

Identification of Bisphenol-A (BPA) in Polycarbonate (PC) Baby Bottles in Jayapura, Papua

Andre Anusta Barus^{1*}, Felycitae Ekalaya Appa², Rani Dewi Pratiwi³, Nur Fadilah Bakri⁴, Mustika Endah Pratiwi⁵, Claudius Hendraman B. Tobii⁶

^{1,2,3,4,5,6}Farmasi, Universitas Cenderawasih
^{1,2,3,4,5,6}Jl. Kampwolker, Kelurahan Yabansai, Distrik Heram, Jayapura-Papua
E-mail: andre_anusta@yahoo.com

ABSTRACT

Bisphenol-A (BPA) is found in various types of food packaging, such as plastic bottles, paper-based packaging, and the inner lining of canned foods. BPA is widely used in the production of polycarbonate (PC) plastics due to its strength and heat resistance. However, BPA can migrate into food or beverages through physical mechanisms, resulting from the diffusion of loosely bound BPA within the polymer matrix, or through chemical mechanisms triggered by hydrolysis reactions at high temperatures or extreme pH conditions. This study aims to evaluate the migration levels of BPA from polycarbonate (PC) packaging into water at various temperatures using UV-Vis spectrophotometry. The experiment was conducted by adding water into polycarbonate baby bottles at temperatures of 60–100°C, allowing it to sit for 30 minutes before analysis. The test results were compared with the safe BPA consumption limit set by the European Food Safety Authority (EFSA), which is 4 µg/kg body weight per day, as well as the BPOM standard, which establishes a BPA migration limit of 0.6 mg/kg per day. The results showed that BPA was not detected in water that had been in contact with polycarbonate baby bottles at the tested temperatures. Absorbance measurements indicated negative values, suggesting that the detected BPA levels were below the method's detection limit. This indicates that BPA migration is extremely low or undetectable, suggesting that its use under normal conditions can be considered safe.

Keywords: *Bisphenol-A, Polycarbonate, Baby bottle, Migration, UV-Vis Spectrophotometry*

Identifikasi Bisphenol-A (BPA) Pada Botol Susu Bayi Berbahan Polikarbonat (PC) di Kota Jayapura, Papua

ABSTRAK

Bisphenol-A (BPA) ditemukan dalam berbagai jenis kemasan pangan, seperti botol plastik, kemasan berbahan kertas, dan lapisan dalam kaleng makanan. BPA banyak digunakan dalam produksi plastik polikarbonat (PC) karena sifatnya yang kuat dan tahan panas. Namun, BPA dapat bermigrasi ke dalam makanan atau minuman dapat terjadi melalui mekanisme fisik, akibat difusi BPA yang tidak terikat kuat dalam matriks polimer, atau melalui mekanisme kimiawi yang dipicu oleh reaksi hidrolisis pada suhu tinggi atau kondisi pH ekstrem. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kadar migrasi BPA dari kemasan berbahan polikarbonat (PC) ke dalam air pada berbagai suhu, menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Eksperimen dilakukan dengan menambahkan air ke dalam botol susu bayi berbahan polikarbonat pada suhu 60-100°C, kemudian dibiarkan selama 30 menit sebelum dianalisis. Hasil pengujian dibandingkan dengan batas aman konsumsi BPA yang ditetapkan oleh *European Food Safety Authority (EFSA)*, yaitu 4 µg/kg berat badan per hari, serta standar BPOM yang menetapkan batas migrasi BPA sebesar 0,6 mg/kg per hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, BPA tidak terdeteksi dalam air yang bersentuhan dengan botol susu bayi pada berbagai suhu yang diuji. Pengukuran absorbansi menunjukkan nilai negatif, yang mengindikasikan bahwa kadar BPA yang terdeteksi berada di bawah limit deteksi metode, mengindikasikan bahwa migrasi BPA sangat rendah atau tidak terdeteksi, sehingga penggunaannya dalam kondisi normal dapat dianggap aman.

Kata Kunci: Bisphenol-A, Polikarbonat, Botol Susu, Migrasi, Spektrofotometer UV-Vis

1. PENDAHULUAN

Bisphenol-A (BPA) atau 2,2-bis(4-hidroksifenil)propana adalah senyawa kimia yang memiliki struktur

terdiri dari dua cincin fenil, dua gugus metil, dan dua gugus hidroksil. Senyawa ini diproduksi dalam jumlah besar di berbagai pabrik dan banyak digunakan dalam

pembuatan plastik polikarbonat (PC) serta resin epoksi. Menurut Rasyid (2017), banyak produk konsumen seperti wadah makanan dan minuman, baik yang sekali pakai maupun yang dapat digunakan kembali, dibuat dari bahan PC.

