

## PENGARUH KADAR KLORIN TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* PADA AIR BAKU

Yulianti <sup>1)</sup>, Joelianingsih <sup>1)</sup>

1) Program Studi Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia

Email: [yuliantii179@gmail.com](mailto:yuliantii179@gmail.com) ; [joelia.ningsih@iti.ac.id](mailto:joelia.ningsih@iti.ac.id)

### Abstrak

Air merupakan kebutuhan penting yang kualitasnya harus dijaga agar aman dan layak dikonsumsi. Salah satu parameter penting dalam penentuan kualitas air baku adalah keberadaan bakteri *Escherichia coli* yang menandakan adanya pencemaran feses dan berpotensi membahayakan kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kadar klorin terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada air baku di salah satu pabrik air minum. Proses desinfeksi dilakukan dengan penambahan larutan klorin pada konsentrasi 2;2,5;3;3,5 dan 4 mg/L, kemudian jumlah koloni *Escherichia coli* dianalisis menggunakan metode membran filter dengan media Chromocult Coliform Agar (CCA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada sampel tanpa penambahan klorin terdapat 5 koloni/100 mL. Setelah penambahan klorin 2 mg/L, jumlah *Escherichia coli* menurun menjadi 2 koloni/100 mL, sedangkan pada konsentrasi  $\geq 2,5$  mg/L jumlah koloni mencapai 0 koloni/100 mL. Kondisi pH (6,70-6,87) dan suhu (26-28°C) tetap berada pada rentang normal sehingga tidak menghambat efektivitas desinfeksi. Dengan demikian, konsentrasi klorin optimum 2,5 mg/L terbukti efektif untuk menurunkan bakteri *Escherichia coli* hingga memenuhi standar air baku mutu air minum sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017. Hasil ini dapat dijadikan dasar penentuan dosis optimum klorin dalam proses pengolahan air baku agar aman dan layak dikonsumsi.

**Kata kunci:** air baku, *Escherichia coli*, klorin, desinfeksi

### Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang banyak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari makhluk hidup, terutama untuk kebutuhan konsumsi. Upaya pemenuhan kebutuhan air oleh manusia dipenuhi melalui proses pengambilan air dari sumber-sumber seperti sungai, danau, mata air, atau air tanah [1]. Namun demikian, tidak semua sumber air memenuhi standar kualitas maka dari itu kualitas air baku harus memenuhi persyaratan fisik, kimia, dan mikrobiologi agar aman dikonsumsi. Salah satu parameter mikrobiologi yang wajib diawasi adalah keberadaan bakteri *Escherichia coli*. Bakteri ini menjadi indikator pencemaran yang dapat membahayakan kesehatan jika terkonsumsi oleh manusia, karena dapat menimbulkan penyakit pada saluran pencernaan seperti diare.

Keberadaan bakteri *Escherichia coli* di dalam sistem penyediaan air minum telah menjadi masalah yang serius sejak lama. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 batas aman kandungan *Escherichia coli* dalam air baku untuk keperluan air minum adalah 0 koloni/100 mL sampel [2]. Namun kenyataannya, masih banyak sumber air baku baik dari sungai, mata air, maupun air tanah yang mengandung bakteri *Escherichia coli* melebihi ambang batas. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pengolahan agar aman dan layak dikonsumsi.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan proses desinfeksi agar air baku aman dan layak dikonsumsi. Salah satu metode desinfeksi yang paling banyak digunakan adalah klorinasi. Klorin dipilih karena efektif pada konsentrasi rendah, mudah diaplikasikan, relatif murah, serta memiliki efek residual yang mampu mencegah kontaminasi ulang selama proses pengolahan. Meski demikian, penggunaan dosis klorin yang tidak tepat dapat menimbulkan permasalahan baru, seperti terbentuknya bau dan rasa yang tidak sedap, serta risiko adanya sisa klorin yang melebihi batas aman. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi optimum klorin yang efektif untuk menurunkan jumlah bakteri hingga memenuhi standar baku mutu air minum. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar penentuan dosis optimum klorin dalam pengolahan air sehingga aman dan layak dikonsumsi sesuai ketentuan yang berlaku.

### Studi Pustaka

Air baku merupakan salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air minum, kemudian air baku dapat diambil dari berbagai sumber yang sesuai dengan baku mutu. Kuantitas air baku harus tersedia dalam jumlah yang banyak agar dapat memenuhi kebutuhan air masyarakat. Air baku memiliki berbagai klasifikasi kelas sesuai dengan proses pengolahannya, oleh karena itu perlu diperhatikan tentang klasifikasi kelas air baku yang akan digunakan.

