

IDENTIFIKASI PENGARUH SUHU DAN WAKTU PENYIMPANAN TERHADAP KANDUNGAN BISPHEENOL-A DALAM SAMPEL AIR GALON POLIKARBONAT SERTA VALIDASI METODE PENGUKURANNYA DENGAN SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS

Cindy Farid Febriyantika^{1*}, Udrika Iailatul Qodri¹, Aqidatun Naffiah Choirunniza¹

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Ibrahimy, Jl. KHR. Syamsul
Arifin No.1-2 Sukorejo, Situbondo, Indonesia, 68374
Korespondensi: cfebriantika@gmail.com

ABSTRAK

Temuan BPOM menunjukkan adanya kontaminasi Bisphenol-A (BPA) yang signifikan pada air yang disimpan dalam wadah galon polikarbonat yang biasa digunakan masyarakat Indonesia. Adanya cemaran ini dikarenakan kestabilan dari BPA yang terpengaruh oleh faktor penyimpanan seperti suhu dimana galon disimpan dan lama minuman atau makanan berkontak dengan plastik polikarbonat. Penelitian ini bertujuan untuk memahami dampak suhu dan waktu penyimpanan terhadap kandungan BPA dalam kemasan polikarbonat, mengingat meluasnya praktik penyimpanan galon yang kurang tepat yakni diletakkan di luar ruangan. Metode yang dilakukan meliputi optimasi pelarut, penentuan panjang gelombang maksimum, preparasi sampel, dan analisis data menggunakan uji *independent sample t-test* dan *paired sample t-test* menggunakan SPSS ver 25. Validasi metode dilakukan menggunakan spektrofotometri Thermo Genesys 150 UV-Vis, meliputi parameter linearitas, LOD, LOQ, akurasi, dan presisi. Pelarut paling optimal adalah kombinasi etanol:akuades (3:1) dengan panjang gelombang maksimum absorbansi pada 230 nm. Linearitas memenuhi syarat ($R^2 = 0,9999$), dengan LOD sebesar 2,44526 ppm dan LOQ sebesar 8,15086 ppm. Akurasi (%Recovery: 80-110%) dan presisi (%RSD <2%) terbilang memuaskan. Hasil kadar BPA pada air galon "X" melampaui batas yang ditetapkan BPOM yaitu 0,6 ppm. Uji statistik menunjukkan tidak ada pengaruh suhu penyimpanan dengan membandingkan kadar BPA antara luar ruangan (32°C) dan suhu ruangan (20°C). Namun, perbedaan kadar BPA signifikan didapatkan pada perbandingan lama penyimpanan air pada kemasan galon selama 8 hari dan 16 hari. Secara keseluruhan, penelitian ini menggarisbawahi perlunya praktik penyimpanan yang tepat yakni pada suhu ruangan dan menyoroti waktu penyimpanan air dalam galon tidak lebih dari satu minggu.

Kata Kunci: Bisphenol-A, suhu, validasi metode, waktu penyimpanan

ABSTRACT

The BPOM's findings showed that there was significant Bisphenol-A (BPA) contamination in water stored in gallon polycarbonate containers commonly used by Indonesian people. The existence of this contamination was due to the stability of BPA, which was affected by storage factors such as the temperature at which the gallon was stored and the length of time the drink or food was in contact with polycarbonate plastic. This research aimed to understand the impact of temperature and storage time on the BPA content in polycarbonate packaging, considering the widespread practice of storing gallons inappropriately, namely placing them outdoors. The methods used included solvent optimization, maximum wavelength determination, sample preparation, and data analysis using independent sample t-test and paired sample t-test with SPSS version 25. Method validation was carried out using Thermo Genesys 150 UV-Vis spectrophotometry, including parameters of linearity, LOD, LOQ, accuracy, and precision. The most optimal solvent was a combination of ethanol and distilled water (3:1) with a maximum absorbance wavelength of

230 nm. Linearity met the requirements ($R^2 = 0.9999$), with an LOD of 2.44526 ppm and an LOQ of 8.15086 ppm. Accuracy (%Recovery: 80-110%) and precision (%RSD <2%) were satisfactory. The results of the BPA levels in gallon "X" water exceeded the limit set by BPOM, namely 0.6 ppm. Statistical tests showed that there was no effect of storage temperature by comparing BPA levels between outdoor (32°C) and room temperature (20°C). However, significant differences in BPA levels were found when comparing the storage time of water in gallon containers for 8 days and 16 days. Overall, this research underlined the need for proper storage practices, namely at room temperature, and highlighted that the storage time for water in gallons should be no more than one week.

Keywords: Bisphenol-A, storage temperature, time, validation method

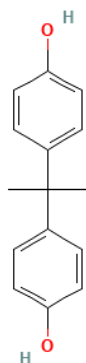
PENDAHULUAN

Sejak 1940, Bisphenol-A (BPA) telah menjadi bahan kimia yang digunakan dalam produksi plastik. BPA adalah salah satu monomer yang digunakan dalam produksi plastik polikarbonat bersama dengan resin epoksi, serta bahan polimer lainnya [1]. Beberapa negara, termasuk Amerika Serikat dan Eropa, telah menggunakan BPA sebagai bahan galon, mug, dan botol. Umumnya kemasan plastik yang mengandung BPA memiliki tekstur kaku dan transparan serta disukai masyarakat umum karena sifatnya yang kokoh [2].

