

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Air Minum**

Air merupakan elemen yang sangat vital bagi keberlangsungan hidup semua makhluk di bumi. Secara ilmiah, air adalah senyawa kimia yang terbentuk dari dua unsur, yaitu hidrogen dan oksigen, yang berikatan membentuk molekul air (Wahyuningsih, dkk., 2023).

Air minum merupakan air yang telah atau belum mengalami proses pengolahan namun tetap memenuhi standar Kesehatan sehingga aman untuk dikonsumsi langsung. Ketentuan ini mengacu pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 sebagai pelaksanaan dari Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan lingkungan. Evaluasi terhadap persyaratan Kesehatan air minum dilakukan untuk mengidentifikasi potensi risiko dari sarana penyediaan air minum yang bisa menyebabkan pencemaran terhadap kualitas air tersebut (Kementerian Kesehatan, 2023).

Persyaratan kesehatan air minum yang diperuntukan bagi keperluan permukiman, tempat kerja, tempat rekreasi, serta tempat dan fasilitas umum terdiri atas:

1. Air minum perlu dijaga agar tetap terlindungi, artinya bebas dari kontaminasi. Sumber, sarana, dan jalur distribusi air harus aman hingga mencapai rumah tangga. Selain itu, sarana penyediaan air minum sebaiknya

terletak di dalam rumah atau halaman, dan air harus selalu tersedia kapan pun dibutuhkan.

2. Proses pengolahan, penyimpanan, dan penyajian air harus sesuai dengan prinsip higienis dan sanitasi. Kegiatan ini dianggap memenuhi standar kebersihan apabila wadah penampung air rutin dibersihkan, serta pengolahan air dilakukan secara kimia menggunakan jenis bahan kimia menggunakan jenis bahan yang tepat dengan dosis yang sesuai.

## **B. Depot Air Minum Isi Ulang**

Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) adalah usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan dapat langsung di distribusikan kepada masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari hari. Air minum isi ulang adalah air yang mengalami proses pemurnian baik secara penyinaran ultraviolet, ozonisasi, ataupun keduanya melalui berbagai tahap filtrasi untuk mendapatkan air bersih yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan sehari hari (Wahyuningsih dkk., 2023)

Air digunakan dalam kehidupan sehari hari untuk kebutuhan rumah tangga seperti untuk di jadikan air minum, selain itu air juga digunakan untuk mandi, memasak, mencuci dan lain lainnya. Sumber air sendiri dapat berasal dari air hujan, air sumur, mata air, dan air pipa. Dalam beberapa kegiatan rumah tangga air terlebih dahulu harus di olah sebelum digunakan yaitu dengan cara di masak atau melalui tahap infiltrasi.

Pengolahan air untuk menghasilkan air minum yang terbebas dari polutan baik fisik, kimia, maupun mikrobiologi yang bertujuan menghasilkan

air minum yang bersih dan layak dikonsumsi oleh masyarakat. Depot air minum isi ulang adalah salah satu upaya pengolahan air baku menjadi air minum yang dapat langsung didistribusikan kepada masyarakat. Depot air minum isi ulang diperlukan untuk memastikan kepatuhan terhadap standar kualitas air yang ditetapkan sesuai dengan standar air minum yang telah ditentukan dalam peraturan menteri kesehatan.

### C. *Escherichia coli*

#### 1. Pengertian *Escherichia coli*

*Escherichia coli* merupakan bakteri gram negatif berbentuk batang atau basil yang biasa hidup di usus manusia dan hewan yang berfungsi untuk menjaga kesehatan sistem pencernaan. *Escherichia coli* juga digunakan sebagai indikator mikroba penting untuk menilai polusi air yang disebabkan oleh kontaminasi tinja (Sari dkk., 2019). Penyakit yang disebabkan oleh *Escherichia coli* berkaitan dengan kemampuannya untuk beradaptasi dan bertahan hidup dalam berbagai kondisi lingkungan (Rahayu, W. P 2018).



