

---

**KADAR SISA CHLOR DAN KANDUNGAN BAKTERI *E.coli* PERUSAHAAN  
AIR MINUM TIRTA MOEDAL SEMARANG SEBELUM DAN SESUDAH  
PENGOLAHAN**

*Duta Andhika J.D<sup>1</sup>, Ir. Trijoko, M.S<sup>2</sup>, Yusniar Hanani D,STP, M.Kes<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Mahasiswa Peminatan Kesehatan Lingkungan  
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Staf Pengajar Peminatan Kesehatan Lingkungan  
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro

**ABSTRACT**

*Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa kadar sisa chlor dan kandungan bakteri E.coli yang ada dalam air hasil PDAM tirta moedal Semarang sebelum dan sesudah proses pengolahan Penelitian ini merupakan penelitian observasional, bila berdasarkan pendekatan waktunya merupakan penelitian cross sectional. Penelitian ini dilaksanakan selama 8 hari dengan besar sampel sebanyak 32 sampel, baik sampel air sebelum dan sampel air sesudah pengolahan di PDAM Tirta Moedal Semarang. Hasil penelitian kandungan bakteri E.coli sebelum pengolahan adalah 922,56 dan sesudah pengolahan adalah 7,28/100 ml sampel air, sedangkan kadar sisa chlor sebelum adalah 0,00 dan sesudah pengolahan adalah 0,13. Hasil uji statistik yang digunakan adalah Uji t sampel berpasangan yaitu suatu uji statistik untuk mengetahui perbedaan antara kandungan bakteri E.coli dan kadar sisa chlor sebelum dan sesudah pengolahan serta Uji korelasi Pearson untuk mengetahui hubungan antara kandungan bakteri E.coli dan kadar sisa chlor sesudah pengolahan. Dari hasil uji statistik diperoleh  $p = 0,000$  dengan  $\alpha = 0,05$ , pada kandungan bakteri E.coli dan kadar sisa chlor terdapat perbedaan yang bermakna antara kandungan bakteri E.coli dan kadar sisa chlor sebelum dan sesudah pengolahan. Ada hubungan antara kadar sisa chlor dan kandungan bakteri E.coli sesudah pengolahan. Namun demikian, kualitas air hasil PDAM tirta moedal Semarang belum memenuhi persyaratan kualitas sesuai dengan standar kualitas air minum. Dari hasil penelitian disarankan bahwa pengelola PDAM tirta moedal Semarang agar menambah pembubuhan koagulan dan filtrasi serta mengawasi jaringan perpipaan karena*

---

*kandungan bakteri E.coli masih tinggi, kepada masyarakat yang memanfaatkan air hasil olahan PDAM tirta moedal Semarang agar memasaknya terlebih dahulu. Mengingat air hasil PDAM tirta moedal Semarang sangat tergantung pada kualitas air bakunya, maka perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala.*

*Kata Kunci : air minum, kandungan bakteri E.coli dan kadar sisa chlor*

---

## **PENDAHULUAN**

Air adalah bagian dari kehidupan di permukaan bumi. Air bukan merupakan hal yang baru, karena kita ketahui bersama bahwa tidak ada satupun kehidupan di muka bumi ini dapat berlangsung tanpa adanya air. Oleh karena itu, air dikatakan benda mutlak yang sangat diperlukan dalam kehidupan makhluk hidup. Volume air dalam tubuh manusia rata - rata 65% dari total berat badannya dan volume tersebut sangat bervariasi pada masing – masing orang, bahkan juga bervariasi pada bagian – bagian tubuh seseorang. Beberapa organ tubuh manusia yang mengandung banyak air antara lain : otak 74%, tulang 22%, ginjal 82,7%, otot 75,6% dan darah 83%.

