

OP-01

**PENGARUH SENYAWA BESI DAN MANGAN TERHADAP
KINERJA DISINFEKSI KAPORIT PADA AIR SUMUR**

Puti Sri Komala*, Ajeng Yanarosanti
Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas
*Email: putisrikomala@ft.unand.ac.id

ABSTRAK

*Kondisi beberapa sumur dangkal di Indonesia menunjukkan kualitas yang tidak memenuhi syarat sebagai air minum dilihat dari kandungan bakteri *E.coli*, senyawa besi dan mangan. Konsentrasi *E.coli* dan senyawa-senyawa tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan. Proses disinfeksi merupakan salah satu cara untuk menghilangkan kandungan *E.coli* dalam air, namun adanya senyawa-senyawa besi dan mangan dalam air tanah dapat menurunkan kinerja disinfeksi. Oleh karena itu dibutuhkan pemberian dosis disinfektan yang tepat agar *E.coli* dapat diturunkan dalam air yang mengandung besi dan mangan. Dalam percobaan ini digunakan disinfeksi kaporit pada larutan artifisial dan sampel air sumur kawasan Purus dengan penambahan logam besi sebagai $Fe(NO_3)_2$ dan mangan sebagai $Mn(NO_3)_2$. Pada percobaan sebelumnya diperoleh dosis optimum kaporit yaitu 50 mg/l dengan waktu kontak 30 menit. Adanya logam besi dan mangan dalam air dapat menurunkan kinerja kaporit. Laju kematian bakteri pada larutan mengandung besi dengan kadar 0,15 sampai 0,45 mg/l yaitu antara 0,158-0,186/menit ($2,06\text{-log} - 2,42\text{-log}$) lebih kecil dibandingkan laju kematian bakteri pada larutan mengandung mangan dengan kadar 0,2 sampai 0,6 mg/l yaitu antara 0,17-0,226/menit ($2,24\text{-log} - 2,95\text{-log}$). Efektifitas kaporit pada larutan yang mengandung senyawa besi dan mangan jauh berkurang dibandingkan larutan yang tidak mengandung senyawa tersebut pada dosis dan waktu kontak yang sama. Kinerja disinfeksi berkurang hingga lebih dari dua kalinya. Kaporit yang diperlukan untuk air sumur adalah 0,785 kg.*

*Kata Kunci: Air sumur, disinfeksi, *E.coli*, kaporit, senyawa besi dan mangan*

1. Latar Belakang

Sumber air yang memenuhi syarat sebagai air baku air minum jumlahnya semakin lama semakin berkurang akibat pencemaran sumber air yang ada. Air tanah yang semula dianggap sebagai sumber air yang kualitasnya paling baik dan memenuhi syarat sebagai air minum jumlahnya semakin terbatas dan kualitasnya pun mulai menurun. Kontaminasi air tanah sangat dipengaruhi oleh aktivitas penduduk dan sanitasi lingkungan di sekitarnya. Air yang tidak memenuhi persyaratan bakteriologis ini menjadi salah satu penyebab *waterborne disease*.

Kondisi kualitas sebagian air sumur di Indonesia dapat dipresentasikan oleh penelitian Suryana (2013) bahwa dari tujuh sumur dangkal yang diteliti di tujuh kelurahan di Makasar menunjukkan nilai COD pada rentang 11,76-47,04 mg/L dan total coliform antara 920-1600 cfu/100

ml. Demikian juga penelitian pada air sumur di kawasan Purus Padang (Syadikin, 2003) memperlihatkan data yang tidak jauh berbeda, bahwa jumlah sel bakteri sampel air tanah kawasan Purus adalah 3.145 sel/100 ml, sedangkan untuk air tanah di kawasan Tabing adalah 770 sel/ml. Nilai-nilai tersebut berada di atas baku mutu, sehingga dapat dikatakan bahwa sumur-sumur yang ada tersebut tidak memenuhi persyaratan kimia dan bakteriologis air minum karena konsentrasinya yang melebihi baku mutu.

