PHARMACY GENIUS
Vol. 05 No. 03 Hal. 227-241 Tahun: 2026
ISSN 2964-4771

# Analisis Most Probable Number Cemaran Coliform pada Air Minum dalam Kemasan di Jakarta

Rinda Aila Rifa'i[1], Ratu Virgin Swindla[1], Nurul Azmah Nikmatullah[1*], Oktadio Erikardo[1], Euis Purbasari[1]
[1]*Program Studi Analis Kesehatan, Fakultas Farmasi dan Sains, Universitas Muhammadiyah Prof DR. HAMKA, Jakarta, Indonesia*

*Korespondensi: Nurul Azmah Nikmatullah*
*Email: nurulazmah@uhamka.ac.id*
*Alamat: Jl. Delima II/IV, Malaka Sari, Duren Sawit, Jakarta Timur, 13460 HP/WA: 085256793245*

**Pharmacy Genius Journal** is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

**ABSTRAK**

**Pendahuluan:** Air minum dalam kemasan (AMDK) dikonsumsi langsung tanpa pengolahan lanjutan karena dipersepsikan bebas cemaran, padahal kontaminasi mikrobiologis masih dapat terjadi pada tahap pengisian, distribusi, maupun penyimpanan di gerai penjualan. Bakteri Coliform digunakan sebagai indikator sanitasi karena keberadaannya menandakan terbukanya jalur masuk mikroorganisme patogen.
**Tujuan:** Penelitian ini bertujuan mengetahui keberadaan, tingkat cemaran, dan dugaan jenis bakteri Coliform pada AMDK yang beredar di wilayah Jakarta.
**Metode:** Penelitian deskriptif observasional dengan pendekatan laboratorik terhadap 66 sampel AMDK dari merek berbeda yang diambil secara purposive sampling dari gerai ritel. Pemeriksaan menggunakan metode *Most Probable Number* seri 3-3-3, meliputi uji pendugaan pada *Lactose Broth*, uji penegasan pada *Brilliant Green Lactose Bile Broth*, serta uji pelengkap pada *Eosin Methylene Blue Agar* dan *MacConkey Agar* yang dilanjutkan pewarnaan Gram. Data dianalisis secara deskriptif, dilengkapi interval kepercayaan 95% metode skor Wilson dan uji eksak Fisher.
**Hasil:** Sebanyak 7 dari 66 sampel positif tercemar Coliform, yaitu 10,6% (interval kepercayaan 95%: 5,2-20,3%), dengan indeks MPN 3 sampai 150 per 100 mL dan nilai tengah 4 per 100 mL. Lima sampel berada pada ambang deteksi metode dan satu sampel mencapai 150 per 100 mL. Enam dari tujuh sampel positif menghasilkan koloni berkilap hijau metalik pada *Eosin Methylene Blue Agar* disertai batang Gram negatif, sehingga diduga tercemar *Escherichia coli* (9,1%; interval kepercayaan 95%: 4,2-18,4%). Proporsi cemaran tidak berbeda bermakna dibandingkan laporan pada AMDK di wilayah lain ($p = 1,000$), tetapi lebih rendah secara bermakna dibandingkan air minum isi ulang ($p < 0,001$).
**Kesimpulan:** Seluruh sampel positif tidak memenuhi baku mutu total Coliform sebesar 0 per 100 mL. Status kemasan tersegel tidak menjamin produk bebas cemaran, sehingga pengawasan mutu perlu diperluas hingga rantai distribusi dan penyimpanan di tingkat pengecer. Bagi praktik kefarmasian dan pelayanan kesehatan, temuan ini relevan karena AMDK lazim digunakan sebagai pelarut sediaan oral dan pendamping konsumsi obat.

**Kata Kunci:** air minum dalam kemasan; Coliform; *Escherichia coli*; indeks MPN; *Most Probable Number*

**Pendahuluan**

Air minum merupakan kebutuhan dasar manusia yang harus memenuhi persyaratan fisik, kimia, dan mikrobiologis agar aman dikonsumsi. Peningkatan mobilitas penduduk perkotaan dan keterbatasan akses terhadap air perpipaan yang layak minum mendorong pergeseran pola konsumsi masyarakat ke arah air minum dalam kemasan (AMDK). Produk ini dipilih karena dianggap praktis, tersedia luas, dan telah melalui proses pengolahan sehingga dipersepsikan bebas dari cemaran mikroorganisme (Amelia, 2019). Persepsi tersebut membuat konsumen umumnya tidak melakukan pengolahan tambahan sebelum mengonsumsi AMDK, sehingga keamanan mikrobiologis produk sepenuhnya bergantung pada mutu proses produksi dan penanganan pascaproduksi (Meylani & Putra, 2019).

