

Penerapan Natrium Hipoklorit untuk Penurunan *Escherichia coli* Pada Air Sumur Pondok Pesantren Mamba'ul Hisan, Combong

Application of Sodium Hypochlorite to Reduce Escherichia coli in Well Water at Mamba'ul Hisan Islamic Boarding School, Combong

Ngainul Yaqin^{1 *}, Ahmad Syauqi^{2 **}, Hamdani Dwi Prasetyo³

¹²³Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, Malang 65144, Indonesia

ABSTRAK

Air sumur merupakan sumber utama air bersih yang banyak digunakan di lingkungan pondok pesantren. Namun, kualitas mikrobiologisnya sering tidak memenuhi standar kesehatan akibat kontaminasi bakteri indikator pencemaran fekal seperti *Escherichia coli*. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa Natrium Hipoklorit (NaOCl) efektif menurunkan jumlah coliform dan *Escherichia coli*, tetapi umumnya menggunakan air sungai dan konsentrasi NaOCl yang relatif tinggi. Kajian mengenai penggunaan NaOCl berkonsentrasi rendah pada air sumur dengan mempertimbangkan residu klorin dan pH sebagai indikator keamanan masih terbatas. Hasil pengujian awal air sumur Pondok Pesantren Mamba'ul Hisan Combong menunjukkan adanya kontaminasi *Escherichia coli*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi konsentrasi NaOCl terhadap jumlah *Escherichia coli*, Total Coliform, residu klorin, dan pH serta menentukan konsentrasi NaOCl yang paling optimal dan aman untuk desinfeksi air sumur. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas lima perlakuan, yaitu kontrol (0 ppm), 0,5 ppm, 1 ppm, 1,5 ppm, dan 2 ppm NaOCl dengan tiga kali ulangan. Pengujian *Escherichia coli* dilakukan menggunakan metode Petrifilm setelah waktu kontak 10 menit. Data dianalisis menggunakan uji Shapiro-Wilk, Levene, dan Kruskal-Wallis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi NaOCl berpengaruh signifikan terhadap jumlah *Escherichia coli* ($p=0,008$) dan total coliform ($p=0,026$), serta nilai residu klorin (0,2-0,4 mg/L), pH (7,1-6,6), dan suhu 25°C. Konsentrasi 1,5 ppm merupakan konsentrasi paling optimal berdasarkan efektivitas penurunan bakteri *Escherichia coli*, total coliform, residu klorin, dan pH. Penelitian ini menunjukkan bahwa NaOCl efektif sebagai metode desinfeksi sederhana untuk meningkatkan kualitas mikrobiologis air sumur.

Kata kunci: air sumur, desinfeksi, *Escherichia coli*, Natrium Hipoklorit (NaOCl), pondok pesantren.

ABSTRACT

Well water is the primary source of clean water widely used in Islamic boarding schools. However, its microbiological quality often fails to meet health standards due to contamination by fecal indicator bacteria such as *Escherichia coli*. Previous studies have demonstrated that sodium hypochlorite (NaOCl) is effective in reducing coliforms and *E. coli*; however, these studies generally used river water and relatively high NaOCl concentrations. Studies investigating the use of low-concentration NaOCl for well water disinfection while considering chlorine residual and pH as safety indicators remain limited. Preliminary testing of well water from Mamba'ul Hisan Combong Islamic Boarding School revealed the presence of *E. coli* contamination. This study aimed to analyze the effect of different NaOCl concentrations on *Escherichia coli*, total coliforms, chlorine residual, and pH, as well as to determine the most effective and safe NaOCl concentration for well water disinfection. An experimental study using a Completely Randomized Design (CRD) was conducted with five treatment groups: control (0 ppm), 0.5 ppm, 1.0 ppm, 1.5 ppm, and 2.0 ppm NaOCl, each with three replications. *E. coli* was analyzed using the Petrifilm method after a contact time of 10 minutes. The data were analyzed using the Shapiro-Wilk, Levene's, and Kruskal-Wallis tests. The results showed that NaOCl concentration significantly affected *E. coli* ($p = 0.008$) and total coliform counts ($p = 0.026$), as well as chlorine residual (0.2–0.4 mg/L), pH (7.1–6.6), while the water temperature remained constant at 25°C. A concentration of 1.5 ppm was identified as the optimal concentration based on its effectiveness in reducing *E. coli* and total coliforms while maintaining acceptable chlorine residual and pH levels. These findings demonstrate that NaOCl is an effective and practical disinfection method for improving the microbiological quality of well water.