**Gambar 1. *Escherichia coli* pada Media EMBA** (Cahyaningtyas, dkk., 2024).

## 2. Morfologi *Escherichia coli*

*Escherichia coli* (*E. coli*) merupakan jenis bakteri yang tergolong dalam keluarga *Enterobacteriaceae*. Bakteri ini berbentuk pendek dan agak bulat, sehingga sering disebut sebagai kokobasil. Ukurannya relatif kecil, dengan panjang sekitar 2 mikrometer dan lebar kurang dari 1 mikrometer. *Escherichia coli* dilengkapi dengan flagel atau ekor yang berfungsi untuk membantu pergerakan serta proses perlekatan. Selain itu, bakteri ini memiliki lapisan pelindung di bagian luar dinding selnya. *Escherichia coli* tergolong sebagai bakteri anaerob fakultatif, yang berarti mampu hidup baik di lingkungan dengan maupun tanpa oksigen. Saat tumbuh di media kultur, *Escherichia coli* membentuk koloni berbentuk bulat, bertekstur halus, dan memiliki tepi yang terdefinisi dengan jelas.

*Escherichia coli* merupakan bakteri yang umumnya ditemukan di dalam saluran pencernaan manusia dan hewan. Ketika ditumbuhkan pada media *EMBA* (*Eosin Methylene Blue Agar*), bakteri ini menunjukkan perubahan warna khas dari merah menjadi hijau metalik, yang disebabkan oleh kemampuannya dalam memfermentasi asam pada media tersebut. Perubahan warna ini menjadi indikator yang kuat untuk mendeteksi keberadaan *Escherichia coli* dalam suatu sampel. Meskipun sebagian besar jenis *Escherichia coli* tidak berbahaya, beberapa strain tertentu diketahui dapat menimbulkan penyakit.



**Gambar 2. Gambar Mikroskopis *Escherichia coli*** (Trisno, dkk., 2019)

### 3. Karakteristik *Escherichia coli*

*Escherichia coli* termasuk dalam kelompok bakteri *coliform* yang umumnya bersifat motil dengan flagel peritrikus serta memiliki fimbria. Bakteri ini dapat memfermentasi laktosa dengan menghasilkan asam dan gas pada suhu 37°C. Pada media Endo agar, *Escherichia coli* membentuk koloni berwarna merah muda, sementara pada uji biokimia IMVIC, bakteri ini menunjukkan hasil positif pada uji *methyl-red* dan negatif pada uji *Voges-Proskauer*. Beberapa strain *Escherichia coli* juga dapat membentuk koloni dengan kilau logam (*metallic sheen*) pada media *EMBA*.

Karakterisasi *Escherichia coli* dilakukan dengan uji-uji Fenotip. Uji fenotip dilakukan dengan cara penanaman bakteri pada medium *triple sugar iron*, penanaman bakteri pada agar urea, uji motilitas, IMVIC, uji gula-gula.

### **D. Standar Kualitas Air Minum**

Standar mutu air merupakan pedoman yang digunakan untuk menilai kualitas air. Dengan adanya standar ini, dapat ditentukan apakah air layak digunakan untuk berbagai keperluan, seperti konsumsi, kebersihan,

maupun keperluan industri. Di dalam standar mutu tersebut tercantum batas maksimum kandungan zat kimia, mikroorganisme, dan parameter lainnya yang diperbolehkan dalam air. Air dinyatakan aman dan layak digunakan apabila memenuhi seluruh ketentuan dalam standar tersebut. Di Indonesia, standar mutu air bersih mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Nomor 2 Tahun 2023 sebagai pelaksanaan dari Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang kesehatan lingkungan. Peraturan ini menetapkan persyaratan air yang harus dipenuhi agar tidak membahayakan kesehatan manusia, baik dari aspek fisik, kimia, maupun biologis (Novista, 2021).