Proses pengolahan AMDK umumnya mencakup penyaringan, disinfeksi, dan pengisian ke dalam kemasan. Meskipun demikian, produk akhir tidak bersifat steril dan tetap berpeluang terkontaminasi. Kontaminasi dapat berasal dari mutu air baku, ketidakoptimalan proses disinfeksi, sanitasi peralatan pengisian yang kurang memadai, kebocoran mikro pada kemasan, hingga penyimpanan pada suhu tinggi dan paparan sinar matahari langsung selama distribusi maupun di titik penjualan (Hamad et al., 2022). Ketiadaan sisa disinfektan pada AMDK menyebabkan mikroorganisme yang lolos ke dalam kemasan dapat berkembang biak selama masa simpan. Konsumsi air minum yang tercemar berkaitan erat dengan kejadian penyakit bawaan air seperti diare, disentri, dan demam tifoid (Khairunnida et al., 2020; Singh et al., 2019).

Penilaian mutu mikrobiologis air minum secara rutin tidak dilakukan dengan mendeteksi seluruh mikroorganisme patogen, melainkan menggunakan bakteri indikator. Kelompok Coliform dipilih sebagai indikator sanitasi karena jumlahnya relatif melimpah pada bahan tercemar, mudah dideteksi dan dikuantifikasi, serta memiliki daya tahan yang sebanding atau lebih besar dibandingkan bakteri patogen enterik di lingkungan perairan (Anisafitri et al., 2020). Terdeteksinya Coliform pada air minum menandakan adanya jalur masuk cemaran sekaligus mengindikasikan potensi keberadaan mikroorganisme patogen lain (Saputri & Efendy, 2020; Daramusseng & Syamsir, 2021). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 menetapkan bahwa air minum tidak boleh mengandung total Coliform maupun *Escherichia coli*, dengan batas maksimum 0 per 100 mL (Kementerian Kesehatan RI, 2023). Sebagai produk pangan olahan, AMDK juga terikat pada ketentuan batas maksimal cemaran

mikroba yang diatur Badan Pengawas Obat dan Makanan (Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2019).

Metode yang lazim digunakan untuk menghitung Coliform pada sampel air adalah *Most Probable Number* (MPN). Metode ini menggunakan seri tabung dengan pengenceran bertingkat dan menaksir jumlah bakteri berdasarkan pola tabung positif yang dikonversi melalui tabel statistik. MPN sesuai untuk sampel dengan tingkat cemaran rendah karena volume sampel yang diperiksa relatif besar sehingga sensitivitasnya lebih tinggi dibandingkan metode cawan (Sabila & Setyaningrum, 2023). Pemeriksaan MPN dilakukan melalui uji pendugaan, uji penegasan, dan uji pelengkap yang bertujuan memastikan bahwa gas yang terbentuk benar-benar berasal dari aktivitas bakteri Coliform (Safitri & Djasfar, 2023; Astuti et al., 2024).

Sejumlah penelitian di Indonesia telah melaporkan cemaran Coliform pada air minum, meskipun sebagian besar berfokus pada air minum isi ulang. Nurkhalisa dan Hikmah (2024) menemukan lima dari tujuh sampel air minum isi ulang di Kelurahan Rawa Buaya tidak memenuhi syarat, sementara Putri dan Priyono (2022) melaporkan tujuh dari delapan sampel di Kecamatan Gajahmungkur positif Coliform. Temuan serupa dilaporkan pada depot air minum di Aceh Besar (Hardiana et al., 2023), Kabupaten Rokan Hulu (Muzafri & Alfiah, 2021), Kabupaten Sragen (Arumsari et al., 2021), dan Kota Lhokseumawe (Ardilla et al., 2025), serta pada air minum galon di lingkungan kampus (Gitawama et al., 2021). Faktor higiene sanitasi depot dan perilaku penanganan air berkontribusi terhadap tingginya angka cemaran tersebut (Zarifah et al., 2022; Lamusu et al., 2025). Pada sisi lain, penelitian terhadap AMDK bersegel masih terbatas dan umumnya menggunakan sampel dalam jumlah kecil, seperti delapan merek AMDK produksi Kota Batam (Amelia, 2019). Kajian pada air minum yang dikelola terpusat juga menunjukkan bahwa cemaran dapat muncul pada tahap distribusi meskipun mutu di sumber telah terkendali (Hastiaty et al., 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat kesenjangan data mengenai mutu mikrobiologis AMDK bersegel yang beredar di tingkat pengecer, khususnya di wilayah Jakarta sebagai pusat distribusi dengan volume peredaran produk yang sangat besar dan variasi kondisi penyimpanan yang luas.

**Tujuan**

Penelitian ini bertujuan mengetahui keberadaan bakteri Coliform, menentukan nilai indeks MPN, serta mengidentifikasi dugaan jenis bakteri pada 66 sampel AMDK yang beredar di wilayah Jakarta, kemudian membandingkan hasilnya dengan baku mutu yang berlaku dan dengan temuan penelitian terdahulu.

**Metode**

**Desain dan Lokasi Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif observasional dengan pendekatan pemeriksaan laboratorium. Pengambilan sampel dilaksanakan pada bulan [bulan] [tahun] di wilayah [Jakarta ...], sedangkan seluruh pemeriksaan mikrobiologis dilakukan di [nama laboratorium penguji dan institusi].