Keywords: well water, disinfection, *Escherichia coli*, sodium hypochlorite (NaOCl), Islamic boarding school.

doi:10.33474/j.sa.v9i1.18842.

Riwayat Naskah:

Diterima Tanggal 30 Juni 2026, Disetujui 20 Juli 2026, Diterbitkan 21 Juli 2026

^{*} Ngainul Yaqin, Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Malang, Jl. MT. Haryono No. 193, Malang 65144. Telp. 085608936459 and E-mail: 901masngainul@gmail.com

^{**} Ir. Ahmad Syauqi, M. Si., Program Studi Biologi FMIPA UNISMA, Jl. MT. Haryono No. 193, Malang 65144. E-mail: syauqi.fmipa@unisma.ac.id

Pendahuluan

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang harus memenuhi persyaratan fisika, kimia, dan mikrobiologis agar aman digunakan dalam kehidupan sehari-hari [1]. Salah satu indikator kualitas mikrobiologis air adalah tidak ditemukannya *Escherichia coli* dan Total Coliform karena keberadaan kedua bakteri tersebut menunjukkan adanya kontaminasi fekal yang berpotensi menyebabkan penyakit berbasis air [2]. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 [3], air layak konsumsi harus mengandung 0 CFU/100 mL *Escherichia coli* dan Total Coliform. Permasalahan ini menjadi penting di lingkungan pondok pesantren yang umumnya masih memanfaatkan air sumur sebagai sumber air bersih untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Hasil pengujian awal oleh Dinas Kesehatan Kota Blitar tahun 2025 terhadap air sumur Pondok Pesantren Mamba'ul Hisan Combong menunjukkan kandungan *Escherichia coli* sebesar 9 CFU/100 mL dan Total Coliform sebesar 148 CFU/100 mL yang melebihi baku mutu mikrobiologis dan memerlukan upaya pengolahan sebelum digunakan.

Salah satu metode yang banyak diterapkan untuk meningkatkan kualitas mikrobiologis air adalah klorinasi menggunakan Natrium Hipoklorit (NaOCl). NaOCl membentuk asam hipoklorit (HOCl) dalam air yang berperan sebagai oksidator kuat sehingga mampu merusak membran sel, protein, dan materi genetik mikroorganisme hingga menyebabkan kematian sel bakteri [4]. Selain efektif, NaOCl relatif mudah diaplikasikan, ekonomis, serta menghasilkan residu klorin yang dapat memberikan perlindungan terhadap kontaminasi ulang [5]. Beberapa penelitian melaporkan bahwa NaOCl efektif menurunkan kontaminasi mikrobiologis pada air limbah maupun kondisi laboratorium [6,7]. Namun, penelitian mengenai penerapan NaOCl pada air sumur yang digunakan langsung di lingkungan pondok pesantren masih terbatas terutama yang mengevaluasi efektivitas penurunan *Escherichia coli* dan Total Coliform sekaligus mempertimbangkan parameter keamanan berupa pH dan residu klorin. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya penelitian untuk memperoleh konsentrasi NaOCl yang tidak hanya efektif sebagai desinfektan, tetapi juga aman diterapkan pada sumber air yang digunakan masyarakat.

Penentuan konsentrasi optimum serta pemantauan residu klorin dan pH menjadi aspek penting dalam penerapannya. Selain itu, upaya tersebut perlu diintegrasikan dengan perbaikan sanitasi dan edukasi perilaku hidup bersih dan sehat agar kualitas air bersih di lingkungan pondok pesantren dapat terjaga secara berkelanjutan. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas variasi konsentrasi Natrium Hipoklorit dalam menurunkan jumlah *Escherichia coli* dan Total Coliform pada air sumur Pondok Pesantren Mamba'ul Hisan Combong, mengevaluasi perubahan pH dan residu klorin setelah perlakuan, serta menentukan konsentrasi NaOCl yang paling optimal dan aman sesuai dengan standar kualitas air.