BPA ditemukan dalam produk sehari-hari, seperti botol minum, wadah makanan, pelapis kaleng makanan, dan berbagai peralatan rumah tangga lainnya. Keberadaan BPA dalam produk konsumen ini menimbulkan perhatian global terkait dampak potensialnya terhadap kesehatan manusia (Dreolin dkk., 2019).

Paparan BPA terjadi terutama melalui saluran pencernaan akibat konsumsi makanan dan minuman yang terkontaminasi dari kemasan berbahan dasar PC. Selain itu, kontak dengan kulit dan inhalasi juga dapat menjadi rute paparan yang signifikan (Kim dkk., 2019).

BPA dikenal sebagai disruptor endokrin, yaitu senyawa yang dapat mengganggu sistem hormon dalam tubuh. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa paparan BPA dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, termasuk gangguan reproduksi, gangguan perkembangan, serta peningkatan risiko penyakit metabolik seperti diabetes dan obesitas. Selain itu, BPA juga dikaitkan dengan peningkatan risiko gangguan kardiovaskular dan gangguan neurokognitif (Ma dkk., 2019).

Seiring dengan meningkatnya penggunaan produk berbahan BPA, muncul kekhawatiran mengenai dampaknya terhadap kesehatan manusia, terutama pada bayi yang memiliki sistem fisiologis yang masih berkembang. Bayi dan anak-anak merupakan kelompok yang paling rentan terhadap paparan BPA karena sistem metabolisme mereka belum sepenuhnya matang untuk mendetoksifikasi senyawa ini. Studi menunjukkan bahwa BPA dapat meniru atau mengganggu hormon alami dalam tubuh. Dampak paparan BPA pada bayi dapat mencakup gangguan perkembangan sistem saraf, perubahan hormon reproduksi, serta peningkatan risiko gangguan metabolik seperti obesitas dan resistensi insulin. Paparan pada bayi juga dikaitkan dengan kemungkinan perubahan epigenetik yang dapat berdampak pada kesehatan mereka dikgkgkemudian hari (J. Lee dkk., 2019).

Regulasi mengenai batas aman BPA dalam berbagai produk telah ditetapkan oleh otoritas kesehatan. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) No. HK 03.1.23.07.11.6664, kadar maksimum BPA yang diperbolehkan dalam botol susu bayi adalah sebesar 0,3 ppm, sementara untuk botol minuman serta peralatan makan dan minum lainnya diperbolehkan hingga 0,6 ppm. Selain itu, *European Food Safety Authority* (EFSA) juga menetapkan batas asupan harian yang dapat ditoleransi (*Tolerable Daily Intake/TDI*) untuk BPA yaitu sebesar 0,05 $\mu\text{g}/\text{kgBB}$ per hari (European Food Safety Authority, 2015). Dengan adanya batasan ini, diharapkan dapat mengurangi risiko paparan BPA yang berlebihan dan dampak kesehatannya, khususnya pada kelompok rentan seperti bayi dan anak-anak.

Faktor lingkungan, seperti suhu, juga berperan dalam meningkatkan pelepasan BPA dari kemasan plastik ke dalam makanan dan minuman. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kenaikan suhu dapat mempercepat degradasi PC dan meningkatkan laju migrasi BPA ke dalam cairan yang dikemas. Paparan suhu tinggi dapat menyebabkan pelepasan BPA dalam jumlah yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi suhu ruangan. Oleh karena itu, penting untuk meneliti bagaimana suhu mempengaruhi tingkat migrasi BPA ke dalam cairan yang dikonsumsi oleh bayi, terutama di daerah dengan iklim panas atau dalam kondisi tertentu. Selain suhu, faktor lain seperti pH dan lama penyimpanan juga dapat mempengaruhi laju migrasi BPA. Cairan yang bersifat asam atau basa ekstrem dapat mempercepat pelepasan BPA dari bahan kemasan, sehingga meningkatkan kemungkinan paparan pada manusia (Hao, 2020).

