

Influence of Sunlight on Drinking Water in Packaging in Plastic Type of Polyethylene Terephthalate Related to Antimon Content

Jesica Tapiory
Poltekkes Kemenkes Surabaya; jesicagabr.jurnal@gmail.com (koresponden)
Darjati
Poltekkes Kemenkes Surabaya; darjati_surabaya@yahoo.co.id
Ernita Sari
Poltekkes Kemenkes Surabaya
Narwati
Poltekkes Kemenkes Surabaya; narwatisuprpto@gmail.com
Ambarwati
Poltekkes Kemenkes Surabaya

ABSTRACT

Water is an important substance in life. Increased population causes increased demand for quality drinking water. Existence of safe drinking water is urgently needed. The acquisition of sun exposure data on bottled water can cause the release of chemicals that are toxic to the water that one of them is very interesting antimony to be studied. Antimony is a contaminant of drinking water that can cause acute effects and chronic effects. The purpose of this study was to determine the amount of antimony that migrated into bottled water after exposure to sunlight after 8 hours of exposure. The study included "Pre-Post Test Control Group Design". The sampling metode was simple random sampling. The data obtained were tested using anova test. Anova test results showed a significant difference after treatment. The antimony level increased 2.17 times after treatment in the sample group and 1.41 times in the control group. This is indicated that exposure to sunlight had more antimony levels contained in drinking water that's why storage of bottled drinking water at high temperatures is not recommended. The test results also show that there is a significant difference in storage time.

Keywords: *bottled drinking water, antimon, polyethylene terephthalate*

PENDAHULUAN

Saat ini, air yang layak dikonsumsi sangat sedikit dan semakin lama semakin berkurang⁽¹⁾. Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan bertambahnya keperluan akan air dengan cepat, sedangkan sumber air tidak bertambah, bahkan cenderung berkurang sebagai akibat pengelolaan yang salah, kerusakan lingkungan (pembabatan hutan) dan pencemaran air yang semakin meningkat. Oleh karena itu, jaminan akan tersedianya air tawar yang bersih telah berkembang menjadi isu global⁽²⁾.

Pengolahan air terhadap air yang akan digunakan sebagai air minum mutlak diperlukan untuk peningkatan kualitas air minum terutama bila sumber air yang digunakan berasal dari air permukaan⁽³⁾. Pasar industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) beberapa tahun terakhir ini semakin berkembang seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat⁽⁴⁾. Konsumen memilih untuk membeli air minum kemasan dengan berbagai alasan seperti rasa, kenyamanan atau gaya hidup, namun keamanan dan manfaat kesehatan juga menjadi pertimbangan yang penting⁽⁵⁾.

Logam berat (katalis PET) seperti antimon telah terdeteksi dalam banyak botol air dan memunculkan masalah kesehatan⁽⁶⁾. Antimon digunakan sebagai katalis dalam kegiatan produksi plastik, termasuk PET, sebuah poliester dari asam tereftalat dan etilena glikol, yang digunakan dalam kontainer botol air⁽⁷⁾. Dalam penelitian yang dilakukan oleh⁽⁸⁾ ditemukan adanya peluluhan Antimon (Sb) dari botol kemasan jenis PET kedalam air kemasan yang disimpan dalam ruang penyimpanan dengan temperatur tinggi dalam waktu yang lama. Penelitian lain yang mendukung, dilakukan oleh Rowell et al.⁽⁹⁾ menyimpulkan bahwa dalam 12 hari pemanasan sinar matahari ditemukan peningkatan kadar Antimon (Sb), Arsen (As) dan Tl yang melebihi pedoman air minum oleh *United States Environmental Protection Agency's (US EPA)* dalam botol sample.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemanasan sinar matahari terhadap air minum dalam kemasan pada plastik berjenis polyethylene terephthalate terkait kandungan antimon dengan tujuan khusus sebagai berikut: 1) Mengukur kadar antimon pada AMDK sebelum pemanasan dengan sinar matahari; 2) Mengukur kadar antimon pada AMDK sesudah pemanasan dengan sinar matahari pada hari ke 1, 5, 10; 3) Menganalisa pengaruh pemanasan sinar matahari terhadap AMDK pada plastik berjenis PET terkait kandungan antimon setelah pemanasan pada hari ke 1, 5, 10.

METODE

Jenis penelitian yang dilakukan adalah rancangan penelitian semu dengan desain penelitian yang disebut "Pre-Post Test Control Group Design". Rancangan ini merupakan bentuk pengembangan rancangan penelitian

sederhana, yaitu dengan melakukan pengukuran atau observasi awal sebelum perlakuan diberikan. Dengan demikian pada rancangan ini diperoleh 4 macam kelompok observasi⁽¹⁰⁾. Observasi yang dilakukan setelah perlakuan diberikan akan dibagi menjadi tiga kelompok yaitu pemeriksaan pada hari pertama, hari kelima dan hari kesepuluh setelah perlakuan (pemanasan).