Secara umum, air yang sesuai dengan standar kualitas air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, yang merupakan pelaksanaan dari peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan lingkungan, dapat diklasifikasikan ke dalam empat persyaratan utama berikut ini:

1. Syarat fisik

Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang peraturan pelaksanaan pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang kesehatan lingkungan, mengenai persyaratan mutu air minum menyatakan bahwa air yang layak untuk dikonsumsi dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah air yang memiliki kualitas baik sebagai sumber air minum atau air baku atau air bersih (Kementerian Kesehatan, 2023). Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi antara lain air tersebut harus memenuhi kriteria fisik seperti

tidak berbau, tidak berasa, tidak keruh, dan tidak berwarna. Selain itu, sifat fisik air dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor berikut yaitu:

- a). Suhu
- b). Bau dan Rasa
- c). Kekeruhan
- d). Warna
- e). Zat padat terlarut (TDS) dan Residu Tersuspensi (TSS).

## 2. Syarat kimia

Kualitas air bersih yang baik sangat bergantung pada kadar zat kimia di dalamnya. Kandungan besi, fluoride, mangan, serta tingkat keasaman yang tidak seimbang, nitrit, dan nitrat yang berlebihan dapat membahayakan kesehatan manusia. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa air yang kita konsumsi setiap hari memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga terhindar dari risiko penyakit (Novista, 2021).

## 3. Syarat mikrobiologi

Air minum yang layak konsumsi harus bebas dari potensi cemaran bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli* fekal, dengan ketentuan standar yaitu tidak boleh ditemukan dalam 100 ml sampel air. Kehadiran *Coliform* maupun *Escherichia coli* di dalam air minum menunjukkan adanya pencemaran dari tinja manusia.

## 4. Syarat radioaktif

Air minum yang kita konsumsi harus bebas dari zat radioaktif berbahaya. Jumlah zat radioaktif dalam air minum tidak boleh melebihi batas aman yang telah ditentukan (Frimayani, 2017).

**Tabel 2.1 Syarat Kualitas Air minum (Kementerian Kesehatan, 2023).**

No	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode pengujian
Mikrobiologi				
1	<i>e.Coli</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
2	Total <i>Coliform</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
Fisik				
3	Suhu	Suhu udara +-3	°C	SNI/APHA
4	Total Dissolve Solid	<300	mg/L	SNI/APHA
5	Kekeruhan	<3	NTU	SNI atau yang setara
6	Warna	10	TCU	SNI/APHA
7	Bau	Tidak berbau	-	APHA
Kimia				
8	Ph	6.5-8.5	-	SNI/APHA
9	Nitrat (sebagai NO <sup>3</sup> ) (terlarut)	20	mg/L	SNI/APHA
10	Nitrit (sebagai NO <sup>2</sup> ) (terlarut)	3	mg/L	SNI/APHA
11	Kromium valensi 6 (sebagai Cr <sup>6+</sup> ) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI/APHA
12	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI/APHA
13	Mangan (Mn)	0,1	mg/L	SNI/APHA

	(terlarut)			
14	Sisa klor (terlarut)	0,2-0,5 dengan waktu kontak 30 menit	mg/L	SNI/APHA
15	Arsen (As) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI/APHA
16	Kadmium (Cd) (terlarut)	0,003	mg/L	SNI/APHA
17	Timbal (Pb) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI/APHA
18	Fluoride (F) (terlarut)	1,5	mg/L	SNI/APHA
19	Aluminium (Al) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI/APHA

## E. Metode Pengujian

Dalam penelitian mengenai uji cemaran bakteri *Escherichia coli* pada air minum isi ulang, digunakan beberapa metode untuk mengidentifikasi keberadaan bakteri tersebut. Metode-metode ini bertujuan untuk mengamati morfologi bakteri serta mengkaji sifat biokimia dan reaksi enzimatik yang dihasilkannya. Proses pengujian dilakukan secara sistematis terhadap sampel air minum isi ulang untuk memastikan keberadaan *Escherichia coli* secara akurat. Berikut adalah beberapa proses pengujian yang akan dilakukan:

