

Analisis Cemaran Mikroba *E. Coli* dan Total Koliform Pada Depot Air Minum Isi Ulang: Studi Kasus di Pulo Gadung, Jakarta Timur

Puri Wulandari*, Anggun Pristiyaningrum

Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Respati Indonesia, Jakarta Timur 13890, Indonesia.

*Corresponding author: purichan.wulandari@gmail.com

Info Artikel: Diterima 22 Mei 2025; Direvisi 22 Agustus 2025; Disetujui 22 Agustus 2025

Tersedia online: 3 September 2025; Diterbitkan secara teratur: Oktober 2025



Cara sitasi: Wulandari P, Pristiyaningrum A. Analisis Cemaran Mikroba *E. Coli* dan Total Koliform Pada Depot Air Minum Isi Ulang: Studi Kasus di Pulo Gadung, Jakarta Timur. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2025 Oct;24(3):317-324. <https://doi.org/10.14710/jkli.73503>.

ABSTRAK

Latar Belakang: Depot air minum isi ulang (DAMIU) merupakan salah satu sumber utama penyediaan air minum bagi masyarakat karena harganya terjangkau dan mudah diakses. Namun, keberadaan cemaran mikrobiologis seperti *Escherichia coli* dan total koliform menunjukkan potensi risiko terhadap kesehatan konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi keberadaan cemaran mikroba *Escherichia coli* dan total koliform pada DAMIU di Kecamatan Pulo Gadung Jakarta Timur, serta menganalisis faktor-faktor yang berhubungan dengan keberadaan cemaran tersebut.

Metode: Penelitian ini menggunakan desain cross-sectional dengan 61 DAMIU sebagai sampel. Data karakteristik operator, sumber air baku, dan lama penyimpanan dikumpulkan melalui kuesioner, sedangkan data sanitasi tempat, sanitasi peralatan, dan higiene operator diperoleh melalui observasi menggunakan lembar checklist. Sampel air siap konsumsi sebanyak 1.000 ml diambil secara aseptis dari keran pengisian menggunakan botol steril dan dianalisis di laboratorium terakreditasi menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) untuk mendeteksi keberadaan *Escherichia coli* dan total koliform. Analisis data dilakukan dengan uji chi-square dan regresi logistik ganda pada tingkat kemaknaan $p < 0,05$.

Hasil: Hasil analisis multivariat menunjukkan bahwa sanitasi peralatan ($p=0,005$; AOR=30,494; 95% CI: 2,750–338,140), higiene operator ($p=0,045$; AOR=14,954; 95% CI: 1,065–209,878), dan lama penyimpanan ($p=0,039$; AOR=18,511; 95% CI: 1,162–294,835) memiliki hubungan yang signifikan dengan cemaran mikroba. Sebaliknya, sanitasi tempat dan sumber air baku tidak menunjukkan hubungan yang bermakna secara statistik ($p > 0,05$).

Simpulan: Cemaran mikroba pada DAMIU secara signifikan dipengaruhi oleh kondisi sanitasi peralatan, higiene operator, dan lama penyimpanan. Upaya peningkatan kontrol sanitasi dan edukasi higiene sangat diperlukan guna menjamin kualitas air minum yang aman bagi masyarakat.

Kata kunci: *Escherichia coli*; Total Koliform; Air Minum Isi Ulang; Depot Air Minum; Kualitas Mikrobiologi.

ABSTRACT

Title: Analysis of *E. Coli* And Total Coliform Microbial Contamination At Refill Drinking Water Depots: Case Study In Pulo Gadung, East Jakarta.

Background: Refill Drinking Water Depots (RDWDs) serve as a primary source of drinking water for the community due to their affordability and accessibility. However, the presence of microbiological contaminants

such as *Escherichia coli* and total coliforms poses a potential health risk to consumers. This study aimed to detect the presence of *E. coli* and total coliform contamination in RDWDs in Pulo Gadung District, East Jakarta, and to analyze associated risk factors.

Methods: This cross-sectional study involved 61 RDWDs. Operator characteristics, water source, and storage duration were collected via questionnaires, while facility sanitation, equipment sanitation, and operator hygiene were assessed through checklist-based observations. A 1,000 ml sample of ready-to-consume water was aseptically collected from the filling tap using a sterile bottle and analyzed in an accredited laboratory using the Most Probable Number (MPN) method to detect *E. coli* and total coliforms. Data were analyzed using chi-square tests and multiple logistic regression with a significance level of $p < 0.05$.

Results: Multivariate analysis revealed significant associations between microbial contamination and equipment sanitation ($p = 0.005$; AOR = 30.494; 95% CI: 2.750–338.140), operator hygiene ($p = 0.045$; AOR = 14.954; 95% CI: 1.065–209.878), and storage duration ($p = 0.039$; AOR = 18.511; 95% CI: 1.162–294.835). In contrast, facility sanitation and water source were not statistically significant ($p > 0.05$).

Conclusion: Microbial contamination in RDWDs is significantly influenced by equipment sanitation, operator hygiene, and storage duration. Strengthening sanitation practices and hygiene education is crucial to ensure the safety of refill drinking water.

Keywords: *Escherichia coli*; Total Coliform; Refill Drinking Water; Drinking Water Depot; Microbiological Quality.