Di Indonesia, BPA ditemukan pada galon air minum yang berkode nomor 7. Galon ini biasa digunakan sebagai galon guna ulang. Adapun bahan galon lain yang sering digunakan untuk mencegah pemakaian BPA adalah *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang digunakan untuk galon sekali pakai. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh BPOM (Badan Pengawas Obat dan Makanan), ditentukan bahwa BPA memiliki titik leleh yang lebih rendah kurang dari 0,9% pada bahan polikarbonat berbasis galon. Penelitian dari

beberapa negara, termasuk Indonesia, telah menunjukkan bahwa BPA dapat mengubah sistem hormon manusia dan menyebabkan masalah kesehatan seperti gangguan hormon, penurunan kualitas sperma, kehilangan libido, dan ejakulasi. Selain itu, BPA dapat menyebabkan penyakit termasuk diabetes dan batu ginjal. Berdasarkan point tersebut BPOM menetapkan batas ambang cemaran BPA pada produk makanan dan minuman adalah 0,3 ppm untuk botol kecil dan 0,6 ppm untuk botol yang lebih besar. Selain itu, EFSA diberitahu tentang BPA *Tolerance Daily Intake* (TDI) kurang dari 0,05 µg / kgBB setiap hari [3].

Senyawa 4,4'-Isopropildifenol, sering dikenal sebagai BPA, adalah zat sintetis yang diproduksi oleh kondensasi dua gugus fenol dan satu molekul aseton dalam cangkang asam atau basa [3]. BPA memiliki rumus molekul $C_{15}H_{16}O_2$ dengan berat molekul 228,28 g / mol. Sifat fisika lain terkait BPA termasuk kristalisasi pada suhu kamar, stabil dalam wadah tertutup, dan sensitif terhadap suhu tinggi (156 °C dan 220 °C) [1].



Gambar 1. Struktur kimia Bisphenol-A [4]

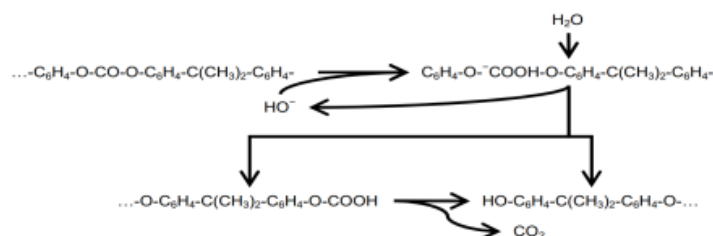
Banyak galon BPA hadir di masyarakat. Kurangnya kesadaran atas penyimpanan galon BPA yang baik dapat meningkatkan resiko ketidakstabilan BPA yang akan masuk dan terkonsumsi kedalam tubuh. Salah satu aspek

Ketika kemasan galon polikarbonat digunakan secara terus-menerus, penetrasi BPA ke dalam minuman mungkin juga meningkat. Hal ini terjadi sebagai akibat dari peningkatan permeabilitas wadah, yang menyebabkan udara menjadi lebih terkonsentrasi di galon, sehingga konsentrasi BPA lebih tinggi di udara yang dikonsumsi [6].

Berdasarkan sebuah penelitian di mana subjek relawan diminta untuk mengkonsumsi air hangat dalam kemasan bersama selama satu minggu, hasil uji menunjukkan bahwa ada peningkatan BPA sebesar 69% dalam urin setelah satu minggu [5]. Hal ini disebabkan oleh penggunaan kemasan mengandung BPA yang secara terus menerus dan suhu panas

penyimpanan yang diperhatikan dalam hal ini adalah suhu dan lama waktu selama penyimpanan wadah yang mengandung BPA [5].

dalam kemasan menyebabkan BPA terurai dan terjebak dalam sejumlah mineral yang terkandung dalam minuman tersebut [7]. BPA dapat dilepaskan dari bahan karbonat ke udara yang kaya mineral dengan proses hidrolisis polimer yang dikatalisis oleh hidroksida, seperti pada gambar 2. Faktor lain yang dapat menyebabkan BPA bocor keluar dari kemasannya adalah pH. Peningkatan cemaran BPA yang terjadi sering ditunjukkan dengan adanya peningkatan pH pula [1]. Studi saat ini juga telah mencatat bahwa kandungan BPA bahkan dapat meningkat sebagai respons terhadap perubahan ukuran partikel sinar harian rata-rata dari 3,10 – 6,24 µg/mL menjadi 7,90 – 16,85 µg/mL [8]



Gambar 2. Degradasi polikarbonat menjadi BPA dan karbon dioksida yang dikatalis oleh hidroksida [1]

Spektrofotometer UV-Vis adalah salah satu dari banyak instrumen dan teknik analisis yang dapat digunakan untuk menentukan jumlah cemaran BPA dalam kemasan plastik polikarbonat. Spektrofotometri UV-Vis dapat digunakan untuk analisis data kualitatif dan kuantitatif. Data yang diperoleh dari spektrofotometer UV-Vis nantinya adalah absorbansi yang dikaitkan dengan jumlah zat terlarut dalam larutan menurut asas dari hukum *Lambert Beer* [9]. Metode spektrofotometer UV-Vis memiliki kelebihan yaitu dapat digunakan untuk menganalisis banyak zat organik dan anorganik, selektif, mempunyai ketelitian yang tinggi dengan kesalahan relatif sebesar 1% – 3% sehingga analisis dapat dilakukan dengan cepat dan tepat.