HASIL

Pengukuran Kadar Antimon pada AMDK Sebelum Pemanasan Sinar Matahari

Hasil pengukuran kadar antimon sebelum perlakuan dijadikan satu kali pemeriksaan dengan jumlah sampel sebanyak 3 sampel. Hasil pemeriksaan kadar antimon di laboratorium BPKI pada awal penelitian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kadar antimon pada AMDK sebelum pemanasan sinar matahari

Kode	Kadar Antimon pada Hari ke-0 (ppm)
A	0,011
B	0,013
C	0,012
Rata-Rata	0,012

Kadar antimon yang didapat dari sampel air minum dalam kemasan sebelum perlakuan pemanasan menunjukkan hasil sebesar 0,011 ppm, 0,013 ppm dan 0,012 ppm. Adapun rata-rata kadar antimon sebelum pemanasan adalah sebesar 0,012 ppm. Nilai ini masih berada dibawah batas maksimum kadar antimon dalam air kemasan menurut Permenkes 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang menyatakan batas maksimum kadar antimon dalam air minum sebanyak 0,02 ppm⁽²⁰⁾.

Kadar Antimon Pada AMDK Sesudah Pemanasan Sinar Matahari

Pemeriksaan kadar antimon dalam AMDK setelah perlakuan pada hari ke 1, 5 dan 10. Kode D, E, dan F diberikan pada kelompok sesudah perlakuan untuk membedakan dari kelompok sebelum perlakuan pemanasan. Hasil pemeriksaan laboratorium BPKI dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Kadar antimon pada AMDK sesudah pemanasan sinar matahari (kelompok perlakuan)

Kode	Kadar Antimon Hari ke- (ppm)		
	1	5	10
D	0,019	0,02	0,028
E	0,015	0,021	0,023
F	0,017	0,018	0,026
Rata-Rata	0,017	0,020	0,026
Rata-Rata Suhu (°C)	33,1	32,5	32,6

Berdasarkan hasil penelitian, kadar antimon setelah pemanasan dengan sinar matahari di hari pertama masih berada di bawah kadar maksimum menurut Permenkes RI No. 492 tahun 2010⁽²⁰⁾. Pada hari kelima kadar antimon mencapai 0,02 ppm dengan rata-rata suhu 32,5°C. Jumlah tersebut sudah mencapai angka kritis karena batas maksimum yang diperbolehkan adalah 0,02 ppm, sedangkan pada hari kesepuluh kadar antimon pada air kemasan PET telah melebihi batas maksimum yang diperbolehkan yaitu 0,026 ppm dengan rata-rata suhu 32,6°C.

Kelompok kontrol adalah kelompok air minum kemasan PET yang tidak diberi perlakuan pemanasan dengan menggunakan sinar matahari. Pengukuran kadar antimon pada kelompok sampel dilakukan pada hari ke 1, 5 dan 10. Tabel 3 merupakan mengenai hasil pemeriksaan kadar antimon yang diperoleh sebagai berikut.

Tabel 3. Kadar antimon pada AMDK sesudah pemanasan sinar matahari (kelompok kontrol)

Kode	Kadar Antimon Hari ke- (ppm)		
	1	5	10
A	0,012	0,011	0,02
B	0,013	0,015	0,014
C	0,012	0,014	0,018
Rata-Rata	0,012	0,013	0,017
Rata-Rata Suhu (°C)	26,1	25,98	25,84

Analisis Pengaruh Pemanasan Sinar Matahari terhadap AMDK pada Plastik Berjenis PET Setelah Pemanasan Selama 1, 5, 10 Hari

Uji statistik untuk menguji ada tidaknya pengaruh perlakuan yang diberikan dengan peningkatan kadar antimon, dilakukan dengan menggunakan uji *Two Way Anova*.

Tabel 3. Hasil uji *Two Way Anova*

Nama Uji	Signifikansi
Normalitas	0,600
Homogenitas	0,334
<i>Two Way ANOVA</i>	
a. Lama Penyimpanan	0,000
b. Perlakuan Pemanasan	0,000
c. Lama Penyimpanan*Perlakuan Pemanasan	0,309

Kadar antimon sebelum perlakuan pemanasan memiliki rata-rata 0,012 ppm, sedangkan rata-rata yang diperoleh dari kelompok sampel pada hari kesepuluh adalah sebesar 0,026 ppm, jumlah tersebut sudah tidak memenuhi syarat menurut Permenkes No. 492 tahun 2010 tentang Kualitas Air Minum⁽²⁰⁾. Perbedaan angka diatas menunjukkan adanya selisih pada awal penelitian dengan hari kesepuluh sebanyak 0,013 ppm. Jika penyimpanan terus dilakukan dalam waktu yang panjang maka kadar antimon akan terus bertambah dan masuk kedalam air minum.

PEMBAHASAN

Pengukuran Kadar Antimon pada AMDK Sebelum Pemanasan Sinar Matahari

Rata-rata kadar antimon sebelum pemanasan masih berada di bawah batas maksimum kadar antimon dalam air kemasan menurut Permenkes 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang menyatakan batas maksimum kadar antimon dalam air minum sebanyak 0,02 ppm.

Hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini serupa dengan penelitian oleh Sullivan & Leavey⁽¹¹⁾ dari uji 6 merk air kemasan "*nature spring*" yang di jual di California, ada 5 *brand* yang mengandung antimon namun tidak melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan menurut *California maximum contaminant levels*. Setiap merk diambil replikasi sebanyak 3 sampel. Adapun nilai tertinggi yang didapat dalam uji kadar antimon tersebut adalah sebesar 0,65 ppb. Peneliti lain dengan hasil yang selaras dilakukan oleh Molaee Aghaee⁽⁸⁾ dimana sampel air yang diambil dari 5 *brand* yang berbeda menunjukkan bahwa hasil awal pemeriksaan kadar antimon masih berada di bawah kadar maksimum dengan kadar tertinggi sebesar $1,85 \pm 0,19$ ppb. Chapa-Martínez et al.⁽¹²⁾ juga menyatakan bahwa pada awal penelitian, kadar antimon dalam sampel air kemasan yang digunakan masih rendah, berkisar antara 0,28-2,30 ppb dengan rata-rata 1,05 ppb, semua sampel tersebut memiliki kadar dibawah kadar maksimum yang diperbolehkan.

Ditemukannya keberadaan antimon dalam air kemasan PET sebelum pemanasan menunjukkan bahwa masuknya antimon ke dalam air sudah terjadi bahkan sebelum air minum kemasan PET sampai ke tangan konsumen. Westerhoff et al.⁽¹³⁾ menyatakan bahwa keberadaan antimon dalam kemasan PET disebabkan oleh penggunaan antimon sebagai salah satu katalisator dalam pembuatan PET. Menurut Bach et al.⁽¹⁴⁾ selain antimon ada beberapa katalisator yang juga bisa digunakan dalam proses pembuatan PET, antara lain Germanium (Ge), Titanium (Ti), Cobalt (Co), Magnesium (Mg), dan Zink (Zn). Kenyataannya lebih dari 90% botol kemasan PET yang ada di dunia lebih memilih untuk menggunakan antimon sebagai katalisator dalam pembuatannya⁽¹⁵⁾.

Perlakuan yang diterima oleh air kemasan PET sebelum sampai ke distributor juga menjadi salah satu dari sekian faktor yang mempengaruhi keberadaan antimon dalam air kemasan PET. Kontaminasi antimon dalam air kemasan dapat bermula dari awal proses produksi atau dikarenakan sumber air yang digunakan memang sudah mengandung antimon sejak awalnya, mengingat bahwa keberadaan antimon bisa ditemukan dalam air tanah atau air permukaan meski dengan jumlah yang kecil⁽⁷⁾. Seperti yang tercantum dalam WHO⁽¹⁶⁾, antimon tidak muncul secara signifikan dengan konsentrasi tinggi pada air alami, kecuali air tersebut sudah tercemar dengan asam dari drainase pertambangan. Penelitian oleh Cheng et al.⁽¹⁷⁾ menemukan antimon di dalam air kemasan PET sebelum perlakuan dapat dikarenakan selama proses produksi terdapat residu dari antimon yang melekat pada botol kemasan PET.

Suhu tempat penyimpanan air kemasan PET yang ada pada distributor juga turut mempengaruhi kualitas air kemasan. Semakin tinggi suhu ruang penyimpanan air kemasan PET maka semakin besar peluang untuk terjadinya peluluhan antimon. Faktor lain yang berpotensi juga mempengaruhi adalah lama waktu penyimpanan

atau lama waktu sejak air kemasan PET diproduksi. Semakin lama waktu penyimpanan air kemasan PET maka semakin banyak peluang peluruhan antimon dapat terjadi.

Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa hasil pemeriksaan kadar antimon pada awal penelitian masih berada di bawah kadar maksimum yang diperbolehkan. Sehingga dari segi parameter antimon, air kemasan PET yang dijadikan sampel masih dapat dikonsumsi.

Kadar Antimon Pada AMDK Sesudah Pemanasan Sinar Matahari

Pada sampel perlakuan, kadar antimon setelah pemanasan dengan sinar matahari di hari pertama masih berada di bawah kadar maksimum menurut Permenkes No. 492 tahun 2010⁽²⁰⁾. Pada hari kelima kadar antimon mencapai 0,02 ppm dengan rata-rata suhu 32,5°C. Jumlah tersebut sudah mencapai angka kritis karena batas maksimum yang diperbolehkan adalah 0,02 ppm, sedangkan pada hari kesepuluh kadar antimon pada air kemasan PET telah melebihi batas maksimum yang diperbolehkan yaitu 0,026 ppm dengan rata-rata suhu 32,6°C.

