

IDENTIFIKASI KEBERADAAN COLIFORM DAN *E. coli* PADA AIR BERSIH DI PELABUHAN TANUNG EMAS SEMARANG

Ayu Widyawati, Tri Joko, Onny Setiani

Peminatan Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro

Email : ayuwidyawati1992@gmail.com

ABSTRACT

One of the water treatment efforts is disinfection. Disinfection aims to kill pathogenic microorganisms that can cause health problems for humans. One of the disinfectants that is commonly used is chlorine because chlorine is easily available and affordable. The use of chlorine as a disinfectant must meet the appropriate dosage requirements and techniques. Pelindo Semarang reservoir is disinfected with 250 grams of chlorine and is repeated once a month. This study aimed to identify Total Coliform and E. coli on the day immediately after affixing, 7th, 14th, 21st and 28th days at the Pelindo Reservoir, Nusantara Pier Hydrant, Passenger Terminal Reservoir, Samudera Pier Hydrant, TPKS Pier Hydrant and TPKS Reservoir. Result found that the condition of the Pelindo Reservoir as the main reservoir in an open state, there is garbage around the reservoir and no drainage is carried out. Total Coliform meets the quality standard of 16.7%. Meanwhile, E. coli meets the quality standard of 13.3%. Addition of chlorine at one time is considered less effective in reducing coliforms or eliminating E. coli.

Keywords: water, disinfection, reservoir, hydrant

A. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat mutlak bagi makhluk hidup khususnya manusia.¹ Aktivitas di pelabuhan khususnya untuk upaya hygiene dan sanitasi memerlukan air. Baku mutu mengenai air untuk hygiene dan sanitasi diatur dalam PMK No 32 Tahun 2017 yang menyatakan *Total Coliform* paling banyak yang diperbolehkan yaitu 50 CFU/100 ml sedangkan *E. coli* harus 0 CFU/100 ml.³ Penyediaan air bersih di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang diawasi oleh Kantor Kesehatan Pelabuhan Kelas II Semarang dengan melakukan pengambilan sampel air secara berkala satu bulan sekali. Berdasar hasil pemeriksaan laboratorium didapatkan hasil air pada bulan Januari-September 2019 *Total Coliform* dan *E. coli* melebihi baku mutu di beberapa outlet. Penelitian ini bertujuan menggambarkan kualitas biologi air yaitu keberadaan *Total Coliform* dan *E. coli* pada seluruh outlet yang bersumber dari Reservoir Pelindo, yaitu Hidrant Dermaga Nusantara, Reservoir Terminal Penumpang, Hidrant Dermaga Samudera, Hidrant Dermaga TPKS, dan Reservoir TPKS. Diharapkan hasil penelitian ini menjadi bahan pertimbangan bagaimana teknik pengolahan air yang tepat khususnya desinfeksi untuk diterapkan oleh PT Pelabuhan Indonesia III Regional Jawa Tengah.

Air yang digunakan untuk hygiene sanitasi memiliki persyaratan tertentu dimana

baku mutunya berbeda dengan baku mutu air minum.² Keberadaan organisme patogen pada air dapat mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan.³ Pelabuhan merupakan tempat kegiatan pemerintahan maupun kegiatan ekonomi yang memiliki batasan tertentu dan didukung oleh fasilitas pelayaran dan penunjang lainnya dimana terjadi aktivitas naik turunnya penumpang, bongkar muat barang, kapal berlabuh maupun bersandar serta berpindah (moda transportasi).⁴ Pengolahan air merupakan upaya teknis yang dilakukan untuk melakukan perubahan pada sifat-sifat yang terdapat di air. Desinfeksi merupakan proses pengolahan air yang bertujuan membunuh bakteri yang tersisa dari proses pengolahan sebelumnya terutama yang bersifat patogen. Di antara semua desinfektan di atas yang paling banyak digunakan adalah dengan senyawa klorin yaitu asam hipoklorit (HOCl), ion hipoklorit (OCl⁻), dan molekul klorin. Desinfektan paling efektif adalah asam hipoklorit karena dapat menembus dinding sel mikroorganisme.⁵