Material dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air sumur 100 mL, larutan stok Natrium Hipoklorit (NaOCl) dengan konsentrasi 18% setara Cl_2 , alkohol swab, dan 3M Petrifilm EC Plate.

Alat yang digunakan sebagai berikut: Sarung tangan latex, masker, *hand rub*, kapas, kertas, lampu bunsen, pemantik api, batang pengaduk steril, gelas ukur 100 mL steril, spidol, autoklaf, Inkubator 35°C, Laminar Air Flow, Colony counter, botol sampel steril, mikropipet beserta *blue tip* steril, klorin meter (analog), *pH meter 3in1*, kertas label, jas lab, dan *cool box*.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu eksperimental dengan rancangan penelitian berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL). Rancangan percobaan yang diterapkan menggunakan lima perlakuan, terdiri atas satu kelompok kontrol (0 ppm) dan empat kelompok perlakuan (0,5; 1; 1,5; dan 2 ppm). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi Natrium Hipoklorit (ppm), sedangkan variabel terikat adalah jumlah bakteri *Escherichia coli* dan Total Coliform yang dinyatakan dalam satuan CFU/mL. Variabel kontrol meliputi volume sampel air, waktu kontak disinfektan, dan suhu inkubasi. Serta data pendukung berupa residu klorin, pH, dan suhu. Setiap perlakuan dilakukan dengan tiga kali ulangan sehingga total unit percobaan berjumlah 15 unit.

Cara Kerja

Sterilisasi: Seluruh peralatan yang digunakan untuk pengambilan sampel dan pengujian mikrobiologi, seperti botol sampel, gelas ukur, batang pengaduk, dan *blue tip* disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15–20 menit untuk mencegah kontaminasi selama penelitian.

Pengambilan Sampel Air: Sampel air sumur diambil secara aseptik dari Pondok Pesantren Mamba'ul Hisan Combong, Kecamatan Garum, Kabupaten Blitar menggunakan botol steril berkapasitas 100 mL. Sebelum pengambilan sampel, air dialirkan selama 2–3 menit agar diperoleh sampel yang representatif. Sampel kemudian disimpan dalam *cool box* dan segera dibawa ke Laboratorium Terpadu Universitas Islam Malang untuk dianalisis.

Perlakuan Natrium Hipoklorit: Larutan kerja Natrium Hipoklorit (NaOCl) dibuat dari larutan stok berkonsentrasi 18% (sebagai Cl₂) hingga diperoleh larutan kerja 1.800 ppm. Perlakuan terdiri atas lima konsentrasi, yaitu 0 ppm (kontrol), 0,5 ppm, 1 ppm, 1,5 ppm, dan 2 ppm. Sebanyak 100 mL sampel air diberi perlakuan NaOCl sesuai konsentrasi yang ditentukan berdasarkan persamaan pengenceran ($M_1V_1 = M_2V_2$), kemudian dihomogenkan dan didiamkan selama 10 menit pada suhu ruang sebagai waktu kontak desinfeksi [7]

Pengujian Mikrobiologi Air: Setelah waktu kontak selesai, sebanyak 1 mL sampel diinokulasikan pada media *3M Petrifilm EC Plate* dan diinkubasi pada suhu 35°C selama 48 jam. Koloni *Escherichia coli* dan Total Coliform dihitung menggunakan *colony counter* berdasarkan karakteristik koloni pada media Petrifilm, kemudian dinyatakan dalam satuan CFU/mL [8].

Perhitungan Koloni: Koloni bakteri dihitung berdasarkan karakteristik koloni dengan warna biru serta gelembung gas untuk *Escherichia coli* dan merah untuk total coliform di kertas film kemudian dinyatakan dalam satuan CFU/mL.

Pengujian Parameter Pendukung: Parameter pendukung berupa residu klorin, pH, dan suhu diukur setelah proses desinfeksi menggunakan klorin meter dan *pH meter 3in1*. Data hasil pengukuran digunakan untuk mengevaluasi keamanan penggunaan Natrium Hipoklorit sebagai desinfektan pada air sumur.

Analisis Data: Data dianalisis menggunakan *IBM SPSS Statistics versi 32*. Pengaruh variasi konsentrasi Natrium Hipoklorit terhadap jumlah *Escherichia coli* dan Total Coliform dianalisis menggunakan uji nonparametrik Kruskal–Wallis dengan taraf signifikansi $p < 0,05$, sedangkan data pH, residu klorin, dan suhu dianalisis secara deskriptif.