Westerhoff et al.⁽¹³⁾ menyimpulkan bahwa peningkatan suhu penyimpanan dapat meningkatkan laju pelepasan antimon ke dalam air kemasan. Greifenstein et al.⁽⁶⁾ menyatakan bahwa kualitas kimia dan bau dari botol air PET yang dikemas oleh sistem pengemasan air dipengaruhi oleh lama waktu pemaparan dan suhu penyimpanan yang tinggi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Molaee et al.⁽⁸⁾ didapat bahwa peningkatan kadar antimon yang terjadi pada seluruh sampel AMDK yang disimpan di luar ruangan dan terpapar sinar matahari dengan suhu rata-rata $31 \pm 4,1^\circ\text{C}$. Rowell et al.⁽⁹⁾ menemukan bahwa dengan 12 hari pemaparan dengan menggunakan pemaparan matahari dapat meningkatkan kadar antimon melebihi batas yang diperbolehkan oleh US EPA pada beberapa botol sampel. Dari berbagai penelitian diatas maka dapat disimpulkan bahwa peningkatan kadar antimon dapat terjadi jika air yang disimpan dalam kemasan PET mengalami pemanasan dengan sinar matahari, suhu penyimpanan yang tinggi serta penyimpanan dalam waktu lama

Selaras dengan pernyataan diatas, pada penelitian yang kami lakukan, hasil pemeriksaan laboratorium juga menunjukkan adanya peningkatan kadar antimon juga terjadi pada kelompok pemanasan. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian perlakuan dengan memanaskan air kemasan PET secara langsung dibawah sinar matahari memberikan pengaruh pada peningkatan kadar antimon. Air kemasan PET yang dijemur di bawah sinar matahari menyebabkan air dalam botol mengalami pemanasan sehingga suhu air menjadi meningkat dan mempengaruhi kemasan PET.

Beberapa peneliti menyatakan bahwa kadar antimon mengalami peningkatan secara cepat ketika air kemasan PET disimpan pada suhu penyimpanan diatas 60°C^{(6),(13)}. Molaee et al.⁽⁸⁾ menyampaikan bahwa kadar antimon pada botol sampel yang diteliti melebihi kadar maksimum ketika disimpan pada suhu 65°C di minggu kedua. Sedangkan pada suhu penyimpanan 80°C, kadar antimon sudah melebihi kadar maksimum hanya dalam waktu 3 hari penyimpanan. Peningkatan kadar antimon yang terjadi pada suhu tinggi disebabkan oleh kecepatan reaksi dari antimon yang ada pada PET untuk terlepas dan berikatan dengan air juga meningkat. Oleh sebab itu peningkatan kadar antimon akan selaras dengan peningkatan suhu yang ada pada kemasan PET.

Botol jenis PET dianggap sebagai bahan plastik yang paling aman untuk air, namun faktanya PET dapat melepaskan bahan kimia ketika suhu meningkat diatas temperatur ruang^{(18),(19)}.

Kaihatu⁽¹⁹⁾, menyatakan bila botol PET digunakan untuk menyimpan air hangat atau air panas, akan mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik dalam jangka panjang.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian pendahulu, meski suhu penyimpanan air kemasan PET dalam penelitian ini masih jauh lebih rendah dibandingkan suhu yang diatas, namun pemanasan pada suhu rata-rata 32,6°C selama 10 hari sudah dapat menyebabkan peningkatan kadar antimon dan mengakibatkan air minum kemasan PET tidak lagi memenuhi standar menurut Permenkes no. 492 tahun 2010 tentang Kualitas Air Minum. Hal ini menunjukkan bahwa, peningkatan kadar antimon tidak hanya terjadi pada suhu penyimpanan diatas 60°C, suhu pada musim kemarau di Kota Surabaya yang masih dibawah 60°C juga dapat mempengaruhi peningkatan kadar antimon.

Penjelasan diatas membuktikan adanya hubungan yang kuat antara suhu penyimpanan yang tinggi dengan pelepasan antimon. Sehingga dapat disimpulkan bahwa selaras dengan teori yang ada, penelitian ini juga telah membuktikan bahwa pemanasan sinar matahari terhadap air minum dalam kemasan PET dapat melepaskan antimon kedalam air minum. Dimana hanya dalam waktu 5 hari penyimpanan dengan paparan sinar matahari dan rata-rata suhu penyimpanan 32,5°C sudah menyebabkan kadar antimon pada air kemasan mencapai batasan maksimum yang diperbolehkan.

Kadar antimon pada kelompok kontrol tidak melebihi kadar maksimum. Kadar tertinggi pada kelompok kontrol ditemukan pada hari kesepuluh di mana salah satu sampel memiliki kadar antimon sebesar 0,018 ppm dengan pengukuran suhu 25,2°C. Kadar ini masih berada dibawah aturan menurut Permenkes No. 492 tahun 2010 yang menyebutkan kadar maksimum antimon dalam air minum adalah 0,02 ppm⁽²⁰⁾. Pada hasil dapat diketahui bahwa peningkatan kadar antimon memang terjadi pada kelompok kontrol, namun peningkatan yang

ada tidak sebesar kelompok sampel. Perbedaan kadar antimon pada hari pertama dan kesepuluh adalah sebesar 0,005 ppm.

Westerhoff et al.⁽¹³⁾ menegaskan bahwa tidak ditemukan adanya perbedaan yang signifikan dari 3 bulan penyimpanan air kemasan pada suhu ruangan (22°C). Berlawanan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fan et al.⁽²¹⁾ yang mengemukakan bahwa pemeriksaan kadar antimon yang disimpan selama 4 minggu, diukur kadarnya pada minggu ke 1, 2 dan 4. Dari hasil perhitungan diperoleh rata-rata penyimpanan selama 4 minggu menyebabkan peningkatan antimon secara signifikan. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa lama durasi penyimpanan menyebabkan tingginya konsentrasi pelepasan antimon pada botol PET.

