

## **Faktor Risiko Pencemaran Mikrobiologi pada Air Minum Isi Ulang di Kabupaten Tegal**

### ***Microbiological Contamination Risk Factor of Drinking Water Refilling in Tegal Regency***

Cecilia Sri Rahayu, Onny Setiani, Nurjazuli

#### **ABSTRACT**

**Background :** Water is a real absolute necessity for humans as well as fresh air and healthy food. Result of inspection of drinking water refilling quality in Tegal Regency at 2011 showed the existence of microbiology contamination, from 138 drinking water refilling samples, in which 67 samples (48,6%) did not meet the standard for MPN Coliform and E.coli. The purpose this research was to know microbiological contamination risk factor of drinking water refilling in Tegal Regency.

**Methods :** Design applied was cross-sectional. Independent variable in this research was standard water quality, quality of filtration, quality of disinfection and the dependent variable was water quality drinks product from drinking water refilling station. Population at this research was drinking water refilling station in Tegal Regency which amounts to 197. Sampling in random sampling that sample was taken in random. Test Chi-Square applied to test the relation of microbiology contamination risk factor of drinking water refilling with microbiology quality of product water from drinking water refilling station.

**Results :** The result of inspection of standard water quality, 36 samples ( 55,4%) MPN ineligibility Coliform and 12 samples ( 18,5%) ineligibility Ecoli. Result of inspection of water quality drinks product DAMIU, 32 samples ( 49,2%) MPN ineligibility Coliform and 10 samples ( 15,4%) ineligibility Ecoli. Result of observation quality of filtration, 31 samples ( 47,7%) with quality of filtration is not good. Result of observation quality of desinfeksi, 28 samples ( 43,1%) with quality of desinfeksi is not good. The results of the research showed there was significant association between quality of water microbiology standard (p-value=0,0001), quality of filtration (p-value=0,0001), quality of disinfection (p-value=0,0001) with quality of product water microbiology in drinking water refilling station Tegal Regency at 2012. Product drinking water from drinking water refilling station using ineligible standard water of MPN coliform had risk 5,6 times compared to using standard water. Product drinking water from drinking water refilling station with quality of filtration that was not good had up risk 34 times compared to if the quality of filtration was good Product drinking water from drinking water refilling station with quality of disinfection which was not good had risk 9,2 times compared to if the good quality of disinfection.

**Recommendation :** The owners of the drinking water refilling station was obliged to guarantee water quality to drink produced by it is safe for health. Public expected to be more attentively in consuming water product from drinking water refilling station. Health Department needs more increases construction and observation to drinking water refilling station.

**Keywords :** Microbiological Contamination of Drinking Water Refilling, Tegal Regency

#### **PENDAHULUAN**

Kebutuhan air sangat mutlak bagi manusia karena merupakan zat pembentuk tubuh manusia yang terbesar yaitu 68% dari bagian tubuh manusia. Kebutuhan air minum setiap orang bervariasi dari 2,1 liter hingga 2,8 liter per hari.<sup>1</sup>

Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat menyebabkan kebutuhan dan permintaan akan air bersih meningkat. Air bersih merupakan sumberdaya alam yang dapat diperbarukan, tetapi untuk masa yang akan datang diprediksikan akan terjadi krisis air bersih karena permintaan akan air bersih melebihi persediaan ataupun produksi air bersih

yang dapat dihasilkan.<sup>2</sup> Di Pulau Jawa pada tahun 2000 ketersediaan air hanya 1.750 meter kubik per kapita per tahun. Jumlah ketersediaan air itu berkurang menjadi 1.200 meter kubik per kapita per tahun pada tahun 2020.

Persediaan air untuk keperluan rumah tangga harus cukup, baik kualitas maupun kuantitasnya. Pencemaran oleh mikroorganisme terhadap badan air maupun dalam suplai air minum merupakan kasus yang sering terjadi di Indonesia.<sup>3</sup> Pencemaran air oleh mikroorganisme dapat terjadi pada sumber air bakunya, ataupun terjadi pada saat pengaliran air olahan dari pusat pengolahan ke konsumen.

Cecilia Sri Rahayu, SKM, M.Kes, Dinas Kesehatan Kabupaten Tegal  
dr. Onny Setiani, Ph.D Program Magister Kesehatan Lingkungan UNDIP  
Dr. Nurjazuli, SKM, M.Kes, Program Magister Kesehatan Lingkungan UNDIP

Bakteri atau mikroba indikator sanitasi adalah bakteri yang keberadaannya dalam air menunjukkan bahwa air tersebut pernah tercemar oleh kotoran manusia.<sup>4</sup> Ada tiga jenis bakteri yang dapat digunakan untuk menunjukkan adanya masalah sanitasi yaitu *Eschericia coli*, kelompok *Streptococcus (Enterococcus)* fekal dan *Clostridium perfringens*. *Eschericia coli* merupakan indikator adanya polusi yang berasal dari kotoran manusia atau hewan dan menunjukkan kondisi sanitasi yang tidak baik terhadap air maupun pangan. *Streptococcus* merupakan bakteri yang umumnya ditemukan dalam kotoran hewan ternak atau peliharaan, dan beberapa spesies tidak ditemui pada kotoran manusia. *Clostridium perfringens* merupakan bakteri jenis an aerobik, akan tetapi tahan hidup pada kondisi aerobik. Bakteri ini tersebar luas di alam (tanah, debu) dan merupakan mikro flora normal pada saluran usus manusia dan hewan.<sup>5</sup>

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.<sup>6</sup> Air minum diperoleh melalui sistem jaringan perpipaan; jaringan non perpipaan yaitu air minum yang berasal dari sumur dangkal, sumur pompa tangan, bak penampungan air hujan, terminal air, mobil tanki air, atau bangunan/ perlindungan mata air; air minum dalam kemasan (AMDK) maupun air minum isi ulang (AMIU).