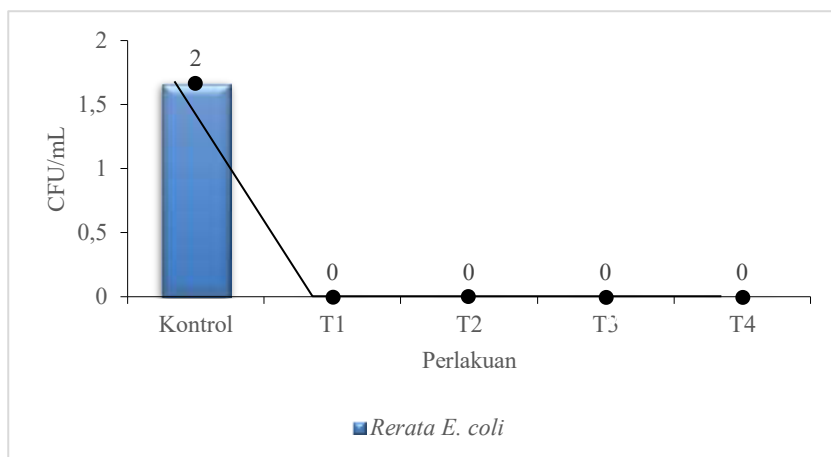
Hasil dan Diskusi

Efektivitas Variasi Konsentrasi NaOCl terhadap Penurunan *E. coli* dan Total Coliform: Rerata jumlah *Escherichia coli* dan total coliform setelah pemberian berbagai konsentrasi Natrium Hipoklorit (NaOCl) pada air sumur Pondok Pesantren Mamba'ul Hisan Combong disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

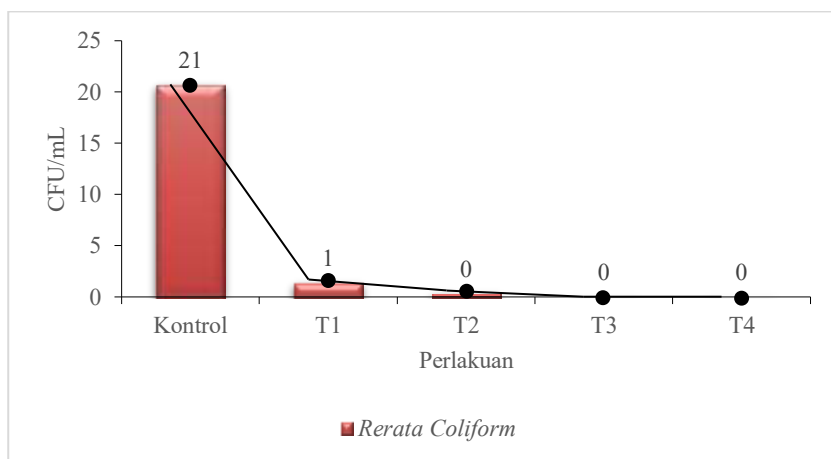
Pada perlakuan kontrol (0 ppm), rerata *Escherichia coli* masih ditemukan sebesar 2 CFU/mL. Setelah pemberian NaOCl dengan konsentrasi 0,5; 1; 1,5; dan 2 ppm, *Escherichia coli* tidak lagi terdeteksi (0 CFU/mL). Hasil uji Kruskal–Wallis menunjukkan bahwa variasi konsentrasi NaOCl berpengaruh signifikan terhadap jumlah *Escherichia coli* ($p = 0,008$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi NaOCl terendah yang digunakan dalam penelitian ini telah mampu menginaktivasi seluruh *Escherichia coli* pada sampel air sumur. Hasil ini sejalan dengan penelitian Umma dkk. (2025) yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOCl meningkatkan efektivitas penurunan bakteri indikator pada air.