Industri air mineral kemasan siap minum yang ada lebih suka untuk menggunakan kemasan PET yang bening karena kesan bening yang dimunculkan. Penggunaan antimon sebagai katalis dalam proses pembuatan kemasan PET merupakan sumber bertambahnya kadar antimon yang masuk ke dalam air kemasan⁽¹³⁾.

Hasil uji statistika menunjukkan adanya perbedaan kadar antimon pada air kemasan PET sebelum dan sesudah dilakukan pemanasan dengan sinar matahari. Jika dibandingkan, peningkatan yang terjadi pada kelompok kontrol yang tidak dipanaskan dengan sinar matahari masih lebih kecil dari kelompok sampel yang dipanaskan dengan sinar matahari. Penelitian yang dilakukan oleh Westerhoff et al.⁽¹³⁾ menemukan bahwa air kemasan PET yang dibekukan tidak mengubah konsentrasi relatif antimon dengan kelompok kontrol. Dengan kata lain, sekalipun dalam penyimpanan suhu rendah, antimon dari kemasan PET tetap dapat terlepas dan masuk ke dalam air kemasan meski dalam jumlah yang relatif kecil.

Pelepasan antimon ke dalam air akan tetap terjadi karena kemasan botol plastik PET sudah mengandung antimon. Kadar antimon yang ada dalam botol berbeda-beda karena jenis plastik yang digunakan sebagai kemasan air mempengaruhi pelepasan antimon ke dalam air minum. Yang menjadi pembeda adalah laju pelepasan dari antimon lebih tinggi jika air kemasan PET dipaparkan dengan suhu yang tinggi.

Analisis Pengaruh Pemanasan Sinar Matahari terhadap AMDK pada Plastik Berjenis PET Setelah Pemanasan Selama 1, 5, 10 Hari

Kadar antimon sebelum perlakuan pemanasan memiliki rata-rata 0,012 ppm, sedangkan rata-rata yang diperoleh dari kelompok sampel pada hari kesepuluh adalah sebesar 0,026 ppm, jumlah tersebut sudah tidak memenuhi syarat menurut Permenkes No. 492 tahun 2010 tentang Kualitas Air Minum⁽²⁰⁾. Perbedaan angka diatas menunjukkan adanya selisih pada awal penelitian dengan hari kesepuluh sebanyak 0,013 ppm. Jika penyimpanan terus dilakukan dalam waktu yang panjang maka kadar antimon akan terus bertambah dan masuk kedalam air minum.

Hasil serupa dengan penelitian kami, dilakukan oleh Molaee et al.⁽⁸⁾ yang menyatakan bahwa penyimpanan air kemasan PET di luar ruangan serta terpapar sinar matahari selama 8 minggu menunjukkan adanya peningkatan kadar antimon pada seluruh sampel. Rowell et al.⁽⁹⁾ juga menemukan bahwa selama 12 hari perlakuan, kadar antimon yang diteliti pada kemasan PET juga menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada sebelum dan sesudah pemanasan UV. Berlawanan dengan penelitian yang dilakukan oleh Westerhoff et al.⁽¹³⁾, pemanasan air kemasan PET dengan sinar matahari selama 7 hari menunjukkan bahwa irradiasi dari sinar matahari hanya memberikan sedikit dampak pada pelepasan antimon ke dalam air kemasan PET.

Pada kelompok sampel, rata-rata suhu yang diperoleh selama pemanasan sinar matahari dengan lama penyimpanan sepuluh hari adalah 32,6°C. Suhu penyimpanan ini mendekati suhu penyimpanan yang didapat dalam penelitian Molaee et al.⁽⁸⁾ dengan rata-rata suhu $31 \pm 4,1^\circ\text{C}$. Hal ini menunjukkan bahwa penyimpanan pada kisaran suhu 32°C dengan paparan sinar matahari sudah dapat meningkatkan kadar antimon untuk terlepas dari kemasan plastik PET. Hanya saja, yang menjadi pembeda antara keduanya adalah dalam penelitian yang dilakukan Molaee et al.⁽⁸⁾ kadar antimon yang diperoleh pada akhir penelitian masih berada di bawah kadar maksimum yang diperbolehkan, sedangkan dalam penelitian yang kami lakukan, kadar antimon pada akhir penelitian sudah tidak memenuhi standar yang ada.

Berdasarkan penelitian yang kami lakukan, diperoleh bahwa kenaikan kadar antimon dari awal penelitian dengan lama pemanasan sinar matahari dihari pertama menyebabkan peningkatan sebesar 1,42 kali, sedangkan kenaikan pada hari kelima sebesar 1,67 kali dan peningkatan pada hari ke sepuluh sebesar 2,17 kali. Angka ini menunjukkan bahwa peningkatan antimon terus terjadi pada kelompok sampel. Jika dibandingkan dengan standar maksimum kadar antimon menurut Permenkes RI No. 492 tahun 2010⁽²⁰⁾ maka kadar antimon dihari kesepuluh pada kelompok sampel 1,3 kali lebih besar dibandingkan dengan standar yang berlaku di Indonesia.