Disinfeksi merupakan salah satu cara untuk menghilangkan bakteri patogen dalam air. Metoda disinfeksi yang paling umum untuk mendisinfeksi air minum adalah khlorinasi, ozonisasi, radiasi ultra violet dan disinfeksi menggunakan klorin dioksida (Tsai, 1999). Kaporit [$Ca(OCl)_2$] merupakan desinfektan yang sering digunakan dalam disinfeksi karena

cukup efektif dan terjangkau dari segi ekonomi, bersifat stabil serta dapat disimpan lebih lama (Surbakti, 1987). Namun keefektifan disinfektan dapat berkurang karena adanya sulfida, besi, mangan, amonia (USEPA, 2002) dan suspended solid (Tsai, 1999). Selain terkontaminasi oleh faktor eksternal, air tanah juga dapat terkontaminasi secara alami oleh logam-logam terlarut yang berasal dari tanah dan batu-batuan di sekitarnya (Saylor, 2002).

Penelitian tentang kandungan besi dan Mangan dalam sumur dangkal di Indonesia telah dilakukan oleh Rahayu (2004) di daerah Surakarta, beberapa sumur mengandung Fe yang berkisar antara 0,65 -1,22 mg/L dan Mn 0,48-1,05 mg/L. Selain itu penelitian Hartini (2012) pada air sumur gali yang berada di Kelurahan Kumai Hilir Kalimantan Tengah mempunyai kandungan Mn 2,02 mg/L. Nilai kadar Fe dan Mn pada sumur dangkal dari penelitian-penelitian tersebut berada di atas baku mutu air minum (Depkes, 2010). Meskipun ke dua logam ini tidak berbahaya, konsentrasi tinggi dalam air menyebabkan air berasa dan noda pada pakaian.

Penelitian Komala terdahulu (2014) pada air sumur diperoleh dosis optimum kaporit yaitu 50 mg/l dengan waktu kontak 30 menit untuk menyingkirkan bakteri *E.coli* dari $>1,6.10^5$ sel/100 ml menjadi 0 sel/100 ml. Dosis ini menurut Komala merupakan dosis yang setara untuk kategori air limbah hasil pengolahan sekunder. Adanya kombinasi kandungan *E.coli* dan kadar besi serta mangan dalam air sumur dangkal yang umumnya digunakan sebagai sumber air minum di pemukiman, menjadi dasar untuk melakukan kajian lebih mendalam mengenai efektifitas disinfeksi dalam air yang mengandung parameter-parameter tersebut.

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka dalam dilakukan penelitian ini akan dilakukan kajian mengenai pengaruh senyawa-senyawa pengganggu besi dan mangan dalam air sumur yang mengandung *E.coli* tinggi pada kondisi optimum isinfeksi yang diperoleh dari

penelitian Komala (2014) sebelumnya. Laju inaktivasi disinfektan tanpa dan adanya senyawa-senyawa tersebut dievaluasi.

2. Metoda

Bahan

Senyawa disinfektan yang digunakan adalah kaporit $\text{Ca}(\text{OCI})_2$ dengan kandungan khlor aktif 65%. Untuk pewarnaan gram digunakan Lugol, safranin, kristal violet, dan alkohol. Pengukuran sisa khlor digunakan asam asetat glasial pekat (CH_3COOH), kalium iodida (KI), natrium thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) dan amilum. Senyawa besi dan mangan yang digunakan dalam bentuk senyawa $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ dan $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$.

E.coli

Bakteri *E.coli* yang digunakan berasal dari dari Laboratorium Biologi Fakultas MIPA Universitas Andalas. Bakteri tersebut kemudian dibiakkan dalam medium *Nutrient Agar* (NA). Biakan ini kemudian diremajakan pada media miring *Nutrient Broth* (NB) dalam wadah berupa *test tube* agar didapatkan stok bakteri *E. coli* yang cukup. Koloni bakteri akan tumbuh setelah 48-72 jam yang ditandai dengan adanya lendir pada permukaan media. Koloni bakteri tersebut kemudian dikayakan pada media *Nutrient Broth* (NB) dalam *erlenmeyer* 200 ml. *Erlenmeyer* ditutup menggunakan kapas steril dan *dishaker* pada kecepatan 80 rpm selama 24 jam. Medium *Lactose Broth* (LB) dan *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB) digunakan untuk uji MPN (APHA, 1998). Pertumbuhan kultur ditandai dengan kekeruhan dan siap untuk digunakan pada percobaan artifisial.