Kebutuhan manusia akan air sangat kompleks, antara lain untuk minum, masak, mandi, mencuci dan sebagainya. Menurut perhitungan WHO, di negara - negara maju tiap orang memerlukan air antara 60 – 120 liter perhari. Sedangkan di Negara

berkembang, termasuk Indonesia tiap orang memerlukan air antara 30 – 60 perhari. Selain memenuhi syarat kuantitas, penyediaan air minum bagi masyarakat juga harus memenuhi syarat kualitas yang meliputi syarat fisik, syarat bakteriologis, syarat kimia dan syarat radiologis dan juga tidak melewati nilai ambang batas yang telah ditetapkan. Sampai saat ini, air permukaan (sungai, mata air, waduk dan lain – lain) masih menjadi air baku bagi perusahaan air minum baik perusahaan pemerintah maupun swasta. Oleh karena permukaan air mudah terkontaminasi terutama bakteri, virus, jamur dan zat - zat kimia lain, maka harus diadakan pengawasan kualitas air minum yang diproduksi tetap terjaga.

Penyakit diare yang disebut *gastroenteritis*, masih merupakan salah satu masalah kesehatan yang utama bagi masyarakat Indonesia. Di Indonesia dapat ditemukan 60 juta kejadian setiap tahun penderita diare, 70 – 80% dari penderita ini adalah

anak balita (sekitar 40 juta kejadian). Kelompok ini setiap tahunnya mengalami lebih dari 1 kali kejadian diare. 1- 2% akan jatuh kedalam dehidrasi dan bila tidak segera di tolong 50 - 60% diantaranya DPT. PDAM Tirta Moedal merupakan salah satu Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) yang memberikan jasa pelayanan bagi masyarakat untuk memenuhi kebutuhan air bersih yang merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat. Jumlah masyarakat yang terus meningkat membuat tingkat permintaan akan air bersih meningkat, sehingga pelayanan PDAM harus dilakukan dengan baik sesuai dengan aturan sehingga dapat segera memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat. Maka peran PDAM Tirta Moedal menjadi semakin penting. Yaitu untuk mengetahui tentang bagaimana sistem pelayanan dilakukan PDAM Tirta Moedal Kota Semarang.

Berdasarkan data statistik PDAM Tirta MOEDAL, dari tahun ke tahun kebutuhan air di kota Semarang akan terus meningkat secara spesifik. Perbandingan jumlah konsumsi air dengan jumlah yang tersedia (dalam Liter/hari) pada tahun 2003=6500:2018; tahun 2009=9000:3300; dan diperkirakan

pada tahun 2015=12500:4800. Data di atas menunjukkan bahwa PDAM Tirta MOEDAL masih belum dapat memenuhi kebutuhan air masyarakat Kota Semarang. Namun, PDAM Tirta MOEDAL akan terus mengusahakan ketersediaan air bersih yang akan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Kita pasti tahu bahwa air mutlak dibutuhkan oleh makhluk hidup, karenanya diharapkan bagi semua warga, terutama di Kota Semarang dapat menghemat air dari sekarang.

#### **BAHAN DAN METODE**

Penelitian adalah ada hubungan sisa chlor dengan kandungan bakteriologis sesudah pengolahan air pada PDAM Tirta Moedal Semarang. merupakan penelitian *observasional*, dan menurut analisisnya bersifat analitik. Sedangkan bila ditinjau dari pendekatan waktu, penelitian ini merupakan penelitian *cross sectional* yaitu tiap subjek penelitian hanya di observasi pada kurun waktu tertentu dan pengukuran di lakukan pada saat penelitian.

Pengambilan sampel dilakukan pada sumur penampungan pada bagian atas dan bawah yang dijadikan sampel sebelum pengolahan, sedangkan setelah pengolahan adalah air minum hasil pengolahan yang ada

pada bak reservoir yang diperiksa secara bakteriologi dan kadar sisa *chlor*nya pada Laboratorium PDAM Tirta Moedal. Pada air baku, air hasil pengolahan masing-masing sampel yang diambil sebanyak 32 sampel. Pengambilan dilakukan setiap hari pada waktu pagi hari pukul 07.00 WIB dan sore hari pukul 16.00 WIB bahwa pada jam – jam tersebut perusahaan melakukan pengolahan air dan didistribusikan ke pelanggan serta mengalami replikasi sebanyak 8 kali. Jadi,  $8 \times 4 = 32$ .