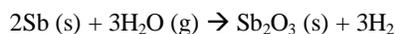
Perbedaan kadar antimon pada kelompok sampel dan kelompok kontrol dapat dilihat dari peningkatan kadar antimon setelah pemanasan selama 10 hari. Pada kelompok sampel, kenaikan yang terjadi sebesar 2,17 kali dihari kesepuluh sedangkan pada kelompok kontrol kenaikan terjadi sebesar 1,41 kali. Dengan demikian dapat diketahui bahwa kadar antimon pada kelompok sampel mengalami kenaikan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kelompok kontrol. adapun perbedaan selisih kenaikan antara kelompok sampel dan kontrol adalah sebesar 0,76 kali. Berbeda dengan hasil uji yang dilakukan oleh Westerhoff et al.⁽¹³⁾, yang

menunjukkan bahwa kenaikan kadar antimon pada kelompok sampel sebesar 1,65 kali disimpan selama 7 hari dengan pemanasan sinar matahari sedangkan kenaikan pada kelompok kontrol sebesar 1,5 kali.

Dari beberapa referensi yang kami gunakan, diketahui bahwa kadar antimon yang terlepas dan larut ke dalam air kemasan PET sangat kecil jumlahnya jika dibandingkan dengan hasil yang kami peroleh. Rata-rata kadar antimon yang kami peroleh pada awal penelitian menunjukkan angka sebesar 0,012 ppm atau setara dengan 12 ppb. Jika dibandingkan, penelitian oleh Westerhoff et al.⁽¹³⁾, menunjukkan kadar antimon pada awal penelitian sebesar $0,095 \pm 0,521$ ppb, penelitian oleh Sullivan & Leavey⁽¹¹⁾ pada 6 brand air kemasan PET memiliki kadar antimon dibawah 0,7 ppb pada seluruh sampel, sedangkan penelitian oleh Molaee et al.⁽⁸⁾ menunjukkan kadar antimon pada 5 brand yang digunakan memiliki kadar di bawah 2 ppb. Hasil yang berbeda pada masing-masing penelitian bisa disebabkan karna berbagai hal.

Penggunaan katalis sangat penting dalam sintesis PET untuk mencapai tingkat reaksi yang cukup tinggi meskipun beberapa katalis juga akan mempercepat reaksi samping, antimon adalah senyawa yang paling umum digunakan oleh katalis polikonsenser⁽²²⁾. Antimon berasal dari pelepasan alami seperti debu yang tertiuap angin, letusan gunung berapi, semprotan laut, kebakaran hutan dan proses alam lainnya. Sumber antropogenik meliputi pertambangan dan pengolahan biji dan produksi logam antimon, logam campuran, antimon oksida, senyawa yang mengandung antimon, dan daur ulang serta pembakaran produk yang mengandung antimon⁽⁷⁾.

Sembilan puluh persen dari pembuatan *Polyethylene Terephthalate* (PET) di seluruh dunia, poliester asam tereftalat dan etilen glikol, menggunakan antimon trioksida sebagai katalisator⁽¹⁵⁾. Antimon trioksida dapat terbentuk jika antimon berikatan dengan oksigen yang ada pada H₂O, berikut merupakan reaksi pembentukannya :



Antimon trioksida menawarkan aktivitas katalis yang tinggi, tidak menghasilkan warna yang tidak diinginkan, dan memiliki kecenderungan yang rendah untuk reaksi sampingan⁽²³⁾. Dalam proses produksi PET, beberapa proses reaksi degradasi dan dekomposisi dapat terjadi⁽²⁴⁾. Selama proses pembentukannya, PET akan mengalami pemanasan yang mengakibatkan lepasnya oksigen dari antimon (Sb) dan menyebabkan antimon berikatan dengan bahan lain. Antimon yang sudah berikatan dengan PET dapat terlepas dan berikatan dengan oksigen dari rantai O₂ pada air jika botol PET terkena suhu yang tinggi atau disimpan dalam waktu yang lama sehingga menyebabkan antimon yang awalnya berada dalam botol PET berpindah dan berikatan dengan O₂ dalam air kemasan.

Perbedaan kadar antimon yang terlepas dalam berbagai penelitian yang sudah dilakukan, dapat sebabkan oleh perbedaan jenis plastik yang digunakan dalam botol, mulai dari bahan mentah pembuatan sampai dengan teknologi yang digunakan dalam proses pembuatan kemasan PET^{(13),(25),(26)}. Keresztes et al.⁽²⁶⁾ menyatakan bahwa keberadaan antimon dalam AMDK bergantung pada luas permukaan yang kontak dengan air. Chapa-Martinez et al.,⁽¹²⁾ menegaskan bahwa tidak semua kandungan dari antimon yang ada pada kemasan PET terlepas dan masuk kedalam air.

