

Efektifitas Tembaga (Cu) Sebagai Desinfektan Alternatif Terhadap Kematian Bakteri Escherichia Coli Dalam Air Bersih**Vincentius Supriyono**

Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Surabaya; vincsupriyono@gmail.com (koresponden)

Sunaryo

Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Surabaya; naryo3481@gmail.com

Siti Surasri

Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Surabaya

ABSTRACT

Decreased of clean water for rural communities in developing countries remains a major concern both nationally and locally. Contaminated of Clean water cause water-borne diseases such as diarrhea, which often leads to death, and primarily threaten of children who are most vulnerable. Therefore, it is necessary to intensify research efforts on water purification techniques of distribution line, it is necessary to do research, which in the case of research on the effects of Copper (Cu) to death of Escherichia coli (E. coli) bacteria as indicators of water contamination. This study aimed to determine the effect of Copper (Cu) to death E. coli. Measurements were made to kill power to E. coli based on variations in weight of each 4 gram, 5 gram, 6 gram and 7 gram by comparing death of E. coli before and after treatment. This type of research used in this study was a pre-experimental, design with Non-Equivalent Control Group Design, to analyze the variation effect levels of Copper (Cu) as an alternative disinfectant against to death of E. coli bacteria in clean water. Results of the study can be expressed as follows: for the weight variation of 4 gram, showed the death rate of 1.4 E. coli bacteria or 97.90% effectiveness. Variations weight 5 grams, death rate of 1,23 or 86,01% effectiveness. 6 gram and 7 gram death rate of 1.43 or 100% effectiveness. Based on statistical test with Anova, figures obtained p-value of $0.00 < \alpha (0.01)$ means that there was an influence of Copper (Cu) to death E. coli bacteria. To see the difference between the effect of weight variation, performed t-test, the variation of the weight of 4 gram to 5 grams obtained figures p-Sig $0.123 > \alpha (0.01)$ means that there was not differences in the effect. The variation between 4 grams to 6 grams p-value = $0.003 < \alpha (0.01)$ also there was differences in the effect. The variation of 4 gram to 7 grams obtained figures p-value = $0.003 < \alpha (0.01)$, there was difference in effect. The variation 5 grams to 6 grams p-value = $0.018 > \alpha (0.01)$; 5 gram to 7 grams obtained figures p-value = $0.018 > \alpha (0.01)$, 6 gram to 7 grams figures p-value = $0.018 > \alpha (0.01)$, there was not differences in the effect. Both descriptive and statistical test the were influence of Copper (Cu) in killing E. coli bacteria in clean water, necessitating further research in order to gain the power to kill the most effective, with a weight gain of Copper (Cu) affixed in clean water, but the levels remain below required quality standard of WHO are 2 ppm.

Keywords: alternative disinfectant; clean water; death of escherichia coli bacteria

ABSTRAK

Penurunan air bersih bagi masyarakat pedesaan di negara berkembang tetap menjadi perhatian utama baik secara nasional maupun lokal. Air bersih yang tercemar menyebabkan berbagai penyakit yang ditularkan melalui air seperti diare yang seringkali mengakibatkan kematian, dan terutama mengancam anak-anak yang paling rentan. Oleh karena itu, perlu dilakukan intensifikasi upaya penelitian teknik penjernihan air jalur distribusi, maka perlu dilakukan penelitian, yaitu dalam hal penelitian tentang pengaruh Tembaga (Cu) terhadap kematian bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) sebagai penyebab kematian sebagai indikator pencemaran air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tembaga (Cu) terhadap kematian *E. coli*. Pengukuran daya mati terhadap *E. coli* dilakukan berdasarkan variasi berat masing-masing 4 gram, 5 gram, 6 gram dan 7 gram dengan membandingkan kematian *E. coli* sebelum dan sesudah perlakuan. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pra eksperimental, dengan desain *Non-Equivalent Control Group Design*, untuk menganalisis variation effect levels tembaga (Cu) sebagai desinfektan alternatif terhadap kematian bakteri *E. coli* di air bersih. Hasil penelitian dapat dinyatakan sebagai berikut: untuk variasi bobot 4 gram, menunjukkan tingkat kematian 1,4 bakteri *E. coli* atau efektivitas 97,90% Variasi bobot 5 gram, tingkat kematian 1,23 atau efektivitas 86,01%, kematian 6 gram dan kematian 7 gram tingkat efektivitas 1,43 atau 100% Berdasarkan uji statistik dengan Analisis Varian diperoleh angka p-value = $0,00 < \alpha (0,01)$ artinya terdapat pengaruh tembaga (Cu) terhadap kematian bakteri *E. coli*. Perbedaan pengaruh variasi bobot, dilakukan t-test, variasi pada berat 4