Sampel Air

Sampel air berasal dari air sumur di kawasan Purus Padang diambil secara grab menggunakan botol steril sebanyak 2 liter. Nilai *E.coli* yang diambil adalah

jumlah bakteri *E.coli* tertinggi yang diukur dengan uji MPN.

Larutan artifisial

Percobaan optimasi proses disinfeksi (Komala dkk., 2014) serta pengaruh senyawa besi dan mangan dilakukan dalam larutan artifisial. Larutan artifisial terdiri dari *E. coli* yang diambil dari hasil biakan dengan jumlah sesuai sampel air sumur ditambahkan aquadest sampai 100 ml (Komala dkk., 2014).

Optimasi Proses Disinfeksi

Dari penelitian Komala, dkk. (2014) sebelumnya pada disinfeksi air sumur menggunakan variasi dosis kaporit 10, 20, 30, 40 dan 50 mg/L dengan waktu kontak 10, 20, 30, 40 dan 50 menit diperoleh dosis optimum kaporit 50 mg/l dan waktu kontak 30 menit untuk menyisihkan bakteri *E.coli* dari $>1,6.10^5$ sel/100 ml menjadi 0 sel/100 ml. Kondisi optimum ini kemudian digunakan dalam penelitian ini untuk menguji pengaruh besi dan mangan, serta disinfeksi pada air sumur.

Pengaruh Senyawa Besi dan Mangan terhadap Proses Khlorinasi

Variasi konsentrasi senyawa besi yang digunakan adalah 0,15, 0,35 dan 0,45 mg/l dalam bentuk senyawa $Fe(NO_3)_2$, sedangkan konsentrasi senyawa mangan yaitu 0,2, 0,4 dan 0,6 mg/l dalam bentuk $Mn(NO_3)_2$. Tiga jenis variasi konsentrasi besi $Fe(NO_3)_2$ dan mangan $Mn(NO_3)_2$ masing-masing dimasukkan ke dalam larutan artifisial pada erlenmeyer, kemudian ditambahkan kaporit 50 mg/L dan dishaker pada 80 rpm selama 30 menit. Setelah itu jumlah *E.coli* diukur.

Inaktivasi *E.coli*

Inaktivasi bakteri merupakan kematian bakteri setelah proses disinfeksi dilakukan. Perhitungan inaktivasi *E.coli* ini menggunakan persamaan (1), (2), (3) dan (4) (Asano dkk, 2007).

1. Laju kematian bakteri:

$$\ln \frac{N_t}{N_0} = -k \cdot t$$

$$\dots\dots\dots(1)$$

2. Kontanta pemusnahan spesifik:

$$\ln \left(\frac{N_t}{N_0} \right) = -k' \cdot Ct$$

$$\dots\dots\dots(2)$$

3. Koefisien Pelarutan: $C^n k' = k$

$$\dots\dots\dots(3)$$

4. Log Inaktivasi = $\log \left(\frac{N_0}{N_t} \right)$

$$\dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

N_0 = jumlah mikroorganisme pada waktu 0

N_t = jumlah mikroorganisme pada waktu t

C = konsentrasi disinfektan (mg/l)

k = laju kematian (1/menit)

k' = konstanta pemusnahan spesifik (1/mg.min)

t = waktu (menit)

n = konstanta kelarutan

Kebutuhan kaporit air sumur

Kebutuhan kaporit air sumur dihitung melalui hasil kali volume sumur (luas dikali dengan tinggi sumur) dengan dosis kaporit optimum.