Penelitian oleh Lubis dkk. (2021) meneliti pengaruh suhu penyimpanan terhadap migrasi BPA dari botol minum berbahan PC yang beredar di daerah Garut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada penyimpanan suhu ruangan (23°C), tidak terdeteksi adanya migrasi BPA. Namun, pada penyimpanan dengan paparan sinar matahari (berkisar 30°C), kadar BPA yang terdeteksi berkisar antara 0,0211 hingga 0,0257 ppm. Penambahan air panas bersuhu 100°C ke dalam sampel botol juga menghasilkan migrasi BPA dengan kadar antara 0,0445 hingga 0,0495 ppm. Studi ini mengindikasikan bahwa peningkatan suhu penyimpanan dapat meningkatkan migrasi BPA dari kemasan botol PC ke dalam air minum.

Berdasarkan isu tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kadar senyawa BPA yang dapat bermigrasi ke dalam minuman dari botol susu bayi yang didistribusikan di wilayah Kota Jayapura. Penelitian ini juga akan mengidentifikasi pengaruh suhu terhadap distribusi senyawa BPA. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah yang dapat digunakan sebagai dasar dalam pengawasan dan regulasi penggunaan BPA dalam produk kemasan pangan, serta meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh paparan BPA.

2. RUANG LINGKUP

Penelitian ini menganalisis migrasi BPA ke dalam air dari tiga merek botol susu bayi berlabel polikarbonat (PC) yang berbeda pada variasi suhu 60°C, 80°C, dan 100°C, dengan durasi pemanasan selama 30 menit. Kadar BPA yang bermigrasi ditentukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis berdasarkan nilai serapan absorbansi yang dihasilkan.

3. BAHAN DAN METODE

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi berbagai alat gelas laboratorium, termometer, pengaduk magnet, botol susu bayi berlabel polikarbonat (PC), spektrofotometer UV-Vis, metanol, akuades, serta BPA 98% bermerek Loba Chemie.

3.1 Prosedur Penelitian

Sampel dalam penelitian ini dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu metode pengambilan sampel berdasarkan kriteria tertentu yang ditetapkan oleh peneliti (Lubis dkk., 2021).

Larutan baku dibuat dengan menimbang 50 mg BPA murni, kemudian dilarutkan dalam akuades. Larutan tersebut dimasukkan ke dalam labu alas bulat berukuran 50 mL dan diencerkan hingga mencapai tanda batas, sehingga diperoleh konsentrasi akhir sebesar 1000 ppm.

Penentuan panjang gelombang BPA dilakukan dengan mengambil 200 μL larutan standar BPA, kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur berkapasitas 20 mL. Larutan tersebut diencerkan menggunakan akuades hingga mencapai tanda batas, menghasilkan konsentrasi akhir 20 ppm. Selanjutnya, analisis dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dalam rentang panjang gelombang 230-400 nm.

Kurva kalibrasi diperoleh dengan menyiapkan larutan BPA dalam enam tingkat konsentrasi yang berbeda. Sebanyak 100 μL , 200 μL , 300 μL , 400 μL , 500 μL , dan 600 μL larutan BPA masing-masing dipindahkan ke dalam labu ukur berkapasitas 10 mL. Setelah itu, metanol ditambahkan hingga volume mencapai tanda batas, menghasilkan larutan dengan konsentrasi akhir masing-masing 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, dan 60 ppm. Pengukuran absorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 277 nm (Gusnawati dkk., 2023).

3.2 Uji Linieritas

Linearitas dapat dievaluasi dengan melakukan pengukuran pada berbagai konsentrasi yang berbeda. Hubungan linier antar absorbansi (y) dan konsentrasi (x) ditentukan berdasarkan koefisien korelasi (r) yang diperoleh melalui analisis regresi linier, sebagai pada persamaan (1):

$$y = bx + a \quad (1)$$

3.3. Uji Akurasi BPA

Untuk menguji akurasi BPA, larutan standar dibagi menjadi tiga kelompok dengan perlakuan berbeda. Pada kelompok pertama, sebanyak 5 mL sampel dipindahkan ke dalam labu ukur 10 mL, lalu ditambahkan 200 μL larutan standar, kemudian diencerkan dengan akuades hingga mencapai tanda batas, menghasilkan konsentrasi akhir 20 ppm. Pada kelompok kedua, 5 mL sampel yang sama dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, kemudian dicampurkan dengan 300 μL larutan standar dan diencerkan dengan akuades hingga diperoleh konsentrasi 30 ppm. Sedangkan pada kelompok ketiga, prosedur yang sama dilakukan dengan penambahan 400 μL larutan standar untuk mencapai konsentrasi akhir 40 ppm. Setiap kelompok diuji sebanyak tiga kali, dan absorbansi masing-masing larutan diukur pada panjang gelombang maksimum 277 nm (Lubis dkk., 2021).