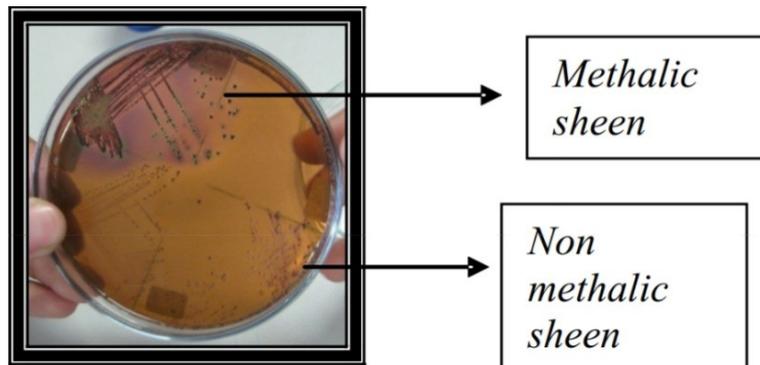
### 1. Pengujian pada media *Lactose broth*

Dalam mengidentifikasi cemaran bakteri *Escherichia coli* pada air minum isi ulang biasanya menggunakan media *Lactose broth* yang dimasukkan kedalam tabung reaksi dan di tambahkan tabung durman. Hal tersebut biasanya digunakan dalam metode MPN yang bertujuan untuk

mengetahui keberadaan awal bakteri *Escherichia coli*. Sampel yang positif terdapat bakteri *Escherichia coli* ditandai dengan adanya gelembung gas pada tabung Durham serta tabung tabung, hal tersebut terjadi karena bakteri *Escherichia coli* mampu memfermentasi laktosa dengan menghasilkan gas yang merupakan khasnya (Hainil, dkk 2021).

## 2. Pengujian pada media Eosin Methylen Blue Agar

Media *EMBA* (*Eosin Methylene Blue Agar*) mengandung pewarna *Eosin* dan *methylene blue* yang berfungsi untuk mengisolasi serta mengidentifikasi bakteri gram negatif. Media ini juga mengandung laktosa dan sukrosa. Mikroorganisme yang mampu memfermentasi laktosa akan membentuk koloni dengan inti berwarna gelap disertai kilau seperti logam. Sementara itu, mikroba yang memfermentasi laktosa secara lambat hanya menghasilkan sedikit asam, sehingga koloninya tampak berwarna coklat atau merah muda. Adapun mikroba yang tidak dapat memfermentasi laktosa akan membentuk koloni yang tidak berwarna. Kandungan eosin dan methylene blue dalam media *EMBA* berfungsi memperjelas perbedaan antara *Escherichia coli* dan *coliform* lainnya. *Escherichia coli* akan tampak dengan warna khas hijau berkilau metalik karena termasuk dalam kelompok bakteri fekal coliform (Wardani, G. R. 2021).



**Gambar 3. Pengujian penegasan pada Media *EMBA*** (Prasiddhanti, 2015).

### 3. Pengujian pada media Endo Agar

Endo Agar adalah media pertumbuhan untuk pembeda pada bakteri gram negatif. Berdasarkan kemampuannya endo agar dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram positif dan memfermentasi laktosa. Warna merah muda dari media Endo Agar membantu dalam membedakan organisme yang memfermentasi. Prinsip Endo Agar didasarkan pada beberapa komponen yang memungkinkan diferensiasi selektif bakteri berdasarkan kemampuan fermentasi laktosanya (Sari., 2024). Berikut adalah prinsip utama Endo Agar:

- a. Selektivitas: Natrium sulfit dan fuchsin dasar dimasukkan ke dalam media untuk secara selektif menghambat pertumbuhan organisme gram positif. Reaksi Aldehida: Koloni laktosa-positif menunjukkan warna merah karena reaksi aldehida dengan natrium sulfit dan fuchsin basa. Reaksi ini terjadi ketika bakteri fermentasi laktosa menghasilkan aldehida selama fermentasi laktosa.
- b. Kemilau Metalik: Ketika organisme memfermentasi laktosa, produksi aldehida menghasilkan pengembangan kemilau logam. Kemilau ini

terutama terlihat pada coliform dan *Escherichia coli*, di mana fuchsin mengkristal dan memberikan kilau logam merah muda permanen pada koloni karena memfermentasi laktosa.

- c. Koloni Tidak Berwarna: Bakteri non-fermentasi laktosa tidak menghasilkan aldehida, dan akibatnya, mereka membentuk koloni yang jernih dan tidak berwarna pada media.