Banyak faktor risiko yang diduga menyebabkan terjadinya penyakit diare di Indonesia. Salah satu faktor risiko yang sering diteliti adalah faktor lingkungan diantaranya kualitas mikrobiologi air. Angka kejadian diare nasional pada tahun 2006 sebesar 423 per seribu penduduk pada semua umur. Kejadian diare menurun 39% dengan perilaku pengelolaan air minum yang aman di rumah tangga.<sup>7</sup> Angka kejadian diare di Kabupaten Tegal sebesar 76 per seribu penduduk pada semua umur.<sup>8</sup>

Industri di Kabupaten Tegal pada tahun 2011 berjumlah 29.069 industri.<sup>9</sup> Hal inilah yang menyebabkan sumber air di Kabupaten Tegal sudah tidak aman lagi untuk dijadikan sumber air minum. Hasil pemeriksaan mikrobiologi pada sampel air yang digunakan Perusahaan Daerah Air Minum (Slawi) pada bulan Juli 2012, diperoleh hasil tidak memenuhi syarat dengan nilai MPN *Coliform* 280.<sup>10</sup> Banyak masyarakat Kabupaten Tegal yang menggunakan air minum isi ulang yang diperoleh dari depot air minum isi ulang (DAMIU). Kecenderungan pemakaian air minum isi ulang oleh masyarakat semakin meningkat, namun demikian kualitasnya masih perlu mendapatkan perhatian karena mempengaruhi kesehatan masyarakat.<sup>11</sup>

Penelitian Suprihatin yang menganalisis sampel air minum isi ulang di 10 kota besar di Indonesia diperoleh hasil bahwa kualitas air minum isi ulang bervariasi,

terdapat 34% sampel tidak memenuhi sedikitnya satu parameter kualitas air minum dan 16% sampel tercemar bakteri *Coliform*.<sup>12</sup>

Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI) menguji mutu air produksi depot air minum isi ulang di 5 kota (95 depot) memperoleh hasil ada 19 depot yang tidak memenuhi syarat mikroba (*E.coli/Coliform/Salmonella*) dan menemukan 9 produk mengandung *Cadmium* yang melebihi batas yang diperbolehkan.<sup>13</sup>

Hasil penelitian Athena dkk, menyatakan bahwa 38 depot air minum isi ulang (DAMIU) di daerah Jakarta, Tangerang, dan Bekasi yang diteliti ternyata terdapat 28,9 % sampel air minum isi ulang yang tercemar oleh bakteri *Coliform* dan 18,4% tercemar oleh *E. coli*.<sup>14</sup>

Hasil pemeriksaan air produk DAMIU pada 138 sampel di Kabupaten Tegal, terdapat 67 sampel (48,6%) yang tidak memenuhi syarat mikrobiologi.<sup>15</sup> Data ini mendukung angka kejadian diare di Kabupaten Tegal yaitu 106.389 orang dari berbagai umur dari 1.392.260 penduduknya. Bakteri *coli* dalam jumlah tertentu di dalam air dapat digunakan sebagai indikator adanya jasad patogen. Jika di dalam 100 ml air minum terdapat 500 bakteri *coli*, memungkinkan terjadinya penyakit *gastroenteritis* yang segera diikuti oleh demam *tifus*. *Escherichia coli* pada keadaan tertentu dapat mengalahkan mekanisme pertahanan tubuh sehingga dapat tinggal di dalam bladder (*cystitis*) dan pelvis (*pyelitis*), ginjal dan hati.<sup>4</sup>

Hasil analisis risiko bahaya dan identifikasi titik kendali kritis yang dilakukan Sri Agustini di Sumatera Selatan dan Bangka, ditemukan lima titik kritis pada industri air minum dalam kemasan (AMDK) yaitu air baku, proses penyaringan, kadar ozon pada proses desinfeksi, pengemasan dan penyimpanan.<sup>16</sup>

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk *explanatory research*. Desain yang digunakan adalah *cross sectional* yaitu mempelajari hubungan antara variabel bebas dengan variabel tergantung dengan melakukan pengukuran sesaat. Pada penelitian ini populasi adalah depot air minum isi ulang yang ada di Kabupaten Tegal yang berjumlah 197. Sampel penelitian berjumlah 65 depot air minum isi ulang yang diambil dengan menggunakan teknik pengambilansimple random sampling. Variabel terikat pada penelitian ini adalah kualitas mikrobiologi air minum produk depot air minum isi ulang. Variabel bebas terdiri dari kualitas mikrobiologi air baku dalam tandon penampungan depot air minum isi ulang, kualitas filtrasi, kualitas desinfeksi.

Data diolah dan dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui gambaran distribusi masing-masing variabel pada sampel. Analisis analitik menggunakan uji *chi-square* dan perhitungan nilai Rasio Prevalensi (RP) dengan nilai *confidence interval* (CI 95%).

## Pencemaran Mikrobiologi Pada Air Minum Isi Ulang

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Kualitas Air Baku, Kualitas Filtrasi, Kualitas Desinfeksi dan Kualitas Air Minum Produk DAMIU

