi formalin dan asam kromatropat pada 60°C selama 15 menit. Fagnani et al (2003) mereaksikan formalin pada suhu 100 °C selama 1 jam, Nowshad et al (2018) mereaksikan formalin pada suhu 60 °C selama 10-15 menit

menggunakan penderivat Nash, Wahed et al (2016) mereaksikan formalin pada suhu 40 °C selama 60 menit menggunakan penderivat 2,4-dinitrofenilhidrazin (DNPH).

Setelah diperoleh kondisi derivatisasi yang optimum dilakukan pengujian kinetika derivat yang bertujuan untuk mengamati stabilitas derivat yang terbentuk,

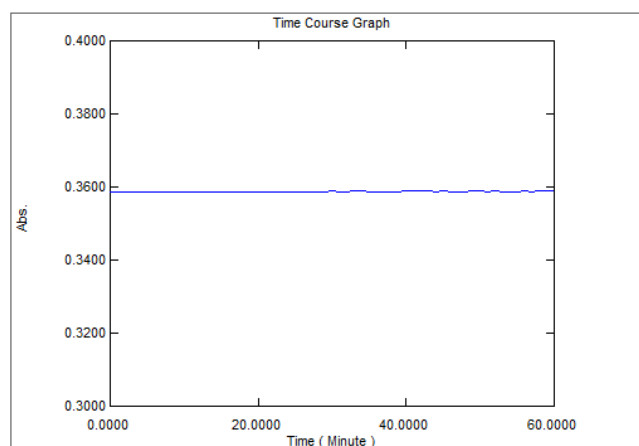
Tabel 3. Hasil optimasi suhu derivatisasi

Suhu derivatisasi (°C)	Absorbansi
Tanpa pemanasan (25)	0,395
30	0,389
40	0,404
60	0,411
80	0,410
100	0,406

Tabel 4. Hasil optimasi waktu derivatisasi

Waktu derivatisasi (menit)	Absorbansi
0	0,340
5	0,399
10	0,406
15	0,411
20	0,409
25	0,398
30	0,407

dikarenakan terdapat kemungkinan derivat yang terbentuk tidak stabil dimana formalin dan asam kromatropat terbentuk kembali atau terbentuk produk samping lainnya yang tidak diinginkan. Pengujian dilakukan dengan mengamati rentang waktu maksimal sampel dapat dianalisis setelah diderivatisasi, dilakukan pengamatan terhadap absorbansi derivat yang diperoleh selama 60 menit dengan selang pengambilan data setiap menitnya. Pengujian kinetika menunjukkan derivat yang diperoleh stabil dan masih dapat dianalisis dalam jangka waktu 60 menit setelah diderivatisasi dimana diperoleh nilai koefisien variasi (KV) sebesar 0,72%.



Gambar 3. Hasil uji kinetika derivat

Tabel 5. Data uji kinetika derivat

Menit	Absorbansi	Menit	Absorbansi	Menit	Absorbansi
-------	------------	-------	------------	-------	------------

0	0,3546	21	0,3642	42	0,3642
1	0,3555	22	0,3646	43	0,3643
2	0,3562	23	0,3648	44	0,3643
3	0,3570	24	0,3650	45	0,3643
4	0,3574	25	0,3653	46	0,3645
5	0,3580	26	0,3656	47	0,3646
6	0,3587	27	0,3658	48	0,3638
7	0,3591	28	0,3660	49	0,3627
8	0,3597	29	0,3662	50	0,3628
9	0,3603	30	0,3665	51	0,3628
10	0,3608	31	0,3636	52	0,3628
11	0,3611	32	0,3637	53	0,3629
12	0,3615	33	0,3636	54	0,3630
13	0,3618	34	0,3638	55	0,3630
14	0,3621	35	0,3639	56	0,3630
15	0,3625	36	0,3639	57	0,3629
16	0,3627	37	0,3639	58	0,3628
17	0,3631	38	0,3640	59	0,3628
18	0,3634	39	0,3640	60	0,3628
19	0,3637	40	0,3641		
20	0,3640	41	0,3643		
Rerata		0,3627			
Standar deviasi		0,0026			
KV (%)		0,72			

2. Ekstraksi formalin dalam bunga kol

Kandungan formalin dalam produk makanan segar bervariasi tergantung pada kondisi lingkungannya, formalin dalam sampel dapat berada dalam bentuk bebas maupun dalam bentuk terikat (Wahed, et al., 2016), untuk menganalisis formalin dari bunga kol diperlukan proses hidrolisis untuk mengubah seluruh formalin dalam keadaan bebas supaya tidak mengganggu derivatisasi formalin. Digunakan asam fosfat sebagai penghidrolisis karena dapat