**Populasi dan Sampel**

Populasi penelitian adalah seluruh AMDK yang diperdagangkan di wilayah penelitian. Sampel ditetapkan sebanyak 66 kemasan dari merek yang berbeda, diambil secara purposive sampling dari gerai penjualan ritel. Kriteria inklusi meliputi kemasan dalam keadaan tersegel utuh, memiliki nomor izin edar, serta belum melewati tanggal kedaluwarsa. Setiap sampel diberi kode identitas AK-1 sampai dengan AK-66 dan diangkut ke laboratorium dalam wadah tertutup pada suhu ruang terkendali, kemudian diperiksa dalam waktu kurang dari 24 jam sejak pengambilan.

Identitas merek setiap sampel tidak dipublikasikan dan hanya diwakili oleh kode sampel. Keputusan ini diambil atas pertimbangan etik karena setiap merek hanya diwakili oleh satu kemasan tanpa ulangan, sehingga hasil pada satu sampel tidak dapat dijadikan dasar penilaian terhadap mutu keseluruhan produk merek yang bersangkutan.

**Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan meliputi tabung reaksi, tabung Durham, rak tabung, pipet ukur steril, cawan petri, jarum ose, lampu spiritus, inkubator, autoklaf, mikroskop, dan kaca objek. Bahan yang digunakan meliputi media *Lactose Broth*, *Brilliant Green Lactose Bile Broth*, *Eosin Methylene Blue Agar*, *MacConkey Agar*, reagen pewarnaan Gram berupa kristal violet, lugol, alkohol 96%, dan safranin, serta alkohol 70% dan akuades steril.

**Prosedur Pemeriksaan**

Pemeriksaan dilakukan dengan metode MPN seri 3-3-3 yang terdiri atas tiga tahap dan seluruhnya dikerjakan secara aseptis di dekat nyala api. Pada uji pendugaan, sampel diinokulasikan ke dalam sembilan tabung *Lactose Broth* yang telah berisi tabung Durham, masing-masing tiga tabung untuk volume 10 mL, 1 mL, dan 0,1 mL. Tabung diinkubasi pada suhu 35-37 derajat Celsius selama 24 jam dan diperpanjang hingga 48 jam apabila belum terbentuk gas. Tabung dinyatakan positif apabila terjadi kekeruhan disertai terbentuknya gas pada tabung Durham.

Uji penegasan dilakukan terhadap seluruh tabung yang positif pada uji pendugaan. Satu ose biakan dipindahkan ke dalam tabung *Brilliant Green Lactose Bile Broth* yang berisi tabung Durham, kemudian diinkubasi pada suhu 35-37 derajat Celsius selama 24 sampai 48 jam. Terbentuknya gas menegaskan keberadaan bakteri Coliform.

Uji pelengkap dikerjakan terhadap sampel yang positif pada uji penegasan. Biakan digoreskan pada media *Eosin Methylene Blue Agar* dan *MacConkey Agar*, lalu diinkubasi pada suhu 35-37 derajat Celsius selama 24 jam. Koloni yang tumbuh diamati morfologinya, kemudian dilanjutkan dengan pewarnaan Gram dan pengamatan mikroskopis.

**Analisis Data**

Kombinasi jumlah tabung positif pada uji penegasan dikonversi menjadi nilai indeks MPN per 100 mL menggunakan tabel MPN tiga seri tabung untuk inokulum 10 mL, 1 mL, dan 0,1 mL. Data disajikan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi serta persentase. Nilai indeks MPN dibandingkan dengan baku mutu total Coliform pada air minum, yaitu 0 per 100 mL sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

Proporsi sampel positif dilengkapi interval kepercayaan 95% yang dihitung dengan metode skor Wilson, dengan pembanding interval kepercayaan eksak Clopper-Pearson. Perbandingan proporsi cemaran antara penelitian ini dan penelitian terdahulu dianalisis menggunakan uji eksak Fisher dengan tingkat kemaknaan 5%. Perbandingan antarpenelitian diperlakukan sebagai analisis eksploratif dan bukan uji hipotesis utama, mengingat perbedaan populasi sampel, jenis produk, dan prosedur laboratorium antarstudi.

**Hasil dan Pembahasan**

Pemeriksaan terhadap 66 sampel AMDK menghasilkan gambaran distribusi hasil uji pendugaan dan uji penegasan sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Hasil disajikan pada dua tingkat, yaitu tingkat sampel dan tingkat tabung, agar besarnya cemaran dapat dinilai secara lebih rinci.

**Tabel 1.** Distribusi Hasil Uji Pendugaan dan Uji Penegasan Bakteri Coliform pada 66 Sampel AMDK

| Tahap dan Satuan Analisis | Positif (n) | Positif (%) | Negatif (n) | Negatif (%) |
|---|---|---|---|---|
| Uji pendugaan, tingkat sampel | 7 | 10,6 | 59 | 89,4 |
| Uji penegasan, tingkat sampel | 7 | 10,6 | 59 | 89,4 |
| Uji pendugaan, tingkat tabung | 20 | 3,4 | 574 | 96,6 |
| Uji penegasan, tingkat tabung | 14 | 2,4 | 580 | 97,6 |

Keterangan: Jumlah tabung seluruhnya adalah 594, berasal dari 66 sampel dengan 9 tabung per sampel pada seri 3-3-3.