| KECAMATAN<br>(SUMBER AIR) | KUALITAS AIR BAKU |          |                |           | KUALITAS<br>FILTRASI |          | KUALITAS<br>DESINFEKSI |          | KUALITAS AIR MINUM |          |                |           |
|---------------------------|-------------------|----------|----------------|-----------|----------------------|----------|------------------------|----------|--------------------|----------|----------------|-----------|
|                           | MPN               |          | <i>E. COLI</i> |           | TB                   | B        | TB                     | B        | MPN                |          | <i>E. COLI</i> |           |
|                           | TMS               | MS       | TMS            | MS        |                      |          |                        |          | TMS                | MS       | TMS            | MS        |
| <b>Dukuhwaru</b>          | <b>1</b>          | <b>7</b> | <b>0</b>       | <b>8</b>  | <b>3</b>             | <b>5</b> | <b>2</b>               | <b>6</b> | <b>3</b>           | <b>5</b> | <b>0</b>       | <b>8</b>  |
| - PDAM                    | 0                 | 2        | 0              | 2         | 0                    | 2        | 0                      | 2        | 0                  | 2        | 0              | 2         |
| - SUMUR                   | 0                 | 0        | 0              | 6         | 0                    | 0        | 0                      | 0        | 0                  | 0        | 0              | 0         |
| - MATA AIR                | 1                 | 5        | 0              | 0         | 3                    | 3        | 2                      | 4        | 3                  | 3        | 0              | 6         |
| <b>Kedungbanteng</b>      | <b>1</b>          | <b>1</b> | <b>0</b>       | <b>2</b>  | <b>1</b>             | <b>1</b> | <b>1</b>               | <b>1</b> | <b>1</b>           | <b>1</b> | <b>0</b>       | <b>2</b>  |
| - PDAM                    | 0                 | 1        | 0              | 1         | 0                    | 1        | 0                      | 1        | 0                  | 1        | 0              | 1         |
| - SUMUR                   | 0                 | 0        | 0              | 0         | 0                    | 0        | 0                      | 0        | 0                  | 0        | 0              | 0         |
| - MATA AIR                | 1                 | 0        | 0              | 1         | 1                    | 0        | 1                      | 0        | 1                  | 0        | 0              | 1         |
| <b>Kramat</b>             | <b>3</b>          | <b>4</b> | <b>1</b>       | <b>6</b>  | <b>4</b>             | <b>3</b> | <b>4</b>               | <b>3</b> | <b>4</b>           | <b>3</b> | <b>1</b>       | <b>6</b>  |
| - PDAM                    | 0                 | 0        | 0              | 0         | 0                    | 0        | 0                      | 0        | 0                  | 0        | 0              | 0         |
| - SUMUR                   | 0                 | 0        | 0              | 0         | 0                    | 0        | 0                      | 0        | 0                  | 0        | 0              | 0         |
| - MATA AIR                | 3                 | 4        | 1              | 6         | 4                    | 3        | 4                      | 3        | 4                  | 3        | 1              | 6         |
| <b>Lebaksiu</b>           | <b>5</b>          | <b>0</b> | <b>1</b>       | <b>4</b>  | <b>2</b>             | <b>3</b> | <b>2</b>               | <b>3</b> | <b>2</b>           | <b>3</b> | <b>1</b>       | <b>4</b>  |
| - PDAM                    | 2                 | 0        | 0              | 2         | 1                    | 1        | 1                      | 1        | 1                  | 1        | 0              | 2         |
| - SUMUR                   | 3                 | 0        | 1              | 2         | 1                    | 2        | 1                      | 2        | 1                  | 2        | 1              | 2         |
| - MATA AIR                | 0                 | 0        | 0              | 0         | 0                    | 0        | 0                      | 0        | 0                  | 0        | 0              | 0         |
| <b>Margasari</b>          | <b>3</b>          | <b>1</b> | <b>2</b>       | <b>2</b>  | <b>2</b>             | <b>2</b> | <b>2</b>               | <b>2</b> | <b>2</b>           | <b>2</b> | <b>1</b>       | <b>3</b>  |
| - PDAM                    | 2                 | 0        | 1              | 1         | 1                    | 1        | 1                      | 1        | 1                  | 1        | 1              | 1         |
| - SUMUR                   | 0                 | 0        | 0              | 0         | 0                    | 0        | 0                      | 0        | 0                  | 0        | 0              | 0         |
| - MATA AIR                | 1                 | 1        | 1              | 1         | 1                    | 1        | 1                      | 1        | 1                  | 1        | 0              | 2         |
| <b>Pangkajene</b>         | <b>2</b>          | <b>5</b> | <b>0</b>       | <b>7</b>  | <b>1</b>             | <b>6</b> | <b>1</b>               | <b>6</b> | <b>1</b>           | <b>6</b> | <b>0</b>       | <b>7</b>  |
| - PDAM                    | 0                 | 0        | 0              | 0         | 0                    | 0        | 0                      | 0        | 0                  | 0        | 0              | 0         |
| - SUMUR                   | 0                 | 0        | 0              | 0         | 0                    | 0        | 0                      | 0        | 0                  | 0        | 0              | 0         |
| - MATA AIR                | 2                 | 5        | 0              | 7         | 1                    | 6        | 1                      | 6        | 1                  | 6        | 0              | 7         |
| <b>Slawi</b>              | <b>9</b>          | <b>3</b> | <b>2</b>       | <b>10</b> | <b>8</b>             | <b>4</b> | <b>6</b>               | <b>6</b> | <b>8</b>           | <b>4</b> | <b>2</b>       | <b>10</b> |
| - PDAM                    | 6                 | 2        | 1              | 7         | 5                    | 3        | 3                      | 5        | 5                  | 3        | 1              | 7         |
| - SUMUR                   | 1                 | 0        | 0              | 1         | 1                    | 0        | 1                      | 0        | 1                  | 0        | 0              | 1         |
| - MATA AIR                | 2                 | 1        | 1              | 2         | 2                    | 1        | 2                      | 1        | 2                  | 1        | 1              | 2         |
| <b>Surabaya</b>           | <b>8</b>          | <b>7</b> | <b>4</b>       | <b>11</b> | <b>8</b>             | <b>7</b> | <b>8</b>               | <b>7</b> | <b>9</b>           | <b>6</b> | <b>3</b>       | <b>12</b> |
| - PDAM                    | 1                 | 0        | 0              | 1         | 1                    | 0        | 1                      | 0        | 1                  | 0        | 0              | 1         |
| - SUMUR                   | 0                 | 1        | 0              | 1         | 0                    | 1        | 0                      | 1        | 0                  | 1        | 0              | 1         |
| - MATA AIR                | 7                 | 6        | 4              | 9         | 7                    | 6        | 7                      | 6        | 8                  | 5        | 3              | 10        |
| <b>Talang</b>             | <b>0</b>          | <b>1</b> | <b>0</b>       | <b>1</b>  | <b>0</b>             | <b>1</b> | <b>0</b>               | <b>1</b> | <b>0</b>           | <b>1</b> | <b>0</b>       | <b>1</b>  |
| - PDAM                    | 0                 | 0        | 0              | 0         | 0                    | 0        | 0                      | 0        | 0                  | 0        | 0              | 0         |
| - SUMUR                   | 0                 | 0        | 0              | 0         | 0                    | 0        | 0                      | 0        | 0                  | 0        | 0              | 0         |
| - MATA AIR                | 0                 | 1        | 0              | 1         | 0                    | 1        | 0                      | 1        | 0                  | 1        | 0              | 1         |
| <b>Warureja</b>           | <b>4</b>          | <b>0</b> | <b>2</b>       | <b>2</b>  | <b>2</b>             | <b>2</b> | <b>2</b>               | <b>2</b> | <b>2</b>           | <b>2</b> | <b>2</b>       | <b>2</b>  |
| - PDAM                    | 4                 | 0        | 2              | 2         | 2                    | 2        | 2                      | 2        | 2                  | 2        | 2              | 2         |
| - SUMUR                   | 0                 | 0        | 0              | 0         | 0                    | 0        | 0                      | 0        | 0                  | 0        | 0              | 0         |
| - MATA AIR                | 0                 | 0        | 0              | 0         | 0                    | 0        | 0                      | 0        | 0                  | 0        | 0              | 0         |