Untuk pemeriksaan bakteriologi mensterilkan botol sampel air dengan botol sampel ukuran 200 ml di beri 5 tetes cairan 10 % larutan sodium tiosulfat, ditutup kapas dan diselimuti kertas coklat sampai ke leher botol serta diikat dengan tali lalu botol tersebut disterilkan dalam autoklave selama 30 menit pada temperatur 170°C.

Pengambilan sampel air dengan botol sampel yang sudah di sterilkan di buka dan dimasukan pada bak penampungan air dengan menggunakan tali. Setelah botol sampel benar – benar telah terisi dengan air, maka botol sampel ditarik atau dinaikan keatas dan ujung botol sampel disterilkan dengan api baru ditutup dengan kapas dan diikat lagi.

Untuk pemeriksaan kadar sisa *chlor*, sampel yang akan diteliti dimasukkan sampai batas yang ditentukan ( buat pada 2 tabung ), tabung blanko dan tabung sampel. Kemudian dicampurkan *Powder Pillow “DPD Free Chlorine”* ke dalam tabung sampel kocok hingga homogen. Setelah tercampur rata, kemudian dimasukan tabung blanko dan tabung sampel ke dalam komperator. Didapatkan sisa *chlor* yang ada pada indikator angka dengan mencocokkan tabung sampel ( diberi reagensia ) dengan blanko, baca sisa *chlor* yang ada pada tabung reaksi.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengolahan air yang dilaksanakan oleh PDAM Tirta Moedal Semarang adalah sebagai berikut : PDAM Tirta Moedal Semarang memperoleh air baku dari air sungai kali garang . Dari air sungai kali garang air dialirkan oleh pipa ke bak / tempat pengumpul. Setelah itu air dialirkan ke bak pengolahan ( bak chlorinasi ), selanjutnya air di pompa dengan menggunakan mesin ke bak reservoir, selanjutnya dari reservoir air di distribusikan ke pelanggan secara gravitasi.

Teknik pengolahan air yang digunakan oleh PDAM Tirta Moedal

Semarang melalui 4 ( empat ) tahap antara lain pengumpulan pada bak pengumpul, pembubuhan kaporit, dan reservoir dan selanjutnya di distribusikan ke pelanggan. Bahan kimia sebagai zat desinfektan yang digunakan untuk mengolah air pada PDAM Tirta Moedal Semarang adalah Kaporit bubuk dengan kandungan chlor aktif 60 %. Kaporit (  $\text{Ca}(\text{OCI})_2$  ) tersebut selanjutnya di campur dengan air dalam sebuah galon yang volumenya  $\pm$  250 liter dengan perbandingan 4 kg kaporit / 200 liter air. Pada bagian bawah galon tersebut di beri kran untuk mengeluarkan campuran chlor, banyaknya campuran

kaporit yang keluar dari kran sekitar 160 – 180 ml menit Campuran kaporit dalam galon tersebut diaduk – aduk setiap 1 ( satu ) jam sekali. Campuran ini dapat digunakan selama 4 – 5 hari, selanjutnya dapat dibuat campuran kaporit yang baru lagi dengan perbandingan semula.

Dalam pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium PDAM Tirta Moedal Semarang, dilakukan pemeriksaan bakteri *E. coli* dan pemeriksaan kadar sisa chlor. Pengambilan sampel dilakukan selama 8 hari yang dimulai dari tanggal 11 sampai dengan 18 April 2011.