Tabel 1 menunjukkan bahwa 7 dari 66 sampel terkonfirmasi tercemar bakteri Coliform, yaitu sebesar 10,6% dengan interval kepercayaan 95% sebesar 5,2-20,3% berdasarkan metode skor Wilson dan 4,4-20,6% berdasarkan metode eksak Clopper-Pearson. Lebarnya rentang tersebut menunjukkan bahwa dengan 66 sampel, proporsi cemaran yang sebenarnya pada populasi AMDK di wilayah penelitian masih mungkin berada di kisaran satu digit rendah hingga sekitar seperlima produk, sehingga angka 10,6% perlu dimaknai sebagai estimasi titik dan bukan nilai pasti.

Hal yang penting dicatat adalah tidak adanya sampel yang gugur pada tahap penegasan: ketujuh sampel yang positif pada uji pendugaan tetap positif setelah dikonfirmasi. Namun pada tingkat tabung terjadi penurunan sebesar 30%, yaitu dari 20 tabung positif menjadi 14 tabung positif. Penurunan ini menunjukkan bahwa sebagian gas yang terbentuk pada media *Lactose Broth* berasal dari bakteri pemfermentasi laktosa non-Coliform yang kemudian tersaring oleh sifat selektif media *Brilliant Green Lactose Bile Broth*. Temuan ini menegaskan bahwa uji penegasan tidak dapat dilewati, karena pelaporan berdasarkan uji pendugaan saja akan melebih-taksir tingkat cemaran (Safitri & Djasfar, 2023; Astuti et al., 2024).

**Nilai Indeks MPN Sampel Positif**

Kombinasi tabung positif pada uji penegasan dikonversi menjadi nilai indeks MPN sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kombinasi Tabung Positif dan Nilai Indeks MPN Sampel AMDK yang Positif Tercemar Coliform

| Kode Sampel | Kombinasi Uji Pendugaan | Kombinasi Uji Penegasan | Indeks MPN/100 mL | Keterangan |
|---|---|---|---|---|
| AK-13 | 0-1-0 | 0-1-0 | 3 | TMS |
| AK-16 | 1-0-0 | 1-0-0 | 4 | TMS |
| AK-28 | 1-0-0 | 1-0-0 | 4 | TMS |
| AK-31 | 3-3-3 | 1-1-1 | 11 | TMS |
| AK-37 | 1-0-0 | 1-0-0 | 4 | TMS |
| AK-40 | 1-0-0 | 1-0-0 | 4 | TMS |
| AK-52 | 3-2-1 | 3-2-1 | 150 | TMS |

Keterangan: Kombinasi ditulis berurutan untuk seri 10 mL, 1 mL, dan 0,1 mL. TMS = tidak memenuhi syarat, karena baku mutu total Coliform pada air minum adalah 0 per 100 mL (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

Nilai indeks MPN pada sampel positif berkisar antara 3 hingga 150 per 100 mL dengan nilai tengah 4 per 100 mL. Sebaran nilai tersebut sangat tidak merata: lima dari tujuh sampel positif, yaitu AK-13, AK-16, AK-28, AK-37, dan AK-40, memiliki nilai indeks MPN sebesar 3 sampai 4 per 100 mL, yang merupakan nilai terendah yang dapat dihasilkan oleh seri 3-3-3. Nilai serendah itu berasal dari satu tabung positif tunggal dan menunjukkan tingkat cemaran yang sangat rendah, tepat di ambang batas kemampuan deteksi metode. Sampel AK-31 berada satu tingkat di atasnya dengan 11 per 100 mL, sedangkan AK-52 merupakan pencilan dengan 150 per 100 mL, atau sekitar empat puluh kali lipat nilai terendah.

Perbedaan besar antara AK-52 dan enam sampel lainnya mengindikasikan dua mekanisme cemaran yang berbeda. Nilai 3 sampai 4 per 100 mL lebih konsisten dengan masuknya sejumlah kecil sel secara sporadis, misalnya melalui cacat mikro pada segel atau kontaminasi pada tahap akhir pengisian. Sebaliknya, nilai 150 per 100 mL pada AK-52 dengan enam dari sembilan tabung positif menunjukkan cemaran yang merata di seluruh volume sampel, yang lebih mengarah pada kegagalan proses disinfeksi atau pertumbuhan bakteri selama penyimpanan pada kondisi yang tidak terkendali (Hamad et al., 2022).

Sampel AK-31 memperlihatkan pola yang berbeda dan penting untuk dicermati. Pada uji pendugaan, seluruh sembilan tabung AK-31 memberikan hasil positif dengan kombinasi 3-3-3, yang apabila dilaporkan tanpa konfirmasi akan menghasilkan nilai indeks MPN lebih besar dari 1.100 per 100 mL. Setelah uji penegasan, hanya tiga tabung yang tetap positif dengan kombinasi 1-1-1, sehingga nilai indeks MPN sebenarnya adalah 11 per 100 mL. Terjadi penurunan estimasi lebih dari seratus kali lipat. Kasus AK-31 merupakan contoh konkret bahwa pembentukan gas

pada media *Lactose Broth* memiliki spesifisitas yang rendah dan tidak boleh dijadikan dasar pelaporan akhir.