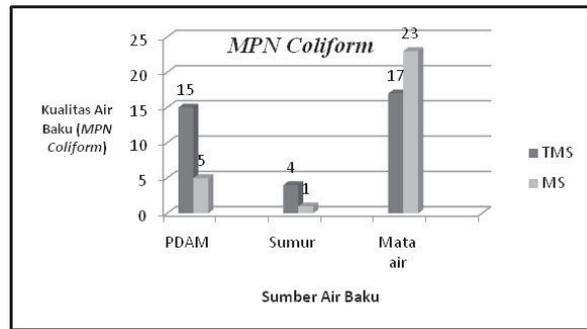
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kabupaten Tegal merupakan salah satu daerah kabupaten di Propinsi Jawa Tengah dengan Ibukota Slawi, terletak antara 108°57'6" s/d 109°21'30" Bujur Timur dan 6°50'41" s/d 7°15'30" Lintang Selatan. Batas-batas wilayah Kabupaten Tegal : sebelah Utara Kota Tegal dan Laut Jawa, sebelah Timur Kabupaten Pemalang, sebelah Barat Kabupaten Brebes, sebelah Selatan Kabupaten Brebes dan Kabupaten Banyumas. Luas wilayah 87.879 hektar berupa tanah sawah dan tanah kering, dimana luas areal persawahannya sebesar 45,83 % dari luas yang ada. Luas wilayah tersebut terbagi dalam 18 Kecamatan. Jumlah penduduk Kabupaten Tegal tahun 2011 mencapai 1.400.256 jiwa. Kepadatan penduduk Th 2010 di Kabupaten Tegal sebesar 1.587 jiwa/km<sup>2</sup>, tahun 2011 sudah menjadi 1.593 jiwa/km<sup>2</sup>.<sup>17</sup>

Hasil penelitian pada 65 sampel DAMIU, sebagian besar adalah (98,5%) milik perorangan, hanya satu depot yang merupakan milik desa yang dikelola oleh masyarakat. Depot air minum yang diteliti telah beroperasi selama 7 bulan sampai dengan 9 tahun. Air baku yang digunakan sebagai bahan untuk diolah menjadi air minum berasal dari mata air, sumur, PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum). Harga air minum isi ulang berkisar Rp 3000,- sampai dengan Rp 3.500,-. Hasil pemeriksaan kualitas air baku, kualitas filtrasi, kualitas desinfeksi dan kualitas air minum produk DAMIU dapat dilihat pada tabel 1.

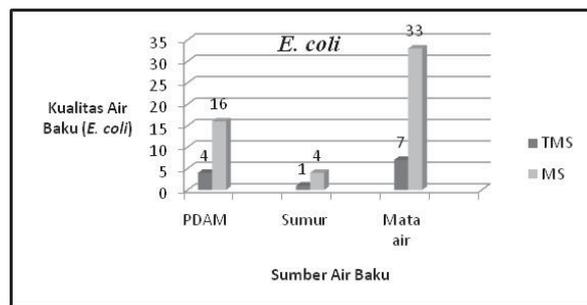
Tabel 1 menunjukkan bahwa dari 65 sampel, sebagian besar sampel yaitu 40 sampel (61,5%) air baku bersumber dari mata air, 20 sampel (30,8%) air baku bersumber dari PDAM, 5 sampel (7,7%) air baku bersumber dari sumur.

Persyaratan kualitas air bersih diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor:416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Air Bersih.<sup>18</sup> Air bersih harus memenuhi persyaratan mikrobiologi (kadar maksimum yang diperbolehkan *E.coli*=0, MPN *Coliform* non perpipaan =50/100 ml, perpipaan 10/100 ml). Pemeriksaan yang dilakukan pada 65 sampel yang diambil dari tandon air baku DAMIU, diperoleh hasil: rata-rata nilai MPN *Coliform* sebesar 376,16; nilai minimum 0; nilai maksimum 1600. Jumlah sampel air baku yang TMS (tidak memenuhi syarat) MPN *Coliform* 36 sampel 55,4% dan TMS (tidak memenuhi syarat) *E.coli* 12 sampel (18,5%). Hasil pemeriksaan kualitas air baku (MPN *Coliform*) menunjukkan bahwa 36 sampel (55,4%) tidak memenuhi syarat dan sebanyak 29 sampel (44,6%) memenuhi syarat. Lengkapnya dapat dilihat pada grafik 1 berikut:



Grafik 1 : Frekuensi Kualitas Mikrobiologi (MPN *Coliform*) Air Baku Menurut Sumber Air Baku Damiu di Kabupaten Tegal Tahun 2012

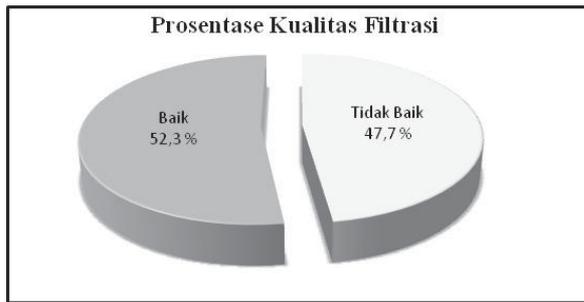
Hasil pemeriksaan kualitas mikrobiologi (*E.coli*) air baku bahwa 12 sampel (18,5%) tidak memenuhi syarat dan 53 sampel (81,5%) memenuhi syarat. Lengkapnya dapat dilihat pada grafik 2 berikut:



Grafik 2 : Frekuensi Kualitas Mikrobiologi (*E.coli*) Air Baku Menurut Sumber Air Baku Damiu di Kabupaten Tegal Tahun 2012

Proses filtrasi merupakan proses yang harus dilakukan dalam prosedur pengolahan air baku menjadi air minum. Kualitas filtrasi adalah tingkat baik buruknya proses filtrasi. Pada penelitian ini dilakukan observasi terhadap obyek pada proses filtrasi seperti bahan pembuat tabung filter dan mikrofilter, perlakuan sistim *back washing*, ukuran mikrofilter, masa pakai/*lifetime* mikrofilter. Observasi dilakukan dengan membandingkan obyek pada proses filtrasi dengan syarat sesuai Pedoman Pelaksanaan Penyelenggaraan Hygiene Sanitasi DAMIU tahun 2006.<sup>19</sup> Hasil yang diperoleh sebagai berikut :

## Pencemaran Mikrobiologi Pada Air Minum Isi Ulang



Grafik 3 : Prosentase Kualitas Filtrasi Pada Damiu di Kabupaten Tegal Tahun 2012.

Grafik 3 menunjukkan bahwa dari 65 sampel, sebanyak 34 sampel (52,3%) dengan kualitas filtrasi baik dan 31 sampel (47,7%) dengan kualitas filtrasi tidak baik.