**Gambar 4. *Escherichia coli* pada media Endo agar**

#### 4. Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram merupakan salah satu metode yang digunakan di laboratorium untuk membedakan antara bakteri gram positif dan gram negatif. proses ini dilakukan dengan menggunakan larutan gentian violet yang berfungsi mewarnai bakteri gram positif menjadi ungu, serta larutan carbol fuchsin yang memberikan warna merah muda pada bakteri gram negatif. Metode pewarnaan ini juga berguna untuk mengidentifikasi bentuk, warna, ukuran, serta morfologi sel bakteri secara lebih jelas.

Perbedaan reaksi antara bakteri gram positif dan gram negatif disebabkan oleh perbedaan struktur serta komposisi dinding selnya. Bakteri gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal dan

mengandung banyak asam teikoat, sehingga tidak mudah terdekolorisasi oleh alcohol dan tetap mempertahankan warna utama, yaitu ungu tua. Sebaliknya, bakteri gram negatif hanya memiliki lapisan tipis peptidoglikan yang melekat pada membrane luar. Lapisan ini mudah larut oleh alcohol, sehingga kristal violet-iodine complex hilang dan warnanya digantikan oleh pewarna kontras (Khairiyah, 2021).

## 5. Uji Biokimia

Uji biokimia merupakan tes khusus untuk memastikan apakah bakteri yang ditemukan benar-benar bakteri *Escherichia coli*. Tes ini terdiri atas uji IMVIC yaitu *Indol*, *Metil red*, *Voges-proskauer*, *Simmons Sitrat dan TSA* (Rahayu., & Gumilar, 2017).

### a. Uji SIM

Uji indol bertujuan untuk mengetahui apakah bakteri mampu memproduksi indol dengan bantuan enzim triptofanase. Indol dapat terbentuk dalam media karena adanya triptofan, yaitu asam amino esensial yang diuraikan oleh beberapa jenis bakteri sehingga menghasilkan indol, asam piruvat dan amonia. Pada bakteri *Escherichia coli*, hasil uji indol menunjukkan reaksi positif, ditandai dengan munculnya cincin merah di bagian atas tabung. Reaksi ini terjadi karena indol berikatan dengan aldehid. Namun, cincin merah tersebut mudah pudar atau pecah menjadi warna merah muda jika terkena guncangan mendadak.

### b. Uji Methyl Red

Uji Methyl Red digunakan untuk mengetahui kemampuan mikroorganisme menghasilkan serta mempertahankan asam stabil sebagai hasil akhir fermentasi glukosa. Methyl Red sendiri merupakan indikator pH yang akan tetap berwarna merah jika pH berada pada 4,4 atau lebih rendah. Pada isolat bakteri *Escherichia coli*, hasil uji MR menunjukkan reaksi positif yang ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi merah.

c. Uji Voges-Proskauer

Uji Voges Proskauer digunakan untuk mengetahui keberadaan asetonin dalam kultur cairan bakteri. Pengujian dilakukan dengan menambahkan alpha-naftol dan kalium hidroksida ke dalam kaldu VP yang telah ditanami bakteri. Munculnya warna merah menandakan hasil positif, sedangkan warna kuning kecokelatan atau tidak berwarna menunjukkan hasil negatif. Pada *Escherichia coli*, uji ini memberikan hasil negatif karena bakteri tersebut memfermentasi karbohidrat menjadi asam, bukan menghasilkan produk netral seperti asetonin.