3. Hasil Dan Pembahasan

a. Karakteristik Sampel Air Sumur

Dari penelitian Komala, dkk (2014) diperoleh karakteristik air sumur meliputi parameter bau, warna, TDS, kekeruhan, temperatur, TSS, besi, mangan, COD, BOD, pH, kadmium, klorida, kesadahan, seng, sulfat, tembaga, amonia, nitrit, dan nitrat. (Tabel 1). Beberapa parameter seperti TDS, kekeruhan, besi, mangan, COD, BOD, kadmium, klorida dan *E.coli* dengan konsentrasi masing-masing 896 mg TDS/l, 5,7 NTU, 1,103 mg Fe/L, 0,6 mg Mn/L, 192 mg COD/L, 7,1 mg BOD/L dan *E.coli* $>1,6.10^5$ melebihi baku mutu air minum (Depkes, 2010).

Tabel 1. Karakteristik Air Sumur Kawasan Purus*

No	Parameter	Satuan	Permenkes No.492/Menkes/Per/IV/2010	Hasil Pengukuran Air Sumur
Fisika				
1.	Bau		Tidak berbau	-
2.	Warna	TCU	15	2,375
3.	TDS	mg/l	500	896
4.	Kekeruhan	NTU	5	5,7
5.	Temperatur	°C	28± 3°C	
6.	TSS	mg/l		252
Kimia				
7.	Besi	mg/l	0,3	1,103
8.	Mangan	mg/l	0,4	0,6
9.	COD	mg/l		192
10.	BOD	mg/l		7,1
11.	pH	mg/l	6,5 – 8,5	7,5
12.	Kadmium	mg/l	0,003	0,267
13.	Klorida	mg/l	250	618,8
14.	Kesadahan	mg/l	500	23
	Seng	mg/l	3	0,967
15.	Sulfat	mg/l	250	111,6
16.	Tembaga	mg/l	2	0,485
17.	Amonia	mg/l	1,5	1,1
18.	Nitrit	mg/l	3	0,849
19.	Nitrat	mg/l	50	1,098
Biologi				
20.	<i>E.coli</i>	sel/100ml	0	>1,6.10 ⁵

Sumber : Komala, dkk. (2014)

Menurut penelitian Komala (2014) di kawasan Purus tersebut, kandungan TDS yang tinggi dapat disebabkan oleh adanya pencemaran organik seperti limbah domestik dan kotoran ternak. Selain itu nilai klorida yang tinggi karena lokasi berada di kawasan pantai juga berkontribusi terhadap nilai TDS yang tinggi.

Tingginya kandungan organik, kekeruhan dan kandungan material tersuspensi dalam air sumur ini dapat disebabkan oleh adanya pencemaran dari limbah domestik, industri dan kawasan pariwisata di dekatnya. Timbulan sampah yang cukup besar, namun tidak dikelola dengan baik juga menjadi salah satu penyebab pencemaran air tanah. Sementara itu letak, konstruksi dan kondisi sumur yang berjarak dekat dengan septik tank, drainase dan dalam keadaan terbuka berkontribusi terhadap tingginya kandungan bakteri *E.coli*.

Ditegaskan juga oleh Komala, bahwa kandungan *E.coli* dari penelitian ini lebih tinggi dari penelitian lain pada sumur-sumur dangkal oleh Marwati (2008) maupun Syadikin (2003). Dapat dikatakan bahwa sumur kawasan Purus tersebut berada dalam kondisi tercemar.

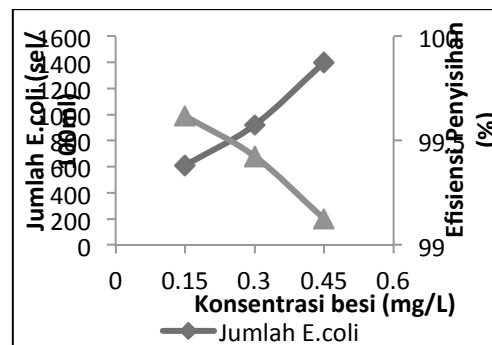
b. Pengaruh Ion Besi dan Mangan terhadap kinerja Disinfeksi

Pengaruh adanya logam besi dalam air terhadap konsentrasi *E.coli* setelah percobaan disinfeksi dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan penyisihan logam-logam tersebut setelah proses disinfeksi diperlihatkan pada Gambar 1.