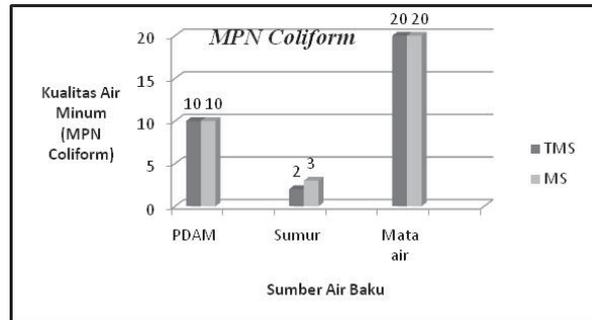
Kualitas desinfeksi merupakan tingkat baik buruknya proses desinfeksi. Pada penelitian ini, dilakukan observasi terhadap obyek pada proses desinfeksi kemudian dibandingkan dengan syarat sesuai Pedoman Pelaksanaan Penyelenggaraan Hygiene Sanitasi DAMIU tahun 2006 yaitu terdapat peralatan sterilisasi, berupa UV dan atau peralatan desinfeksi lainnya yang berfungsi dan digunakan secara benar. Ultra violet harus tetap hidup (ON) selama jam kerja, jadi maksudnya jika jam buka DAMIU jam 08.00 - 21.00, maka UV dihidupkan (ON) dari jam 07.30 - 21.00 atau 30 menit lebih awal. Peralatan desinfeksi masih dalam masa efektif membunuh kuman (*lifetime*). Pada DAMIU biasanya ada lampu indikator bahwa UV masih efektif, bila lampu indikator hidup berarti UV masih dalam masa *life time*. Hasil observasi diberikan skor yang kemudian dikategorikan. Grafik 4 menunjukkan bahwa sebagian besar sampel 37 sampel (56,9%) dengan kualitas desinfeksi baik dan 28 sampel (43,1%) dengan kualitas desinfeksi tidak baik.



Grafik 4 : Prosentase Kualitas Desinfeksi Pada Damiu di Kabupaten Tegal Tahun 2012.

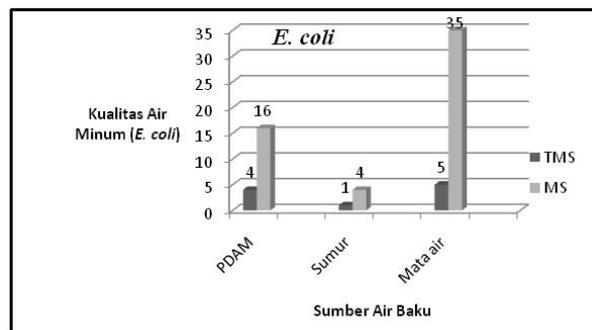
Hasil pemeriksaan kualitas mikrobiologi air minum, diperoleh hasil tidak memenuhi syarat MPN *Coliform* air minum 32 sampel (49,2%) dan 33 sampel

(50,8%) memenuhi syarat, lengkapnya dapat dilihat pada grafik 5 :



Grafik 5 : Frekuensi Kualitas Mikrobiologi (MPN *Coliform*) Air Minum Produk DAMIU Menurut Sumber Air Baku Damiu di Kabupaten Tegal Tahun 2012.

Hasil pemeriksaan kualitas mikrobiologi (*E.coli*) air minum produk DAMIU terdapat 10 sampel (15,4%) yang TMS/tidak memenuhi syarat dan 55 sampel (84,6%) yang MS/memenuhi syarat. Lengkapnya dapat dilihat pada grafik 6 :



Grafik 6 : Frekuensi Kualitas Mikrobiologi (*E.coli*) Air Minum Produk DAMIU Menurut Sumber Air Baku Damiu di Kabupaten Tegal Tahun 2012.

Uji hubungan antara kualitas mikrobiologi (MPN *Coliform*) air baku dengan kualitas mikrobiologi air produk (MPN *Coliform*) DAMIU dengan menggunakan uji *Chi-square*, diperoleh hasil *p-value* 0,0001 yang berarti ada hubungan yang signifikan antara kualitas mikrobiologi air baku dengan kualitas mikrobiologi air produk DAMIU. Nilai rasio prevalens kualitas air baku (MPN *Coliform*) sebesar 5,639 dengan CI 95% (2,233 - 14,242) menunjukkan bahwa kualitas air minum produk DAMIU yang menggunakan air baku yang tidak memenuhi syarat (MPN *Coliform*) mempunyai risiko 5,6 kali dibandingkan dengan yang menggunakan air baku yang memenuhi syarat.

Uji hubungan antara kualitas mikrobiologi air baku (*E.coli*) dengan kualitas mikrobiologi air produk (*E.coli*)

DAMIU dengan menggunakan uji *Chi-square*, diperoleh hasil *p-value* 0,0001 yang berarti ada hubungan yang signifikan antara kualitas mikrobiologi air baku dengan kualitas mikrobiologi air produk DAMIU.

Air baku adalah air bersih yang sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Pengusaha DAMIU di Kabupaten Tegal memperoleh sumber air baku dari PAM, sumur, mata air. Sebagian besar sampel penelitian menggunakan air baku yang bersumber dari mata air Bumijawa yang didapat dengan cara membeli dari pengusaha jasa air pegunungan yang diangkut dengan menggunakan mobil tanki air milik pengusaha pemasok air baku. Hasil pemeriksaan kualitas air baku (MPN *Coliform*) menunjukkan sebagian besar sampel air baku sebesar 36 sampel (55,4%) tidak memenuhi persyaratan air bersih dan 29 sampel (44,5%) memenuhi syarat air bersih. Pemeriksaan kualitas air baku menunjukkan bahwa air baku yang bersumber dari mata air mempunyai kualitas paling baik (57,5%) dibandingkan dengan air baku yang bersumber dari PAM (25%) dan sumur (20%). Hasil pemeriksaan kualitas mikrobiologi (*E.coli*) air baku, sebagian besar yaitu 53 sampel (81,5%) memenuhi syarat dan 12 sampel (18,5%) tidak memenuhi syarat. Keberadaan *E.coli* dalam air baku merupakan salah satu indikator kontaminasi tinja manusia/hewan berdarah panas atau kotoran lain. Hal ini berarti telah terjadi pencemaran air yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Pemeriksaan kualitas mikrobiologi (*E.coli*) pada air baku menunjukkan bahwa air baku yang bersumber dari mata air mempunyai kualitas paling baik (82,5%) dibandingkan dengan air baku yang bersumber dari PAM (80%) dan sumur (80%).