3.4 Preparasi Sampel

Preparasi sampel dilakukan pada tiga sampel botol susu bayi berlabel polikarbonat (PC). Setiap botol diisi dengan air panas pada suhu yang berbeda. Botol pertama diisi dengan air bersuhu 60°C, botol kedua dengan air bersuhu 80°C, dan botol ketiga dengan air bersuhu 100°C. Setelah didiamkan selama 30 menit, sampel dari masing-masing botol dianalisis menggunakan spektrofotometri UV.

3.5 Pengukuran BPA Dalam Sampel Kemasan Polikarbonat (PC)

Sampel larutan yang dihasilkan dari berbagai perlakuan air dalam kemasan diambil sebanyak 5 mL. Selanjutnya, absorbansi dianalisis pada panjang gelombang 277 nm dengan melakukan tiga kali pengukuran untuk memastikan keakuratan hasil.

4. PEMBAHASAN

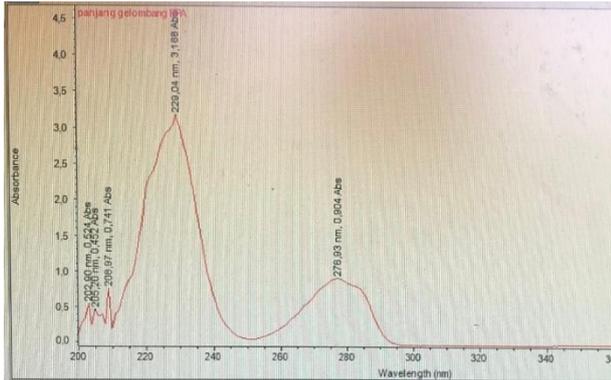
Bagian ini membahas hasil penelitian yang diperoleh dari analisis migrasi BPA pada botol susu bayi berbahan PC menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Pembahasan dilakukan berdasarkan hasil eksperimen yang telah dianalisis.

4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum merupakan langkah awal dalam analisis spektrofotometri karena panjang gelombang ini menunjukkan daerah serapan maksimum suatu senyawa, yang berkaitan dengan transisi elektronik dalam molekulnya. Dalam penelitian ini, spektrum absorbansi BPA diukur pada rentang 200-400 nm. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa BPA memiliki serapan maksimum pada panjang gelombang 277 nm.

Hasil ini sejalan dengan karakteristik spektrum UV-Vis BPA yang telah dilaporkan dalam beberapa literatur sebelumnya. BPA merupakan senyawa aromatik yang mengandung cincin benzena, yang memungkinkan terjadinya transisi elektronik $\pi \rightarrow \pi^*$ dan $n \rightarrow \pi^*$. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa BPA memiliki serapan maksimum di sekitar 275-280 nm, yang berkaitan dengan transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ dari sistem terdelokasi pada cincin benzena. Oleh karena itu, hasil pengukuran yang menunjukkan λ_{max} pada 277 nm berada dalam rentang yang sesuai dengan teori.

Dengan mengetahui λ_{max} BPA pada 277 nm, analisis selanjutnya dapat dilakukan pada panjang gelombang ini untuk meningkatkan sensitivitas dan akurasi pengukuran konsentrasi BPA dalam sampel. Spektrum serapan BPA yang menunjukkan panjang gelombang maksimum dapat dilihat pada Gambar 1.