Tabel 2. Pengaruh Logam Besi terhadap Jumlah *E.coli* pada Percobaan Desinfeksi Optimum

Pengenceran Tabung/ Kadar Besi	Dosis Kaporit	Waktu Kontak	Jumlah <i>E.coli</i> (x10 ² sel/100ml)
Kontrol	50 mg/l	30 menit	>1600
0,15 mg/l			6,1
0,30 mg/l			9,2
0,45 mg/l			14
Tanpa besi*	50 mg/l	30 menit	0

* Komala, dkk (2014)



Gambar 1. Pengaruh Logam Besi terhadap Penyisihan *E.coli*

Adanya senyawa besi dalam air dapat menurunkan kinerja disinfeksi. Hal ini terlihat dari adanya *E.coli* yang cukup tinggi setelah percobaan yaitu 6,1 x10² sampai 14x10² sel/100 ml. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, tanpa adanya senyawa besi dalam air proses disinfeksi pada kondisi optimum dapat memusnahkan seluruh bakteri *E.coli*. Semakin tinggi kandungan besi dalam

air, semakin tinggi sisa *E.coli* dalam air dan kemampuan desinfektan semakin berkurang dari 99,6% menjadi 99,1%.

Kaporit mempunyai kemampuan oksidasi yang tinggi sekaligus mengeliminasi bakteri (USEPA, 2002). Senyawa OCI yang terbentuk bersifat reaktif yang dapat bereaksi dengan ion-ion sulfida, senyawa organik, besi, mangan, amonia dan termasuk bakteri. Hal ini sesuai dengan yang diperoleh dari percobaan Komala sebelumnya (2014), bahwa dengan waktu kontak yang singkat (10 menit) kaporit mampu menurunkan bakteri *E.coli* dengan jumlah yang drastis.

Pengaruh konsentrasi mangan pada rentang 0,2, 0,4 dan 0,6 mg/l terhadap jumlah *E.coli* setelah percobaan disinfeksi dengan dosis kaporit 50 mg/L dan waktu kontak 30 menit dapat dilihat pada Tabel 3 dan penyisihan yang terjadi ditampilkan pada Gambar 2.

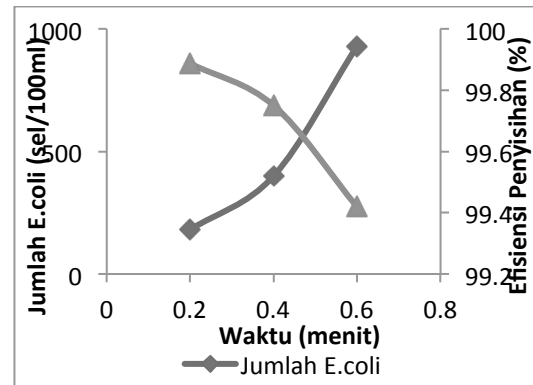
Seperti halnya senyawa besi, senyawa mangan dalam air akan menurunkan daya basmi disinfeksi. Peningkatan konsentrasi mangan dari 0,2 mg/L menjadi 0,6 mg/L semakin menurunkan kinerja disinfektan, yang semula 99,9% menjadi 99,4% dengan sisa *E.coli* $9,3 \times 10^2$ sel/100 ml.

Tabel 3. Jumlah *E.coli* Pengaruh Logam Mangan pada Desinfeksi

Pengenceran	Dosis Kaporit	Waktu Kontak	Jumlah <i>E.coli</i> ($\times 10^2$ sel/100 ml)
Tabung/ Kadar Mangan	50 mg/l	30 menit	>1600
Kontrol			1,8
0,2 mg/l			4
0,4 mg/l			9,3
0,6 mg/l			