Mata air merupakan salah satu sumber air bersih yang baik bila dipakai sebagai air baku, karena berasal dari dalam tanah yang muncul ke permukaan tanah akibat tekanan, sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar. Apabila mata air berlokasi di daerah terbuka, dimungkinkan akan terkontaminasi oleh lingkungan sekitar. Hal ini yang terjadi pada mata air Bumijawa yang berlokasi di daerah terbuka, sehingga memungkinkan akan terkontaminasi oleh lingkungan sekitar. Hal ini ditunjukkan dengan hasil pemeriksaan kualitas mikrobiologi (*E.coli*) air baku yang bersumber dari mata air, ditemukan 7 sampel (58,3%) yang tidak memenuhi

syarat. Sebagian besar air baku langsung diambil dari mata air Bumijawa namun ada pula yang mengambilnya dari bak penampungan air bersih dan pengisiannya melalui kran dan selang. Hal ini bisa saja terjadi bila pengusaha penyedia air baku tidak memperhatikan kebersihan dan masa pakai selang yang digunakan untuk memasukkan air ke dalam tanki misalnya bocor, usang, berlumut, kotor karena tidak pernah dibersihkan. Selain itu mengingat air baku diangkut dengan mobil tanki dan melalui perjalanan untuk sampai ke DAMIU, memungkinkan air baku tercemar selama dalam perjalanan. Pengangkutan yang melebihi waktu 12 jam memungkinkan berkembangnya mikroorganisme yang membahayakan kesehatan.

Pencemaran air juga bisa terjadi pada air tanah dangkal seperti sumur. Hasil pemeriksaan laboratorium terhadap air baku yang bersumber dari sumur diperoleh hasil sebanyak 4 sampel (1,1%) tidak memenuhi syarat mikrobiologi MPN *Coliform* dan 1 sampel (8,3%) tidak memenuhi syarat mikrobiologi *E.coli*. Air tanah dangkal merupakan air tanah yang memiliki kualitas yang pada umumnya baik, akan tetapi banyak tergantung kepada sifat lapisan tanahnya. Apabila kondisi sanitasi lingkungan sangat rendah maka banyak tercemar oleh bakteri. Apabila berdekatan dengan industri dengan beban pencemaran tinggi dan tidak memiliki sistem pengendalian pencemaran air maka akan terpengaruh rembesan pencemaran. Bakteri akan berpindah secara horizontal dan vertikal ke bawah bersama dengan air, air seni, atau air hujan yang meresap. Jarak perpindahan bakteri akan sangat bervariasi tergantung pada berbagai faktor diantaranya porositas tanah. Perpindahan horizontal melalui tanah dengan cara itu biasanya kurang dari 90 cm, dengan perpindahan ke arah bawah kurang dari 3 m pada lubang yang terbuka terhadap air hujan dan biasanya kurang dari 60 cm pada tanah berpori. Bahan pencemar dapat melalui berbagai sumber diantaranya melalui *septic tank*.<sup>20</sup> Kondisi perumahan dan lingkungan yang padat dengan kondisi *septic tank* yang tidak baik menjadi salah satu faktor penyebab pencemaran air. Adanya saluran air yang tersumbat karena sampah, fasilitas MCK (mandi, cuci, kakus) yang tidak berfungsi secara optimal baik karena usang, salah konstruksi, tidak terawat, tidak ada air maupun masyarakat yang belum siap menerima keberadaan fasilitas MCK

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Analisis Bivariat Faktor Risiko Pencemaran Mikrobiologi Pada Air Minum Isi Ulang Di Kabupaten Tegal

| No | Variabel                       | P value | RP     | 95 % CI       | Keterangan |
|----|--------------------------------|---------|--------|---------------|------------|
| 1  | Kualitas Mikrobiologi Air Baku |         |        |               |            |
|    | - <i>MPN Coliform</i>          | 0,0001  | 5,639  | 2,233-14,242  | Signifikan |
|    | - <i>E.coli</i>                | 0,0001  | -      | -             | Signifikan |
| 2  | Kualitas Filtrasi              | 0,0001  | 34,000 | 4,930-234,460 | Signifikan |
| 3  | Kualitas Desinfeksi            | 0,0001  | 9,250  | 3,666-23,339  | Signifikan |

## Pencemaran Mikrobiologi Pada Air Minum Isi Ulang

(mandi, cuci, kakus) sesuai fungsinya dan masih menggunakan sungai untuk MCK.

Hasil pemeriksaan air baku yang bersumber dari PDAM diperoleh hasil 15 sampel (41,6%) tidak memenuhi persyaratan kualitas mikrobiologi MPN *Coliform* dan 4 sampel (33,3%) tidak memenuhi persyaratan kualitas mikrobiologi *E.coli*. Hal ini sangat mungkin karena dari hasil pemeriksaan air yang digunakan PDAM (Slawi) pada bulan Juli 2012 diperoleh hasil tidak memenuhi syarat dengan nilai MPN *Coliform* 280. Faktor yang menyebabkan terjadinya pencemaran air PDAM oleh bakteri *E.coli* adalah kebocoran pipa serta kondisi sumber air baku.

Air baku yang tercemar/tidak memenuhi syarat merupakan faktor risiko untuk terjadinya pencemaran mikrobiologi air produk DAMIU. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Supriyono Asfawi bahwa faktor air baku berhubungan dengan kondisi bakteriologis air minum isi ulang.<sup>21</sup>

Air minum yang tidak memenuhi syarat akan menyebabkan berbagai macam penyakit, dimana mikroorganisme yang menjadi penyebab penyakit masuk melalui mulut kemudian usus sehingga usus dapat menjadi infeksi atau disebut infeksi *enterik*. Dalam hal ini bukan air yang menyebabkan infeksi, melainkan tinja yang berasal dari manusia atau hewan. Tinja tersebut dapat mengandung patogen-patogen *enterik* bila berasal dari orang sakit maupun orang yang dapat menularkan penyakit. Bakteri *E.coli* dapat menyebabkan penyakit infeksi pada usus seperti diare. Bakteri patogen yang kemungkinan terdapat dalam air terkontaminasi kotoran manusia atau kotoran hewan berdarah panas adalah *Shigella*, yaitu mikroba penyebab gejala diare, demam dan kram perut, *Salmonella* penyebab penyakit tifus, *Vibrio* penyebab penyakit kolera, *Entamoeba* penyebab disentri amoeba dan muntah-muntah. Hasil pemeriksaan kualitas air baku, selain *E.coli* juga ditemukan *Enterobacter sp* dan *Staphylococcus sp*.

Produsen air minum isi ulang menggunakan air baku yang memenuhi syarat yang ditunjukkan dari hasil pemeriksaan kualitas air. Faktor lain yang perlu perhatian juga adalah membersihkan tangki penampungan air (tandon) 6 bulan sekali dan selalu menjaga kebersihan lingkungan sekitar depot.