Berdasarkan informasi di atas, maka diperlukan adanya studi pengaruh suhu dan lama waktu penyimpanan BPA pada bahan

polikarbonat menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

METODE PENELITIAN

Bahan: Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air kemasan galon merek “X”, akuades, standar BPA (Loba Chemie), dan etanol 96% (Anugrah Jaya Chemicals).

Alat: Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, instrumen spektrofotometer UV-Vis (Thermo Genesys 150), alat-alat gelas (Iwaki), pipet tetes (Pyrex), mikropipet 100-1000 µL (Dragon), dan perangkat lunak SPSS versi 25.

Metode Optimasi Pelarut

Pelarut dibuat dengan mencampurkan etanol 96 % dan akuades dengan perbandingan berturut-turut antara etanol:akuades adalah 1:3;

1:1; dan 3:1. Kemudian ditimbang standar BPA sebanyak 25 mg yang akan dilarutkan pada masing-masing pelarut hingga volume larutan 25 ml kemudian dilihat secara organoleptik untuk menilai kelarutan BPA yang paling baik. menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200 – 400 nm dan dilihat panjang gelombang dengan absorbansi yang paling tinggi.

Linearitas

Standar BPA dibuat untuk baku induk 1000 ppm dalam 25 mL labu ukur. Kemudian, dibuat larutan seri pada 5 titik konsentrasi (4 ppm, 6 ppm, 7 ppm, 8 ppm, dan 10 ppm). Lalu diukur serapannya pada panjang gelombang maksimum dengan spektrofotometer UV-VIS. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali replikasi [8].

LOD dan LOQ

Batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) dihitung berdasarkan hasil linieritas. LOD dan LOQ ditentukan dengan menggunakan data standar eror dan slope dari kurva kalibrasi [8]. LOD dan LOQ dihitung masing-masing dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{LOD} = \frac{3 Sy/x}{Sl} \quad (1)$$

$$\text{LOQ} = \frac{10 Sy/x}{Sl} \quad (2)$$

Akurasi

Akurasi ditentukan dengan metode *spike placebo* yakni melakukan uji perolehan kembali sejumlah tertentu baku standar BPA dan blanko (etanol:air) pada konsentrasi (5 ppm, 6 ppm, dan 7 ppm) yang diukur dengan panjang gelombang maksimum menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Percobaan dilakukan masing-masing tiga kali replikasi pada tiap konsentrasinya [10].

Presisi

Presisi dilakukan dengan membuat larutan standar BPA 6 ppm sebanyak tiga kali replikasi yang diukur pada panjang gelombang maksimum dengan spektrofotometri UV-Vis. Ketepatan menengah metode presisi *intraday* dilakukan selama satu hari pada tiga waktu yang berbeda pagi (10.00 wib), siang(13.00) dan sore (16.00) [11].

Penentuan Panjang Gelombang Maksimal

Standar BPA ditimbang sebanyak 25 mg kemudian dilarutkan hingga volumenya 25 mL dalam labu ukur dan diukur absorbansinya

Persiapan Sampel

Sampel berupa sepuluh air galon plastik polikarbonat yang diduga mengandung BPA dibagi dalam 2 kelompok. Sebanyak 5 galon pertama disimpan pada suhu 20 °C, sisa sampel disimpan pada suhu 32 °C. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 kali yakni pada hari ke-8 dan hari ke-16. Sampel kemudian diencerkan dengan faktor pengenceran 10 dengan replikasi sebanyak tiga kali replikasi pada masing-masing sampel. Hasil pengenceran selanjutnya diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dengan spektrofotometri UV-Vis [8].

Analisis Data

Analisis data dilakukan pada data hasil konsentrasi BPA menggunakan aplikasi SPSS versi 25. Uji Shapiro-wilk dijalankan untuk menentukan normalitas data yang kemudian akan dilanjutkan uji independen sampel t-test dan paired sampel t-test untuk mengetahui adakah perbedaan signifikan secara statistik yang menunjukkan pengaruh suhu dan waktu penyimpanan terhadap kontaminasi BPA air galon polikarbonat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi pelarut diperlukan untuk mengetahui pelarut yang paling optimal dalam melarutkan BPA. Sampel yang diuji terdapat dalam air sedangkan BPA dalam bentuk standar tidak dapat terlarut sempurna dalam akuades, oleh karena itu dilakukan penambahan etanol. Pendekatan ini ditempuh karena pengujian standar dan sampel harus dilakukan pada kondisi yang sama persis sehingga diperlukan penyamaan komposisi pelarut antara standar dan sampel. Pengambilan keputusan pelarut terbaik dilakukan melalui uji organoleptik dari hasil perbandingan ketiga larutan dengan berat BPA yang sama namun komposisi pelarut yang berbeda. Hasil uji organoleptik kelarutan BPA pada masing-masing pelarut dapat dilihat pada tabel 1. Pelarut dengan komposisi etanol lebih banyak dibandingkan air (pelarut 3) memiliki kelarutan yang paling baik. Hal ini berhubungan dengan sifat kepolaran dari etanol itu sendiri. Ujung rantai etanol memiliki struktur kimia $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--OH}$ berupa gugus