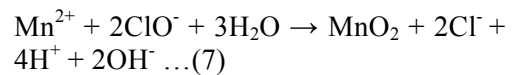
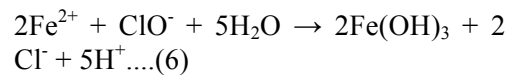
Menurut Sururi, dkk (2008) kehadiran Fe^{2+} dan Mn^{2+} dalam sampel air dapat mengganggu proses disinfeksi. Hal ini dikarenakan sebelum klor aktif membunuh bakteri, terlebih dahulu klor bereaksi dengan zat-zat reduktor, seperti Fe^{2+} dan Mn^{2+} . Semakin besar nilai konsentrasi Fe^{2+} dan Mn^{2+} dalam air, maka semakin lama waktu kontak dan dosis desinfektan yang dibutuhkan dalam

proses disinfeksi. Berdasarkan kedua percobaan tersebut, baik senyawa besi maupun mangan di dalam air dapat mengurangi efektifitas kaporit sebagai disinfektan.



Gambar 2. Pengaruh Logam Mangan terhadap Penyisihan *E.coli*

Oksidasi besi dan mangan oleh larutan kaporit diperlihatkan dalam persamaan 6 dan 7 (Black dan Veatch, 2010).



Adanya logam mangan dalam air memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan logam besi dalam proses disinfeksi. Hal ini ditandai dengan jumlah bakteri *E.coli* yang lebih kecil setelah proses disinfeksi. Dari persamaan 7 dapat dilihat bahwa terdapat endapan mangan dioksida dan calcium hidroksida hasil reaksi. Diperkirakan endapan tersebut dapat membuat bakteri terperangkap, sehingga bakteri yang ada dalam air berkurang. Jumlah bakteri yang terserap lebih besar dibandingkan endapan feri hidroksida pada persamaan 6, sehingga bakteri yang ada dalam air yang mengandung endapan feri hidroksida lebih besar.

c. Inaktivasi *E.coli*

Nilai laju kematian (k), konstanta pemusnahan (k') serta koefisien pelarutan (n) hasil perhitungan dengan persamaan 1 sd 4 dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5. Dari tabel terlihat bahwa nilai konstanta pemusnahan (k) tertinggi terjadi pada proses disinfeksi

dengan kandungan ion pengganggu yang paling rendah untuk logam besi maupun mangan yaitu 0,186/menit dan 0,226/menit. Semakin tinggi konsentrasi besi dan mangan laju kematian semakin kecil. Pada konsentrasi besi 0,45 mg/L, laju kematian turun menjadi 0,158 /menit, sedangkan Pada konsentrasi mangan 0,6 mg/L, laju kematian turun menjadi 0,172/menit. Hal ini menandakan bahwa disinfektan kaporit akan bereaksi dengan senyawa besi atau mangan yang ada dalam air, sehingga disinfektan yang tersisa untuk membasmi bakteri semakin kecil. Akibatnya, jumlah bakteri semakin meningkat jika jumlah senyawa pengganggu semakin besar.

Nilai laju kematian bakteri dengan adanya senyawa besi lebih kecil dibandingkan dengan adanya senyawa mangan. Menurut Grandjean (2006), senyawa besi merupakan parameter penting dalam air minum bagi bakteri *E.coli*. Ditegaskan pula, bahwa meskipun sel-sel bakteri telah menyimpan sejumlah besar besi selama fase pertumbuhannya, mereka dapat hidup lebih lama dibandingkan sel-sel bakteri yang memiliki besi dalam jumlah yang standar. Meskipun senyawa mangan juga merupakan salah satu *trace element* yang dibutuhkan, namun menurut (Nies, 1999) kebutuhan mangan berkisar antara 10 nM-100 nM lebih rendah dibandingkan besi (100 nM-1 µM). Oleh karena itu, konstanta kematian bakteri dalam medium yang terdapat senyawa mangan lebih besar dibandingkan konstanta kematian dalam medium yang terdapat senyawa besi.