Uji hubungan antara kualitas filtrasi dengan kualitas mikrobiologi air produk DAMIU dengan menggunakan uji *chi-square*, diperoleh hasil *p-value* 0,001 yang berarti ada hubungan yang signifikan antara kualitas filtrasi dengan kualitas mikrobiologi air minum produk DAMIU. Nilai rasio prevalens sebesar 34,000 dengan CI 95% (4,930 - 234,460) menunjukkan bahwa kualitas air minum produk DAMIU dengan kualitas filtrasi tidak baik mempunyai risiko 34 kali dibandingkan dengan yang kualitas filtrasinya baik. Kualitas filtrasi merupakan salah satu faktor risiko penyebab terjadinya pencemaran

mikrobiologi air produk DAMIU. Kualitas filtrasi yang tidak baik akan berdampak pada menurunnya kualitas air minum isi ulang. Filtrasi adalah proses penyaringan untuk menghilangkan zat padat tersuspensi dari air melalui media berpori. Filter yang digunakan dalam proses filtrasi biasanya dianggap sebagai saringan yang menangkap/menahan zat padat tersuspensi diantara media filter. Proses filtrasi pada DAMIU menggunakan filter karbon aktif, pasir silika, mikro filter. Proses filtrasi terutama tergantung pada gabungan dari mekanisme fisika dan kimia yang kompleks, yang terpenting yaitu absorpsi. Filtrasi pada DAMIU dilakukan secara bertingkat dari filter berpori-pori besark ke filter berpori-pori lebih kecil. Efektifitas filter pada DAMIU tergantung pada :

1. Kualitas air baku, semakin baik kualitas air baku maka masa pakai filter akan semakin lama, karena daya saring filter tidak terlalu berat dengan kata lain tingkat kejernihan air baku akan mempengaruhi filter, semakin keruh air baku semakin berat kerja filter, sehingga hasil proses penyaringan dapat kurang optimal.
2. Variasi ukuran filter, semakin bervariasi ukuran filter akan semakin baik kualitas produk yang dihasilkan sebab bila hanya digunakan mikrofilter dengan satu ukuran, partikel yang berukuran di atas ukuran tersebut akan menutupi filter sehingga umur filter semakin pendek dan partikel yang berukuran lebih kecil kemungkinan dapat lolos. Ukuran filter pada DAMIU biasanya berukuran 10  $\frac{1}{4}$ m; 5  $\frac{1}{4}$ m; 1  $\frac{1}{4}$ m; 0,5  $\frac{1}{4}$ m; 0,3  $\frac{1}{4}$ m; 0,2  $\frac{1}{4}$ m; dan 0,1  $\frac{1}{4}$ m.

Pada waktu melalui lapisan filter, zat padat terlarut bersentuhan dan melekat pada permukaan filter. Ukuran mikrofilter yang berjenjang dapat mengurangi atau menurunkan kadar jumlah zat padat terlarut, sehingga umur filter semakin pendek dan partikel yang berukuran lebih kecil kemungkinan dapat lolos termasuk bakteri *Coliform*. Hasil observasi pada proses filtrasi, Ada 22 sampel (33,8%) yang menggunakan mikrofilter dengan ukuran yang sama atau satu ukuran.

Proses filtrasi tidak efektif ketika filter sudah kotor, hal ini dapat diketahui dengan melihat secara langsung mikrofilter yang terpasang, jika filter sudah kotor maka filter harus segera diganti. Hasil observasi pada mikrofilter, terdapat 31 sampel (47,7%) yang sudah tidak sesuai masa pakainya/ mikrofilter sudah kotor. Keterlambatan penggantian filter dapat menjadi tempat berkembangbiak bakteri. Laju air yang mengalir dari kran outlet akan lambat jika mikrofilter sudah kotor dan waktunya untuk segera diganti. Perawatan/maintenance setiap 1 bulan sekali mikrofilter dibuka untuk dibersihkan, dan setiap 2 bulan sekali ganti mikrofilter dengan yang baru agar air yang dihasilkan tetap berkualitas.

Uji hubungan antara kualitas desinfeksi dengan kualitas mikrobiologi (MPN *Coliform*) air produk DAMIU

dengan menggunakan uji *chi-square*, diperoleh hasil *p-value* 0,0001 yang berarti ada hubungan yang signifikan antara kualitas desinfeksi dengan kualitas mikrobiologi (MPN *Coliform*) air produk DAMIU. Nilai rasio prevalens sebesar 9,250 dengan CI 95% (3,666 - 23,339) menunjukkan bahwa kualitas air minum produk DAMIU dengan kualitas desinfeksi tidak baik mempunyai risiko 9,3 kali dibandingkan dengan yang kualitas desinfeksi baik. Kualitas Desinfeksi merupakan tingkat baik buruknya proses desinfeksi. Proses desinfeksi merupakan proses untuk membunuh bakteri patogen penyebab penyakit yang penyebarannya melalui air. Bakteri *E.coli* adalah bakteri yang hidup pada kotoran manusia yang dapat menyebabkan penyakit pencernaan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk membunuh bakteri patogen yaitu dengan penyinaran ultra violet. Hasil penelitian Arie Ikhwan Saputra dan Imam Santosa (2008) menunjukkan bahwa sterilisasi pada air minum dengan menggunakan lampu Ultra Violet (UV) merupakan alternatif pengolahan air minum.<sup>22</sup> Hasil observasi, 65 sampel (100%) menggunakan UV untuk proses desinfeksi dan 28 sampel (43,1%) dengan kualitas desinfeksi tidak baik.

Air baku yang melewati UV, secara langsung akan terpapar oleh sinar UV yang akan menyebabkan bakteri akan menyerap energi dari sinar UV yang kemudian akan membunuhnya, oleh karena itu UV harus ON (hidup) selama jam kerja. Hasil observasi pada penelitian terdapat 28 sampel (43,1%) yang tidak menggunakan peralatan sterilisasi dengan benar, hanya menghidupkan UV jika hendak mengisi galon pembeli. Hal ini menyebabkan UV belum cukup mempunyai waktu kontak dengan air yang akan diproses, sehingga tidak efektif dalam membunuh bakteri. Penelitian Iin Wahyuni Latif menunjukkan bahwa tingginya total *Coliform* dalam sampel air minum yang melalui proses UV disebabkan tidak maksimalnya penyinaran yang dilakukan dalam proses pengolahan yaitu tidak sesuai dengan intensitas dan waktu penyinaran yang dilakukan.<sup>23</sup> UV yang dinyalakan hanya pada saat akan mengisi galon juga dapat menyebabkan umur lampu UV akan pendek karena hentakan daya listrik pada saat start awal (on). Desinfektan agar berfungsi dengan baik harus cukup mempunyai waktu kontak dengan air yang akan diproses. Kualitas desinfeksi merupakan salah satu faktor risiko terjadinya pencemaran mikrobiologi air produk DAMIU. Kualitas desinfeksi yang baik akan menghilangkan bakteri patogen sehingga akan meningkatkan kualitas air minum isi ulang, untuk itu dianjurkan agar UV harus hidup (on) selama jam kerja. Panjang gelombang/penyinaran lampu UV baru akan stabil setelah dihidupkan selama 30 menit. Pada proses desinfeksi pada air minum isi ulang menggunakan UV minimal type 5 GPM, untuk mengenali UV adalah dengan melihat panjang housing UV yang biasanya terbuat dari stainless, UV 5 GPM panjangnya sekitar 50cm-60cm, UV