Kemampuan NaOCl dalam menurunkan *Escherichia coli* berkaitan dengan pembentukan asam hipoklorit (HOCl) ketika NaOCl dilarutkan dalam air. Asam hipoklorit (HOCl) merupakan bentuk klorin aktif yang paling efektif sebagai desinfektan karena bersifat netral sehingga lebih mudah berdifusi menembus membran sel bakteri dibandingkan ion hipoklorit (OCl⁻) yang bermuatan negatif. Setelah memasuki sitoplasma, HOCl mengoksidasi gugus sulfhidril (-SH) pada protein dan enzim esensial sehingga aktivitas enzim terganggu dan proses respirasi sel terhenti. Selain itu, HOCl juga menyebabkan oksidasi lipid membran dan kerusakan materi genetik yang menghambat replikasi DNA. Kerusakan

oksidatif yang terjadi secara bersamaan menyebabkan membran sel kehilangan integritas, isi sel mengalami kebocoran, metabolisme tidak dapat dipertahankan, dan akhirnya sel mengalami inaktivasi atau kematian. [9,10]. Mekanisme tersebut menjelaskan mengapa seluruh perlakuan NaOCl pada penelitian ini mampu menghilangkan *Escherichia coli* yang terdeteksi pada sampel air.



Gambar 1. Penurunan Bakteri *Escherichia coli* Setelah Perlakuan NaOCl



Gambar 2. Penurunan Total Coliform Setelah Perlakuan NaOCl

Penurunan juga terjadi pada parameter total coliform, meskipun dengan pola yang lebih bertahap. Rerata total coliform menurun dari 21 CFU/mL pada kontrol menjadi 1 CFU/mL pada perlakuan 0,5 ppm, kemudian terus menurun hingga tidak terdeteksi pada konsentrasi 1,5 ppm dan 2 ppm. Hasil uji Kruskal–Wallis ($p = 0,026$) yang menunjukkan bahwa variasi konsentrasi NaOCl berpengaruh signifikan terhadap jumlah total coliform.

Penurunan total coliform yang lebih bertahap dibandingkan *Escherichia coli* diduga disebabkan oleh kelompok total coliform yang terdiri atas berbagai jenis bakteri dengan tingkat sensitivitas berbeda terhadap desinfektan. Selain itu, *Escherichia coli* merupakan bagian dari kelompok total coliform sehingga jumlah total coliform secara umum lebih besar dibandingkan jumlah *Escherichia coli*. Senyawa HOCl hasil dari reaksi NaOCl dengan air akan terbentuk selama proses klorinasi bekerja sebagai oksidator kuat yang menyebabkan denaturasi protein, kerusakan membran sel, deaktivasi enzim, serta kerusakan materi genetik bakteri sehingga mikroorganisme kehilangan kemampuan untuk bertahan hidup [11].

Secara keseluruhan, peningkatan konsentrasi NaOCl meningkatkan efektivitas desinfeksi yang ditunjukkan oleh semakin rendahnya jumlah bakteri indikator pencemaran pada air sumur. Konsentrasi 1,5 ppm merupakan konsentrasi terendah yang mampu menurunkan *Escherichia coli* dan total coliform hingga tidak terdeteksi, sehingga menunjukkan potensi sebagai konsentrasi yang efektif untuk

meningkatkan kualitas mikrobiologis air sumur. Efektivitas desinfeksi NaOCl juga dipengaruhi oleh karakteristik air seperti pH, suhu, kekeruhan, dan kandungan bahan organik yang dapat memengaruhi ketersediaan klorin aktif selama proses desinfeksi.

Kondisi pH dan Residu Klorin Setelah Pemberian NaOCl: Hasil pengukuran parameter pendukung berupa residu klorin dan pH setelah pemberian Natrium Hipoklorit (NaOCl) pada berbagai konsentrasi disajikan pada Tabel 1. Residu klorin cenderung meningkat seiring bertambahnya konsentrasi NaOCl yang diberikan. Pada perlakuan kontrol, T1, dan T2 diperoleh residu klorin sebesar 0,2 mg/L, sedangkan pada T3 meningkat menjadi 0,3 mg/L dan pada T4 mencapai 0,4 mg/L. Peningkatan residu klorin menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOCl yang ditambahkan, semakin banyak klorin aktif yang tersisa di dalam air setelah proses desinfeksi berlangsung. Kendati demikian, seluruh nilai residu klorin masih berada dalam kisaran baku mutu air bersih, yaitu berkisar antara 0,2–0,5 mg/L sesuai Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2023.