gram sampai dengan 5 gram diperoleh angka $p\text{-value} = 0,123 > \alpha(0,01)$ artinya tidak terdapat perbedaan pengaruh. Variasi antara 4 gram sampai dengan 6 gram $p\text{-value} = 0,003 < \alpha(0,01)$ juga terdapat perbedaan pengaruh. Variasi 4 gram sampai 7 gram diperoleh angka $p\text{-value} 0,003 < \alpha(0,01)$, terdapat perbedaan pengaruh. Variasi 5 gram sampai 6 gram $p\text{-value} = 0,018 > \alpha(0,01)$; 5 gram hingga 7 gram diperoleh angka $p\text{-value} = 0,018 > \alpha(0,01)$, 6 gram hingga 7 gram angka $p\text{-value} = 0,018 > \alpha(0,01)$, tidak terdapat perbedaan pengaruh. Baik uji deskriptif maupun statistik pengaruh tembaga (Cu) dalam membunuh bakteri *E. coli* di air bersih, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar mendapatkan daya bunuh yang paling efektif, dengan penambahan berat tembaga (Cu) yang ditempelkan bersih. air, tetapi kadarnya tetap di bawah baku mutu yang dipersyaratkan WHO yaitu 2 ppm.

Kata kunci: desinfektan alternatif; air bersih; bakteri *Escherichia coli*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kesehatan merupakan hak asasi manusia, salah satu unsur kesejahteraan yang harus diwujudkan sesuai dengan cita-cita bangsa Indonesia sebagaimana dimaksud dalam Pancasila dan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945. Setiap kegiatan dalam upaya untuk memelihara dan meningkatkan derajat kesehatan masyarakat yang setinggi-tingginya dilaksanakan berdasarkan prinsip non diskriminatif, partisipatif, dan berkelanjutan. Upaya pembangunan harus dilandasi dengan wawasan kesehatan dalam arti pembangunan nasional harus memperhatikan kesehatan masyarakat dan merupakan tanggung jawab semua pihak baik pemerintah maupun masyarakat^(1,2). Kurangnya air bersih bagi masyarakat pedesaan di negara-negara berkembang tetap menjadi perhatian besar baik secara global sekalipun. Air yang terkontaminasi dapat menyebabkan penyakit yang ditularkan melalui air seperti diare, yang sering menyebabkan kematian, dan utamanya mengancam anak-anak yang paling rentan. Oleh karena itu, sangat diperlukan upaya mengintensifkan penelitian tentang teknik pemurnian air di titik pemakaian.

Banyak bermacam-macam penyakit berbasis lingkungan yang dapat ditularkan melalui air minum yang dikonsumsi oleh masyarakat, terutama penyakit gastro enteritis, seperti penyakit diare, thyphus, disentri dan lain-lain. WHO (2008) menyatakan bahwa setiap tahun 1,5 juta anak balita meninggal dunia akibat penyakit diare, hal ini membuat diare sebagai penyebab kematian terbesar kedua pada anak balita. Di Negara ASEAN, balita mengalami rata-rata 3-4 kali kejadian diare pertahun atau hampir 15-20% waktu hidup anak dihabiskan untuk diare⁽¹⁾. Sedangkan di Indonesia jumlah kasus diare pada tahun 2011 sebesar 3003 dengan CFR 0,40%. Masalah diare di Kabupaten Magetan sampai saat ini masih menjadi problem kesehatan. Berdasarkan laporan bulanan diare puskesmas se-Kabupaten Magetan tahun 2013, jumlah penderita diare sebanyak 2.130 penderita dengan CFR sebesar 0,04% , ini menurun dibandingkan tahun 2012 yaitu sebanyak 2,241 penderita. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh tembaga (Cu) terhadap kematian bakteri *E. coli* dengan dalam air bersih.

Salah satu penyakit *gastroenteritis* yang erat kaitannya dengan kualitas bakteriologis air bersih dan masih menjadi masalah yang cukup besar di Indonesia adalah penyakit diare. Survei morbiditas yang dilakukan oleh Subdit Diare, dari tahun 2000 s/d 2010 terlihat kecenderungan insidens naik. Pada tahun 2000 IR penyakit Diare 301/1000 penduduk, tahun 2003 naik menjadi 374 /1000 penduduk, tahun 2006 naik menjadi 423 /1000 penduduk dan tahun 2010 menjadi 411/1000 penduduk^(3,4). Kejadian Luar Biasa (KLB) diare juga masih sering terjadi, dengan CFR yang masih tinggi. Pada tahun 2008 terjadi KLB di 69 Kecamatan dengan jumlah kasus 8133 orang, kematian 239 orang (CFR 2,94%). Tahun 2009 terjadi KLB di 24 Kecamatan dengan jumlah kasus 5.756 orang, dengan kematian 100 orang (CFR 1,74%), sedangkan tahun 2010 terjadi KLB diare di 33 kecamatan dengan jumlah penderita 4204 dengan kematian 73 orang (CFR 1,74%). Data tersebut diperoleh dari Jendela Data dan Informasi Kesehatan tahun 2011. Hasil Survei Kesehatan Rumah Tangga (SKRT) oleh Departemen Kesehatan RI Tahun 2004, angka kematian karena diare pada semua umur sebesar 23 per 100.000 penduduk dan pada balita 75 per 100.000 balita. Hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2007 penyebab kematian balita yang terbanyak adalah diare sebesar 25,2% dan pnemonia sebesar 15,5%. Menurut Hannif et al. (2011) dalam penelitian tentang faktor risiko diare akut pada balita: faktor risiko terjadinya penyakit diare antara lain rendahnya pola hidup sehat masyarakat khususnya dalam penyediaan sarana sanitasi yang baik untuk menunjang kesehatan lingkungan. Penyakit ini terjadi karena 980 juta anak tidak memiliki toilet di rumahnya. Mereka menjadi bagian dari 2,6 milyar orang di seluruh dunia yang tak punya WC di rumah. Di Indonesia, hampir 69 juta orang tidak memiliki akses terhadap fasilitas sanitasi dasar dan 55 juta orang tidak memiliki akses terhadap sumber air yang aman⁽⁴⁾. Menurut Wulandari (2011), air mempunyai peran yang penting dalam kehidupan yaitu untuk minum maupun kebersihan, tetapi air juga dapat merupakan media