Tabel 4. Nilai k, k' dan n pada Inaktivasi *E.coli*

Ion Pengganggu	Kadar (mg/l)	Laju kematian (k) (1/menit)	Konstanta pemusnahan spesifik (k') (1/mg.min)	Koefisien pelarutan (n)
Besi	0,15	0,186	0,0037	0,999
	0,30	0,172	0,0034	0,999
	0,45	0,158	0,0032	0,999
Mangan	0,2	0,226	0,0045	1
	0,4	0,2	0,004	0,998
	0,6	0,17	0,0034	1,018

Tabel 5. Log Inaktivasi *E.coli*

Ion Pengganggu	Kadar (mg/l)	Log inaktivasi
Besi	0,15	-2,42
	0,3	-2,24
	0,45	-2,06
Mangan	0,2	-2,95
	0,4	-2,60
	0,6	-2,24
Tanpa Fe/Mn*		-6

Keterangan *: Komala, dkk. (2014)

Hal yang sama terjadi pada konstanta pemusnahan spesifik yang nilainya sebanding log (Nt/No), semakin tinggi senyawa pengganggu, semakin kecil nilai konstanta pemusnahan spesifik, dan sebaliknya. Nilai konstanta pemusnahan spesifik pada disinfeksi air yang mengandung mangan berkisar antara 0,0034-0,0045 L/mg.min lebih besar dibandingkan nilai konstanta pemusnahan spesifik pada disinfeksi air yang mengandung besi yaitu berkisar antara 0,0032-0,0037 L/mg.min. Nilai yang diperoleh lebih tinggi dari penelitian Thagersen (1996), konstanta laju kematian untuk klorin bebas adalah 114 L/g.jam dan kombinasi klorin adalah 1,84 L/g.jam. Nilai ini memperlihatkan efektifitas kaporit yang cukup tinggi terhadap *E.coli*.

Nilai konstanta pelarutan n di semua larutan yang mengandung besi maupun mangan mendekati 1. Berdasarkan Hukum Chick-Watson nilai n = 1 adalah baik dosis kaporit dan waktu kontak sama-sama mempengaruhi proses disinfeksi.

Inaktivasi bakteri juga dapat dilihat dari nilai log inaktivasi pada Tabel 4. Nilai inaktivasi berkisar antara 2,06-log-2,95-log. Nilai inaktivasi ini menguatkan bahwa senyawa mangan dalam larutan yang didisinfeksi mengurangi efektifitas disinfektan lebih kecil dibandingkan dalam larutan yang ada senyawa besi. Oleh karena itu nilai inaktivasi disinfeksi dalam larutan mangan lebih besar dibandingkan inaktivasi dalam larutan besi. Meskipun demikian efektifitas kaporit pada larutan yang mengandung

senyawa besi dan mangan jauh berkurang dibandingkan pada penelitian Komala pada dosis dan waktu kontak yang sama (2014) yang tidak mengandung senyawa tersebut, yaitu 6-log inaktivasi. Baik senyawa besi maupun mangan di dalam larutan yang didisinfeksi dapat mengurangi kinerja disinfeksi lebih dari dua kalinya.

d. Disinfeksi pada air sumur

Pembubuhan kaporit pada sampel air sumur kawasan Purus, dapat menyisihkan kandungan *E.coli* air sumur hingga 99,9% dengan kadar residu klor 0,4 mg/l (Komala, 2014). Nilai ini masih berada di bawah baku mutu untuk air minum yaitu 5 mg/L (Depkes, 2010). Adanya beberapa senyawa-senyawa selain logam besi dan mangan yang tinggi dalam air sumur, terdapat kandungan TDS, kekeruhan serta senyawa organik (sebagai BOD dan COD) yang melewati batas baku mutu. Senyawa-senyawa nitrit dan amonia meskipun jumlahnya sedikit dalam air dan belum melewati baku mutu juga akan mengganggu proses disinfeksi. Senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan klorin bebas, sehingga menurunkan kinerja disinfeksi (USEPA, 2002).

Sumur lokasi sampling di kawasan Purus memiliki diameter 1 meter dengan kedalaman 5 meter. Volume air pada sumur tersebut yaitu 15,7 m³, jika dibubuhkan dosis kaporit optimum sebesar 50 mg/l, maka diperlukan 0,785 kg kaporit dan waktu pengadukan selama 30 menit.