Air Baku	Kandungan Kadar Chlor (rata-rata/ppm)	Kandungan Bakteri <i>E. coli</i> (rata-rata/100 ml)
Sebelum Pengolahan	0.00	922,56
Sesudah Pengolahan	0,13	7,28
Uji t Sampel	0,000	0,000

Persyaratan bakteriologis merupakan salah satu persyaratan yang terdapat dalam persyaratan kualitas air minum. Parameter yang digunakan dalam persyaratan bakteriologis ini adalah ada tidaknya bakteri *E.coli* dalam air minum tersebut. Bakteri *E. coli* berasal dari tinja. Oleh karena itu kehadiran bakteri

ini dalam berbagai tempat, mulai dari air minum, bahan makanan, ataupun bahan – bahan lain untuk keperluan manusia tidak diharapkan dan bahkan sangat di hindari. Olehnya itu *E. coli* dijadikan sebagai indikator untuk mengetahui apakah air telah tercemar oleh tinja manusia atau kotoran hewan.

Adanya kandungan bakteri *E.coli* dalam air dapat menimbulkan gangguan pada manusia terutama penyakit yang berhubungan dengan air antara lain : diare, filariasis, dysentri, malaria dan lain – lain. Olehnya itu, maka kandungan bakteri *E.coli* yang disyaratkan haruslah 0 / 100ml sampel air. Pada pemeriksaan kandungan bakteri *E.coli* air PDAM Tirta Moedal Semarang sebelum dan sesudah pengolahan di dapatkan adanya penurunan yang sangat bermakna dari air hasil pengolahan. Pada sampel air milik PDAM Tirta Moedal Semarang di dapatkan rata – rata kandungan bakteri *E.coli* sebelum pengolahan adalah 922,56 / 100 ml sampel air dan sesudah pengolahan sebesar 7,28 / 100 ml sampel air.

Penurunan kandungan bakteri *E.coli* pada pengolahan air minum PDAM Tirta Moedal Semarang didapatkan penurunan yang bermakna karena pada prinsipnya terdapat proses pemberian zat desinfektan berupa zat kaporit (  $\text{Ca}(\text{OCI})_2$  ) dengan kandungan chlor aktif sebesar 60%. Chlor adalah zat kimia yang sering dipakai karena harganya murah, dan masih mempunyai daya desinfektan sampai beberapa jam setelah pembubuhan. Zat selain dapat membasmi bakteri dan mikroorganisme

seperti amuba, ganggan dan lain – lain, klor dapat mengoksidasi ion – ion logam seperti  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , menjadi  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{Mn}^{4+}$ , dan memecah molekul organis seperti warna. Selama proses tersebut, chlor sendiri di reduksi sampai menjadi klorida (  $\text{Cl}^-$  ) yang tidak mempunyai daya desinfeksi.

Chlor berasal dari gas chlor  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NaOCl}$ ,  $\text{Ca}(\text{OCI})_2$  ( Kaporit ) atau larutan  $\text{HOCl}$  ( asam hipoklorit ). Breakpoin chlorination ( klorinasi titik retak ) adalah jumlah klor yang dibutuhkan sehingga : Semua zat yang dapat teroksidasi dapat dioksidasi, Amoniak hilang sebagai gas  $\text{N}_2$ , Masih ada residu klor aktif terlarut yang konsentrasinya dianggap perlu untuk pembasmian kuman – kuman.

Pada pemeriksaan kadar sisa chlor pada air PDAM Tirta Moedal Semarang sebelum dan sesudah pengolahan di dapatkan adanya peningkatan yang bermakna dari air hasil pengolahan. Pada sampel air milik PDAM Tirta Moedal Semarang di dapatkan rata – rata kadar sisa chlor sebelum pengolahan adalah 0,00 mg/l dan sesudah pengolahan sebesar 0,13 mg/l. Namun bila dibandingkan dengan nilai batas keamanan sisa chlor maka kadar sisa chlor sesudah pengolahan belum memenuhi syarat, kadar sisa chlor yang dibutuhkan dalam air

adalah 0,2 mg /l angka ini merupakan *margin of safety* ( nilai batas keamanan ) pada air untuk membunuh kuman patogen yang mengontaminasi pada saat penyimpanan dan pendistribusian air. Peningkatan kadar sisa chlor pada air minum hasil pengolahan PDAM Tirta Moedal Semarang didapatkan peningkatan yang bermakna karena pada prinsipnya terdapat proses pemberian zat desinfektan berupa zat kaporit (  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  ) dengan kandungan chlor aktif sebesar 60%.