polar sedangkan ujung yang lainnya bersifat nonpolar. Struktur etanol itulah yang dapat melarutkan BPA yang semula tidak larut dalam

air akan terlarut sempurna dengan penambahan etanol [12].

Tabel 1. Perbandingan kelarutan BPA pada masing-masing pelarut

Perbandingan Pelarut	Uji organoleptik
Etanol:air (1:3)	Kurang larut
Etanol:air (1:1)	Sedikit larut
Etanol:air (3:1)	Sangat larut

Larutan dengan kelarutan paling baik kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 200 – 400 nm menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis dan didapatkan panjang gelombang maksimum 230 nm. Panjang gelombang BPA yang diperoleh pada sinar UV-Vis adalah 278 nm dengan menggunakan pelarut metanol. Panjang gelombang yang didapatkan mengalami pergeseran lebih rendah akibat adanya perubahan pelarut yang digunakan. Kepolaran pelarut mempengaruhi interaksi antara cahaya yang akan ditembakkan dengan molekul zat. Semakin polar pelarut yang digunakan, maka panjang gelombang akan lebih pendek akibat interaksi yang kuat dengan cahaya pada panjang gelombang yang lebih pendek. Komposisi air dalam pelarut yang digunakan menjadikan pelarut lebih polar daripada metanol akibat air yang merupakan molekul sangat polar dengan ikatan hidrogen antarmolekul yang sangat kuat [13].

Selanjutnya dilakukan validasi metode analisis. Metode harus divalidasi lebih lanjut sebelum digunakan untuk mengukur kadar sampel untuk memastikan bahwa metode tersebut dapat digunakan di laboratorium

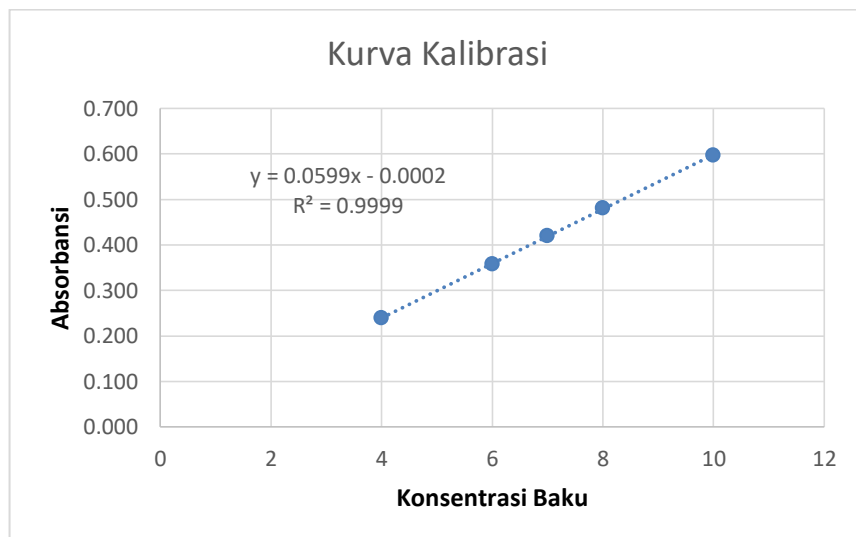
dengan peralatan kerja dan hasil yang sah. Parameter yang diukur di antaranya yaitu linieritas, LOD dan LOQ, presisi, dan akurasi.

Uji Linearitas

Uji linearitas dilakukan pengukuran baku kerja BPA yang terdiri dari 5 konsentrasi mulai 4 ppm hingga 10 ppm pada panjang gelombang maksimum 230 nm sebanyak 3 kali pengulangan. Hasil absorbansi kemudian dihitung rata-ratanya pada setiap konsentrasi yang dapat dilihat pada tabel 2. Rata-rata konsentrasi inilah yang akan dijadikan kurva kalibrasi yang hasilnya akan diperoleh persamaan regresi linier $y=0,0599-0.0002$ dan $R^2 = 0,9999$. Hasil nilai $R^2 = 0,9999$ ($> 0,995$) yang berarti mendekati angka 1 dan memenuhi persyaratan kurva yang dinyatakan linear. Grafik kurva kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 3. Sumbu X yang merupakan konsentrasi larutan berbanding lurus dengan sumbu Y yang merupakan hasil absorbansi dari spektrofotometer UV-Vis. Titik-titik data yang bersinggungan dengan garis miring menunjukkan hubungan linear yang konsisten dan terdistribusi merata [1].