PENDAHULUAN

Rumah tangga dikatakan memiliki akses terhadap layanan air minum yang aman apabila sumber air yang digunakan mudah dijangkau, tersedia dalam jumlah memadai saat diperlukan, serta bebas dari pencemaran tinja dan zat kimia berbahaya.¹ Pasokan air yang tidak memadai tetap menjadi tantangan utama di negara berpenghasilan rendah dan menengah karena tidak terpenuhinya aspek aksesibilitas, kualitas, kuantitas, kontinuitas, dan keterjangkauan.² Pada tahun 2022, diperkirakan sekitar 1,7 miliar penduduk dunia masih bergantung pada air minum yang terkontaminasi limbah kotoran manusia. Situasi ini mencerminkan kesenjangan besar dalam akses terhadap air bersih dan sanitasi layak, terutama di negara-negara berkembang. Air yang tercemar berisiko tinggi menularkan berbagai penyakit menular seperti diare, kolera, tifus, hepatitis, disentri, polio, dan infeksi akibat parasit, yang secara khusus mengancam kesehatan anak-anak dan kelompok rentan.³ Tingkat infeksi akibat mikroorganisme tercatat jauh lebih rendah di negara maju dibandingkan negara berkembang. Perbedaan ini umumnya disebabkan oleh ketersediaan infrastruktur air bersih dan sanitasi yang memadai di negara maju, sementara negara berkembang masih menghadapi keterbatasan akses serta minimnya sumber daya keuangan. Akibatnya, masyarakat di wilayah tersebut menjadi lebih rentan terhadap penyakit berbasis air.⁴

Air minum isi ulang menjadi pilihan utama masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari karena harganya terjangkau, mudah diperoleh, dan praktis digunakan tanpa perlu direbus. Kepraktisan ini membuat masyarakat dapat menghemat waktu, energi, dan pengeluaran, terutama di saat bahan bakar sulit didapat.^{5,6} Ketika tidak ada pilihan lain yang tersedia, membeli air dari usaha kecil menjadi pilihan terakhir bagi mereka yang sangat membutuhkan pasokan air bersih. Hal ini terbukti dari data dari negara-negara berpenghasilan rendah hingga menengah. Misalnya, di

Indonesia, 40 persen penduduk perkotaan membeli air isi ulang.⁷ Berdasarkan data Survei Kesehatan Indonesia menunjukkan bahwa sebagian besar rumah tangga (31,7%) menggunakan sumber air minum berasal dari air isi ulang, sedangkan 14,6% rumah tangga menggunakan sumber air bersih berasal dari air ledeng/perpipaan dan 13,9% berasal dari sumur bor/pompa.⁸ Seperti di Negara berpendapatan rendah dan menengah, selain keterbatasan akses terhadap air bersih dari jaringan perpipaan,⁹ program klorinasi pada air minum sering membuat masyarakat enggan mengonsumsinya karena menimbulkan perubahan cita rasa yang kurang disukai.¹⁰ Selain itu, adanya kekhawatiran terhadap kualitas air keran yang dianggap rentan terkontaminasi bahan kimia berbahaya, mikroorganisme, senyawa nitrat, serta memiliki tingkat kesadahan, rasa, dan bau yang kurang baik.¹¹

Hubungan antara higiene dan sanitasi tempat dengan kualitas mikrobiologi air minum sangat erat, terutama dalam konteks DAMIU. Kondisi higiene dan sanitasi yang buruk dapat meningkatkan risiko kontaminasi mikrobiologis, termasuk keberadaan *Escherichia coli* dan total koliform, yang merupakan indikator pencemaran tinja dan potensi penyebab penyakit.¹ Sejumlah studi menunjukkan bahwa DAMIU dengan praktik sanitasi yang tidak memadai cenderung memproduksi air berkualitas mikrobiologi buruk, karena proses pengolahan yang kerap tidak memenuhi standar sanitasi dan higienitas, sehingga meningkatkan risiko kontaminasi mikroba.^{12,13} Pencemaran bakteri pada air minum isi ulang dapat terjadi akibat peralatan yang tidak higienis, ketiadaan teknologi desinfeksi seperti sinar UV, kurangnya pemahaman pemilik mengenai kebersihan, serta lemahnya manajemen sanitasi selama proses distribusi. Berdasarkan Permenkes RI No. 492 Tahun 2010, air minum dikategorikan aman jika memenuhi standar mikrobiologis, fisik, dan kimia, termasuk tidak

mengandung *Escherichia coli* dan bakteri koliform. Keberadaan *E. coli* dalam air umumnya berasal dari kontak langsung dengan pekerja terinfeksi melalui tangan atau kuku, yang diperburuk oleh minimnya penerapan perilaku hidup bersih dan sehat.^{14,15}

Wilayah kerja Puskesmas Kecamatan Pulo Gadung merupakan salah satu kawasan padat penduduk di Jakarta Timur. Tingginya permintaan masyarakat terhadap air minum yang praktis dan terjangkau telah mendorong pertumbuhan signifikan jumlah depot air minum isi ulang (DAMIU) di wilayah ini. Namun, hingga saat ini belum tersedia data terbaru mengenai kualitas mikrobiologis DAMIU di Pulo Gadung, sementara jumlah depot terus meningkat dan risiko kontaminasi mikroba patogen terhadap kesehatan masyarakat cukup besar. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk: (1) mengidentifikasi keberadaan *Escherichia coli* dan total koliform pada air minum isi ulang, (2) menganalisis hubungan sanitasi peralatan, higiene penjamah, sumber air baku, dan lama penyimpanan dengan kontaminasi mikrobiologis, serta (3) menentukan faktor yang paling dominan berhubungan dengan kontaminasi mikrobiologis pada air minum isi ulang.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif analitik dengan menggunakan desain studi *cross sectional*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh DAMIU yang berada di wilayah kerja Puskesmas Kecamatan Pulo Gadung, Jakarta Timur. Berdasarkan data dari Puskesmas, terdapat sekitar 61 DAMIU yang beroperasi secara aktif di wilayah tersebut sejak bulan Juni-Agustus. Penelitian ini menggunakan teknik total sampling, di mana seluruh populasi yang memenuhi kriteria inklusi dijadikan sebagai sampel. Kriteria inklusi meliputi: (1) DAMIU yang memiliki izin operasional yang masih berlaku, (2) telah beroperasi minimal 6 bulan, dan (3) depot yang bersedia untuk dilakukan pengambilan sampel air.