Tabel 1. Rerata Residu Klorin dan pH Setelah Perlakuan NaOCl

Konsentrasi NaOCl (ppm)	Residu Klorin (mg/L)	pH
0,0	0,2 (<i>baseline</i> respon alat)	7,1
0,5	0,2	6,8
1,0	0,2	6,7
1,5	0,3	6,7
2,0	0,4	6,6

Nilai residu klorin sebesar 0,2 mg/L pada perlakuan kontrol menunjukkan adanya nilai awal (*baseline*) sebelum penambahan NaOCl. Nilai tersebut diduga berasal dari keberadaan senyawa pengoksidasi lain (*oxidizing agents*) yang terdapat secara alami dalam air dan dapat memberikan respons pada metode pengukuran klorin bebas, sehingga menghasilkan pembacaan residu klorin dalam jumlah rendah [12]. Peningkatan residu klorin pada perlakuan T3 dan T4 menunjukkan kontribusi penambahan NaOCl terhadap peningkatan kadar klorin bebas di dalam air.

Nilai pH air setelah perlakuan menunjukkan sedikit penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaOCl. Nilai pH pada kontrol sebesar 7,1 kemudian mengalami sedikit penurunan pada konsentrasi 0,5 hingga 2 ppm menjadi 6,8; 6,7; 6,7; dan 6,6. Namun demikian, seluruh nilai pH masih berada dalam kisaran baku mutu kualitas air yang dipersyaratkan yaitu 6,5–8,5. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh pembentukan HOCl setelah NaOCl terlarut di dalam air serta karakteristik kimia air sumur sehingga meskipun NaOCl bersifat basa, perubahan pH yang terukur tetap dapat mengalami sedikit penurunan.

Nilai pH merupakan faktor penting yang memengaruhi efektivitas desinfeksi menggunakan Natrium Hipoklorit. Pada kondisi air dengan pH rendah, klorin aktif lebih banyak berada dalam bentuk asam hipoklorit (HOCl) yang memiliki daya desinfeksi tinggi, sedangkan pada pH basa (>8), klorin aktif lebih dominan dalam bentuk ion hipoklorit (OCl^-) yang memiliki kemampuan penetrasi ke dalam sel bakteri lebih rendah sehingga efektivitas inaktivasi mikroorganisme menurun [13].

Perubahan residu klorin dan pH berkaitan dengan proses disosiasi NaOCl di dalam air yang menghasilkan asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit (OCl^-). Pada kisaran pH mendekati netral, fraksi HOCl lebih dominan dibandingkan OCl^- sehingga kemampuan desinfeksi menjadi lebih efektif. [10,4]. Selain itu, peningkatan konsentrasi NaOCl akan meningkatkan jumlah klorin aktif yang tersisa sebagai residu setelah proses desinfeksi berlangsung [4]. Oleh karena itu, residu klorin yang masih berada dalam batas aman menunjukkan bahwa proses desinfeksi berlangsung efektif tanpa menurunkan kualitas kimia air secara signifikan.

Secara keseluruhan, pemberian NaOCl tidak hanya efektif menurunkan *Escherichia coli* dan total coliform tetapi juga menghasilkan nilai pH dan residu klorin yang masih memenuhi persyaratan kualitas air. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan NaOCl hingga konsentrasi 2 ppm masih aman diterapkan sebagai desinfektan pada air sumur berdasarkan parameter pendukung yang diamati.

Penentuan Konsentrasi NaOCl yang Paling Optimal; Penentuan konsentrasi Natrium Hipoklorit (NaOCl) yang paling optimal dilakukan dengan mempertimbangkan efektivitas penurunan *Escherichia coli* dan total coliform serta parameter pendukung berupa residu klorin, pH, dan suhu 25°C. Berdasarkan seluruh parameter yang diamati, konsentrasi 1,5 ppm merupakan perlakuan yang paling optimal karena mampu menurunkan *Escherichia coli* dan total coliform hingga tidak terdeteksi (0 CFU/mL), menghasilkan residu klorin sebesar 0,3 mg/L, suhu 25°C, serta mempertahankan nilai pH sebesar 6,7 yang masih berada dalam kisaran baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 sehingga tetap aman untuk penggunaan air bersih.