penularan penyakit. Hasil penelitian di Kota Depok menunjukkan tingkat kualitas *E. coli* > 0/100 ml sampel air mempunyai risiko terjadi diare pada bayi sebesar 2,752 kali jika dibandingkan dengan tingkat kualitas *E. coli* < 0/100 ml sampel air. Di sisi lain hasil penelitian kualitas bakteriologis air tanah penduduk Kota Yogyakarta tahun 2005 di 45 kelurahan menunjukkan 60% atau 433 dari 722 sampel tidak memenuhi syarat. Pengukuran dilakukan terhadap daya bunuh tembaga terhadap bakteri dari masing-masing variasi berat sebelum dan sesudah percobaan⁽⁵⁾.

Varkey et al. mencoba saringan air tanah liat yang dibuat dengan campuran serbuk gergaji, dimana serbuk gergaji itu digiling dan diayak (300 - 900 μ). Campuran tanah liat dan serbuk mengikuti rasio volume 1:1 dan 1:2. Setelah dikeringkan dan dibakar dengan suhu 850°C, digunakan untuk menyaring air baku dari sungai. Sampel air baku dan hasilnya diuji untuk *E. coli*, jumlah coliform, kesadahan total, kekeruhan, konduktivitas listrik, kation dan anion. Penurunan angka *E. Coli* total adalah 99,3% dan 98,3% untuk masing-masing saringan yang berukuran 600 μ dan 900 μ . Penelitian pengaruh tembaga pada coliform dalam air baku. Penelitian menunjukkan bahwa tembaga bisa menghancurkan *E. coli* dalam air yang disaring, sehingga saringan ini layak untuk memproduksi air bersih. Semua parameter penting lainnya seperti kesadahan total, kekeruhan, konduktivitas listrik dan ion dalam air yang disaring juga dalam tingkat yang dapat diterima untuk kualitas air minum.⁽⁶⁾

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi kadar Tembaga (Cu) sebagai desinfektan alternatif terhadap kematian bakteri *E. Coli* dalam air bersih.

METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian *quasy experiment*, dimana peneliti melakukan pengukuran atau pemeriksaan air bersih untuk menetapkan jumlah bakteri *E. coli* terhadap kelompok perlakuan maupun kelompok kontrol, dan terhadap kedua kelompok sampel penelitian diambil dengan berdasarkan beberapa kriteria diantaranya sumber air bersih berasal dari sumber Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), Kabupaten Magetan, untuk menganalisis pengaruh tembaga (Cu) terhadap kematian bakteri *E. coli* dalam air bersih⁽⁷⁾. Penelitian ini menggunakan “*Non-Equivalent Control Group Design*”⁽⁸⁾. Obyek penelitian ini adalah air bersih dari sumber air bersih PDAM Kabupaten Magetan. Besar sampel minimal, yaitu sebesar 30 tiap variasi berat tembaga sebagai unit penelitian baik untuk kelompok perlakuan maupun kelompok kontrol. Variabel penelitian ini meliputi variabel independen yaitu variasi berat tembaga dan variabel dependen adalah kematian bakteri *E. coli*. Instrumen pengumpulan data penelitian yang digunakan adalah kawat tembaga, beker glass volume 1 liter kali sejumlah sampel, air bersih yang dikonsumsi penduduk yang berasal dari sumber air bersih PDAM Kab. Magetan, seperangkat alat dan bahan pengambilan dan pengiriman sampel untuk menganalisis kualitas bakteriologis, dan formulir pencatatan hasil penelitian/pengumpulan data. Analisis data meliputi analisis deskriptif dan analitik dengan uji statistik *One Way Anova without interaction*.

HASIL

Hasil Penelitian Tentang Kadar Tembaga

Data hasil pemeriksaan Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Magetan bulan Juli tahun 2016, kadar rata-rata tembaga dalam sampel air bersih sebelum dibubuhi tembaga menunjukkan angka sebesar 0,00 ppm, dan setelah dibubuhi tembaga, dengan cara perendaman dalam sampel air bersih selama 3 X 24 jam, kadar tembaga tertinggi sebesar 0,120 ppm dan terendah 0,045 ppm. Berdasarkan baku mutu yang ditetapkan *World Health Organization* (WHO); tentang syarat-syarat kualitas air baku, kandungan tembaga dalam sampel air bersih yang diteliti sebagai unit sampel air bersih diperbolehkan maksimal 2,0 ppm. Jadi kadar tembaga yang ada pada air bersih sampel dari hasil penelitian ini, dengan berat 4 gram s.d. 7 gram yang dimasukkan atau dibubuhkan dengan waktu selama 3 X 24 jam tersebut masih memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan WHO⁽¹⁾.