B. METODE

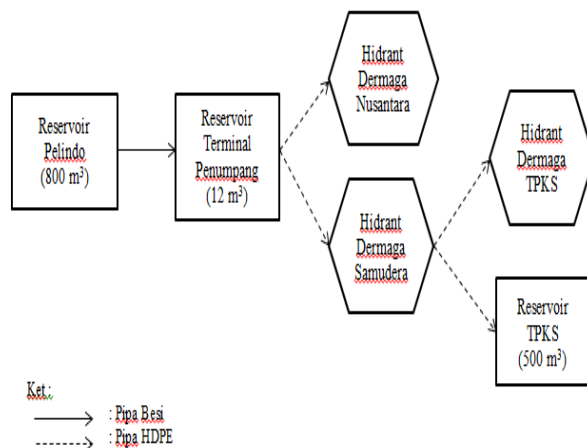
Rancangan penelitian ini yaitu penelitian deskriptif dengan pendekatan *cross-sectional* dimana pengambilan sampel pada titik yang sama dilakukan pada waktu tertentu. Pengambilan sampel air dan observasi terhadap kondisi sanitasi reservoir/hidrant

dilakukan sebanyak 5 (lima) kali secara berkala setiap 7 (tujuh) hari sekali setelah pembubuhan kaporit pada reservoir pelindo yaitu pada tanggal 5, 12, 19, 26 Desember 2019 dan 2 Januari 2020. Pengambilan sampel air dilakukan secara aseptik menggunakan botol sampel steril kemudian dikirim ke Balai Laboratorium Kesehatan dan Pengujian Alat Kesehatan Provinsi Jawa Tengah untuk pemeriksaan. Adapun pemeriksaan *Coliform* dan *E. coli* terhadap sampel air bersih Pelabuhan Tanjung Emas Semarang dilakukan dengan metode *Membrane Filter* yaitu *Coliform* dan *E. coli* disaring menggunakan *membrane filter* dengan pori 0,45 mikron kemudian diinokulasi ke media selektif (*Coliform Agar*). *Coliform* dan *E. coli* akan membentuk warna pada media, *Coliform* berwarna ungu kemerahan sedangkan *E. coli* berwarna biru gelap.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembubuhan kaporit pada air di Reservoir Pelindo dilakukan oleh Pengelola Air PT. Pelabuhan Indonesia III Regional Jawa Tengah yang terletak di Jalan Coaster, Tanjung Mas, Semarang Utara, Kota Semarang, Jawa Tengah.

Adapun skema sistem distribusi air dari Reservoir Pelindo ke Hidrant Dermaga maupun Reservoir Pelabuhan adalah sebagai berikut :



Gambar. Skema Sistem Distribusi Air di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang

Tabel. Hasil Pengukuran Suhu

Titik Sampling	Hari ke- (°C)				
	0	7	14	21	28
Reservoir Pelindo	31,3	31,7	31,0	31,4	31,2
Hidrant Dermaga Nusantara	34,3	34,4	34,2	34,3	34,2
Reservoir Terminal Penumpang	29,1	29,5	28,8	29,2	29,3
Hidrant Dermaga Samudera	34,6	34,5	34,3	34,4	34,6
Hidrant Dermaga TPKS	34,7	34,8	34,6	34,5	34,9
Reservoir TPKS	31,3	31,4	31,5	31,2	30,8

Tabel. Hasil Pemeriksaan Total Coliform

Titik Sampling	Hari ke- (CFU/100 ml)				
	0	7	14	21	28
Reservoir Pelindo	>20	>20	40	>20	>20
Hidrant Dermaga Nusantara	124	68	118	>20	>20
Reservoir Terminal Penumpang	88	48	>20	96	>20
Hidrant Dermaga Samudera	22	76	104	>20	>20
Hidrant Dermaga TPKS	18	48	164	>20	>20
Reservoir TPKS	>20	>20	128	>20	>20