Tabel 2. Absorbansi baku kerja BPA

Konsentrasi Baku Kerja (ppm)	Absorbansi
4	0,239
6	1,357
7	0,420
8	0,480
10	0,597



Gambar 3. Kurva kalibrasi baku BPA

Uji LOQ dan LOD

Hubungan linear antara konsentrasi dengan absorbansi telah didapatkan, selanjutnya dihitung LOD dan LOQ. Batas kuantifikasi (LOQ) merupakan parameter pada analisis renik dan diartikan sebagai kuantitas terkecil analit dalam sampel yang masih memenuhi kriteria cermat dan seksama. Batas deteksi (LOD) untuk mengetahui jumlah terkecil analit dalam yang dapat dideteksi dan masih memberi respon yang signifikan dibandingkan dengan blanko. Hasil perhitungan berdasarkan persamaan linear didapatkan nilai *standart error* sebesar 0,0488 dan nilai slope sebesar 0,0599 sehingga batas deteksi (LOD) diperoleh dari analisis regresi linier untuk BPA sebesar 2,4453 ppm dan batas kuantifikasi (LOQ) sebesar 8,1509 ppm.

Uji Akurasi

Uji akurasi menggambarkan seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai yang sebenarnya. Dalam konteks ini, akurasi mengacu kemampuan metode analisis dalam memberikan

hasil yang mendekati nilai yang sebenarnya dari konsentrasi analit dalam sampel. Akurasi setidaknya dilakukan menggunakan 3 konsentrasi larutan standar dengan minimal pengulangan adalah sebanyak 3 kali replikasi pada masing-masing konsentrasinya. Replikasi memungkinkan evaluasi metode dengan perhitungan rata-rata persen perolehan kembali (%*Recovery*) [10] Hasil uji akurasi BPA yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3. Larutan standar BPA konsentrasi 5 ppm memperoleh rata-rata %*Recovery* sebesar 100,007%, konsentrasi 6 ppm memperoleh rata-rata %*Recovery* sebesar 102,263%, serta larutan konsentrasi 7 ppm memperoleh rata-rata %*Recovery* sebesar 98,784%. Hasil yang didapat memenuhi ketentuan dari ICH (*International Conference on Harmonization*) yang menyatakan bahwa untuk larutan dengan rasio analisis 1 sampai 10 ppm dinyatakan memenuhi syarat rentang rata-rata %*Recovery* yaitu 80% – 110% [14].

Tabel 3. Hasil uji akurasi BPA

Konsentrasi Asli (ppm)	Replikasi ke-	Abs	Konsentrasi Diperoleh (ppm)	%Recovery	Rata-rata (%)
5	1	0,302	5,045	100,900	100,007
	2	0,292	4,878	97,560	
	3	0,304	5,078	101,560	
6	1	0,373	6,230	103,840	102,263
	2	0,361	6,030	100,501	
	3	0,368	6,147	102,449	
7	1	0,400	6,681	95,445	98,784

2	0,400	6,681	95,445
3	0,442	7,382	105,461

Uji Presisi

Presisi merupakan parameter kritis uji kuantitatif yang perlu dievaluasi dalam validasi metode analisis. Uji presisi menggambarkan sampel yang sama akan menghasilkan hasil pengukuran yang sama saat diuji berulang kali pada kondisi yang sama. Parameter ini dinilai dengan standar deviasi relatif, atau RSD (simpangan baku relatif), dengan syarat nilai kurang dari 2% yang menunjukkan kesalahan pengukuran minimal atau konsisten dengan variasi yang lebih rendah antar pengulangan [8]. Presisi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode persusi intraday. Metode presisi intraday menguji presisi dengan dilakukan selama satu hari pada waktu yang berbeda, dalam hal ini pagi, siang, dan sore. Pengujian presisi dilakukan pada jam 10.00 untuk mewakili waktu pagi, jam 13.00 untuk

siang hari, dan terakhir pukul 16.00 untuk sore harinya. Pengukuran presisi menggunakan jenis presisi *intraday* yang memiliki keuntungan dibanding uji presisi lain dimana hasil pengujian bisa didapatkan dengan waktu relaif lebih singkat. Adapun replikasi yang digunakan sebanyak tiga kali replikasi pada tiga waktu yang berbeda atau 9 kali replikasi dalam waktu satu hari yang cukup untuk membantu meemastikan pengukuran konsisten dan tidak terdapat kesalahan acak dalam pengujian [15]. Hasil lengkap uji presisi dapat dilihat pada tabel 4 yang dapat dilihat bahwa %RSD untuk presisi BPA pada jam 10.00, 13.00, dan 16.00 berturut-turut adalah 0,245%, 0,409%, 0,337% atau hasil presisi kesemuanya kurang dari 2%, sehingga dapat disimpulkan bahwa uji presisi memenuhi syarat.