Hasil Penelitian Tentang Angka Penurunan Bakteri *E. coli*

Angka bakteri *E. coli* yang diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium secara bakteriologis terhadap sampel air bersih, untuk kelompok perlakuan dengan variasi 4 gram diperoleh angka rata-rata sebelum

perlakuan sebesar 1,43 dan sesudah perlakuan 0,03 /100 ml; variasi 5 gram sebelum 1,43, sesudah 1,23/100 ml; variasi 6 gram dan 7 gram sebelum 1,43, sesudah 0 /100 ml.

Perbedaan Penurunan/Kematian Bakteri *E. coli* Antar Variasi

Perbedaan besarnya persentase angka penurunan jumlah dan bakteri akibat kematian bakteri *E. coli* antar variasi berat tembaga (Cu) yang dibubuhkan kedalam sampel air bersih ditunjukkan pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Perbedaan penurunan angka bakteri *E. coli* dalam sampel air bersih antar variasi berat tembaga (Cu) 4 gram, 5 gram, 6 gram dan 7 gram.

No.	Penurunan angka bakteri <i>E. coli</i> masing-masing variasi							
	4 g	%	5 g	%	6 g	%	7 g	%
1.	2	100	2	100	2	100	2	100
2.	0	0	0	0	0	0	0	0
3.	5	100	5	100	5	100	5	100
4.	1	100	1	100	1	100	1	100
5.	1	100	1	100	1	100	1	100
6.	4	100	1	100	4	100	4	100
7.	0	0	0	0	0	0	0	0
8.	0	0	0	0	0	0	0	0
9.	0	0	0	0	0	0	0	0
10.	0	0	0	0	0	0	0	0
11.	3	100	3	100	3	100	3	100
12.	0	0	0	0	0	0	0	0
13.	0	0	0	0	0	0	0	0
14.	0	0	0	0	0	0	0	0
15.	1	100	1	100	1	100	1	100
16.	1	100	-4	-80	1	100	1	100
17.	0	0	0	0	0	0	0	0
18.	0	0	1	100	1	100	1	100
19.	1	100	0	0	1	100	1	100
20.	0	0	0	0	0	0	0	0
21.	0	0	0	0	0	0	0	0
22.	3	75	4	100	4	100	4	100
23.	1	100	1	100	1	100	1	100
24.	5	100	5	100	5	100	5	100
25.	3	100	3	100	3	100	3	100
26.	2	100	2	100	2	100	2	100
27.	1	100	1	100	1	100	1	100
28.	3	100	3	100	3	100	3	100
29.	1	100	1	100	1	100	1	100
30.	3	100	3	100	3	100	3	100
Rata-rata	1,4	97,9	1,23	86,01	1,43	100	1,43	100

Hasil Efektifitas Variasi Tembaga (Cu)

Untuk menetapkan tingkat efektifitas masing-masing variasi berat tembaga, didasarkan pada perhitungan efektifitas adalah persentase kematian atau penurunan bakteri dianalisis dari angka rata-rata *pre-test* dan *post-test*. Berdasarkan angka rata-rata bakteri *E. coli* pada *pre-test* dan *post-test* diperoleh angka efektifitas sebagai berikut: 1) pada variasi berat 4 gram menunjukkan angka efektifitas 90,70%, 2) pada variasi berat 5 gram 86,01%, 3) pada variasi berat 6 dan 7 gram 100%

Uji Beda

Untuk melihat perbedaan pengaruh antar variasi berat tembaga (Cu), yaitu variasi 4 gram, 5 gram, 6 gram dan 7 gram terhadap kematian bakteri *E. coli*, dilakukan t-test, dengan hasil:

- 1) Variasi berat 4 gram : 5 gram.
Diperoleh angka $p = 0,123 > \alpha (0,01)$, berarti tidak ada perbedaan pengaruh antar variasi-1 (4 gram) dengan variasi-2 (5 gram) dalam membunuh bakteri *E. coli*.
- 2) Variasi berat 4 gram : 6 gram.
Diperoleh angka $p = 0,003 < \alpha (0,01)$, berarti ada perbedaan pengaruh antar variasi-1 (4 gram) dengan variasi-3 (6 gram) dalam membunuh bakteri *E. coli*.
- 3) Variasi berat 4 gram : 7 gram.
Diperoleh angka $p = 0,003 < \alpha (0,01)$, berarti ada perbedaan pengaruh antar variasi-1 (4 gram) dengan variasi-3 (6 gram) dalam membunuh bakteri *E. coli*.
- 4) Variasi berat 5 gram : 6 gram.
Diperoleh angka $p = 0,018 > \alpha (0,01)$, berarti tidak ada perbedaan pengaruh antar variasi-1 (4 gram) dengan variasi-2 (5 gram) dalam membunuh bakteri *E. coli*.
- 5) Variasi berat 5 gram : 7 gram.
Diperoleh angka $p = 0,018 > \alpha (0,01)$, berarti tidak ada perbedaan pengaruh antar variasi-1 (4 gram) dengan variasi-2 (5 gram) dalam membunuh bakteri *E. coli*.
- 6) Variasi berat 6 gram : 7 gram.
Diperoleh angka $p = 0,018 > \alpha (0,01)$, berarti tidak ada perbedaan pengaruh antar variasi-1 (4 gram) dengan variasi-2 (5 gram) dalam membunuh bakteri *E. coli*.