Klorin merupakan unsur yang sangat reaktif dan cenderung membentuk senyawa dengan unsur-unsur lainnya. Pada suhu kamar dan tekanan normal klorin adalah gas berwarna kuning kehijauan, klorin juga salah satu senyawa kimia yang banyak digunakan dalam proses disinfeksi air karena kemampuannya sebagai oksidator kuat. Dalam air, klorin bereaksi membentuk asam hipoklorit ( $\text{HOCl}$ ) dan ion hipoklorit ( $\text{OCl}^-$ ), di mana  $\text{HOCl}$  memiliki daya disinfeksi lebih tinggi [3]. Mekanisme kerjanya adalah dengan merusak dinding sel, mengoksidasi enzim, serta mengganggu metabolisme mikroorganisme sehingga menyebabkan kematian sel. Efektivitas klorin dipengaruhi oleh pH, suhu, kadar organik, serta waktu kontak. Konsentrasi yang terlalu rendah dapat menyebabkan disinfeksi tidak optimal, sedangkan konsentrasi berlebih berpotensi menimbulkan rasa, bau, dan pembentukan produk samping berbahaya seperti trihalometana (THM) [4].

*Escherichia coli* adalah bakteri indikator yang digunakan untuk menilai kualitas mikrobiologi air. Keberadaan *Escherichia coli* di dalam air menunjukkan adanya kontaminasi fekal, karena bakteri ini normalnya hidup di saluran pencernaan manusia maupun hewan. Jika terkonsumsi oleh manusia melalui air minum, dapat menyebabkan penyakit infeksi saluran pencernaan seperti diare [5].

### Metodologi Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar klorin terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada air baku. Sampel air baku diperoleh dari salah satu pabrik air minum dalam kemasan (AMDK). Variasi kadar klorin yang digunakan yaitu 2; 2,5; 3; 3,5; dan 4 mg/L setiap perlakuan dilakukan pada 1 L sampel dengan penambahan larutan klorin sesuai dosis yang dihitung menggunakan persamaan pengenceran. Setelah tercampur semua, dilakukan pengukuran kadar sisa klorin menggunakan spektrofotometer portable untuk memastikan konsentrasi sesuai. Selama proses berlangsung, pH dan suhu air juga diukur dengan pH meter dan termometer untuk mengetahui kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi efektivitas disinfeksi.

Pengujian jumlah bakteri *Escherichia coli* dilakukan dengan metode membran filter menggunakan media Chromocult Coliform Agar (CCA) mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 3554:2015 tentang Air Minum Dalam Kemasan Cara Uji Mikroba. Sebanyak 100 mL sampel disaring menggunakan membran filter berukuran 0,45 mikron dengan bantuan pompa vakum. Membran yang telah menyaring sampel kemudian dipindahkan secara aseptik ke dalam cawan petri yang sudah berisi media CCA. Selanjutnya, sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Koloni *Escherichia coli* ditandai dengan warna biru violet pada permukaan media, kemudian dihitung jumlah koloninya pada setiap variasi perlakuan [6].

Hasil pengamatan jumlah koloni *Escherichia coli* pada setiap perlakuan dibandingkan dengan sampel kontrol tanpa penambahan klorin untuk menentukan efektivitas masing-masing dosis. Konsentrasi minimum yang menghasilkan jumlah koloni 0 koloni/100 mL ditetapkan sebagai dosis efektif. Hasil analisis kemudian digunakan untuk menilai pengaruh variasi kadar klorin terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada air baku.

### Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian pada air baku sebelum dan sesudah ditambahkan klorin dapat dilihat pada tabel 1:

**Tabel 1. Jumlah Bakteri *Escherichia Coli* Sebelum dan Sesudah diberi Klorin**

<b>Sampel</b>	<b>Jumlah bakteri <i>Escherichia coli</i> sebelum diberi klorin</b>	<b>Kadar klorin dalam air baku (mg/L)</b>	<b>Jumlah bakteri <i>Escherichia coli</i> sesudah diberi klorin (CFU)</b>
Air Baku	5	2	2
		2,5	0
		3	0
		3,5	0
		4	0

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada sampel air baku yang belum ditambahkan klorin terdapat 5 koloni bakteri *Escherichia coli* dalam setiap 100 mL sampel. Hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa air baku tersebut melebihi ambang batas berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang standar Baku Mutu Kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan Higiene Sanitasi sebesar 0 koloni/100 mL sampel. Setelah diberi perlakuan dengan penambahan konsentrasi klorin 2 mg/L, jumlah bakteri *Escherichia coli* menurun menjadi 2 koloni/100 mL. Sementara itu, pada konsentrasi klorin 2,5 mg/L hingga 4 mg/L, jumlah bakteri tidak terdeteksi lagi yaitu 0 koloni/100 mL.