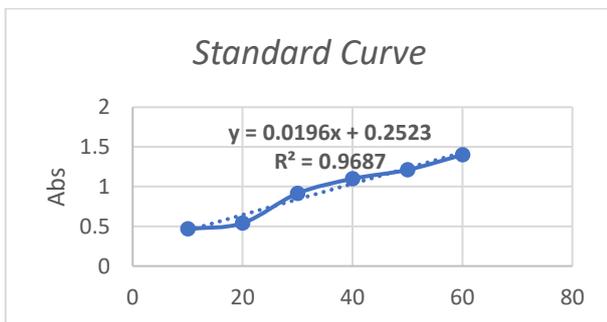


Gambar 1. Panjang Gelombang Maksimum
Figure 1. Maximum Wavelength

4.2 Penentuan Kurva Standar

Dalam penelitian ini, kurva kalibrasi BPA ditentukan dengan mengukur absorbansi serangkaian larutan standar dengan konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, dan 60 ppm pada panjang gelombang maksimum 277 nm. Hasil analisis menghasilkan persamaan regresi linier: $y = 0,0196x + 0,2523$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9687. Nilai ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan linier yang kuat antara konsentrasi BPA dan absorbansi yang diukur.

Menurut persyaratan linearitas, suatu metode dapat dikatakan memiliki linearitas yang baik apabila nilai R^2 mendekati 1. Umumnya, nilai $R^2 > 0,99$ dianggap sangat baik, sedangkan nilai $R^2 \geq 0,95$ masih dapat diterima. Nilai R^2 sebesar 0,9687 menunjukkan bahwa hubungan antara konsentrasi BPA dan absorbansi cukup baik dan memenuhi persyaratan linearitas. Penyimpangan kecil pada nilai R^2 dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti variasi instrumental (fluktuasi sumber cahaya UV-Vis atau drift detektor), ketidaktepatan dalam penggunaan pipet volume, atau efek matriks dari pelarut yang digunakan (Maghfiroh dkk., 2022). Kurva kalibrasi BPA dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Standar
Figure 2. Standard Curve

4.3 Hasil Uji Akurasi

Akurasi merupakan salah satu parameter validasi metode analisis yang menunjukkan kedekatan hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya. Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan larutan standar BPA

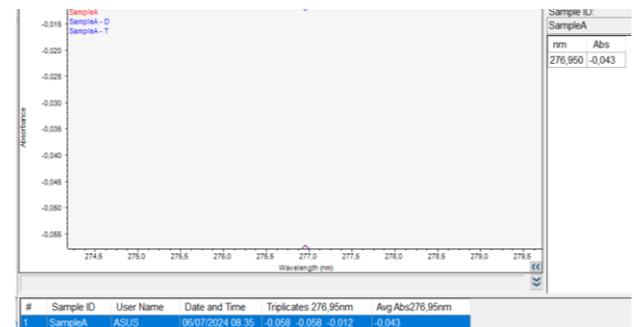
pada tingkat konsentrasi: 20 ppm dengan rata-rata perolehan kembali sebesar 99,14%, 30 ppm sebesar 100,05%, dan 40 ppm sebesar 100,16%. Berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh ICP (*International Conference On Harmonisation*), metode analisis dikatakan memiliki akurasi yang baik jika persen perolehan kembali berada dalam kisaran 98%-102%. Hasil ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan telah memenuhi persyaratan tersebut pada rentang konsentrasi yang diuji, sehingga dapat dikatakan valid dan sesuai untuk analisis BPA dalam sampel. Hasil uji akurasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji Akurasi
Table 1. Accuracy Test

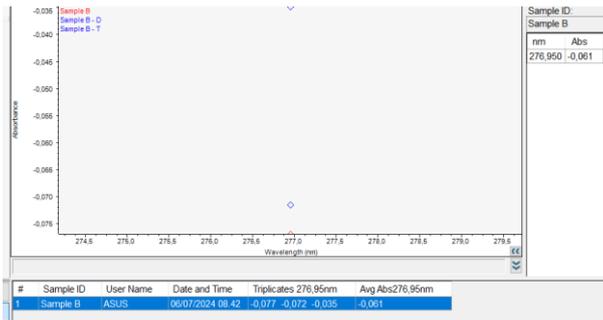
BPA Concentration (ppm)	Replication	Abs	BPA Level (ppm)	% Recovery (x)
20	1	0,541	19,988	98,90
	2	0,532	19,978	98,69
	3	0,529	19,984	99,83
Average				99,14
30	1	0,915	30,010	100,04
	2	0,940	30,086	100,20
	3	0,933	29,980	99,93
Average				100,05
40	1	1,099	40,017	100,08
	2	1,057	40,105	100,17
	3	1,063	40,204	100,23
Average				100,16