8 GPM panjangnya sekitar 70cm-80cm, UV 12 GPM panjangnya sekitar 90 cm-100cm.

Air baku, kualitas filtrasi, kualitas desinfeksi merupakan faktor risiko pencemaran mikrobiologi air minum isi ulang Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Maksum Radji, Heria Oktavia dan Herman Suryadi bahwa Kandungan cemaran mikroba yang tinggi pada air minum isi ulang disebabkan karena air baku yang terkontaminasi juga karena tidak memadainya proses filtrasi, proses sterilisasi yang menggunakan Ultra Violet yang dilakukan di depo air isi ulang.<sup>24</sup> Hasil Penelitian Supriyono Asfawi juga menunjukkan bahwa ada hubungan air baku dan kondisi proses pengolahan dengan kualitas bakteriologis air minum isi ulang.<sup>21</sup>

#### SIMPULAN

Ada hubungan yang signifikan antara kualitas mikrobiologi air baku, proses filtrasi, proses desinfeksi dengan kualitas mikrobiologi air produk DAMIU di depot air minum isi ulang Kabupaten Tegal tahun 2012 (nilai *p value* < 0,05). Faktor risiko pencemaran mikrobiologi air minum isi ulang adalah air baku, kualitas filtrasi dan kualitas desinfeksi, dengan  $RP > 1$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Irianto, K & Waluyo, K. Gizi Dan Pola Hidup Sehat. CV. Yrama Widya, Bandung, 2004.
2. Kumala, F & Satoto, Y. Teknik Praktis Mengelola Air Kotor Menjadi Air Bersih Hingga Layak Minum. Laskar Aksara, Bekasi, 2011.
3. Kualitas Air Dan Kesehatan Masyarakat. [Http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuKemas/BAB1.pdf](http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuKemas/BAB1.pdf)
4. Suriawiria, U. Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis. PT.ALUMNI, Bandung, 2003
5. Suriawiria, U. Mikrobiologi Air. Gramedia Pustaka Utama. Bandung. 1993.
6. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/MENKES/PER/IV/2010. Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
7. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 852/MENKES/SK/IX/2008. Tentang Strategi Nasional Sanitasi Total Berbasis Masyarakat.
8. Rekapitulasi Penderita Diare Di Sarana Kesehatan dan Kader Tahun 2011 Dinas Kesehatan Kabupaten Tegal.
9. Rekap Data Industri Tahun 2011 Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Tegal
10. UPTD Laboratorium Kesehatan Kabupaten Tegal. Hasil Pemeriksaan Bakteriologi Air Bersih Pada PDAM Kabupaten Tegal. 2012.
11. <http://publichealth-journal>. Standard Kesehatan Depot Air Minum Isi Ulang

## Pencemaran Mikrobiologi Pada Air Minum Isi Ulang

12. Suprihatin. Hasil Studi Kualitas Air Minum Depot Isi Ulang. Makalah Pada Seminar Sehari Permasalahan Depot Air Minum dan Upaya Pemecahannya, 1 Mei 2003. Airlangga Room Hyatt Regency, Surabaya.
13. BPOM RI. Keterangan Pers Badan POM RI No. KH. 00. 01. 4. 23. 2003. Tentang Hasil Pengujian Laboratorium Atas Kualitas Air Pada Depo Air Minum Isi Ulang. [http://www.pom.go.id/public\\_pers\\_release/default.asp](http://www.pom.go.id/public_pers_release/default.asp) (sitasi 18 September 2003).
14. Athena, Sukar, Hendro M., D Anwar M., Haryono. Kandungan bakteri total coli dan Eschericia coli air minum dari depot air minum isi ulang di Jakarta, Tangerang, dan Bekasi. Buletin Penelitian Kesehatan Vol. 32 No. 4. 2004.
15. UPTD Laboratorium Kesehatan Kabupaten Tegal. Laporan Hasil Pemeriksaan Mikrobiologi Air Minum Pada DAMIU Kabupaten Tegal. 2012.
16. Agustini, S. Analisa Risiko Bahaya Dan Identifikasi Titik Kendali Kritis Pada Industri Air Minum Kemasan Di Sumatera Selatan Dan Bangka. 2003.
17. Kabupaten Tegal Dalam Angka 2011
18. Peraturan MENKES RI No 416/MENKES/PER/IX/1990. Syarat-syarat dan Pengawasan Air Bersih.
19. Purwana, R. Pedoman dan Pengawasan Hygiene Sanitasi Depot Air Minum. Depkes RI – WHO. Jakarta. 2006.
20. Suparman dan Suparmin. Pembuangan Tinja dan Limbah Cair (Suatu Pengantar). Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 2002
21. Asfawi, S. Analisis Faktor Yang Berhubungan Dengan Kualitas Bakteriologis Air Minum Isi Ulang Pada Tingkat Produsen Di Kota Semarang. 2004.
22. Arie Ikhwan Saputra dan Imam Santosa. Penggunaan Alat Sterilisasi Air Minum Dengan Menggunakan Lampu Ultra Violetn(UV) Dalam Skala Rumah Tangga. Jurnal Kesehatan Lingkungan Ruwa Jurai. 2008; Vol 2, No 2
23. Iin Wahyuni Latif. Studi Kualitas Air Minum Isi Ulang Ditinjau Dari Proses Ozonisasi, Ultra Violet, Dan Reversed Osmosis Di Kecamatan Kota Tengah Dan Kecamatan Kota Selatan Kota Gorontalo 2012. Public Health Journal. 2012; Vol 1 No 1.
24. Maksun Radji, Heria Oktavia, Herman Suryadi. Pemeriksaan Bakteriologis Air Minum Isi Ulang Di Beberapa Depo Air Minum Isi Ulang Di Daerah Lenteng Agung Dan Srengseng Sawah Jakarta Selatan. Majalah Ilmu Kefarmasian; Vol V No 2, Agustus 2008, 101-109.