Suhu penyimpanan yang diukur pada awal penelitian adalah 25,2°C sedangkan rata-rata suhu pada hari kesepuluh adalah 32,6°C. Perbedaan ini cukup besar dan dapat memberikan dampak bagi pelepasan antimon dari kemasan PET ke dalam air minum kemasan. Karena berdasarkan hasil, kadar antimon pada awal penelitian masih berada di bawah batas maksimum yang ditentukan dalam Permenkes No. 492 tahun 2010⁽²⁰⁾ tentang Kualitas Air Minum sedangkan penyimpanan selama sepuluh hari dengan rata-rata suhu 32,6°C menunjukkan bahwa kadar antimon yang ada dalam air kemasan PET sudah melebihi batas maksimum yang diperbolehkan. Westerhoff et al.⁽¹³⁾ menambahkan, faktor lain yang menyebabkan pelepasan antimon cenderung meningkat adalah kadar garam yang terkandung dalam air, air yang memiliki kadar kalsium dan magnesium lebih tinggi menghasilkan kadar antimon yang tinggi pula.

Antimon dan berbagai bentuk senyawanya adalah toksik dan dampak dari keracunan antimon serupa dengan keracunan arsen⁽²⁷⁾. Dalam kadar yang kecil, keracunan antimon dapat menyebabkan sakit kepala, pusing dan depresi. Dalam dosis besar menimbulkan *violent* dan muntah secara berkala serta dapat menyebabkan kematian dalam beberapa hari⁽²⁸⁾. Obat yang mengandung antimon jika diberikan melalui oral dalam dosis yang tinggi dapat bersifat toksik pada saluran pencernaan⁽²⁹⁾. Paparan antimon dalam jangka pendek pada kadar yang melebihi kadar maksimum dapat menyebabkan efek samping seperti mual, muntah dan diare⁽¹³⁾. Paparan oral terhadap antimoni trivalen berasosiasi pada kerusakan syaraf optik, radang uvea, dan pendaraan retina, nyeri kepala, batuk-batuk, anoreksia, dan fertigo⁽²⁹⁾. Antimon bersifat karsinogenik namun masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi⁽³⁰⁾.

Uptake dari antimon trivalen di dalam sistem gastrointestinal paling banyak sebesar 20%⁽²⁷⁾. Dalam bentuk larut sekalipun, antimon tidak mudah diserap saluran gastrointestinal (WHO, 2003). Tidak ada data mengenai metabolisme antimon melalui oral pada manusia⁽²⁹⁾. Target toksisitas dari antimon ditemukan pada ginjal dan hati hewan coba yang diinjeksi menggunakan antimon trivalen. Pada hewan coba pengerat, trivalen antimoni di ekskresi terutama melalui feses⁽²⁹⁾. Batas asupan per hari adalah sebesar 6 mikrogram/kg⁽⁵⁾.

Contoh kasus keracunan antimon yang pernah terjadi adalah beberapa pekerja meminum *lemonade* yang sudah terkontaminasi oleh antimon trioxide dari wadah minuman dan menyebabkan 50-60 orang harus dibawa ke rumah sakit⁽³¹⁾. Kasus keracunan serupa pernah terjadi dengan melibatkan 150 anak-anak yang mengkonsumsi *lemonade* yang terkontaminasi antimon mengalami mual, muntah dan diare⁽²⁹⁾.

Dari berbagai penjelasan diatas, kami sangat merekomendasikan konsumen untuk tidak menyimpan air minum dalam kemasan PET pada tempat yang terpapar panas karena dapat meningkatkan peluang untuk terlepasnya senyawa antimon dari kemasan PET masuk ke dalam air kemasan. Hal ini perlu menjadi catatan terutama bagi para pedagang dan distributor minuman agar mereka dapat benar-benar memahami makna dari anjuran untuk menyimpan air kemasan pada tempat yang tidak terpapar sinar matahari serta bagi masyarakat umum untuk menghindari menyimpan air minum kemasan PET di dalam mobil yang terjemur sinar matahari.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian adalah: 1) kadar antimon pada air minum dalam kemasan PET sebelum pemanasan dengan sinar matahari memiliki rata-rata sebesar 0,012 ppm; 2) kadar antimon pada air minum dalam kemasan PET sesudah pemanasan dengan sinar matahari selama 1 hari 0,017 ppm, 5 hari 0,020 ppm, dan 10 hari pemanasan 0,026 ppm. Kadar antimon pada hari ke sepuluh sudah melebihi batas yang diperbolehkan menurut Permenkes no. 492 tahun 2010; 3) ada perbedaan kadar antimon pada air kemasan PET yang diberi perlakuan pemanasan dan lama penyimpanan sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu dan lama waktu penyimpanan AMDK maka semakin banyak kadar antimon yang terkandung sehingga penyimpanan pada suhu tinggi dan waktu penyimpanan yang lama tidak direkomendasikan dan sebaiknya dihindari..