4.4 Penetapan Kadar BPA pada sampel

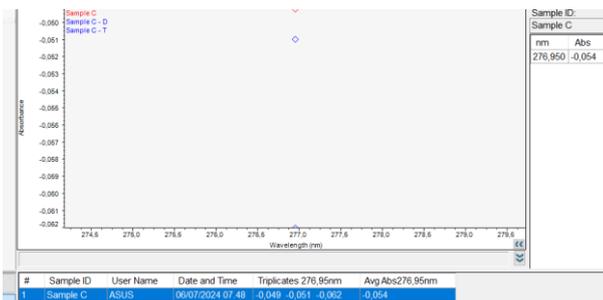
Setelah metode analisis diverifikasi, langkah selanjutnya adalah penetapan kadar BPA pada sampel. Sampel yang telah disiapkan kemudian diukur pada panjang gelombang 277 nm. Pengukuran absorbansi dilakukan sebanyak tiga kali replikasi untuk meminimalkan kesalahan dan memperoleh hasil yang lebih akurat. Hasil pengujian kadar BPA dapat dilihat pada Gambar 3, 4, dan 5.



Gambar 3. Nilai absorbansi sampel A
Figure 3. Absorbance value of sampel A



Gambar 4. Nilai absorbansi sampel B
Figure 4. Absorbance value of sample B



Gambar 5. Nilai absorbansi sampel C
Figure 5. Absorbance value of sample C

Rincian nilai absorbansi untuk seluruh sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar BPA Pada Sampel
Table 2. BPA levels in samples

Type of Sample	Sampel Category	Absorbance
Milk bottle A	Water at 60°C for 30 minutes	-0,058
		-0,058
		-0,012
Milk bottle B	Water at 80°C for 30 minutes	-0,077
		-0,072
		-0,035
Milk bottle C	Water at 100°C for 30 minutes	-0,049
		-0,051
		-0,062

Pengukuran absorbansi dilakukan pada tiga jenis botol susu bayi (botol A, B, dan C), yang diisi dengan air pada suhu 60°C, 80°C, dan 100°C selama 30 menit. Hasil pengukuran menunjukkan nilai negatif pada seluruh sampel. Secara teoritis, nilai absorbansi yang diukur menggunakan spektrofotometri UV-Vis seharusnya bernilai positif, karena absorbansi merupakan hasil pengukuran intensitas cahaya yang masuk dan keluar setelah melewati sampel. Nilai negatif ini mengindikasikan bahwa kadar BPA dalam larutan uji sangat rendah atau bahkan tidak terdeteksi oleh spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang yang digunakan.

Menurut standar keamanan pangan yang ditetapkan oleh *European Food Safety Authority* (EFSA), asupan BPA yang diperbolehkan adalah 4 µg/kg berat badan per

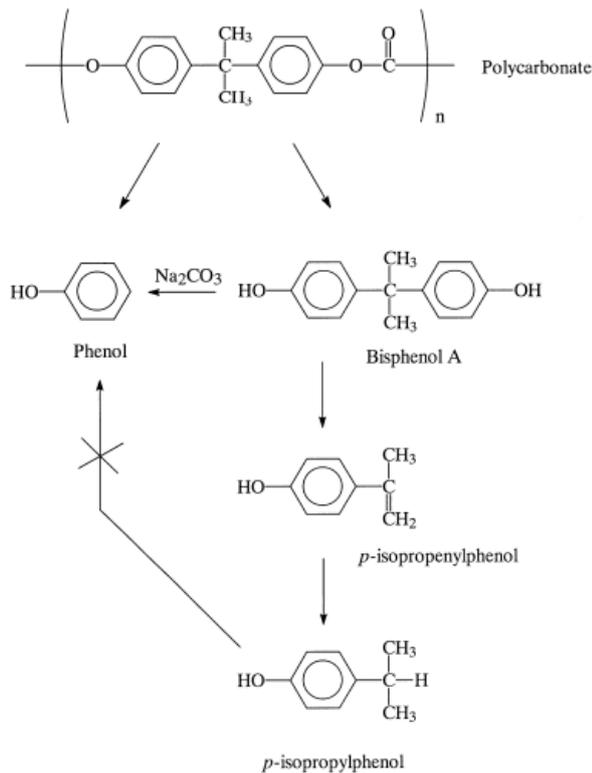
hari, sementara Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Indonesia menetapkan batas migrasi BPA sebesar 0,6 mg/kg per hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ada BPA yang terdeteksi dalam larutan air setelah kontak dengan botol susu pada berbagai suhu yang diuji. Hal ini mengindikasikan migrasi BPA dari botol susu berbahan polikarbonat yang diuji sangat rendah atau berada di bawah batas deteksi metode spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang yang digunakan, sehingga mengindikasikan keamanan penggunaan botol tersebut pada kondisi yang diuji.