**Hasil Uji Pelengkap dan Dugaan *Escherichia coli***

Hasil uji pelengkap terhadap ketujuh sampel positif disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Uji Pelengkap pada Sampel AMDK yang Positif Bakteri Coliform

| Kode Sampel | Morfologi Koloni | Koloni EMBA | Koloni MCA | Mikroskopis dan Gram |
|---|---|---|---|---|
| AK-13 | Bulat, tepi rata, permukaan halus, kecil | Oranye kehitaman | Tidak dilaporkan | Tidak terdokumentasi |
| AK-16 | Bulat, tepi rata, permukaan halus, sedang | Hijau metalik | Merah muda | Basil tunggal, Gram negatif |
| AK-28 | Bulat, tepi rata, permukaan halus, kecil sampai sedang | Hijau metalik | Merah muda | Diplobasil, Gram negatif |
| AK-31 | Bulat, tepi bergelombang, permukaan kasar, sedang | Hijau metalik | Merah muda | Diplobasil, Gram negatif |
| AK-37 | Tidak beraturan, tepi bergelombang, permukaan halus, sedang | Hijau metalik | Merah muda | Kokobasil, Gram negatif |
| AK-40 | Bulat, tepi bergelombang, permukaan kasar, sedang | Hijau metalik | Merah muda | Diplobasil, Gram negatif |
| AK-52 | Bulat, tepi rata, permukaan halus, sedang | Hijau metalik | Tidak dilaporkan | Basil pendek tunggal, Gram negatif |

Keterangan: EMBA = *Eosin Methylene Blue Agar*; MCA = *MacConkey Agar*. Kilap hijau metalik pada EMBA merupakan penanda dugaan *Escherichia coli*, sedangkan koloni merah muda pada MCA menandakan bakteri pemfermentasi laktosa.

Tabel 3 memuat temuan yang paling bermakna dari penelitian ini. Enam dari tujuh sampel positif, yaitu AK-16, AK-28, AK-31, AK-37, AK-40, dan AK-52, menghasilkan koloni dengan kilap hijau metalik pada media *Eosin Methylene Blue Agar* disertai koloni merah muda pada *MacConkey Agar* dan bakteri berbentuk batang Gram negatif pada pemeriksaan mikroskopis. Kombinasi karakteristik tersebut merupakan penanda dugaan kuat terhadap *Escherichia coli*. Dengan demikian, proporsi sampel yang diduga tercemar *Escherichia coli* adalah 6 dari 66 sampel, yaitu 9,1% dengan interval kepercayaan 95% sebesar 4,2-18,4%.

Temuan ini mengubah bobot interpretasi hasil penelitian secara mendasar. Coliform total merupakan indikator sanitasi umum yang dapat berasal dari lingkungan, tanah, air permukaan, maupun permukaan peralatan, sehingga keberadaannya menandakan kelemahan proses tanpa selalu menyiratkan bahaya langsung. Sebaliknya, *Escherichia coli* merupakan indikator cemaran

tinja dan keberadaannya menyiratkan bahwa jalur masuk cemaran berhubungan dengan bahan asal saluran cerna, sehingga risiko keberadaan patogen enterik menjadi jauh lebih besar (Khairunnida et al., 2020; Daramusseng & Syamsir, 2021; Singh et al., 2019). Pada produk yang dikonsumsi langsung tanpa pemanasan, temuan ini memiliki implikasi kesehatan masyarakat yang nyata.

Meskipun demikian, kilap hijau metalik pada media *Eosin Methylene Blue Agar* merupakan penanda dugaan dan bukan identifikasi definitif. Beberapa anggota *Enterobacter*iaceae selain *Escherichia coli*, terutama *Enterobacter* dan *Klebsiella*, kadang memberikan gambaran serupa. Konfirmasi definitif memerlukan uji biokimia lengkap seperti rangkaian indol, metil merah, Voges-Proskauer, dan sitrat, atau identifikasi molekuler. Karena uji tersebut tidak dikerjakan, temuan pada Tabel 3 dilaporkan sebagai dugaan dan bukan sebagai identifikasi spesies yang telah ditegakkan (Ardilla et al., 2025; Gitawama et al., 2021).

Satu sampel, yaitu AK-13, memberikan gambaran yang berbeda. Koloni yang tumbuh berwarna oranye kehitaman dan tidak menunjukkan kilap hijau metalik, sehingga isolatnya lebih mengarah pada kelompok Coliform non-fekal atau bakteri pemfermentasi laktosa lemah. Pemeriksaan mikroskopis pada sampel ini tidak terdokumentasi sehingga konfirmasi morfologi sel dan sifat Gram tidak dapat dilakukan. Ketidaklengkapan ini diakui secara terbuka sebagai keterbatasan dan menyebabkan status AK-13 hanya dapat dilaporkan sampai tingkat Coliform total. Perlu dicatat pula bahwa AK-13 adalah sampel dengan nilai indeks MPN terendah, yaitu 3 per 100 mL.