Kematian bakteri yang ditunjukkan dengan penurunan angka indikator angka kematian *E. coli*, maupun dengan pembuktian uji statistik *Anova* terbukti akibat pengaruh tembaga. Berdasarkan hasil uji t, secara umum tidak ada perbedaan pengaruh antar variasi tembaga dalam membunuh bakteri *E. coli*.

PEMBAHASAN

Data penelitian hasil pemeriksaan Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Magetan Bulan Juli tahun 2016, kadar rata-rata tembaga dalam sampel air bersih sebelum dibubuhi tembaga menunjukkan angka sebesar 0,00 ppm, dan setelah dibubuhi tembaga, dengan cara perendaman dalam sampel air bersih selama 3X24 jam, kadar tembaga tertinggi sebesar 0,120 ppm dan terendah 0,045 ppm. Menunjuk baku mutu yang ditetapkan *World Health Organization (WHO)* tentang syarat-syarat kualitas air baku, kandungan tembaga dalam sampel air bersih yang diteliti sebagai unit sampel air bersih diperbolehkan maksimal 2,0 ppm. Jadi kadar tembaga yang ada pada air bersih sampel dari hasil penelitian ini, dengan berat 4 gram s.d. 7 gram yang dimasukkan atau dibubuhkan dengan waktu selama 3 X 24 jam tersebut masih memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan WHO⁽¹⁾.

Angka kelarutan tembaga (Cu) dalam sampel air bersih tersebut tergolong kecil. Hal ini dikaitkan dengan sifat tembaga, yaitu bahwa tembaga tidak bereaksi dengan air, namun bereaksi perlahan dengan oksigen dalam air yang berasal dari udara (proses oksidasi), membentuk lapisan coklat-hitam tembaga oksida. Berbeda dengan oksidasi besi oleh udara, lapisan oksida ini kemudian menghentikan korosi berlanjut. Lapisan *verdigris* (tembaga karbonat) berwarna hijau dapat dilihat pada konstruksi-konstruksi dari tembaga yang berusia tua. Tembaga bereaksi dengan *sulfida* membentuk tembaga *sulfida*^(9,10). Kelarutan tembaga sebagai logam berat yang berlangsung dengan proses oksidasi tersebut tergantung pada komposisi kimia dari kesetimbangan logamnya. Komposisi kimia dipengaruhi oleh berbagai *pH* yang bergerak dengan keseimbangan redoks dalam bentuk dominan. Untuk *pH* tinggi, bentuk-bentuk yang utama adalah hidroksida dengan kelarutan yang rendah dan *pH* rendah, ion-ion logam Cu yang sangat larut, mendominasi. Secara keseluruhan yang diperoleh menunjukkan bahwa Cu lebih larut ketika pada *pH* kecil atau suasana asam. Tembaga yang larut pada *pH* di bawah 5, dapat

menghasilkan kelarutan logam yang bisa menimbulkan bahaya lingkungan⁽¹¹⁾. Menurut Riza Hayati Ifroh et al. (2013), tembaga (Cu) memiliki sifat atau karakteristik sebagai berikut:

- 1) Tembaga merupakan unsur yang tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi. Pada udara yang lembab permukaan tembaga ditutupi oleh suatu lapisan yang berwarna hijau yang menarik dari tembaga karbonat basa, CuOH_2CO_3 .
- 2) Pada kondisi yang istimewa, yakni pada suhu sekitar 300 tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk CuO yang berwarna hitam⁽¹²⁾. Sedangkan pada suhu yang lebih tinggi, yakni sekitar 1000 akan terbentuk tembaga (I) oksida (Cu_2O) yang berwarna merah.
- 3) Logam Cu dan beberapa bentuk persenyawaan, seperti CuO_3 , Cu(OH)_2 , dan Cu(CN)_2 , tidak dapat larut dalam air dingin atau air panas tetapi dapat dilarutkan dengan asam.
- 4) Logam Cu itu sendiri dapat dilarutkan dalam senyawa asam sulfat (H_2SO_4) panas dalam larutan basa NH_4OH . Ion Tembaga (Cu) yang terlarut kedalam air dengan proses oksidasi, dapat berfungsi antara lain sebagai agen anti bakteri, fungisida, dan dapat digunakan sebagai tambahan bahan pengawet pada kayu⁽¹³⁾.