Terdeteksinya bakteri *Escherichia coli* pada sampel merupakan indikator bahwa terdapat mikroba yang bersifat toksigenik atau enteropatogenik serta menandakan bahwa air tersebut tercemar oleh feses manusia yang dapat berdampak buruk terhadap kesehatan manusia. Mengonsumsi air yang sudah terkontaminasi bakteri *Escherichia coli* dapat membahayakan kesehatan karena bakteri ini dapat menyebabkan berbagai gangguan pencernaan, seperti diare, mual, dan sakit perut.

Hasil uji pH dan suhu pada keseluruhan sampel dapat dilihat pada tabel 2:

**Tabel 2. Hasil Uji pH dan Suhu Air Baku**

<b>Sampel (Air Baku)</b>	<b>pH</b>	<b>Suhu (°C)</b>
Sampel sebelum diberi klorin	6,87	26
2	6,81	26
Sampel kadar klorin dalam air baku (mg/L)	2,5	6,76
	3	6,81
	3,5	6,70
	4	6,77

Hasil uji pH pada tabel 2 menunjukkan kisaran angka 6,70 - 6,87. Hasil pH tersebut menunjukkan nilai pH normal pada air baku. Pada pH netral hingga sedikit asam (6,5-7,5), klorin lebih banyak berada dalam bentuk asam hipoklorit (HOCl) yang merupakan bentuk paling aktif dalam membunuh mikroorganisme seperti *Escherichia coli* (Sugiarti, 2011)<sup>[7]</sup>. Sementara air dengan nilai pH lebih tinggi dari 7 rentan menyebabkan munculnya kerak pada pipa serta kurang optimal dalam membunuh mikroorganisme karena HOCl akan berubah menjadi ion hipoklorit (OCl<sup>-</sup>) yang memiliki daya disinfeksi lebih rendah. Suhu pada keseluruhan sampel berkisar antara 26°C - 28°C. Apabila suhu pada air tinggi dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen pada air.

Secara teori, reaksi antara klorin dan air akan menghasilkan ion hidrogen (H<sup>+</sup>), yang memungkinkan untuk menurunkan pH air. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Namun, dalam penelitian ini perubahan pH setelah penambahan klorin tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan kemungkinan oleh beberapa faktor seperti penambahan klorin dalam jumlah kecil yaitu antara 4 hingga 8 mL. Saat klorin dilarutkan dalam air, kemudian bereaksi membentuk asam hipoklorit (HOCl) dan ion hidrogen (H<sup>+</sup>), yang secara teoritis dapat menurunkan

pH air. Namun, karena jumlah klorin yang ditambahkan sedikit maka jumlah ion  $H^+$  yang terbentuk pun terbatas sehingga tidak cukup kuat untuk menurunkan pH. Selain itu, penurunan pH yang tidak signifikan kemungkinan disebabkan karena klorin terlebih dahulu bereaksi dengan bakteri *Escherichia coli* sebelum bereaksi dengan air. Dalam proses ini, sebagian besar klorin digunakan untuk oksidasi sel bakteri tanpa menghasilkan banyak ion  $H^+$ . Sisa klorin yang bereaksi dengan air pun terbatas, sehingga jumlah ion  $H^+$  yang terbentuk sedikit dan tidak cukup banyak menurunkan pH. Adapun perubahan pH yang naik turun selama pengamatan juga bisa disebabkan oleh ketidakstabilan alat ukur pH atau alat yang belum dikalibrasi dengan baik. Kombinasi faktor-faktor inilah yang menyebabkan nilai pH air hanya mengalami sedikit penurunan selama proses disinfeksi berlangsung.