**Sebaran Sampel Positif dan Dugaan Sumber Cemaran**

Ketujuh sampel positif tersebar di sepanjang urutan pengambilan sampel dengan jarak antarsampel positif berkisar antara 3 hingga 12 nomor urut, dan tidak mengelompok pada rentang kode tertentu. Pola ini memiliki dua implikasi. Pertama, cemaran yang ditemukan kemungkinan besar tidak berasal dari satu sumber tunggal, melainkan tersebar pada beberapa titik yang saling terpisah. Kedua, sebaran yang tidak mengelompok memperkecil kemungkinan bahwa hasil positif disebabkan oleh kontaminasi silang di laboratorium pada satu rangkaian kerja tertentu, karena kontaminasi laboratorium umumnya menghasilkan positif yang berurutan pada sampel yang diproses bersamaan.

Keberadaan Coliform pada produk yang telah disegel mengarahkan dugaan penyebab pada beberapa titik kritis. Pertama, ketidakoptimalan proses disinfeksi air baku memungkinkan

bakteri lolos ke tahap pengisian. Kedua, sanitasi mesin pengisi dan tutup kemasan yang tidak memadai dapat menjadi sumber kontaminasi silang. Ketiga, cacat mikro pada segel atau badan kemasan memungkinkan masuknya mikroorganisme selama distribusi. Keempat, penyimpanan pada suhu tinggi dan paparan sinar matahari langsung di gerai penjualan mendorong pertumbuhan bakteri yang semula berjumlah sangat sedikit, terlebih karena AMDK tidak mengandung sisa disinfektan (Hamad et al., 2022; Hastiaty et al., 2023). Pola nilai MPN pada penelitian ini, yaitu lima sampel di ambang deteksi dan satu sampel dengan nilai jauh lebih tinggi, konsisten dengan bekerjanya lebih dari satu mekanisme sekaligus.

Analisis lanjutan mengenai hubungan antara status cemaran dan tipe gerai penjualan, sisa masa simpan, serta kondisi penyimpanan tidak dapat dilakukan karena variabel tersebut tidak tercatat secara sistematis saat pengambilan sampel. Analisis silang tersebut merupakan langkah yang paling berpotensi menambah nilai informasi dari data sejenis dan disarankan menjadi fokus pengembangan berikutnya.

**Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu**

Proporsi cemaran pada penelitian ini dibandingkan secara eksploratif dengan tiga penelitian terdahulu menggunakan uji eksak Fisher, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Perbandingan Proporsi Cemaran Coliform dengan Penelitian Terdahulu

| Penelitian | Jenis Sampel | Positif/Total | Proporsi (%) | Nilai p |
|---|---|---|---|---|
| Penelitian ini | AMDK | 7/66 | 10,6 | - |
| Hamad et al. (2022) | AMDK | 13/120 | 10,8 | 1,000 |
| Amelia (2019) | AMDK lokal | 6/8 | 75,0 | <0,001 |
| Nurkhalisa & Hikmah (2024) | Air isi ulang | 5/7 | 71,4 | <0,001 |

Keterangan: Nilai p dihitung dengan uji eksak Fisher terhadap proporsi pada penelitian ini; AMDK = air minum dalam kemasan.

Tabel 4 menunjukkan bahwa proporsi cemaran pada penelitian ini praktis identik dengan laporan Hamad et al. (2022) pada air minum kemasan produksi lokal di Irak, yaitu 10,6% berbanding 10,8%, dan perbedaannya tidak bermakna secara statistik (p = 1,000). Kesesuaian ini menguatkan dugaan bahwa tingkat cemaran Coliform pada produk air minum kemasan berada pada kisaran sekitar sepersepuluh dari produk yang beredar, terlepas dari perbedaan wilayah geografis.

Sebaliknya, proporsi cemaran pada penelitian ini jauh lebih rendah dan berbeda bermakna dibandingkan laporan Nurkhalisa dan Hikmah (2024) pada air minum isi ulang, yaitu

10,6% berbanding 71,4% ($p < 0,001$), serta dibandingkan laporan Amelia (2019) pada AMDK produksi lokal Kota Batam, yaitu 10,6% berbanding 75,0% ($p < 0,001$). Pola serupa terlihat pada penelitian Putri dan Priyono (2022). Perbedaan terhadap kelompok air minum isi ulang dapat dijelaskan oleh perbedaan kendali proses: AMDK diproduksi pada fasilitas industri dengan sistem disinfeksi dan pengisian tertutup yang terstandar, sementara air minum isi ulang sangat bergantung pada higiene sanitasi peralatan depot dan kondisi wadah konsumen (Arumsari et al., 2021; Zarifah et al., 2022). Adapun perbedaan terhadap penelitian Amelia (2019) kemungkinan berkaitan dengan skala produksi dan cakupan pengawasan, karena AMDK yang beredar di Jakarta sebagian besar merupakan produk berskala nasional dengan sistem penjaminan mutu yang lebih mapan.