Tabel 4. Hasil uji presisi BPA

Presisi Jam	Replikasi ke-	Abs	Konsentrasi (ppm)	Rata-rata (ppm)	SD	%RSD
10.00	1	0,369	6,16	6,146	0,015	0,245%
	2	0,368	6,147			
	3	0,367	6,130			
13.00	1	0,372	6,214	6,236	0,026	0,409%
	2	0,373	6,230			
	3	0,375	6,264			
16.00	1	0,381	6,354	6,338	0,021	0,337%
	2	0,38	6,347			
	3	0,378	6,314			

Uji Sampel Air Galon Polikarbonat

Sampel air galon polikarbonat dikondisikan pada suhu 20 °C dan 32 °C untuk mewakili suhu ruang dan suhu luar ruangan. Pemilihan dua titik suhu didasarkan observasi dimana penyimpanan galon saat ditempat pembelian disimpan di luar ruangan dengan suhu rata-rata yang cukup tinggi. Adapun waktu pengambilan sampel pada hari ke-8 dan hari ke-16. Hari ke-8 diasumsikan rasio perputaran persediaan galon polikarbonat dari tempat pembelian 8 atau persediaan barang berputar atau dijual habis setiap 8 hari sekali.

Rasio perputaran 8 memenuhi batas atas rasio perputaran persediaan yang baik dimana semakin cepat perputarannya semakin baik karena dianggap kegiatan penjualan berjalan cepat dan tidak terdapat barang yang terlalu lama mengendap [16]. Sedangkan untuk hari ke-16 diambil dengan asumsi setelah pembelian, air pada galon dengan kapasitas 19 L akan habis dalam 8 hari dengan mengikuti rata-rata kebutuhan minum orang dewasa yaitu 2 – 3 L setiap harinya.

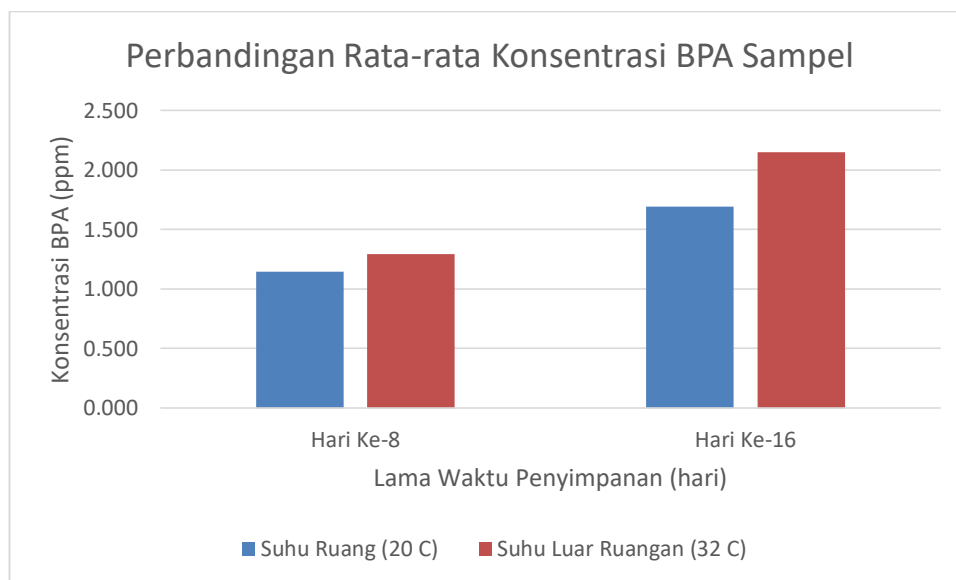
Sampel air galon polikarbonat yang telah

dikondisikan kemudian akan diuji dengan melewati preparasi dan pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil absorbansi yang di dapat akan dikonversikan

menjadi kadar BPA sampel dalam satuan ppm dan dihitung rata-ratanya menjadi data satu galon. Hasil kadar BPA dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji kadar BPA sampel galon merk “X”

Suhu	Galon ke-	Hari Ke-8		Hari Ke-16	
		Kadar BPA	Rata-rata	Kadar BPA	Rata-Rata
Ruang	1	1,925	1,1462	2,204	1,6918
	2	0,701		1,202	
	3	0,924		1,369	
	4	0,979		1,647	
	5	1,202		2,037	
Luar	1	1,425	1,2912	2,259	2,148
	2	0,924		2,037	
	3	1,981		2,426	
	4	1,202		1,703	
	5	0,924		2,315	



Gambar 4. Diagram batang suhu kadar BPA sampel

Pada tabel 5 dapat dilihat hasil keseluruhan sampel air galon polikarbonat merk “X” terdapat temuan kadar BPA yang dengan kadar paling rendah adalah 0,701 ppm yakni pada sampel galon suhu ruang (20 °C) hari ke-8 sedangkan untuk kadar BPA tertinggi adalah 2,426 ppm yakni pada sampel galon suhu luar ruangan (32 °C) hari ke-16. Baik data terendah maupun data tertinggi temuan BPA dinyatakan melebihi batas yang telah ditetapkan. Adapun Menurut pedoman yang ditetapkan oleh Kepala

Badan POM No. HK.03.1.23.07.11.6664 pada pangan tahun 2011, disebutkan bahwa migrasi BPA maksimal dari bahan baku adalah 0,3 ppm untuk bahan baku dan 0,6 ppm untuk makanan olahan [3]. Pada gambar 4 disajikan diagram yang menunjukkan rata-rata kadar BPA masing-masing sampel pada suhu dan waktu pengambilan sampel yang telah dikondisikan. Suhu luar ruangan yang lebih tinggi dari pada suhu ruangan menunjukkan kadar BPA yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan kadar

BPA dalam air sampel suhu ruangan baik pada hari ke-8 maupun ke-16. Adapun hal yang sama terjadi pada hari ke-16 dimana air sampel yang disimpan lebih lama dalam galon polikarbonat

memiliki kadar yang lebih tinggi dari sampel air hari ke-8 baik pada sampel suhu ruangan atau suhu luar ruangan.