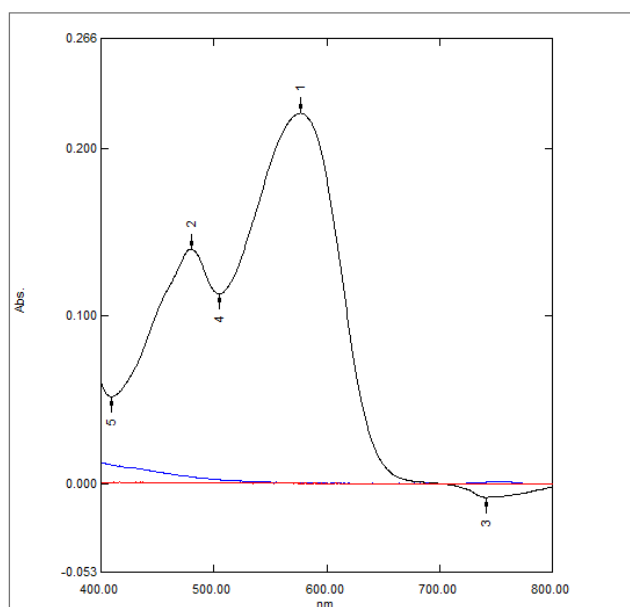
menghidrolisis sampel dengan baik dan tidak mengganggu kestabilan formalin dalam sampel (Pinto et al., 2018).

3. Validasi metode analisis

Validasi metode analisis merupakan tindakan penilaian terhadap suatu parameter tertentu yang berdasarkan percobaan laboratorium, validasi dilakukan untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan untuk penggunaannya (Harmita, 2004). Parameter yang akan divalidasi antara lain: spesifisitas, linearitas, akurasi, dan presisi.

Spesifisitas merupakan kemampuan metode mengukur analit secara cermat dengan adanya komponen lain atau yang diperkirakan ada dalam sampel. Hasil pengujian spesifisitas menunjukkan bahwa tidak ada interferensi pada spektrum sinar tampak derivat dimana formalin dan

asam kromatropat tidak memberikan serapan pada panjang gelombang maksimum derivat 576 nm. Reaksi antara formalin dengan asam kromatropat menghasilkan senyawa yang selektif dan tidak adanya gangguan dari aldehid lain (Gasparini *et al.*, 2008).



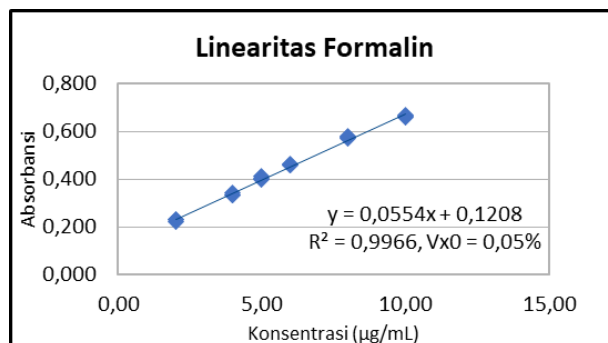
Gambar 4. Spektrum sinar tampak derivat (hitam), formalin (merah), dan asam kromatropat (biru)

Linearitas merupakan kemampuan metode analisis untuk memberikan respon secara proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Pengujian menghasilkan metode yang linear dengan rentang absorbansi antara 0,2 – 0,7 dengan koefisien variasi (r)

sebesar 0,999 yang menunjukkan hubungan linear antara konsentrasi formalin dalam sampel dan absorbansi derivat yang diperoleh dan nilai koefisien variasi fungsi regresi (V_{x0}) yang diperoleh dari simpangan baku residual sebesar 0,05%.

Tabel 6. Data linearitas formalin

Konsentrasi (µg/mL)	Replikasi	Absorbansi	Rerata	Standar deviasi
2	1	0,221	0,2270	0,0053
	2	0,229		
	3	0,231		
4	1	0,333	0,3360	0,0044
	2	0,341		
	3	0,334		
5	1	0,403	0,4040	0,0056
	2	0,399		
	3	0,410		
6	1	0,463	0,4597	0,0031
	2	0,459		
	3	0,457		
8	1	0,578	0,5733	0,0045
	2	0,569		
	3	0,573		
10	1	0,665	0,6640	0,0046
	2	0,668		
	3	0,659		



Gambar 5. Kurva lineritas formalin

Penentuan batas deteksi dan batas kuantisasi untuk melihat pada konsentrasi berapa formalin masih dapat diderivatisasi dengan asam kromatopat dihitung dari persamaan kurva, hasil pengujian pada tabel 7 menunjukkan batas deteksi metode

sebesar 0,55 µg/mL dan batas kuantiasi metode sebesar 1,68 µg/mL, penelitian lain menunjukkan batas deteksi dengan rentang 0,29-2 µg/mL dan batas kuantisasi 0,88-6 µg/mL (Fang et al., 2007; Li et al., 2008; Yasri et al., 2015).