Pengumpulan data menggunakan kuesioner untuk variabel karakteristik operator DAMIU (umur, jenis kelamin, pendidikan, dan, lama usaha), sumber air baku, dan lama penyimpanan, sedangkan untuk variabel sanitasi tempat, sanitasi peralatan, dan higiene operator dikumpulkan dengan cara melakukan observasi dengan menggunakan lembar checklist yang mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Indonesia No. 43 Tahun 2014 tentang Higiene Sanitasi Depot Air Minum. Variabel tersebut dinilai dengan menggunakan metode skoring, Jika masing-masing variabel mendapatkan nilai lebih dari 70%, maka dinyatakan memenuhi syarat. Jika kurang dari 70% maka tidak memenuhi syarat.¹⁶

Sampel air dikumpulkan dari keran pengisian depot isi ulang dengan botol steril, menggunakan teknik pengambilan secara aseptis. Selama proses pengambilan, petugas menggunakan alat pelindung diri berupa masker dan sarung tangan untuk menjaga

kebersihan dan mencegah kontaminasi. Setiap depot diambil satu sampel air siap konsumsi sebanyak 1.000 ml, kemudian dikirim ke laboratorium terakreditasi untuk dianalisis. Analisis dilakukan untuk mengetahui adanya cemaran *E. coli* dan total koliform dengan metode *Most Probable Number* (MPN). Hasil pemeriksaan kualitas air minum isi ulang dikategorikan sebagai tercemar jika terdeteksi *E. coli* dan/atau total koliform, dan tidak tercemar jika keduanya tidak terdeteksi, sesuai dengan Permenkes No. 492 Tahun 2010.¹⁴

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan uji chi-square untuk menganalisis hubungan antara masing-masing variabel independen dengan variabel dependen, yaitu cemaran mikroba pada air minum isi ulang. Hubungan antara variabel dianggap signifikan secara statistik apabila nilai *p* kurang dari 0,05 ($p < 0,05$). Variabel-variabel yang menunjukkan hubungan signifikan pada analisis bivariat kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan uji regresi logistik ganda. Uji ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh simultan dari beberapa variabel independen terhadap cemaran mikrobiologis dalam air minum isi ulang, serta untuk mengidentifikasi faktor dominan yang paling berkontribusi terhadap terjadinya kontaminasi. Penelitian ini juga telah dinyatakan lulus kaji etik oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Respati Indonesia dengan surat keterangan No.662/SK.KEPK/UNR/VIII/2023.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Distribusi Frekuensi Karakteristik Operator, Higiene Sanitasi, dan Cemaran Mikroba

Variabel	Frekuensi	Presentase
Usia		
18 – 27 tahun	15	24,6%
28 – 37 tahun	20	32,8%
38 – 47 tahun	26	42,6%
Tingkat Pendidikan		
SD	2	3,3%
SMP	35	57,4%
SMA	24	39,3%
Lama usaha		
1 – 3 tahun	19	31,1%
4 – 6 tahun	35	57,4%
≤ 7 tahun	7	11,5%
Sanitasi tempat		
Tidak memenuhi syarat	24	39,3%
Memenuhi syarat	37	60,7%
Sanitasi peralatan		
Tidak memenuhi syarat	33	54,1%
Memenuhi syarat	28	45,9%
Higiene operator		
Tidak memenuhi syarat	25	41,0%
Memenuhi syarat	36	59,0%
Sumber air baku		
Non-air pegunungan (air tanah/air PAM)	52	85,2%
Air pegunungan	9	14,8%
Lama penyimpanan air		
> 1x24 jam	26	42,6%

Variabel	Frekuensi	Presentase
≤ 1x 24 jam	35	57,4%
Cemaran Mikroba		
Tercemar	40	65,6%
Tidak tercemar	21	34,4%

Tabel 1 menunjukkan bahwa mayoritas operator DAMIU di wilayah kerja Puskesmas Kecamatan Pulo Gadung berusia 38–47 tahun (42,6%) dan telah menjalankan usahanya selama 4–6 tahun (57,4%). Selain itu, sebagian besar operator depot

memiliki tingkat pendidikan terakhir SMP (57,4%). Selain itu, sebagian besar operator depot memiliki tingkat pendidikan terakhir SMP (57,4%). Berdasarkan pemeriksaan kualitas mikrobiologis, ditemukan bahwa 65,6% air minum isi ulang tercemar mikroba, sementara 34,4% tidak tercemar. Kontaminasi total koliform lebih dominan dibandingkan *E. coli*. Dari 40 depot yang dinyatakan tercemar, seluruhnya (100%) mengandung total koliform, dan 17 di antaranya (42,5%) juga terdeteksi *E. coli*.