Beberapa faktor yang mungkin menyebabkan BPA tidak terdeteksi dalam penelitian ini adalah jenis bahan botol susu yang digunakan. Jika bahan polikarbonat yang digunakan berkualitas tinggi atau telah mengalami proses stabilisasi yang baik, migrasi BPA dapat diminimalkan. Selain itu, waktu kontak yang relatif singkat (30 menit) juga menjadi faktor penting karena BPA cenderung bermigrasi lebih banyak pada kontak jangka panjang. Penelitian ini hanya dilakukan selama 30 menit, yang mungkin tidak cukup untuk menyebabkan migrasi BPA yang signifikan. Suhu dibiarkan turun secara alami di suhu kamar, sebaiknya suhu tetap dipertahankan pada secara konstan, dengan menggunakan inkubator. Faktor lain yang dapat mempengaruhi ketidakterdeteksian BPA adalah metode deteksi yang digunakan. Spektrofotometri UV-Vis memiliki keterbatasan dalam mendeteksi senyawa pada konsentrasi yang sangat rendah, terutama jika konsentrasi tersebut berada di bawah batas deteksi instrumen. Oleh karena itu, meskipun tidak ada BPA yang terdeteksi dengan spektrofotometri UV-Vis, kemungkinan adanya BPA dalam larutan masih ada pada konsentrasi yang sangat rendah.

Menurut penelitian Tagaya dkk. (1998), polikarbonat dapat mengalami dekomposisi dalam kondisi air subkritis dan superkritis. Reaksi dekomposisi ini menghasilkan beberapa senyawa, termasuk fenol, bisfenol-A, p-isopropenilfenol, dan p-isopropilfenol. Reaksi dekomposisi juga mengalami peningkatan dengan adanya katalis, seperti Na₂CO₃, yang mampu mempercepat reaksi dan meningkatkan hasil produk. Dalam percobaan yang dilakukan pada suhu 300°C selama 24 jam dengan penambahan Na₂CO₃, hasil produk teridentifikasi mencapai 67%.

Sebaliknya, dalam penelitian ini, kadar bisfenol A yang terdeteksi jauh lebih rendah karena suhu air yang digunakan maksimal 100°C dengan waktu kontak selama 30 menit. Pada suhu ini, air masih berada dalam kondisi normal dan belum mencapai fase subkritis, sehingga efektivitasnya dalam mendegradasi polikarbonat menjadi senyawa turunannya, termasuk BPA, menjadi lebih terbatas. Suhu yang lebih rendah ini mengakibatkan reaksi dekomposisi tidak terjadi secara optimal, sehingga hanya sedikit BPA yang terlepas dari struktur polikarbonat. Hasil ini memberikan wawasan penting mengenai perbedaan mekanisme pelepasan BPA pada berbagai kondisi pemanasan. Dalam aplikasi praktis, penggunaan air pada suhu rendah seperti dalam penelitian ini mungkin

lebih relevan untuk kondisi pemanasan yang terjadi dalam penggunaan sehari-hari, seperti pada pemanasan botol susu bayi atau wadah plastik makanan. Sebaliknya, kondisi air subkritis dan superkritis lebih sesuai untuk pengolahan limbah polikarbonat dalam skala industri yang membutuhkan dekomposisi lebih efektif. Reaksi dekomposisi polikarbonat dalam air ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Reaksi dekomposisi PC dalam air
 Figure 6. Decomposition reaction of PC in water
 (Tagaya dkk. 1998)

Hasil ini juga memberikan indikasi bahwa botol susu bayi berbahan polikarbonat yang diuji relatif aman digunakan dalam kondisi kontak dengan air panas hingga suhu 100°C selama 30 menit, karena tidak terdeteksi migrasi BPA dalam kondisi tersebut. Namun, untuk memastikan bahwa BPA benar-benar tidak bermigrasi dalam jumlah yang signifikan, penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode analisis yang memiliki sensitivitas lebih tinggi, seperti kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) atau spektrometri massa (LC-MS/MS), sangat disarankan. Kedua metode tersebut lebih unggul dalam mendeteksi senyawa pada konsentrasi yang sangat rendah, dan dapat memberikan hasil yang lebih akurat untuk memastikan keamanan botol susu bayi dari migrasi BPA.