Tabel 7. Perhitungan batas deteksi dan batas kuantisasi

Konsentrasi formalin (µg/mL)	Absorbansi rerata (Y)	Absorbansi teoritis (Y')	Kuadrat (Y-Y')	S (Y-Y')	Sy/x	(Sy/x)/b	BD (µg/mL)	BK (µg/mL)
2	0,2270	0,2316	0,000021	0,0003	0,0093	0,1679	0,5541	1,6791
4	0,3360	0,3424	0,000041					
5	0,4040	0,3978	0,000038					
6	0,4597	0,4532	0,010811					
8	0,5733	0,5640	0,000087					
10	0,6640	0,6748	0,000117					

Akurasi merupakan tingkat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya, akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*recovery*) analit yang ditambahkan. Menurut *guideline* AOAC (2016) untuk sampel dengan rentang konsentrasi 1-10 ppm, nilai perolehan kembali harus berada pada rentang 80-110%, nilai perolehan kembali yang diperoleh untuk parameter akurasi pada percobaan berada pada rentang 96,2-97,4% yang menunjukkan metode memberikan hasil yang akurat. Presisi merupakan

kemampuan metode untuk memberikan kesesuaian hasil analisis jika prosedur diterapkan secara berulang pada sampel yang diambil dari campuran yang homogen. Menurut *guideline* AOAC (2016) untuk sampel dengan rentang konsentrasi 1-10 ppm, nilai koefisien variasi yang diperoleh tidak boleh lebih dari 7,3%, dari pengujian presisi diperoleh nilai koefisien variansi pada rentang 1,5-2,1% yang menunjukkan kepresisian metode analisis.

Tabel 8. Perhitungan akurasi dan presisi formalin

Konsentrasi Teroritis (µg/mL)	Replikasi	Absorbansi	Konsentrasi terukur (µg/mL)	Perolehan kembali (%)	Rerata perolehan kembali (%)	Standar deviasi (s)	Koefisien variasi (%)
4	1	0,304	3,762	94,1	96,2	2,03	2,1
	2	0,317	3,923	98,1			
	3	0,312	3,861	96,5			
5	1	0,402	4,975	99,5	97,4	1,92	2,0
	2	0,391	4,839	96,8			
	3	0,387	4,790	95,8			
6	1	0,476	5,891	98,2	96,9	1,46	1,5
	2	0,471	5,829	97,2			
	3	0,462	5,718	95,3			

4. Pengujian bunga kol di pasar Jakarta Utara

Dari hasil pengujian di 30 pasar Jakarta Utara diperoleh rerata kadar formalin dalam sampel sebesar 32,42 mg per kg sampel, dimana kandungan formalin terbesar terdapat pada kecamatan Tanjung Priok, Penjaringan, Koja, Kelapa Gading, Cilincing, dan Pademangan. Hasil penelitian penetapan kandungan formalin menunjukkan kesesuaian dengan hasil

yang dilaporkan oleh pusat keamanan Hongkong sebesar 26,9 mg per kg sampel dan penelitian Nowshad et al (2018) sebesar 30,8 miligram per kilogram sampel yang menunjukkan tidak adanya hubungan antara kondisi lingkungan di Jakarta Utara yang bersuhu tinggi, lembab, dan berlokasi dekat laut terhadap penyalahgunaan formalin sebagai pengawet bunga kol yang dijual di pasaran.

Tabel 9. Kadar formalin dalam bunga kol di pasar Jakarta Utara

Kecamatan	Pasar	Kadar Formalin (mg per kgram bobot)	Kecamatan	Pasar	Kadar Formalin (mg per kgram bobot)
Cilincing	1	28,164	Pademangan	16	22,204
	2	23,271		17	27,923
	3	30,984		18	29,202
	4	15,299		19	21,228
	5	29,240		20	19,397
Kelapa Gading	6	26,396	Penjaringan	21	34,590
	7	33,211		22	42,731
	8	16,667		23	29,097
	9	28,910		24	36,813
	10	24,205		25	37,078
Koja	11	23,951	Tanjung Priok	26	41,813
	12	19,209		27	57,287
	13	30,218		28	47,771
	14	31,904		29	39,243
	15	34,119		30	52,371
Rerata			31,150		
Standar deviasi			10,0988		
KV (%)			32,42		