Tabel 2 Hubungan antara Hygiene Sanitasi dengan Cemaran Mikroba

No.	Variabel	Cemaran mikroba		p-value	POR	95% CI	
		Tercemar (n=40)	Tidak tercemar (n=21)			Lower	Upper
1	Sanitasi tempat						
	Tidak memenuhi syarat	15 (37,5%)	9 (42,9%)	0,896	0,8	0,273	2,345
	Memenuhi syarat	25 (62,5%)	12 (57,1%)				
2	Sanitasi peralatan						
	Tidak memenuhi syarat	32 (80%)	1 (4,76%)	0,001	80,000	9,294	688,5
	Memenuhi syarat	8 (20%)	20 (95,2%)				
3	Higiene operator						
	Tidak memenuhi syarat	24 (60%)	1 (4,76%)	0,001	30,000	3,653	246,37
	Memenuhi syarat	16 (40%)	10 (47,6%)				
4	Sumber air baku						
	Non-air pegunungan (air tanah/air PAM)	5 (12,5%)	4 (19,0%)	0,760	1,647	0,391	6,929
	Air pegunungan	35 (87,5%)	17 (81,0%)				
5	Lama penyimpanan air						
	> 1x24 jam	25 (62,5%)	1 (4,76%)	0,001	33,33	4,050	274,37
	≤ 1x 24 jam	15 (37,5%)	20 (95,2%)				

Note: Nilai POR (*Prevalence Odds Ratio*) diperoleh dari analisis bivariat pada penelitian *cross-sectional* dan menunjukkan perbandingan odds cemaran mikroba antara kelompok *exposed* dan *unexposed* sebelum pengendalian variabel lain dalam analisis multivariat.

Analisis bivariat (Tabel 2) menunjukkan bahwa beberapa faktor berhubungan dengan cemaran mikroba pada air minum isi ulang. Depot dengan sanitasi peralatan tidak memenuhi syarat (*exposed*) memiliki peluang lebih tinggi mengalami kontaminasi dibandingkan yang memenuhi syarat (*unexposed*) (POR=80,0; 95% CI: 9,29–688,5; p=0,001). Higiene operator buruk juga berhubungan dengan cemaran mikroba (POR=30,0; 95% CI: 3,65–246,37; p=0,001), demikian pula lama penyimpanan >1x24 jam (POR=33,33; 95% CI: 4,05–274,37; p=0,001). Sebaliknya, sanitasi tempat dan sumber air baku tidak menunjukkan hubungan signifikan (p > 0,05). Meskipun demikian, kedua variabel tersebut tetap diikutsertakan dalam analisis multivariat karena dipandang relevan secara substansial terhadap kualitas mikrobiologis air minum isi ulang.

Analisis multivariat (Tabel 3) menunjukkan bahwa sanitasi peralatan, higiene operator, dan lama penyimpanan air merupakan faktor yang berhubungan signifikan dengan cemaran mikroba pada air minum isi ulang. Depot dengan sanitasi peralatan tidak memenuhi syarat memiliki risiko 30 kali lebih besar untuk terkontaminasi dibandingkan depot yang memenuhi syarat (AOR=30,49; 95% CI: 2,75–338,14; p=0,005).

Higiene operator buruk meningkatkan risiko kontaminasi hampir 15 kali (AOR=14,95; 95% CI: 1,07–209,88; p=0,045), sedangkan lama penyimpanan >1x24 jam meningkatkan risiko sekitar 18,5 kali (AOR=18,51; 95% CI: 1,16–294,84; p=0,039). Sementara itu, sanitasi tempat dan sumber air baku tidak menunjukkan pengaruh signifikan (p > 0,05).

Table 3 Model Akhir Analisis Multivariat dengan Regresi Logistik Ganda

No.	Variabel	p-value	Adjusted OR [Exp (B)]	95% CI	
				Lower	Under
1	Sanitasi tempat	0,778	0,735	0,086	6,267
2	Sanitasi peralatan	0,005	30,494	2,750	338,140
3	Higiene operator	0,045	14,954	1,065	209,878
4	Sumber air baku	0,455	5,670	0,060	535,226
5	Lama penyimpanan	0,039	18,511	1,162	294,835

PEMBAHASAN

Sanitasi Peralatan

Hasil analisis multivariat menunjukkan bahwa sanitasi peralatan merupakan faktor yang paling dominan berhubungan dengan cemaran mikroba pada air minum isi ulang. Depot dengan sanitasi peralatan yang tidak memenuhi syarat memiliki risiko sekitar 30 kali lebih besar untuk menghasilkan air yang