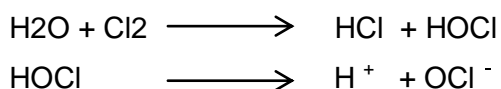
Air tidak boleh mengandung sesuatu bibit penyakit. Penyakit – penyakit yang sering menular dengan perantaraan air adalah penyakit yang tergolong dalam " *water born diseases* " yaitu : *cholera*, *typhus abdominalis*, *dysentri basiler* dan *dysentri amuba*, *heaptitis infektiosa*, *poliomyelitis anterior acuta* dan penyakit karena cacing. Oleh karena bibit penyakit keluar bersama faeces penderita maka air minum tidak boleh dikotori faeces manusia. Sebagai petunjuk bahwa air telah dikotori faeces manusia, adalah adanya bakteri *Escherichia Coli*, karena bakteri ini selalu terdapat dalam faeces manusia baik yang berasal dari orang sakit maupun sehat. Pada pemeriksaan kandungan bakteri *E. coli* dan kadar sisa chlor pada air

PDAM Tirta Moedal Semarang sesudah pengolahan di dapatkan adanya hubungan yang bermakna antara kandungan bakteri *E.coli* dan kadar sisa chlor dari air hasil pengolahan. Pada sampel air milik PDAM Tirta Moedal Semarang di dapatkan koefisien korelasi = -0,586 dengan peluang ( p )=0,00 dan  $\alpha$ . =0,05 maka  $p < \alpha$ . Hal ini berarti ada hubungan antara jumlah kandungan bakteri *E.coli* dengan jumlah kadar sisa chlor sesudah pengolahan. Syarat – syarat dan pengawasan kualitas air minum bahwa kadar maksimum yang dipebolehkan untuk *E. coli* adalah 0 / 100 ml sampel air. Hal ini berarti kandungan bakteri *E. coli* pada air minum hasil pengolahan PDAM Tirta Moedal Semarang belum memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Sedangkan kadar sisa chlor, bila mengacu pada angka *margin of safety* ( nilai batas keamanan ) belum memenuhi syarat yakni 0,2 mg /l. Klorinasi pada air bertujuan untuk mempertahankan sisa chlorin sebesar 0,2 mg/l di dalam air. Nilai tersebut merupakan *margin of safety* ( nilai batas keamanan ) pada air untuk membunuh kuman patogen yang mengontaminasi pada saat penyimpanan dan pendistribusian air. Chlorin di dalam air akan berubah



menjadi asam klorida. Zat ini kemudian dinetralkan oleh sifat basa dari air sehingga akan terurai menjadi ion hidrogen dan ion hipoklorit. Reaksinya sebagai berikut :



Chlorin sebagai desinfektan terutama bekerja dalam bentuk asam hipoklorit ( HOCl ) dan sebagian kecil dalam bentuk ion hipoklorit ( OCl<sup>-</sup> ). Chlorin dapat bekerja secara efektif sebagai desinfektan jika berada dalam air dengan pH 7. Jika nilai pH air lebih dari 8,5, maka 90 % dari asam hipoklorit itu akan mengalami ionisasi menjadi ion hipoklorit. Dengan demikian khasiat desinfektan yang dimiliki chlorin akan menjadi lemah atau berkurang. Chlor berasal dari gas chlor Cl<sub>2</sub>, NaOCl, Ca (OCl)<sub>2</sub> ( Kaporit ) atau larutan HOCl ( asam hipoklorit ). Breakpoint chlorination ( klorinasi titik retak ) adalah jumlah chlor yang dibutuhkan sehingga : semua zat yang dapat teroksidasi dapat dioksidasi, amoniak hilang sebagai gas N<sub>2</sub>, masih ada residu chlor aktif terlarut yang konsentrasinya dianggap perlu untuk pembasmian kuman – kuman.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Pengolahan air minum yang digunakan oleh PDAM Tirta Moedal Semarang adalah pengolahan sebagian ( *Partial Treatment Process* ) yakni meliputi penyaringan dan pembubuhan kapori ( desinfektan ).