Berdasarkan hasil tersebut, dilakukan pengukuran sisa klorin setelah penambahan klorin awal yang dapat dilihat pada tabel 3:

**Tabel 3. Kadar Sisa Klorin Air Baku**

Sampel	Kadar klorin dalam air baku (mg/L)	Kadar sisa klorin (mg/L)
Air Baku	2	0,15
	2,5	0,22
	3	0,31
	3,5	0,36
	4	0,39

Berdasarkan tabel 3 semakin tinggi konsentrasi klorin yang ditambahkan ke dalam air baku maka kadar sisa klorin yang terukur juga meningkat. Penambahan klorin 2,5 mg/L menghasilkan sisa klorin sebesar 0,22 mg/L pada air baku. Nilai tersebut memang lebih tinggi dari ambang batas sisa klorin pada air minum dalam kemasan yaitu tidak lebih dari 0,1 mg/L, namun masih dapat dikategorikan efektif karena air baku ini belum melalui tahap filtrasi karbon aktif. Pada tahap ini, sisa klorin akan teradsorpsi oleh karbon aktif sehingga kadar klorin terserap sempurna oleh karbon aktif dan tidak meninggalkan residu pada produk akhir. Dengan demikian, dosis 2,5 mg/L optimum menurunkan jumlah mikroorganisme dan menjaga kadar sisa klorin dalam batas aman setelah melalui seluruh tahapan pengolahan.

Hasil penelitian ini sedikit lebih cepat dalam menurunkan bakteri *Escherichia coli*, yaitu sudah efektif pada dosis 2,5 mg/L. Hal ini bisa disebabkan oleh karakteristik air baku yang berbeda, seperti kandungan zat organik, pH, suhu air, dan tingkat kekeruhan. Semakin rendah kandungan organik dan kekeruhan, maka klorin lebih efektif karena tidak banyak bereaksi dengan bahan-bahan organik sebelum menyerang target mikroorganismenya.

Penelitian ini membuktikan bahwa penambahan klorin efektif dalam menurunkan populasi bakteri *Escherichia coli* pada air baku. Klorin bekerja sebagai oksidator kuat yang dapat merusak dinding sel bakteri, menginaktivasi enzim-enzim penting dalam sel, dan merusak materi genetik bakteri sehingga aktivitas biologisnya berhenti. Mekanisme disinfeksi klorin terhadap bakteri *Escherichia coli* terutama melalui senyawa hipoklorit ( $HOCl$ ) yang lebih efektif dibandingkan ion hipoklorit ( $ClO^-$ ) pada pH netral hingga sedikit asam (6,5-7,5).

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, peningkatan kadar klorin terbukti berpengaruh terhadap penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* pada air baku. Sampel tanpa penambahan klorin mengandung 5 koloni/100 mL, sedangkan pada konsentrasi 2 mg/L jumlahnya menurun 2 koloni/100 mL. Pada konsentrasi  $\geq 2,5$  mg/L, bakteri *Escherichia coli* tidak lagi terdeteksi sehingga air telah memenuhi persyaratan kualitas mikrobiologi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi minimal klorin 2,5 mg/L efektif untuk menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* hingga tidak terdeteksi, sehingga dosis tersebut dapat dijadikan acuan dalam proses pengolahan air baku agar aman dan layak dikonsumsi.

**Daftar Pustaka**

- [1] Supriyadi., Indro, S., Indah, H. 2016. Pengaruh Kadar Klorin Pada Pertumbuhan Bakteri Coliform Total Dan Escherichia Coli Pada Sungai Kreo, Sungai Garang Dan Sungai Tugu Suharto. (12), 30-35.
- [2] Kemenkes RI. 2017. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 32 Tahun 2017. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- [3] Sofia, Elma., Riduan, Rony., Abdi, Chairul. 2015. Evaluasi Keberadaan Sisa Klor Di Jaringan Distribusi IPA Sungai Lulut PDAM Bandarmasih. Jurnal Teknik Lingkungan. (1), 33-52.
- [4] Josopandojo, Bernandet., Purnomo, Alfan. 2020. Studi Kemampuan Instalasi Pengolahan Air untuk Meminimalisasi Trihalometana (Studi Kasus IPA Siwalanpanji Kabupaten Sidoarjo). Jurnal Teknik ITS. (9), 2.
- [5] Patmawati., Sukmawati. 2020. Pengaruh Dosis Klorin Terhadap Coliform Wai Sauq Bantaran Sungai Mandar. Jurnal Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. (6), 27-30.
- [6] Badan Standardisasi Nasional. 2015. Air Minum Dalam Kemasan – Cara Uji Mikroba. SNI 3554:2015. Jakarta: BSN.
- [7] Sugiarti. 2011. Analisis Pengaruh Jarak Pengaliran, pH, Suhu, Tekanan, dan Kandungan Besi terhadap Konsentrasi Sisa Klorin dan Koloni Coliform pada Sumber Air Wendit PDAM Kota Malang. Universitas Brawijaya.