Perbandingan antarpenelitian di atas perlu ditafsirkan dengan hati-hati. Ketiga penelitian pembanding menggunakan jumlah sampel, metode pemeriksaan, populasi produk, serta baku mutu rujukan yang berbeda, sehingga nilai p yang dihasilkan menggambarkan besarnya perbedaan angka yang teramati dan bukan pengujian hipotesis kausal. Ukuran sampel yang sangat kecil pada dua penelitian pembanding, yaitu delapan dan tujuh sampel, juga membuat estimasi proporsi pada kedua penelitian tersebut memiliki ketidakpastian yang sangat besar. Rentang nilai indeks MPN pada penelitian ini, yaitu 3 sampai 150 per 100 mL, lebih sempit dibandingkan rentang 2 sampai lebih dari 979 per 100 mL yang dilaporkan Amelia (2019), dan sebanding dengan rentang 2 sampai 67 per 100 mL yang dilaporkan Nurkhalisa dan Hikmah (2024).

**Keterbatasan Penelitian**

Metode MPN seri 3-3-3 memiliki batas deteksi terendah sebesar 3 per 100 mL, sedangkan baku mutu yang berlaku menetapkan nilai nol. Konsekuensinya, 59 sampel yang dinyatakan negatif tidak dapat diklaim benar-benar bebas Coliform, melainkan hanya berarti tingkat cemarannya berada di bawah batas deteksi metode. Interpretasi hasil negatif karena itu bersifat operasional dan bukan absolut. Keterbatasan ini juga berarti bahwa lima sampel positif dengan nilai 3 sampai 4 per 100 mL berada tepat pada batas kemampuan metode, sehingga nilainya memiliki ketidakpastian relatif yang besar.

Keterbatasan lain mencakup empat hal. Pertama, identifikasi bakteri hanya sampai tingkat dugaan berdasarkan morfologi koloni dan pewarnaan Gram, tanpa uji biokimia lengkap maupun identifikasi molekuler, dan dokumentasi mikroskopis pada satu sampel positif tidak

lengkap. Kedua, penelitian tidak mengukur variabel pendukung seperti suhu penyimpanan, lama penyimpanan di gerai, tipe gerai, dan sisa masa simpan. Ketiga, setiap produk hanya diwakili oleh satu kemasan tanpa ulangan, sehingga hasil pada satu sampel tidak dapat digeneralisasi ke seluruh produksi merek yang bersangkutan dan tidak dapat memisahkan cemaran produk dari kemungkinan kontaminasi pada tahap pengambilan atau penanganan sampel. Keempat, pengambilan sampel dilakukan satu kali sehingga belum menggambarkan variasi mutu antarbatch produksi. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan ulangan pada setiap produk, melengkapi uji konfirmasi biokimia atau molekuler, serta mencatat variabel kondisi penyimpanan secara sistematis (Meylani & Putra, 2019; Lamusu et al., 2025).

**Kesimpulan**

Pemeriksaan terhadap 66 sampel air minum dalam kemasan yang beredar di wilayah Jakarta menunjukkan bahwa 7 sampel positif tercemar bakteri Coliform, yaitu sebesar 10,6% dengan interval kepercayaan 95% sebesar 5,2-20,3%. Nilai indeks MPN berkisar antara 3 sampai 150 per 100 mL dengan nilai tengah 4 per 100 mL, sehingga seluruhnya tidak memenuhi baku mutu total Coliform sebesar 0 per 100 mL menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. Enam dari tujuh sampel positif menunjukkan ciri koloni dan sifat Gram yang mengarah pada dugaan *Escherichia coli*, sehingga cemaran yang ditemukan tidak dapat dianggap semata-mata berasal dari lingkungan.

Temuan ini menunjukkan bahwa status kemasan tersegel tidak menjamin bebasnya produk dari cemaran Coliform, sehingga diperlukan penguatan pengawasan mutu tidak hanya pada tahap produksi, tetapi juga pada rantai distribusi dan kondisi penyimpanan di tingkat pengecer. Implikasi bagi praktik kefarmasian dan pelayanan kesehatan bersifat langsung, mengingat AMDK lazim digunakan sebagai pelarut sediaan oral, pendamping konsumsi obat, serta air minum bagi kelompok rentan seperti pasien rawat jalan, lansia, dan anak. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan ulangan pada setiap produk, melengkapi konfirmasi biokimia atau molekuler terhadap isolat, serta mencatat variabel kondisi penyimpanan agar sumber cemaran dapat ditelusuri secara lebih spesifik.

**Daftar Pustaka**

Amelia, F. (2019). Identifikasi bakteri Coliform pada air minum dalam kemasan (AMDK) yang diproduksi di Kota Batam. Simbiosa, 8(1), 85-92. https://doi.org/10.33373/sim-bio.v8i1.1907

Anisafitri, J., Khairuddin, K., & Rasmi, D. A. C. (2020). Analisis total bakteri Coliform sebagai indikator pencemaran air pada Sungai Unus Lombok. Jurnal Pijar MIPA, 15(3), 266-272. https://doi.org/10.29303/jpm.v15i3.1622

Ardilla, A., Effendi, D. I., & Sari, D. V. (2025). Analisis mikrobiologis air minum isi ulang: Identifikasi kontaminasi Coliform dan *Escherichia coli* di Hagu Barat Laut Kota Lhokseumawe. Aceh Journal of Health Innovation, 2(1), 1-9.