Teknik pengolahan yang digunakan oleh PDAM Tirta Moedal Semarang dilakukan dengan menggunakan 4 teknik pengolahan mulai dari pengumpulan pada bak pengumpul, penyaringan, pengolahan (Chlorinasi ) dan reservoir sebelum airnya di distribusikan ke masyarakat. Adapun teknik chlorinasi yang digunakan adalah mencampurkan kaporit dan air kedalam galon besar yang berukuran 250 liter, dibagian bawah galon tersebut di beri kran. Banyaknya campuran kaporit yang keluar adalah 160 – 180 /menit.

Zat kimia yang digunakan sebagai desinfektan dalam pengolahan air PDAM Tirta Moedal Semarang adalah kaporit ( Ca(OCl)<sub>2</sub> ) bubuk dan dicampur dengan air, dengan perbandingan 4 kg kaporit/ 200 liter air.

Terjadi penurunan kandungan bakteri *E.coli* sebelum dan sesudah pengolahan, yakni dari rata – rata



922,56/100 ml sampel air sebelum pengolahan menjadi 7,28/100 ml sampel air sesudah pengolahan, akan tetapi air hasil PDAM Tirta Moedal Semarang belum memenuhi syarat sesuai dengan Kepmenkes No.907/Menkes/ SK/ VII/2002 tentang syarat – syarat dan pengawasan kualitas air minum.

Terjadi peningkatan kadar sisa chlor sebelum dan sesudah pengolahan yakni dari rata – rata 0,000 sebelum pengolahan menjadi 0,13 setelah pengolahan. Akan tetapi kadar chlor tersebut belum memenuhi nilai batas keamanan yang dianjurkan yakni sebesar 0,2 mg/l

Hasil Uji korelasi Pearson menghasilkan koefisien korelasi sebesar -0,586 dengan  $p = 0,00$  dan  $\alpha = 0,05$  sehingga  $p < \alpha$ , hal ini berarti ada hubungan yang signifikan antara kandungan bakteri *E.coli* dan kadar sisa chlor sesudah pengolahan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada direktur PDAM Tirta Moedal Semarang serta staf laboratorium yang telah

membantu dalam proses pengambilan data dan pengujian sampel air serta banyak membantu pada saat penelitian. Terimakasih kepada Seluruh staff dan jajaran di Kantor PDAM Tirta Moedal Semarang atas izin dan kesediaannya bagi peneliti untuk melakukan penelitian di Institusi tersebut. Dan terimakasih pula pada rekan – rekan yang telah membantu selama proses penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Chandra. 2007. Air dan Kesehatan. Rineka Cipta. Surabaya.
2. Notoatmodjo, Soekidjo. 2003. *Ilmu Kesehatan Masyarakat*, Jakarta : Rineka Cipta.
3. [http://www.mer-c/mc/ina/ikes\\_0304\\_diare.htm](http://www.mer-c/mc/ina/ikes_0304_diare.htm) diakses 25 februari 2011-03-01
4. Profil PDAM Tirta Moedal, 2010
5. Suriawiria, Unus, 2005. *Air Dalam Kehidupan Dan Lingkungan Yang Sehat*, Bandung : PT. Alumni
6. Allaerts, G dan Sumesti, Sri 1987 , *Metode Penelitian Air* Surabaya : Usaha Nasional