Dalam konsentrasi tinggi, tembaga memang bersifat racun, tapi dalam jumlah sedikit tembaga merupakan nutrisi yang penting bagi kehidupan manusia maupun tanaman tingkat rendah. Di dalam tubuh, tembaga biasanya ditemukan di bagian hati, otak, usus, jantung, dan ginjal. Kematian bakteri yang ditunjukkan dengan penurunan angka Indikator Angka kematian *E. coli*, maupun dengan pembuktian uji statistik Anova terbukti akibat pengaruh tembaga. Berdasarkan hasil uji t, secara umum tidak ada perbedaan pengaruh antar variasi tembaga dalam membunuh bakteri *E. coli*. Sifat antimikroba dari tembaga (Cu), terhadap berbagai jenis mikroorganisme, karena tembaga memiliki efek *oligodynamic*, yaitu efek toksik dari ion logam terhadap sel-sel hidup, ganggang, jamur, spora, jamur, virus, mikroorganisme prokariotik dan eukariotik, walaupun dalam konsentrasi yang relatif rendah. Para peneliti terdahulu mencatat, bahwa mekanisme antimikroba dari tembaga ini sangat kompleks dan berlangsung melalui berbagai jalur, baik di dalam sel dan ruang *interstitial* antara sel-sel⁽¹¹⁻¹³⁾.

Menurut Vicky Rosita (2013) terdapat contoh beberapa mekanisme molekuler dicatat oleh berbagai peneliti meliputi berikut ini:

- 1) Struktur protein dapat diubah oleh tembaga, sehingga protein tidak bisa lagi melakukan fungsi normal mereka. Hasilnya adalah inaktivasi bakteri atau virus.
- 2) Senyawa kompleks tembaga membentuk radikal yang bisa menonaktifkan virus.
- 3) Tembaga dapat mengganggu struktur dan fungsi enzim.
- 4) Tembaga dapat mengganggu unsur-unsur penting lainnya, misalnya seng dan besi.
- 5) Tembaga mendukung kegiatan destruktif pada radikal superoksida.
- 6) Tembaga dapat berinteraksi dengan lipid, menyebabkan terjadinya peroksidasi mereka dan membuat lubang pada membran sel, sehingga menghancurkan integritas sel dan terjadi pengeringan.
- 7) Tembaga menimbulkan kerusakan pada rantai pernapasan dalam sel *Escherichia coli*, sehingga metabolisme sel terganggu.
- 8) Ion tembaga Cu^{2+} diyakini bertanggung jawab atas kegiatan antimikroba⁽¹¹⁾.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Gould, et al. (2009) yang membandingkan pengaruh antara *stainless steel* dan tembaga dalam melawan masalah infeksi di rumah sakit, khususnya terhadap *Meticillin resistant Staphylococcus aureus (MRSA)*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *vancomycin-resistant Enterococci (VRE)* dan *Panton-Valentine Leukocidin positive community acquired-MSSA (PVL positive CA-MSSA)*⁽¹⁰⁾. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa semua kuman patogen tersebut menjadi tidak terdeteksi atau setelah waktu kontak 40-60 menit, dan bahwa tembaga memiliki daya bunuh lebih besar dibanding *stainless steel*. Penelitian Varkey & Diamini (2001), untuk menguji pengaruh tembaga dengan membuat saringan air tanah liat dengan campuran serbuk gergaji, digunakan untuk menyaring air baku dari sungai. Sampel air baku dan hasilnya diuji untuk *E. coli*, jumlah coliform, kesadahan total, kekeruhan, konduktivitas listrik, kation dan anion. Penurunan angka *E. coli* total adalah 99,3% dan 98,3%. Penelitian menunjukkan bahwa tembaga bisa menghancurkan *E. coli* dalam air yang disaring, sehingga saringan ini layak untuk memproduksi air bersih. Semua parameter penting lainnya seperti kesadahan total, kekeruhan, konduktivitas listrik dan ion dalam air yang disaring juga dalam tingkat yang dapat diterima untuk kualitas air minum⁽⁶⁾.

Menurut hasil penelitian Sirumapea & Anggraini (2016), tentang sintesis dan karakterisasi senyawa antibakteri kompleks *schiff base* dengan tembaga (Cu), membuktikan potensi senyawa *schiff base* dan juga kompleksnya sebagai antibakteri, lalu juga membandingkan kekuatan maupun sifat antibakteri antara senyawa *schiff base* serta kompleksnya, terbukti senyawa *schiff base* dengan kompleks Cu, lebih efektif membunuh bakteri. Logam yang dipilih sebagai pembentukan kompleks adalah logam Cu, karena selain mudah didapat, harga dari logam Cu yang berada dalam bentuk garam tembaga relatif murah. Dari hasil pengamatan senyawa

schiff base dan senyawa kompleks memiliki daya hambat terhadap bakteri *E. coli* menunjukkan positif sebagai antibakteri *E. coli*, hal tersebut menunjukkan bahwa senyawa tersebut memiliki aktivitas antibakteri dikarenakan senyawa *Schiff base* dapat sebagai donor atom (O dan N), sehingga gugus hidroksil meningkatkan aktivitas biologi, peran gugus C=N sebagai antibakteri melalui pendekatan dengan teori kitosan di mana gugus amina (NH₂) dari kitosan yang sama-sama mempunyai elektron bebas. Adanya gugus amina pada kitosan yang mempunyai muatan kationik yang mampu mengikat sumber makanan dari bakteri tersebut sehingga menghambat nutrisi (makanan) masuk ke dalam sel⁽¹⁵⁾.