Tabel 6. Hasil uji *independent sample t-test* kadar BPA sampel

Suhu Perlakuan		N	Mean	Std. Deviation	Sig.	Keterangan
Kadar BPA Hari Ke-8	Suhu Ruang	5	1,14620	0,470419	0,628	Tidak berbeda signifikan
	Suhu Luar Ruangan	5	1,29120	0,439134		
Kadar BPA Hari Ke-16	Suhu Ruang	5	1,69180	0,426504	0,082	Tidak berbeda signifikan
	Suhu Luar Ruangan	5	2,14800	0,286287		

Uji *Independent Sample T-test*

Dari data hasil uji *independent sample t-test* pada tabel 6 dapat dilihat perbandingan data dua kelompok suhu perlakuan pada hari ke-8 menunjukkan bahwa suhu ruang (20°C) memiliki rata-rata kadar BPA yang lebih rendah daripada suhu luar ruangan (32°C) namun hal ini tidak terbukti secara statistik kedua kelompok berbeda signifikan akibat nilai sig. yang didapatkan sebesar 0,628 ($> 0,05$). Hal yang sama terjadi pada hari ke-16 dimana untuk suhu ruang kadar BPA juga lebih rendah

dibandingkan kadar BPA suhu luar ruangan, namun data rata-rata kedua kelompok menunjukkan tidak berbeda signifikan dilihat dari nilai sig. 0,082 ($> 0,05$). Perbandingan keduanya menunjukkan tidak adanya pengaruh signifikan secara statistik suhu penyimpanan terhadap kadar BPA air galon polikarbonat walaupun pada suhu luar ruangan terlihat memiliki rata-rata kadar BPA yang lebih tinggi. Hal ini bisa diakibatkan karena jarak suhu yang diuji cukup dekat.

Tabel 7. Hasil uji *paired sample t-test* kadar BPA sampel

Waktu Penyimpanan		Mean	N	Std. Deviation	Sig.	Keterangan
Pair 1	Suhu Ruang Hari Ke-8	1,1462	5	0,470419	0,005	Berbeda signifikan
	Suhu Ruang Hari Ke-16	1,6918	5	0,426504		
Pair 2	Suhu Panas Hari Ke-8	1,2912	5	0,439134	0,009	Berbeda signifikan
	Suhu Panas Hari Ke-16	2,1480	5	0,286287		

Uji *Paired Sample T-test*

Waktu penyimpanan sampel galon polikarbonat menunjukkan pengaruh signifikan pada migrasi BPA pada air galon yang dapat dilihat pada tabel 7. Rata-rata kadar BPA suhu ruang pada hari ke-8 mencapai 1,1462 ppm sedangkan pada hari ke-16 terjadi peningkatan menjadi 1,6918 ppm. Terjadi pula peningkatan rata-rata kadar BPA pada suhu luar ruangan dimana pada hari ke-8 nilai rata-rata yang didapat adalah 1,2912 ppm sedangkan pada hari ke-16 diperoleh kadar 2,1480 ppm.

Nilai sig. pada uji *paired sample t-test* yang didapatkan dari perbandingan rata-rata kadar BPA berturut-turut pada suhu ruang dan luar ruangan adalah 0,005 ($< 0,05$) dan 0,009 ($< 0,05$) yang berarti menunjukkan pengaruh signifikan lama waktu penyimpanan galon polikarbonat pada kadar BPA yang terkandung pada air galon. Hal ini disebabkan oleh degradasi bertahap yang disebabkan oleh waktu yang cukup lama, sehingga dapat menyebabkan hidrolisis plastik dan migrasi BPA [1].

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, metode analisis dinyatakan valid dengan memenuhi parameter validasi yang telah dijalankan. Adapun temuan kadar BPA pada air galon polikarbonat merk “X” lebih dari syarat batas maksimal menurut Peraturan