Arumsari, F., Joko, T., & Darundiati, Y. H. (2021). 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, 20(2), 75-82. https://doi.org/10.14710/mkmi.20.2.75-82

Astuti, R. A. W., Romaidha, I., & Sobirin, M. (2024). Pemeriksaan *Most Probable Number* (MPN) pada air minum isi ulang gratis di Kotawaringin Barat. Jurnal Borneo Cendekia, 8(1), 91-101.

Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2019). Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 13 Tahun 2019 tentang batas maksimal cemaran mikroba dalam pangan olahan. Jakarta: BPOM RI.

Daramusseng, A., & Syamsir, S. (2021). Studi kualitas air Sungai Karang Mumus ditinjau dari parameter *Escherichia coli* untuk keperluan higiene sanitasi. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia, 20(1), 1-6. https://doi.org/10.14710/jkli.20.1.1-6

Gitawama, M. R. B., Suharti, N., & Harminarti, N. (2021). Identifikasi bakteri *Escherichia coli* dalam air minum galon pada kantin yang ada di Universitas Andalas Padang. Jurnal Kesehatan Andalas, 10(1), 23-28. https://doi.org/10.25077/jka.v10i1.1507

Hamad, A. A., Sharaf, M., Hamza, M. A., Selim, S., Hetta, H. F., & El-Kazzaz, W. (2022). Investigation of the bacterial contamination and antibiotic susceptibility profile of bacteria isolated from bottled drinking water. Microbiology Spectrum, 10(1), e01516-21. https://doi.org/10.1128/spectrum.01516-21

Hardiana, H., Safrida, Y. D., & Zarwinda, I. (2023). Uji cemaran bakteri Coliform pada air minum

isi ulang dari depot air di Kelurahan Lamgarot Aceh Besar. Jurnal Sains dan Kesehatan Darussalam, 3(1), 44-52. https://doi.org/10.56690/jskd.v3i1.77

Hastiaty, I. A., Kusnoputranto, H., Utomo, S. W., & Handoyo, E. (2023). Pemeriksaan kualitas air minum PDAM Tirta Benteng, Kota Tangerang. Jambura Journal of Health Sciences and Research, 5(2), 463-473.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang peraturan pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang kesehatan lingkungan. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.

Khairunnida, G. R., Rusmini, H., Maharyuni, E., & Warganegara, E. (2020). Identifikasi *Escherichia coli* penyebab waterborne disease pada air minum kemasan dan air minum isi ulang. Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada, 12(2), 634-639. https://doi.org/10.35816/jiskh.v12i2.370

Lamusu, Z., Mayang, W. W. T., & Madraka, F. (2025). Evaluasi kualitas air minum isi ulang di beberapa titik DAMIU sebagai upaya menjamin keamanan konsumen. Jurnal Entropi, 20(2), 69-78. https://doi.org/10.34312/je.v20i2.33493

Meylani, V., & Putra, R. R. (2019). Analisis *E. coli* pada air minum dalam kemasan yang beredar di Kota Tasikmalaya. Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi, 5(2), 121-125.

Muzafri, A., & Alfiah, L. N. (2021). Deteksi kehadiran mikroba indikator Coliform pada air minum isi ulang di Kelurahan Tambusai Tengah, Kecamatan Tambusai Kabupaten Rokan Hulu. Jurnal Sungkai, 9(2), 28-33.

Nurkhalisa, N., & Hikmah, A. M. (2024). Analisis cemaran bakteri Coliform dengan metode *Most Probable Number* (MPN) pada air minum isi ulang di Kelurahan Rawa Buaya. Jurnal Medical Laboratory, 3(1), 41-52. https://doi.org/10.57213/medlab.v3i1.225

Putri, I., & Priyono, B. (2022). Analisis bakteri Coliform pada air minum isi ulang di Kecamatan Gajahmungkur. Life Science, 11(1), 89-98.

Sabila, N. M., & Setyaningrum, D. (2023). Analisis Coliform dan colifecal pada air dari berbagai sumber menggunakan metode MPN (*Most Probable Number*). Jurnal Kimia dan Rekayasa, 3(2),

54-60.

Safitri, L., & Djasfar, S. P. (2023). Analisis cemaran bakteri *E. coli* pada air kolam renang umum di Kabupaten Tangerang dengan metode MPN (*Most Probable Number*). Jurnal Medical Laboratory, 2(2), 9-17.

Saputri, E. T., & Efendy, M. (2020). Kepadatan bakteri Coliform sebagai indikator pencemaran biologis di perairan pesisir Sepuluh Kabupaten Bangkalan. Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan, 1(2), 243-249.

Singh, A. K., Das, S., Singh, S., Pradhan, N., Gajamer, V. R., Kumar, S., & Tiwari, H. K. (2019). Physicochemical parameters and alarming coliform count of the potable water of Eastern Himalayan state Sikkim: An indication of severe fecal contamination and immediate health risk. Frontiers in Public Health, 7, 174. https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00174

Zarifah, D. A., Navianti, D., & Yulianto, Y. (2022). Hygiene sanitasi depot air minum isi ulang dan keberadaan bakteri Coliform. Jurnal Sanitasi Lingkungan, 2(2), 85-92.