4. Simpulan

Dari hasil yang diperoleh pada penelitian efektifitas desinfektan kaporit dalam penyisihan bakteri *E. coli* air sumur kawasan Purus dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Adanya senyawa besi atau mangan dalam air dapat menurunkan kinerja disinfeksi akibat oksidasi senyawa tersebut dan toksisitas akibat peningkatan logam.
2. Laju kematian bakteri pada larutan mengandung besi dengan kadar 0,15 sampai 0,45 mg/l yaitu antara 0,158-

0,186/menit (2,06-log - 2,42-log) lebih kecil dibandingkan laju kematian bakteri pada larutan mengandung mangan dengan kadar 0,2 sampai 0,6 mg/l yaitu antara 0,17-0,226/menit (2,24-log - 2,95-log) dan menurunkan inaktivasi bakteri 6-log jika tidak terdapat senyawa tersebut.

3. Konstanta pelarutan (n) yang nilainya mendekati 1, menunjukkan baik dosis kaporit maupun waktu kontak sama-sama mempengaruhi proses disinfeksi.

Daftar Pustaka

- American Public Health Association. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, A.D. Eaton, L.S. Clesceri, A.E. Greenberg, (Eds.), 20th ed. Washington D.C.
- Asano, T., Burton, F., Leverenz, H. dan Tsuchihashi, R. 2007. *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications*, New York: McGraw Hill company. Inc.
- Depkes R.I., 2010, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*.
- Grandjean, D., Jorand, F., Guilloteau, H. dan Block, J.-C. 2006. Iron uptake is essential for *Escherichia coli* survival in drinking water, *Letters in Applied Microbiology* 43. pp. 111–117.
- Hartini, E. 2012. *Cascade Aerator dan Bubble Aerator Dalam Menurunkan Kadar Mangan Air Sumur Gali*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol. 8, No.1 pp. 42-50.
- Komala, P.S., Yanarosanti, A. 2014. *Inaktivasi Bakteri Escherichia Coli Air Sumur Menggunakan Disinfektan Kaporit*. *Jurnal Dampak* 10 (1). dalam proses pencetakan.
- Marwati, M.N., Mardani, N.K., dan Sudra, K.I. 2008. *Kualitas Air Sumur Gali Ditinjau dari Kondisi Lingkungan Fisik dan Perilaku Masyarakat di Wilayah Puskesmas I Denpasar Selatan*. Unud: Politeknik

- Kesehatan Denpasar Jurusan Kesehatan Lingkungan.
- Nies, D. H. 1999. *Microbial heavy-metal resistance*. Appl Microbiol Biotechnol, Vol. 51, pp 730-750.
- Rahayu, T. 2004. *Karakteristik air sumur dangkal di wilayah Kartasura dan upaya penjernihannya*. Jurnal Penelitian Sains & Teknologi. Vol. 5, No. 2 pp. 104 – 124.
- Surbakti, B.M. 1987. *Air Minum Sehat*. Surakarta : CV Mutiara Solo.
- Sururi, R.M., Rachmawati S.Dj., dan Solihah, M. 2008. *Perbandingan Efektifitas Klor Dan Ozon Sebagai Desinfektan pada Sampel Air Dari Unit Filtrasi Instalasi PDAM Kota Bandung*. Lampung: Prosiding Semoinar Nasional Sains dan Teknologi II 2008 Universitas Lampung.
- Syadikin, A.R. 2003. *Studi Tingkat Penyisihan Bakteri Dalam Air Peruntukan Air Minum dengan Menggunakan Sinar Matahari*. Padang. Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang
- Thagersen, J. dan Dahi, E. 1998. *Chlorine decay and bacterial inactivation kinetics in drinking water in tropics*. World Journal of Microbiology & Biotechnology. Vol.12 pp. 549-556.
- Tsai, C.T., dan Lin, T.S. 1999. *Disinfection of hospital waste sludge using hypochlorite and chlorine dioxide*. Journal of Applied Microbiology. Vol. 86, pp. 827-833.
- USEPA. 2002. *Onsite Wastewater Treatment Systems Technology Fact Sheet 4: Effluent Disinfection Processes*. TFS-17-TFS-22, EPA/625/R-00/008, February.