terkontaminasi dibandingkan dengan depot yang memenuhi syarat. Temuan ini memperlihatkan bahwa depot dengan sanitasi peralatan yang tidak memadai memiliki risiko cemaran mikroba hingga lebih dari 30 kali lipat dibandingkan depot dengan sanitasi peralatan yang baik. Hasil ini diperkuat oleh studi lain di Kecamatan Dolok Masihul, Kabupaten Serdang Bedagai, yang juga menemukan hubungan signifikan antara pemeliharaan peralatan dengan kontaminasi *E. coli* pada air isi ulang. Dalam studi tersebut, depot dengan pemeliharaan peralatan yang buruk memiliki risiko 17,5 kali lebih besar untuk mengalami kontaminasi mikrobiologis dibandingkan dengan depot yang melakukan pemeliharaan secara baik ($p=0,007$; $OR=17,5$; 95% CI: 1,22–250,36). Studi tersebut juga merekomendasikan pentingnya pencucian rutin, penggantian sikat galon secara berkala, serta pelaporan hasil uji kualitas air kepada dinas kesehatan setempat.⁽¹⁷⁾ Temuan ini menegaskan bahwa peralatan pengisian air merupakan titik kritis dalam sistem pengelolaan kualitas air DAMIU. Tanpa prosedur sanitasi yang memadai, permukaan peralatan seperti keran, selang, dan galon berpotensi menjadi media pertumbuhan mikroorganisme patogen. Biofilm yang terbentuk akibat kelembapan dan residu air pada peralatan yang tidak dibersihkan secara efektif dapat mempertahankan keberadaan bakteri koliform, termasuk *E. coli*, yang merupakan indikator pencemaran fekal. Kondisi ini konsisten dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa peralatan yang tidak disanitasi secara rutin dan tepat merupakan sumber utama kontaminasi mikrobiologis pada air minum isi ulang. Komponen seperti selang, keran, dan galon sangat rentan terhadap pencemaran apabila tidak dibersihkan menggunakan desinfektan yang sesuai dan tanpa mengikuti prosedur standar.^{18,19} Salah satu faktor penyumbang lainnya adalah penggunaan mikrofilter yang tidak sesuai standar, yang dapat mengurangi efektivitas proses pembersihan galon dan meningkatkan risiko kontaminasi. Oleh karena itu, keberadaan alat sterilisasi dan mikrofilter yang memenuhi standar teknis menjadi elemen penting dalam menjaga kualitas mikrobiologis air minum isi ulang.^{12,20} Temuan ini menegaskan pentingnya sanitasi peralatan sebagai titik kritis dalam pengendalian kualitas mikrobiologis air minum isi ulang. Oleh karena itu, prosedur pembersihan yang tepat dan penggunaan peralatan sesuai standar perlu menjadi perhatian utama dalam praktik operasional DAMIU.

Higiene Operator

Higiene operator DAMIU dinyatakan memenuhi syarat apabila operator mencuci tangan menggunakan sabun dan air mengalir sebelum menyentuh galon, mengenakan pakaian kerja yang bersih dan sesuai, serta menjalani pemeriksaan kesehatan secara berkala, minimal satu kali dalam setahun.¹⁶ Namun, temuan di lapangan menunjukkan bahwa kesadaran sebagian operator terhadap

pentingnya praktik higiene masih rendah. Beberapa operator diketahui melakukan pengisian tanpa mencuci tangan, merokok saat bekerja, serta tidak menggunakan pakaian kerja yang layak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa higiene operator berhubungan signifikan dengan cemaran mikroba pada air minum isi ulang ($p=0,045$; $AOR=14,954$; 95% CI: 1,065–209,878). Hal ini mengindikasikan bahwa depot yang dikelola oleh operator dengan higiene buruk memiliki risiko hampir 15 kali lebih tinggi mengalami kontaminasi mikrobiologis dibandingkan depot dengan operator yang menjaga higiene dengan baik. Higiene pribadi operator merupakan aspek penting dalam menjaga keamanan air minum, terutama dalam proses pengolahan dan pengisian ulang yang memungkinkan kontak langsung atau tidak langsung dengan air maupun peralatan. Operator yang tidak mencuci tangan, membiarkan kuku panjang, tidak menggunakan pelindung seperti masker atau penutup kepala, berisiko membawa mikroorganisme patogen yang dapat mencemari air dan permukaan peralatan. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa praktik higiene yang buruk dari operator DAMIU meningkatkan risiko kontaminasi mikrobiologis.^{18,21,22} Tangan yang terkontaminasi berperan sebagai media penularan penyakit, sehingga kebersihan tangan operator menjadi kunci utama dalam menjaga kualitas mikrobiologis air minum. Selain itu, kebiasaan merokok di area pengisian turut meningkatkan risiko kontaminasi; abu dan asap rokok dapat secara langsung mencemari air, menurunkan kualitasnya, serta berpotensi menimbulkan masalah kesehatan di masyarakat.^{13,23}

Kondisi lain yang turut ditemukan adalah operator yang tidak mengenakan pakaian kerja yang bersih dan tidak menjalani pemeriksaan kesehatan rutin, yang seharusnya menjadi bagian dari prosedur standar operasional. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian lain yang menunjukkan bahwa kebersihan personal operator sangat menentukan kualitas air yang dihasilkan. air.^{15,24} Faktor lingkungan kerja turut memengaruhi efektivitas penerapan higiene. Ketiadaan fasilitas cuci tangan atau sanitasi dasar yang memadai dapat memperparah risiko kontaminasi. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan kapasitas dan kesadaran operator terhadap praktik higiene memiliki peran penting dalam mencegah cemaran mikrobiologis di depot air minum.