Kepala Badan POM. No HK.03.1.23.07.11.666

4. Adapun untuk suhu penyimpanan secara statistik tidak berpengaruh secara signifikan pada kadar BPA air, sedangkan waktu penyimpanan dinyatakan secara statistik memiliki pengaruh signifikan pada kadar BPA air galon polikarbonat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Faadhilah and A. Tiitraesmi. 2023. “Review: Pencemaran Bisphenol A (BPA) Dalam Kemasan Galon dan Dampaknya Bagi Kesehatan”. *Farmaka*. Vol. 21. No. 2. Pp. 223–229. Doi: <https://doi.org/10.24198/Farmaka.V21i2.46546>.
- [2] S. M. D. Kolo, N. M. Obenu, and M. Y. C. Tuas. 2022. “Pengaruh Pretreatment Makroalga *Ulva Reticulata* Menggunakan Microwave Irradiation untuk Produksi Bioetanol”. *J. Kim.* Vol. 16. No. 2 P. 212. Doi: [10.24843/Jchem.2022.V16.I02.P12](https://doi.org/10.24843/Jchem.2022.V16.I02.P12).
- [3] BPOM. 2012. *Petunjuk Meminimalkan Terbentuknya Cemaran Kimia pada Pangan Siap Saji dan Pangan Industri Rumah Tangga Sebagai Pangan Jajanan Anak Sekolah*. Jakarta Pusat: Direktorat Standardisasi Produk Pangan.
- [4] Pubchem. 2024. “Bisphenol A,” *National Library of Medicine*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bisphenol-A> (Accessed Mar. 11, 2024).
- [5] G. Aulia and S. R. Mita. 2023. “Review Artikel : Pengaruh Bisphenol-A (BPA) Dalam Kemasan Pangan Terhadap Kesehatan”. *Farmaka*. Vol. 21. No. 1. Pp. 43–49. Doi: <https://doi.org/10.24198/Farmaka.V21i1.41469>.
- [6] E. J. Hoekstra and C. Simoneau. 2015. “Release of Bisphenol A from Polycarbonate — A Review”. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* Vol. 53. No. 4. Pp. 386–402. Doi: [10.1080/10408398.2010.536919](https://doi.org/10.1080/10408398.2010.536919).
- [7] S. J. Genuis, S. Beesoon, D. Birkholz, and R. A. Lobo. 2012. “Human Excretion of Bisphenol A: Blood , Urine , and Sweat (BUS) Study”. *J. Enviromental Public Heal.* Vol. 2012, Pp. 1–10, 2012, Doi: [10.1155/2012/185731](https://doi.org/10.1155/2012/185731).
- [8] N. Lubis, D. Soni, and M. D. . Faudi. 2021. “Pengaruh Suhu Penyimpanan Air Minum pada Botol Kemasan Polikarbonat (PC) yang Beredar di Daerah Garut Terhadap Kadar Bisphenol-A (BPA) Menggunakan Spektrofotometri Ultraviolet”. *J. Kim.* Vol. 15. No. 2. Pp. 223–230. Doi: <https://doi.org/10.24843/Jchem.2021.V15.I02.P14>.
- [9] N. Ramadhani, H. Herlina, and A. J. F. Utama. 2018. “Penetapan Kadar Natrium Siklamat pada Minuman Ringan Kemasan dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv”. *J. Mandala Pharmacon Indones.* Vol. 4. No. 1. Pp. 7–12. Doi: [10.35311/Jmpi.V4i1.17](https://doi.org/10.35311/Jmpi.V4i1.17).
- [10] L. Tuslinah, P. Winarti, and D. S. Zustika. 2022. “Validasi Metode Analisis Logam Timbal (Pb) Dalam Rumput Laut Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis”. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*. Vol. 22. No. 1. Pp. 23–28.
- [11] W. Kardela, H. Rivai, A. Kartanti, T. Ilmu, and F. Stifarm. 2016. “Validation of Analitical Methods Ibuprofen Tablets by Thin Layer Chromatographic-Densitometry)”. *Pros. Semin. Nasiona L Work. “Perkembangan Terkini Sains Farm. Klin. 5”*. No. June Pp. 125–133.
- [12] H. Rivai, E. W. S, and Rusdi. 2013. “Pengaruh Perbandingan Pelarut Etanol-Air Terhadap Kadar Fenolat Daun

- Sirsak". *J. Sains Dan Teknol. Frmasi*. Vol. 18. No. 1. Pp. 35–42.
- [13] G. Gusnawati, M. Munira, M. R. Rachmanto, and U. Ramadhani. 2023. "Analisis Migrasi Cemar Bisphenol-A (BPA) Kemasan Plastik Polikarbonat (PC) pada Produk Air Minum Dalam Kemasan Galon di Wilayah Kota Makassar". *Jamb.J.Chem*. Vol. 5. No. 1. Pp. 46–52.
- [14] ICH. 2014. "Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology Q2(R1)". *Int. Conf. Harmon. Tech. Requir. Regist. Pharm. Hum. Use*. Vol. 50. No. 1. Pp. 121–129. Doi: 10.1590/S1984-82502011000100012.
- [15] R. Rachmaniar, N. Suryanata, and N. Simanjuntak. 2022. "Validasi Metode Analisis Senyawa Etil P-Metoksisinamat Dalam Plasma Darah Tikus Putih Jantan Galur Wistar Menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi". *Pharma Xplore J. Ilm. Farm.*. Vol. 7. No. 1. Pp. 24–34. Doi: 10.36805/Farmasi.V7i1.2332.
- [16] A. Amin. 2015. "Pengaruh Perputaran Kas, Perputaran Persediaan, Pertumbuhan Penjualan Terhadap Profitabilitas pada Perusahaan Food and Beverage yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia Periode 2012-2015". *J. Akmen*. Vol. 12. No. 4. Pp. 526–533.