5. KESIMPULAN

Hasil pengukuran spektrofotometri UV-Vis menunjukkan bahwa nilai absorbansi sampel berada pada

rentang negatif, yang mengindikasikan bahwa kadar BPA yang terlarut sangat rendah atau tidak terdeteksi. Masih terdapat beberapa aspek yang dapat diteliti lebih lanjut untuk memperdalam pemahaman mengenai potensi paparan BPA dan dampaknya seperti frekuensi penggunaan botol susu bayi dan eksplorasi efek waktu kontak yang lebih lama.

6. SARAN

Untuk memastikan hasil yang lebih akurat, penggunaan metode analisis dengan sensitivitas yang lebih tinggi seperti HPLC atau LC-MS/MS direkomendasikan.

7. REFERENSI

- Dreolin, N., Aznar, M., Moret, S., & Nerin, C. (2019). Development and validation of an LC-MS/MS method for the analysis of bisphenol A in polyethylene terephthalate. *Food Chemistry*, 274, 246–253.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.109>
- European Food Safety Authority. (2015). Scientific opinion on the risk of public health related to the presence of bisphenol in foodstuffs: Executive summary. *EFSA Journal*, 13, 3978.
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.3978>
- Gusnawati, G., Munira, M., Rachmanto, M. R., & Jamb, U. R. (2023). Analisis migrasi cemaran bisphenol-A (BPA) kemasan plastik polikarbonat (PC) pada produk air minum dalam kemasan galon di wilayah Kota Makassar. *Journal of Chemistry*, 5(1), 46–52.
<https://doi.org/10.34312/jambchem.v5i1.19799>
- Hao, P.-P. (2020). Determination of bisphenol A in barreled drinking water by a SPE-LC-MS method. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 55(6), 697–703.
<https://doi.org/10.1080/10934529.2020.1732764>
- Kim, K. Y., Lee, E., & Kim, Y. (2019). The association between bisphenol A exposure and obesity in children—a systematic review with meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(14), 2521.
<https://doi.org/10.3390/ijerph16142521>
- Lee, J., Ahn, Y.-A., Choi, K., Park, J., Moon, H.-B., Choi, G., Lee, J. J., Suh, E., Kim, H.-J., Eun, S.-H., Kim, G.-H., Cho, G., Kim, S. K., Kim, S., Kim, S. Y., Kim, S., Eom, S., Choi, S., & Kim, Y. D. (2019). Bisphenol A in infant urine and baby-food samples among 9- to 15-month-olds. *Science of the Total Environment*, 697, 133861.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133861>
- Lubis, N., Soni, D., & Fuadi, M. D. S. (2021). Pengaruh suhu penyimpanan air minum pada botol kemasan polikarbonat (PC) yang beredar di daerah Garut terhadap kadar bisphenol-A (BPA) menggunakan spektrofotometri ultraviolet. *Journal of Chemistry*,



15(2), 223–230.
<https://doi.org/10.24843/JCHEM.2021.v15.i02.p14>
Ma, Y., Liu, H., Wu, J., Yuan, L., Wang, Y., Du, X., Wang, R., Marwa, P. W., Petlulu, P., Chen, X., & Zhang, H. (2019). The adverse health effects of bisphenol A and related toxicity mechanisms. *Environmental Research*, 176, 108575. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108575>
Maghfiroh, D., Monica, E., & Afthoni, M. H. (2022). Pengembangan dan validasi metode spektrofotometri UV-Vis metode derivatif untuk analisis kafein dalam suplemen. *Sainsbertek: Jurnal Ilmiah Sains & Teknologi*, 2(2-FARMASI), Maret 2022. <https://doi.org/10.33479/sb.v2i2.151>

Rasyid, A. H. (2017). *Analisis cemaran bisfenol A dalam sampel makanan kaleng secara kromatografi gas*. Repositori Universitas Indonesia.

Tagaya, H., Katoh, K., Kadokawa, J., & Chiba, K. (1999). Decomposition of polycarbonate in subcritical and supercritical water. *Polymer Degradation and Stability*, 64(2), 289-292.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan pendanaan dari PNBP–LPPM Universitas Cenderawasih Tahun 2024.