Lama penyimpanan air

Lama penyimpanan air lebih dari 24 jam juga terbukti berhubungan signifikan dengan meningkatnya risiko cemaran mikroba ($p=0,039$; $AOR=18,511$; 95% CI: 1,162–294,835). Artinya, depot yang menyimpan air lebih lama memiliki risiko hampir 19 kali lebih besar mengalami kontaminasi mikrobiologis dibandingkan dengan depot yang mendistribusikan air dalam waktu singkat. Temuan ini diperkuat oleh penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri koliform meningkat setelah

penyimpanan lebih dari 24 jam pada suhu ruang, terutama jika galon tidak disterilkan dengan baik sebelum digunakan kembali.^{16,25,26} Risiko kontaminasi yang meningkat seiring lamanya penyimpanan kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kondisi wadah yang tidak higienis, tidak tertutup rapat, atau terpapar lingkungan yang kurang steril. Selain itu, suhu ruang yang tidak terkontrol juga dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme patogen bila air tidak disimpan dalam kondisi optimal. Penelitian lain juga melaporkan bahwa konsentrasi *Escherichia coli* dan total koliform meningkat secara signifikan setelah air disimpan selama beberapa minggu, *E. coli* meningkat dari 3 menjadi 8 MPN/100 ml, dan total koliform dari 4 menjadi 69 MPN/100 ml pada hari ke-35 penyimpanan. Temuan ini memperkuat bahwa durasi penyimpanan yang lebih panjang berkontribusi terhadap tingginya risiko cemaran mikrobiologis pada air minum isi ulang.²⁷

Ketentuan terkait penyimpanan air minum isi ulang telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2014 tentang Higiene dan Sanitasi Depot Air Minum yang menetapkan bahwa air minum isi ulang yang telah dikemas, seperti dalam galon, tidak boleh disimpan di depot lebih dari 24 jam. Batas waktu ini bertujuan untuk mencegah peningkatan risiko kontaminasi mikrobiologis dan kimia akibat penyimpanan yang berkepanjangan sebelum didistribusikan kepada konsumen.¹⁶ Namun, regulasi ini belum mencakup batas waktu penyimpanan air setelah sampai di tangan konsumen, padahal kondisi penyimpanan di tingkat rumah tangga sangat bervariasi dan berpotensi memengaruhi kualitas air sebelum dikonsumsi. Dengan demikian, durasi penyimpanan merupakan salah satu faktor penting yang harus dikelola secara ketat dalam sistem operasional DAMIU. Penerapan prinsip FIFO (first in, first out), pembersihan rutin wadah, pengendalian suhu dan kelembapan ruang penyimpanan, serta edukasi bagi operator terkait pentingnya distribusi air secara cepat dan higienis menjadi langkah kunci dalam menjaga kualitas dan keamanan air minum bagi masyarakat.²⁸

Sanitasi tempat

Sanitasi tempat tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan keberadaan cemaran mikroba pada air minum isi ulang. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi kebersihan lokasi depot bukan merupakan faktor utama yang memengaruhi kontaminasi mikrobiologis dibandingkan faktor lain seperti kebersihan peralatan dan hygiene operator. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kondisi fisik bangunan atau lingkungan sekitar depot tidak selalu berkontribusi langsung terhadap kontaminasi mikrobiologis, terutama jika aspek sanitasi lainnya, seperti kebersihan peralatan dan hygiene operator, tidak dikelola dengan baik.^{22,29} Sanitasi tempat dalam konteks ini mencakup aspek kebersihan lantai, dinding, ventilasi, serta

kebersihan ruangan secara umum.¹⁶ Meskipun penting sebagai bagian dari standar higienis suatu fasilitas pengolahan air, faktor ini mungkin memiliki kontribusi yang lebih tidak langsung terhadap risiko kontaminasi mikroba dibandingkan variabel lain seperti peralatan yang bersentuhan langsung dengan air dan praktik hygiene individu. Selain itu, kemungkinan bias observasi atau ketidakkonsistenan dalam penilaian kondisi fisik lingkungan juga dapat memengaruhi hasil. Beberapa depot mungkin memiliki fasilitas fisik yang terlihat bersih namun tidak disertai praktik sanitasi rutin atau pengawasan berkala, sehingga tidak mencerminkan kondisi sanitasi yang sesungguhnya dalam jangka waktu tertentu. Meskipun sanitasi tempat tidak menunjukkan hubungan signifikan dalam penelitian ini, kebersihan lingkungan depot tetap penting sebagai upaya preventif secara menyeluruh. Namun demikian, perhatian utama sebaiknya diarahkan pada komponen yang bersentuhan langsung dengan air, seperti peralatan dan operator, yang memiliki kontribusi lebih besar terhadap potensi kontaminasi.

Sumber air baku

Sumber air baku tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan keberadaan cemaran mikroba pada air minum isi ulang. Hasil ini mengindikasikan bahwa meskipun kualitas sumber air baku penting, proses pengolahan, penanganan, dan pengisian di depot memiliki peran yang lebih besar terhadap keamanan mikrobiologis air minum. Air pegunungan umumnya memiliki tingkat kontaminasi mikroba yang lebih rendah karena berasal dari sumber alami yang jauh dari permukiman dan aktivitas manusia. Sebaliknya, air tanah dan air PAM cenderung lebih rentan terhadap pencemaran akibat limbah domestik, aktivitas industri, maupun distribusi yang kurang higienis.³⁰⁻³² Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa sumber air baku yang sudah tercemar dapat menyulitkan proses penjernihan dan meningkatkan risiko cemaran mikrobiologis, terutama apabila tidak didukung oleh sistem pengolahan yang memadai.^{32,33} Oleh karena itu, pemilihan dan pengelolaan sumber air baku yang aman menjadi aspek penting dalam menjaga mutu dan keamanan air minum isi ulang.¹⁸ Temuan ini juga berbeda dengan studi lain yang menyatakan bahwa sebagian besar DAMIU masih mengandalkan sumber air tanah, seperti sumur bor dan sumur gali, sebagai bahan baku utama.³⁴ Meskipun dalam penelitian ini sumber air baku tidak menunjukkan hubungan yang signifikan secara statistik, kualitas dan keamanannya tetap menjadi faktor krusial. Kualitas air yang rendah sejak awal akan semakin sulit ditangani apabila tidak diimbangi dengan sistem pengolahan dan sanitasi internal yang memadai, seperti hygiene operator dan sanitasi peralatan.