DAFTAR PUSTAKA

1. Tilong ad. Dasyatnya Air Putih. Yogyakarta: Flashbooks; 2015.
2. Arsyad S, Rustiadi E. Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia; 2008.
3. Asmadi K, Kasjono HS. Teknologi Pengolahan Air Minum. Yogyakarta: Penerbit Gosyen Publishing; 2011.
4. Maulendra MA, Dewi NK, Paramita S, Harisandi A, Sukaesih M, Setyawati A. Industry Update Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Ind Updat. 2015;11.
5. WHO. Guidelines for Drinking Water Quality. Fourth Edition. Geneva: World Health Organization; 2011.
6. Greifenstein M, White DW, Stubner A, Hout J, Whelton AJ. Impact of Temperature and Storage Duration on The Chemical and Odor Quality of Military Packaged Water in Polyethylene Terephthalate Bottles. Sci Total Environ. 2013;456-457:376-83
7. Qiao D. Public Health Goal for ANTIMONY in Drinking Water. 2016. 1-45 p.
8. Molae AE, Alimohammadi M, Nabizadeh R, Jahed KG, Naseri S, Mahvi AH, et al. Effects of Storage Time and Temperature on The Antimony and Some Trace Element Release from Polyethylene Terephthalate (PET) into The Bottled Drinking Water. J Environ Heal Sci Eng. 2014;12(1):133.
9. Rowell C, Kuiper N, Preud'Homme H. Is Container Type The Biggest Predictor of Trace Element and BPA Leaching from Drinking Water Bottles? Food Chem. 2016;202:88-93.
10. Budijanto D. Metodologi Penelitian. Surabaya: UPPM Poltekkes Surabaya; 2005.
11. Sullivan MJ, Leavey S. Heavy Metals in Bottled Natural Spring Water. J Environ Health. 2011;73(10):8-13.
12. Chapa-Martínez CA, Hinojosa-Reyes L, Hernández-Ramírez A, Ruiz-Ruiz E, Maya-Treviño L, Guzmán-Mar JL. An Evaluation of The Migration of Antimony from Polyethylene Terephthalate (PET) Plastic Used for Bottled Drinking Water. Sci Total Environ. 2016;565:511-8.
13. Westerhoff P, Prapaipong P, Shock E, Hillaireau A. Antimony Leaching from Polyethylene Terephthalate (PET) Plastic Used for Bottled Drinking Water. Water Res. 2008;42(3):551-6.
14. Bach C, Dauchy X, Chagnon M, Etienne S, Bach C, Dauchy X, Etienne S. Chemical Migration in Drinking Water Stored in Polyethylene Terephthalate (PET) Bottles: A Source of Controversy. Water Research, Elsevier, 46(3), 571-583.
15. Shotyk W, Krachler M, Chen B. Contamination of Canadian and European Bottled Waters with Antimony from PET Containers. J Environ Monit. 2006;8:288-92.
16. WHO. Antimony in Drinking-water. Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: WHO; 2003.
17. Cheng X, Shi H, Adams CD, Ma Y. Assessment of Metal Contaminations Leaching Out from Recycling Plastic Bottles Upon Treatments. Environ Sci Pollut Res. 2010;17(7):1323-30.
18. Wynters S, Goldberg B. The Pure Cure: A Complete Guide to Freeing Your Life from Dangerous Toxins. Berkeley: Publishers Group West; 2012.
19. Kaihatu TS. Manajemen Pengemasan. Yogyakarta: Penerbit ANDI; 2014.

20. Kemenkes RI. Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Jakarta: Kemenkes RI; 2010.
21. Fan YY, Zheng JL, Ren JH, Luo J, Cui XY, Ma LQ. Effects of Storage Temperature and Duration on Release of Antimony and Bisphenol A from Polyethylene Terephthalate Drinking Water Bottles of China. *Environ Pollut.* 2014;192:113–20.
22. Long TE, Scheirs J. *Modern Polyester: Chemistry and Technology of Polyesters and Copolyesters.* Chichester: John Wiley & Sons Ltd; 2003.
23. Duh B. Effect of Antimony Catalyst on Solid-state Polycondensation of Poly(ethylene terephthalate). *Polymer.* 2002;43:3147e3154.
24. Carneado S, Hernández-Nataren E, López-Sánchez JF, Sahuquillo A. Migration of Antimony from Polyethylene Terephthalate Used in Mineral Water Bottles. *Food Chem.* 2015;166:544–50.
25. Sax L. 2010. Polyethylene Terephthalate may Yield Endocrine Disruptors. *Environ Health Perspect* 118:445–448.
26. Keresztes S, Tatár E, Mihucz VG, Virág I, Majdik C, Zárny G. Leaching of Antimony from Polyethylene Terephthalate (PET) Bottles into Mineral Water. *Science of the Total Environment.* 2009;407(16):4731-4735.
27. Gouda P. *Arsenic, Selenium, Antimony Ultra Trace Analysis.* Bloomington: Library and Archives Canada Cataloguing in Publication; 2012.
28. Corriher SC, Corriher CH. *Defy Your Doctor and Be Healed.* Mocksville: Health Wyze Media; 2013.
29. National Research Council. *Spacecraft Water Exposure Guidelines for Selected Contaminants.* Washington DC: The National Academies Press. ; 2008.
30. Snedeker SM. Toxicants in Food Packaging and Household Plastics. *Exposure and Health.* 2014;204: 206-207.
31. Sundar S, Chakravarty J. Antimony Toxicity. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2010;7(12):4267–4277.