Konsentrasi 2 ppm memberikan hasil mikrobiologis yang sama yakni tidak terdeteksinya *Escherichia coli* dan total coliform, akan tetapi penggunaan konsentrasi tersebut menghasilkan residu klorin yang lebih tinggi daripada 1,5 ppm (0,4 mg/L). Oleh karena itu, konsentrasi 1,5 ppm dinilai lebih efisien karena mampu memberikan efektivitas desinfeksi yang setara dengan penggunaan NaOCl yang lebih sedikit. Pemilihan konsentrasi optimum tidak hanya didasarkan pada kemampuan menginaktivasi bakteri, tetapi juga mempertimbangkan efisiensi penggunaan desinfektan serta keamanan kualitas air setelah proses desinfeksi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [6] yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOCl meningkatkan efektivitas penurunan bakteri indikator pada air. Penelitian [4] juga menyatakan bahwa efektivitas klorinasi dipengaruhi oleh konsentrasi desinfektan, waktu kontak, dan karakteristik air yang diolah. Selain itu, [14] melaporkan bahwa penggunaan NaOCl dengan dosis yang sesuai mampu menurunkan total coliform secara efektif tanpa menghasilkan residu klorin yang melebihi batas yang dipersyaratkan.

Kendati demikian, penelitian ini memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan penelitian terdahulu karena menggunakan air sumur sebagai sumber air baku dengan waktu kontak desinfeksi selama 10 menit. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya menggunakan air sungai atau air limbah dengan konsentrasi NaOCl yang relatif lebih tinggi, penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi NaOCl sebesar 1,5 ppm telah cukup untuk menghilangkan *Escherichia coli* dan total coliform dengan tetap mempertahankan nilai pH dan residu klorin dalam kisaran baku mutu kualitas air. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan NaOCl pada konsentrasi relatif rendah telah mampu menghasilkan kualitas air yang memenuhi persyaratan mikrobiologis sekaligus tetap aman dan efektif berdasarkan parameter pendukung yang diamati.

Selain itu, penelitian ini juga memiliki keterbatasan karena hanya dilakukan pada kondisi laboratorium dengan karakteristik air sumur tertentu sehingga hasil yang diperoleh belum sepenuhnya menggambarkan efektivitas Natrium Hipoklorit pada kondisi lapangan. Faktor-faktor seperti kekeruhan, kandungan bahan organik, pH, suhu, serta volume air berpotensi memengaruhi efektivitas desinfeksi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu mengkaji penerapan Natrium Hipoklorit secara langsung pada sistem penyediaan atau bak penampungan air di lingkungan pondok pesantren untuk mengevaluasi efektivitasnya pada kondisi operasional yang sebenarnya.

Kesimpulan

Variasi konsentrasi natrium hipoklorit (NaOCl) berpengaruh signifikan terhadap penurunan jumlah *Escherichia coli* ($p = 0,008$) dan total coliform ($p = 0,026$) yang menunjukkan bahwa efektivitas desinfeksi mengalami peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi NaOCl. Penambahan NaOCl juga meningkatkan kadar residu klorin dan sedikit menurunkan nilai pH, namun nilai pH (6,6-6,8) serta residu klorin (0,2-0,4) tetap berada dalam batas baku mutu kualitas air. Konsentrasi NaOCl 1,5 ppm merupakan perlakuan yang paling optimal karena mampu menurunkan *Escherichia coli* dan total coliform hingga 0 CFU/mL dengan residu klorin sebesar 0,3 mg/L, sehingga efektif dan aman digunakan sebagai alternatif desinfeksi air sumur untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari di lingkungan Pondok Pesantren.