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa pengendalian cemaran mikrobiologis pada air minum isi ulang lebih efektif dilakukan melalui peningkatan hygiene operator, sanitasi peralatan, dan pengaturan

lama penyimpanan air. Hal ini menunjukkan pentingnya pengawasan berkala dan edukasi bagi pengelola depot untuk menjamin keamanan air. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu desain cross sectional yang tidak dapat memastikan hubungan kausal dan keterbatasan jumlah sampel yang dapat memengaruhi kekuatan generalisasi. Data hygiene operator diperoleh melalui observasi sesaat yang berpotensi menimbulkan bias, dan penelitian tidak mencakup analisis kualitas kimiawi/fisik air serta faktor penyimpanan di rumah konsumen.

SIMPULAN

Sanitasi peralatan dan hygiene operator merupakan faktor kunci dalam mencegah kontaminasi mikrobiologis pada air minum isi ulang. Praktik sanitasi yang baik terbukti berperan penting untuk menjamin kualitas air, sementara pengawasan terhadap hygiene personal operator perlu ditingkatkan. Upaya perbaikan dapat dilakukan melalui pelatihan rutin, pengawasan berkala, dan penegakan regulasi oleh pihak terkait. Penelitian selanjutnya sebaiknya mencakup wilayah yang lebih luas serta menilai aspek kimiawi dan fisik untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para pemilik dan operator depot air minum isi ulang yang telah bersedia menjadi responden serta memberikan akses untuk pengambilan sampel dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak Puskesmas Kecamatan Pulo Gadung atas dukungan data dan fasilitasi selama proses penelitian. Tak lupa, penulis menyampaikan apresiasi kepada semua pihak yang telah membantu, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. WHO. Guidelines for Drinking Water Quality. Fourth Edi. 2017.
2. WHO, UNICEF. Progress on Household Drinking Water, Sanitation, and Hygiene 2000-2020: five years into the SDGs [Internet]. 2021. Available from: <http://apps.who.int/bookorders>.
3. WHO. Drinking water [Internet]. 2023 [cited 2024 Aug 31]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
4. Kristanti RA, Hadibarata T, Syafrudin M, Yilmaz M, Abdullah S. Microbiological Contaminants in Drinking Water: Current Status and Challenges. *Water Air Soil Pollut.* 2022;233(299):1-17 <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05698-3>.
5. Genter F, Putri GL, Suleeman E, Darmajanti L, Priadi C, Foster T, et al. Understanding household self-supply use and management using a mixed-methods approach in urban Indonesia. *PLOS Water.* 2023;2(1):e0000070. <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000070>.
6. Puspita T, Dharmayanti I, Tjandrarini DH, Zahra Z, Anwar A, Irianto J, et al. Packaged drinking water in Indonesia: The determinants of household in the selection and management process. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development.* 2023;13(7):508–19. <https://doi.org/10.2166/washdev.2023.050>
7. World Bank. Waterlife: Improving Access to Safe Drinking Water in India [Internet]. 2017 [cited 2024 Sep 1]. Available from: www.waterlifeindia.com
8. Kementerian Kesehatan RI. Survei Kesehatan Indonesia Dalam Angka. 2023.
9. Rodwan JG. Bottled Water 2020: Continued Upward Movement. 2021.
10. Smith DW, Islam M, Furst KE, Mustaree S, Crider YS, Akter N, et al. Chlorine taste can increase simulated exposure to both fecal contamination and disinfection byproducts in water supplies. *Water Res.* 2021 Dec 1;207:117806. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117806>.
11. Aslani H, Pashmtab P, Shaghaghi A, Mohammadpoorasl A, Taghipour H, Zarei M. Tendencies towards bottled drinking water consumption: Challenges ahead of polyethylene terephthalate (PET) waste management. *Health Promot Perspect.* 2021;11(1):60-68. <https://doi.org/10.34172/hpp.2021.09>.
12. Adnyana IMDM, Utomo B, Dewanti L, Sulistiawati, Eljatin DS, Setyawan MF. Hygiene and Sanitation Monitoring of Refillable Drinking Water Depots in Jembrana District, Indonesia. *Research Square.* 2023;(September). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3378318/v1>.
13. Galindo C de O, Beux MR, da Costa RL, Uniat KC, Leobet J, Ferreira SMR, et al. Home-Prepared Enteral Tube Feeding: Evaluation of Microbiological Contamination, Hygiene, and the Profile of the Food Handler. *Nutrition in Clinical Practice.* 2021;36(3):704–17. <https://doi.org/10.1002/ncp.10577>.
14. Peraturan Menteri Kesehatan RI. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. 2010 p. 1–9.
15. Azteria V, Rosya E. Drinking Water Quality of Water Refill Station in Gebang Raya Tangerang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan.* 2023;15(2):120–6. <https://doi.org/10.20473/jkl.v15i2.2023.120-126>.
16. Peraturan Menteri Kesehatan. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 43 Tahun 2014 tentang Higiene Sanitasi Depot Air Minum. Indonesia: BN.2014 /NO. 1111, kemenkes.go.id : 8 hlm; 2014 p. 1–26.
17. Harianja ES, Sipayung AD, Purba SD, Tengku Indah Abdilla. Pemeliharaan Peralatan dan Pengawasan Pengolahan Depot Air Minum Isi Ulang dengan Kontaminasi Escherichia coli Pada Air Minum. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan*