KESIMPULAN

Pengujian bunga kol terletak pada 6 kecamatan di Jakarta Utara

menunjukkan rerata kandungan formalin sebesar 32,42 mg per kg sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Centre of Food Safety, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. 2007. Formaldehyde in Food. Retrieved from https://www.cfs.gov.hk/english/multimedia/multimedia_pub/multimedia_pub_fsf_06_01.html
- Cui XJ, Fang GZ, Jiang LQ, Wang S. 2007. Kinetic spectrophotometric method for rapid determination of trace formaldehyde in foods. *Analytica Chimica Acta*. 590:253-259.
- Environmental Protection Agency. 2016. Formaldehyde. Retrieved from <https://epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/formaldehyde.pdf>
- European Union of Medical Specialists. 2016. Formalin Banning in Europe in 2016. Retrieved from https://www.uems.eu/__data/assets/pdf_file/0005/39641/Draft-statement-Formalin-Banning-UEMS-Council.pdf
- Fagnani E, Melios CB, Pezza L, Pezza HR. 2003. Chromotropic acid-formaldehyde reaction in strongly acidic media. The role of dissolved oxygen and replacement of concentrated sulphuric acid. *Talanta* 60(1):171-176.
- Gasparini F, Weinert PL, Lima LS, Pezza L, Pezza HR. 2008. A Simple and Green Analytical Method for the Determination of Formaldehyde. *J. Braz. Chem. Soc.* 19(8):1531-1537.
- Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian* 1(3):117 –135.
- Hansen S., Pedersen-Bjergaard S., & Rasmussen K. 2012. Introduction to Pharmaceutical Chemical Analysis. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Hussein A, Yamrot K, Agalu A. 2014. Toxic effects of formaldehyde on the nervous system. *Int J Anat Physiol* 3(3):50-59.
- IARC Monograph. 2012. Chemical Agents and Related Occupations volume 100F, A Review of Human Carcinogens. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer.
- Li Q, Sritharathikhum P, Oshima M, Motomizu S. 2008. Development of novel detection reagent for simple and sensitive determination

- of trace amounts of formaldehyde and its application to flow injection spectrophotometric analysis. *Analytica Chimica Acta* 612:165-172.
- Mamun MAA, Rahman MA, Zaman MK, Ferdousi Z, Reza MA. 2014. Toxicological effect of formalin as food preservative on kidney and liver tissues in mice model. *IOSR J Environ Sci Toxicol Food Technol* 8(9):47–51.
- Nowshad F, Nazibul IMd, Samad MK. 2018. Concentration and formation behaviour of naturally occurring formaldehyde in foods. *Agric & Food Secur* 7(17):1-8.
- Pinto F, Rocha DL, Richter EM, Munoz RAA, Silva SG. 2018. A Multicommuted Flow System for Spectrophotometric Determination of Formaldehyde in Mushroom. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 29(7):1400-1405
- Rozidaini MG, Wan AA. 2014. Development of formaldehyde detection method using onion juice as chromogenic agent. *Desalination and Water Treatment* 52:1093-1100.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. 2014. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Belmont, CA: Cengage Learning, Brooks/Cole.
- Sugiyono. 2006. *Statistika Untuk Penelitian* cetakan kesepuluh. Bandung: CV Alfabeta.
- Wilbur S, Harris MO, McClure PR, Spoo W. 1999. *Toxicological Profile for Formaldehyde*. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services. Public Health Service, and the Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Wang S, Cui X, Fang G. 2006. Rapid determination of formaldehyde and sulfur dioxide in food products and Chinese herbals. *Food Chemistry* 103:1487-1493.
- Wahid Z, Nadir N. 2013. Improvement of One Factor at a Time Through Design of Experiments. *World Applied Sciences Journal* 21:56-61
- Wahed, P., Razzaq, Md.A., Dharmapuri, S., & Corrales, M. 2016. Determination of formaldehyde in food and feed by an in-house validated HPLC method. *Food Chemistry*, 202, 476-483.
- Yasri NG, Seddik H, Mosallb MA. 2015. Spectrophotometric determination of formaldehyde based on the telomerization reaction of tryptamine. *Arabian Journal of Chemistry* 8:487-494.

Zhang X, Shen X, Wang Y, Cai Y, Huang D. 2017. The Research Progress of Detection Method of Formaldehyde in Food. 2nd International Conference on Civil, Transportation and Environmental Engineering (ICCTE 2017) (pp513-517). Shenzhen, China: Atlantic Press.