Daftar Pustaka

- [1]. Butarbutar, A.R. 2024. Penyuluhan Tentang Pentingnya Air Bersih dan Standar Air Minum yang Sehat untuk Menjaga Kesehatan Pencernaan dan Tetap Bugar. *Jurnal Pelaksanaan Pengabdian Bergerak Bersama Masyarakat*. 2(1):67–72. DOI <https://doi.org/10.61132/natural.v2i1.235>

- [2]. Akrim, D., Baharuddin, B., Swandi, A. and Rahim, A. 2024. Pelatihan dan Pendampingan Pembuatan Pengolahan Air Bersih Layak Konsumsi di Bulli Bulli, Desa Baruga, Kec. Bantimurung, Kab. Maros. *Jurnal Abdimas Indonesia*. 4(4):1557–1566. DOI <https://doi.org/10.53769/jai.v4i4.945>
- [3]. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2023. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Tanggal Akses 29 Juni 2026. URL: <https://peraturan.bpk.go.id/details/245563/permenkes-no-2-tahun-2023>
- [4]. Bridges, D.F., Lacombe, A. and Wu, V.C. 2022. Fundamental Differences in Inactivation Mechanisms of Escherichia coli O157:H7 Between Chlorine Dioxide and Sodium Hypochlorite. *Frontiers in Microbiology*. 13, Article 923964. DOI <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.923964>
- [5]. Khan, S., Mumtaj, Z.A., Khan, A.R., Ahmad, N. and Alqahtani, D.A. 2025. A Review of Conventional and Non-conventional Disinfection Methods for Treating Potable Water and Wastewater. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*. 23(8):895–916. DOI <https://doi.org/10.1515/ijcre-2024-0123>
- [6]. Riani, P. and Hidayana, H. 2023. Pengaruh Penambahan Natrium Hipoklorit (NaOCl) Terhadap Mikroba Pada Air Limbah Dengan Metode Membrane Filter. *SAINTI: Majalah Ilmiah Teknologi Industri*. 20(2):74–80. DOI <https://doi.org/10.52759/sainti.v20i2.238>
- [7]. Umma, F.F., Syauqi, A. and Laili, S. 2025. Tingkat Konsentrasi Desinfektan Sodium Hipoklorit Untuk Coliform dan *E. coli* Pada Air Sungai Sumberawan Singosari Kabupaten Malang. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*. 11(1):1–8. DOI <https://doi.org/10.33474/ejbst.v11i1.376>
- [8]. Kholifah, N. Syauqi, A., Faisal. 2025. Studi Pencemaran *E. coli* Menggunakan Metode Petrifilm dan Lingkungan Mikrobiologis di Penampungan Air Tirta Lesti di Desa Poncokusumo. *Jurnal SAINS ALAMI (Known Nature)*. 8(1):18–25. Retrieved June, 19th, 2026. URL: <https://knownnat.unisma.ac.id/index.php/knownnat/article/download/18822/15216/53354>
- [9]. Puspasari, D., Wijayanti, E. and Fitri, N.S. 2023. Pembuatan Desinfektan Menggunakan Metode Elektrolisis Larutan Garam. *Indonesian Journal of Laboratory*. 6(3). DOI <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.85976>
- [10]. Fukuzaki, S. 2023. Uses of Gaseous Hypochlorous Acid for Controlling Microorganisms in Indoor Spaces. *Journal of Microorganism Control*. 28(4):165–175. DOI https://doi.org/10.4265/jmc.28.4_165
- [11]. Widiastuti, D., Karima, I.F. and Setiyani, E. 2019. Efek Antibakteri Sodium Hypochlorite terhadap *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Masyarakat: Media Komunikasi Komunitas Kesehatan Masyarakat*. 11(4):302–307. DOI <https://doi.org/10.52022/jikm.v11i4.34>
- [12]. Zubiarrain-Laserna, A., Angizi, S., Akbar, M.A., Divigalpitiya, R., Selvaganapathy, P.R. and Kruse, P. 2022. Detection of Free Chlorine in Water Using Graphene-Like Carbon Based Chemiresistive Sensors. *RSC Advances*. 12(4):2485–2496. DOI <https://doi.org/10.1039/D1RA08264G>
- [13]. Kallista, V., Winardi, and Asbanu, G.C. 2023. Analisis Efektivitas Penggunaan Elektroklorinasi dan Gas Klor pada Proses Disinfeksi Air Minum (Studi Kasus: PERUMDA Air Minum Tirta Khatulistiwa). *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 21(2):269–278. DOI <https://doi.org/10.14710/jil.21.2.269-278>
- [14]. Kesar, S. and Bhatti, M.S. 2022. Chlorination of Secondary Treated Wastewater with Sodium Hypochlorite (NaOCl): An Effective Single Alternate to Other Disinfectants. *Heliyon*. 8(11), Article e11162. DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11162>