- Lingkungan. 2022;15(2):88–96. <https://doi.org/10.29238/sanitasi.v15i2.1367>.
18. Suryani A, Kusumayati A. Faktor Yang Berhubungan Dengan Kualitas Biologis Air Minum Isi Ulang: Literature Review. PREPOTIF: Jurnal Kesehatan Masyarakat. 2022;6(2):1852–60. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v6i2.5612>.
 19. Pertiwi LA, Siwiendrayanti A. Higiene dan Sanitasi dengan Total Bakteri Coliform pada Depot Air Minum. Higeia Journal of Public Health Research and Development. 2023;7(4):492–502. doi:10.15294/higeia.v7i4.68061.
 20. Wyasena PNTS, Sudaryati NLG, Sudiartawan IP, Adnyana IMDM. Evaluation of Refillable Drinking Water Quality Based on MPN Coliform and Escherichia Coli In Seseetan Village, South Denpasar, Bali. Journal of Vocational Health Studies. 2022;6(2):93–101. <https://doi.org/10.20473/jvhs.V6.I2.2022.93-101>.
 21. Majdi M, Hidayat M. Hygiene Sanitasi Depot Air Minum Isi Ulang di Wilayah Kerja Puskesmas Selong Kabupaten Lombok Timur. Jurnal Pendidikan dan Konseling. 2023;5(1):578–87.
 22. Arumsari F, Joko T, Darundiati YH. Hubungan Higiene Sanitasi Depot Air Minum dengan Keberadaan Bakteri Escherichia coli pada Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Mondokan Kabupaten Sragen. Media Kesehatan Masyarakat Indonesia. 2021;20(2):75–82. <https://doi.org/10.14710/mkmi.20.2.75-82>.
 23. Putri I, Priyono B. Analisis Bakteri Coliform pada Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Gajahmungkur. Life Science. 2022;11(1):89–98.
 24. Ramadhan S, Adriyani R, Larasati AA, Husaini A, Sham S bin M. Relationship Operator Knowledge and Hygiene With Bacteriological Quality of Refill Drinking Water in Banyuwangi, Indonesia: a Cross-Sectional Study. Journal of Public Health Research and Community Health Development. 2024;7(2):100–8. <https://doi.org/10.20473/jphrecode.v7i2.43589>.
 25. Darlan LA, Desimal I, Ariani F. Hubungan Sumber Air Baku Dan Lama Penyimpanan Air Galon Isi Ulang Dengan Kualitas Bakteriologis Depot Air Minum Isi Ulang Di Kabupaten Lombok Tengah Tahun 2021. SAINTEKES: Jurnal Sains, Teknologi Dan Kesehatan. 2022;1(1):21–7. <https://doi.org/10.55681/saintekes.v1i1.4>.
 26. Hepiyonsori. Pengaruh Waktu Lama Penyimpanan Air Minum Isi Ulang Pada Zat Organik. Jurnal Ilmiah Pharmacy. 2020;7. <https://doi.org/10.52161/jiphar.v7i2.161>.
 27. Manga M, Ngobi TG, Okeny L, Acheng P, Namakula H, Kyaterekera E, et al. The effect of household storage tanks/vessels and user practices on the quality of water: a systematic review of literature. Environmental Systems Research. 2021;10(1). <https://doi.org/10.1186/s40068-021-00221-9>.
 28. Yunada TF, Rahayu WP, Herawati D. Keamanan Mikrobiologis Air Minum Isi Ulang dan Perubahannya Selama Penyimpanan. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia. 2023;28(4):581–90. <https://doi.org/10.18343/jipi.28.4.581>.
 29. Novroza HE, Hestningsih R, Kusariana N, Yuliawati S. Hubungan Higiene Sanitasi Kondisi Depot Air Minum dengan Kualitas Mikrobiologis Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Banymanik Semarang. Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal). 2020;8(2):233–7.
 30. Stupar Z, Levei EA, Neag E, Baricz A, Szekeres E, Moldovan OT. Microbial water quality and health risk assessment in karst springs from Apuseni Mountains, Romania. Front Environ Sci. 2022;10(9):1-13. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.931893>.
 31. Frank S, Fahrmeier N, Goeppert N, Goldscheider N. High-resolution multi-parameter monitoring of microbial water quality and particles at two alpine karst springs as a basis for an early-warning system. Hydrogeol J. 2022;30(8):2285–98. <https://doi.org/10.1007/s10040-022-02556-8>.
 32. Genter F, Putri GL, Pratama MA, Priadi C, Willetts J, Foster T. Microbial Contamination of Groundwater Self-Supply in Urban Indonesia: Assessment of Sanitary and Socio-Economic Risk Factors. Water Resour Res. 2022;58(10):1–21. <https://doi.org/10.1029/2021WR031843>.
 33. Alfian AR, Firdani F, Sari PN. Why the Quality Of Refill Drinking Water Depots Is Bad (As a Qualitative Study). Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia. 2022;21(1):106–10. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.1.106-110>.
 34. Atyikah S, Herniwanti, Rany N, Dewi O, Iswadi. Evaluasi Operasional Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Wilayah Kerja Puskesmas Rambah. Jurnal Kesehatan Manarang. 2021;7(2):116–124. <https://doi.org/10.33490/jkm.v7i2.320>.



©2025. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.