Mekanisme reaksi yang terjadi antara senyawa kompleks dengan bakteri yaitu melalui teori kelat, di mana ketika ion logam di kelat dengan ligan maka polaritas dari ion logam akan berkurang karena tumpang tindih berbagai orbital ligan dan menyumbang sebagian muatan positif ion logam dengan gugus donor sehingga lipofilitasnya meningkat dan kompleksnya dapat berpenetrasi atau masuk ke membran bakteri. Selain itu, pada senyawa *schiff base* adanya gugus azometin meningkatkan liposolubilitas dari molekul yang mampu memecah membran sel yang menghambat pertumbuhan bakteri. Pertumbuhan bakteri lebih terhambat dengan adanya kompleks logam yang terbentuk karena kompleks logam mengganggu proses respirasi bakteri sehingga sintesis protein terganggu.

Komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB (*cetyltrimethylammonium bromide*) dapat disintesis dengan bahan dasar brochantite dan FeCl₃.6H₂O. Berdasarkan hasil SEM, komposit yang didapatkan berbentuk *discoidal* dengan ukuran partikel 60 nm – 350 nm yang relatif seragam. Komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri uji (*E.coli* dan *S.aureus*) sebesar 58,9% terhadap bakteri *E.coli* dan 26,9% terhadap *S. aureus*. Komposit CuO-Fe₂O₃ yang disintesis dengan penambahan CTAB dapat mendegradasi zat warna EBT (*Eriochrome Black-T*) sebesar 72,38% dengan adanya radiasi sinar tampak dari lampu wolfram yang digunakan dengan pH suspensi adalah 5^(1,6). Dalam hal ini Cu berperan juga sebagai anti bakteri, khususnya *E. coli*.

pH Air Bersih

Seluruh sampel yang diperiksa menunjukkan angka pH 7,0. Angka ini menunjukkan pH netral, dan kondisi ini tidak mempengaruhi terhadap kematian bakteri dalam air bersih, disamping itu dengan pH 7,0 juga tidak terlalu mempengaruhi kelarutan tembaga (Cu) dalam air bersih yang dijadikan unit penelitian. pH medium biakan mempengaruhi kecepatan pertumbuhan, untuk pertumbuhan bakteri juga terdapat rentang pH dan pH optimal. Pada bakteri patogen pH optimalnya 7,2–7,6. Meskipun medium pada awalnya dikondisikan dengan pH yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tetapi, secara bertahap besarnya pertumbuhan akan dibatasi oleh produk metabolit yang dihasilkan mikroorganisme tersebut.

Bakteri memiliki mekanisme yang sangat efektif untuk memelihara kontrol regulasi pH sitoplasmanya (pHi). Pada sejumlah bakteri, pH berbeda dengan 0,1 unit per perubahan pH pada pH eksternal. Hal ini disebabkan kontrol aktivitas sistem transpor ion yang mempermudah masuknya proton. Berbagai macam sistem yang mencerminkan luas rentang nilai pH diperlihatkan oleh berbagai bakteri. Sejumlah mikroorganisme meningkatkan mekanisme kompensasi untuk mencegah efek toksik dari akumulasi produk yang bersifat asam dan berkonsentrasi tinggi tersebut. pH medium biakan mempengaruhi kecepatan pertumbuhan, untuk pertumbuhan bakteri juga terdapat rentang pH dan pH optimal. Pada bakteri patogen pH optimalnya 7,2 – 7,6. Meskipun medium pada awalnya dikondisikan dengan pH yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tetapi, secara bertahap besarnya pertumbuhan akan dibatasi oleh produk metabolit yang dihasilkan mikroorganisme tersebut⁽¹⁴⁾.

Bakteri memiliki mekanisme yang sangat efektif untuk memelihara kontrol regulasi pH sitoplasmanya (pHi). Pada sejumlah bakteri, pH berbeda dengan 0,1 unit per perubahan pH pada pH eksternal. Hal ini disebabkan kontrol aktivitas sistem transpor ion yang mempermudah masuknya proton. Berbagai macam sistem yang mencerminkan luas rentang nilai pHi diperlihatkan oleh berbagai bakteri^(8,10-13).

Suhu Air Bersih

Berdasarkan hasil pengukuran suhu air bersih selama proses perlakuan seperti data, diperoleh angka suhu air bersih sampel keseluruhan menunjukkan angka sebesar 29,5 °C, masih dibawah suhu ideal sebesar 37 °C. Setiap bakteri memiliki temperatur optimal dimana mereka dapat tumbuh sangat cepat dan memiliki rentang temperatur dimana mereka dapat tumbuh. Pembelahan sel sangat sensitif terhadap efek kerusakan yang disebabkan temperatur; betuk yang besar dan aneh dapat diamati pada pertumbuhan kultur pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur yang mendukung tingkat pertumbuhan yang sangat cepat.