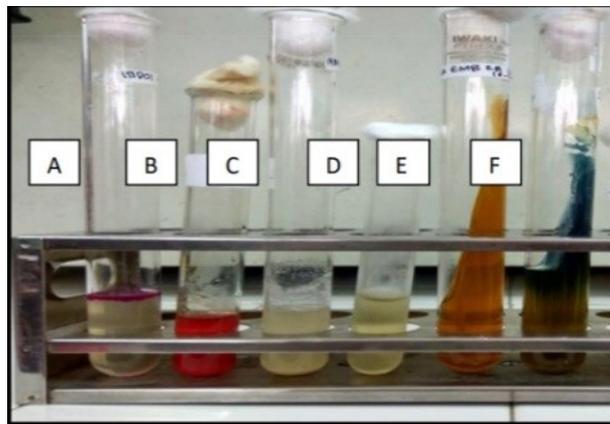
d. Uji Simmon's sitrat

Uji Simmon's sitrat dilakukan untuk mengetahui apakah suatu mikroorganisme mampu memanfaatkan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi. Jika bakteri dapat menggunakan sitrat, pH medium akan meningkat sehingga warna media berubah dari hijau menjadi biru. Berdasarkan hasil pengamatan, *Escherichia coli* menunjukkan hasil negatif pada uji ini, yang ditandai dengan tidak

adanya perubahan warna pada media. Hal ini karena *Escherichia coli* termasuk bakteri yang tidak memanfaatkan sitrat sebagai sumber karbon di lingkungannya.

e. Uji TSIA (Triple Sugar Iron Agar)

Uji TSIA (Triple Sugar Iron Agar) merupakan salah satu uji dari metode biokimia yang bertujuan untuk mengidentifikasi jenis bakteri berdasarkan kemampuan mereka dalam memfermentasi karbohidrat dan menghasilkan gas hidrogen sulfida ( $H_2S$ ).



**Gambar 5.** Uji identifikasi *E. coli* pada uji IMVIC(A) uji SIM, (B) uji MR, (C) uji VP, (E) uji TSIA, (F) uji *sommons citrate*

## F. Kajian Empiris

**Tabel 2.2 Kajian Empiris**

<b>Penulis</b>	<b>Judul Penelitian</b>	<b>Tahun Terbit</b>	<b>Hasil</b>
Balbiana Da Castro	Uji Cemarkan <i>Escherichia coli</i> pada Air Minum Isi Ulang di Kelurahan Oesapa Kota Kupang Tahun 2019	2019	Berdasarkan hasil penelitian <i>Escherichia coli</i> pada air minum isi ulang di Kelurahan Oesapa, Kota Kupang tahun 2019 oleh Balbiana Da Castro, diketahui bahwa dari 10 sampel air yang diperiksa, terdapat 1 sampel, yaitu sampel 02 terdeteksi mengandung bakteri <i>Escherichia coli</i> .
Rahmatul Frimayani	Analisis kualitas Air Bakteriologi Air minum pada DAMIU di Kelurahan Bentiring Kota Bengkulu	2017	Berdasarkan hasil pemeriksaan kualitas coliform di Laboratorium Poltekkes Bengkulu, diketahui bahwa Sebagian besar sampel, yaitu sebesar 87% mengandung bakteri coliform yang berasal dari depot air minum isi ulang yang berpotensi di wilayah Bentiring, Kota Bengkulu.
Eko Sri Wahyuningsih, Neni Sri Gunarti, Lia Fikayuniar, Anita Fajriyani	Uji Organoleptik dan Mikrobiologi Air Minum Isi Ulang di Sekitar UBP Karawang	2023	Berdasarkan hasil analisis uji coliform pada air minum isi di sekitar UBP, dari lima sampel yang diperiksa, ditemukan bahwa sampel A dan C menunjukkan hasil positif mengandung bakteri coliform, sedangkan sampel B, D

Penulis	Judul Penelitian	Tahun Terbit	Hasil
			dan E tidak terdeteksi mengandung bakteri coliform.
Umami Habibah	Analisis Cemarkan Bakteri Coliform dan Identifikasi <i>Escherichia coli</i> pada Air Minum Isi Ulang (AMIU) Depot di Kelurahan Cabe Ilir Kota Tangerang Selatan Tahun 2016	2016	Dari lima sampel Air Minum Isi Ulang yang diambil dari depot di Kelurahan Pondok Cabe Ilir dan diuji menggunakan metode Angka Paling Mungkin, satu sampel diketahui terkontaminasi bakteri Coliform dengan jumlah 4 Coliform/mL dan dianggap negatif. Selain itu, satu dari lima sampel bakteri <i>Escherichia coli</i> .