Menurut Wibowo (2012), setiap bakteri memiliki temperatur optimal, dimana mereka dapat tumbuh sangat cepat dan memiliki rentang temperatur dimana mereka dapat tumbuh. Pembelahan sel sangat sensitif terhadap efek kerusakan yang disebabkan temperatur; betuk yang besar dan aneh dapat diamati pada pertumbuhan kultur pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur yang mendukung tingkat pertumbuhan yang sangat cepat. Temperatur optimal biasanya mencerminkan lingkungan normal mikroorganisme. Bakteri patogen pada manusia biasanya tumbuh baik pada temperatur 37°C, merupakan temperatur optimal yang mencerminkan lingkungan normal mikroorganisme⁽¹⁶⁾. Menurut Fardiaz (1992), beberapa ketentuan mengenai pengaruh suhu terhadap kecepatan pertumbuhan sel, yaitu;

- 1) Pertumbuhan jasad renik terjadi pada suhu dengan kisaran kira-kira 30°C.
- 2) Kecepatan pertumbuhan jasad renik meningkat lambat dengan naiknya suhu sampai mencapai kecepatan pertumbuhan maksimum.
- 3) Di atas suhu maksimum, kecepatan pertumbuhan menurun dengan cepat dengan naiknya suhu⁽¹⁴⁾.

Melihat hasil penelitian yang, baik jumlah dan prosentase kematian bakteri *Coli* maupun hasil pengukuran suhu air bersih yang termasuk suhu ideal karena masih dibawah 37°C, maka suhu tersebut tidak mempengaruhi terhadap kematian bakteri. Melihat hasil penelitian yang telah dilakukan, jumlah dan prosentase kematian bakteri *Coli* maupun hasil pengukuran suhu air bersih yang termasuk suhu ideal karena masih dibawah 37°C, maka suhu tersebut tidak mempengaruhi terhadap kematian bakteri.

KESIMPULAN

Kesimpulan hasil penelitian ini adalah setelah dilakukan perendaman tembaga (Cu) selama 3 X 24 jam, kadar tembaga (Cu) dalam sampel air bersih rata-rata sebesar 0,119 ppm, kadar ini masih memenuhi syarat sesuai yang dipersyaratkan *World Health Organization* (WHO) yaitu 2 ppm. Berdasarkan hasil rata-rata pembubuhan tembaga (Cu) ke dalam air bersih ada peningkatan jumlah bakteri *E. Coli* dalam air tersebut. Efektifitas tembaga dalam menurunkan kadar *E. coli* dalam air bersih berdasarkan hasil penelitian ini dipengaruhi oleh variasi berat tembaga (Cu).

DAFTAR PUSTAKA

1. Anwar D, Dewi S, Syamsuar M. Studi Kadar Tembaga (Cu) Pada Air dan Ikan Gabus di Sungai Pangkajene Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep. Makassar: Bagian Kesehatan Lingkungan FKM Unhas; 2012.
2. Kemenkes RI. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 416/Menkes/Per/IX/1990 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 1990.
3. Anwar A, Musadat A. Pengaruh Akses Penyediaan Air Bersih Terhadap Kejadian Diare Pada Balita, Jurnal Ekologi Kesehatan. 2009;8(2).
4. Hannif, Mulyani SN, Kusithawati S. Faktor Risiko Diare Akut pada Balita. Berita Kedokteran Masyarakat. 2011;27(1).
5. Wulandari SA. Hubungan Kasus Diare Dengan Faktor Sosek dan Perilaku. Jurnal Kesehatan; 2011.
6. Varkey AJ, Diamini MD. Point-of-use water purification using clay pot water filters and copper mesh. Swaziland: Department of Physics, University of Swaziland; 2001.
7. Zainudin. Metode Penelitian. Surabaya: Penerbit Universitas Airlangga; 2002.
8. Supriyono V. Metodologi Penelitian. Magetan: Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya – Program Studi Kesehatan Lingkungan Kampus Magetan.; 2013.
9. Ashari A. Penggunaan Komposit CuO-Fe₂O₃ Untuk Antibakteri dan Fotokatalisis Degradasi Eriochrome Black-T Dengan Radiasi Sinar Tampak. Tesis. Padang: PPs-Kimia Unand; 2016.
10. Gould Simon WJ, Fielder Mark D, Kelly Alison F, Morgan MKJ, Naughton Declan P. The antimicrobial properties of copper surfaces against a range of important nosocomial pathogens. 2009; 59(1):151-156.
11. Rosita V. Spesialisasi Logam Kadmium, Tembaga, Timbal dan Seng Dalam Tanah Yang Terkontaminasi. Bogor: Penerbit Institut Pertanian Bogor; 2013.
12. Ifroh HR, Sedionoto B. Kajian Prediktif Risiko Kesehatan Akibat Paparan Cu (Tembaga) Pada Air Sungai Mahakam Dengan Metode Public Health Assasment (PHA)> Samarinda: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Mulawarman; 2013.
13. Hariyadi S, Margono, Purwanto SD. Uji Coba Filter Keramik Dengan Campuran Sekam, Bekatul, Serbuk Gergaji Dan Koloid Perak Dalam Pengolahan Air. Buletin Ilmiah Gema Kesehatan Lingkungan. 2013;11(1):27-32.

14. Fardiaz S. Mikrobiologi Pangan. Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama; 1992.
15. Sirumapea L, Anggraini D. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Antibakteri Kompleks Schiff Base dengan Tembaga (Cu). Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology. 2016.
16. Wibowo SM. Pertumbuhan dan Kontrol Bakteri. Jurnal Pertumbuhan Bakteri. 2012.