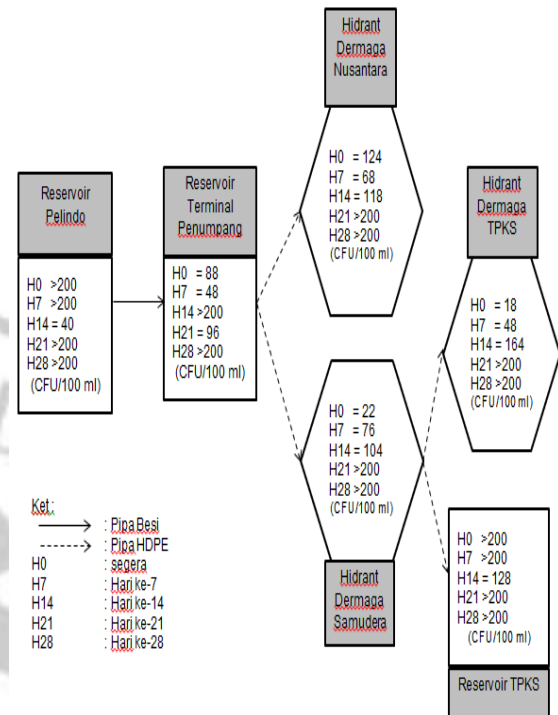
Tabel. Hasil Pemeriksaan E. coli

Titik Sampling	Hari ke- (CFU/100ml)				
	0	7	14	21	28
Reservoir Pelindo	12	3	0	32	80
Hidrant Dermaga Nusantara	3	9	0	36	36
Reservoir Terminal Penumpang	0	2	13	6	28
Hidrant Dermaga Samudera	2	3	10	25	48

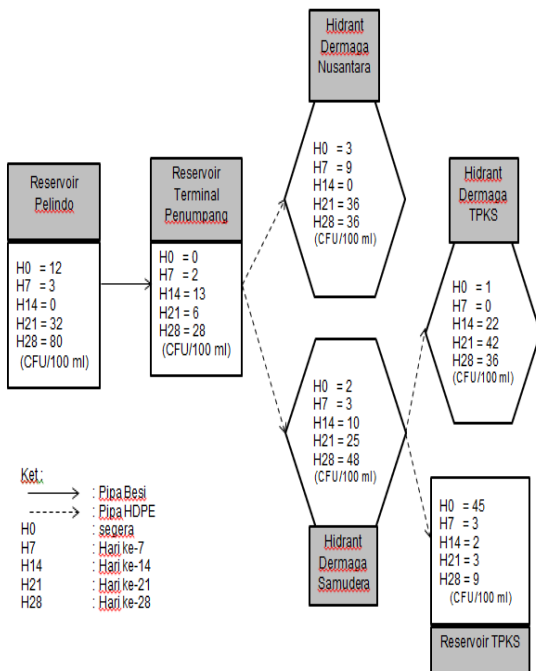
Hidrant Dermaga TPKS	1	0	22	42	36
Reservoir TPKS	45	3	2	3	9

Tabel. Hasil Pengukuran pH

Titik Sampling	Hari ke-				
	0	7	14	21	28
Reservoir Pelindo	5	5	6	7	7
Hidrant Dermaga Nusantara	6	6	6	7	7
Reservoir Terminal Penumpang	6	6	7	7	7
Hidrant Dermaga Samudera	6	6	7	7	7
Hidrant Dermaga TPKS	6	6	7	7	7
Reservoir TPKS	7	6	6	7	7



Gambar. Kandungan Coliform pada Reservoir dan Hidrant di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang



Gambar. Kandungan E. coli pada Reservoir dan Hidrant di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang

Reservoir Pelindo memiliki kapasitas 800 m³. Reservoir pelindo merupakan penampungan utama sebelum air didistribusikan ke Hidrant Dermaga maupun Reservoir Terminal Penumpang dan Reservoir TPKS. Kondisi reservoir pelindo saat observasi yaitu bagian atas reservoir kotor, banyak debu dan berlumut, lubang pengisi air dibiarkan selalu dalam kondisi terbuka, terdapat genangan air dan sampah di sekitar reservoir pelindo, juga adanya endapan di dasar reservoir karena tidak dilakukan pembersihan. Hal tersebut dapat menjadi sumber kontaminasi bagi air dalam Reservoir Pelindo. Kondisi Reservoir yang selalu dibiarkan terbuka memungkinkan adanya bakteri yang masuk bersama air hujan maupun pengaruh lingkungan sekitar.⁶

Kondisi hidrant Dermaga Nusantara saat observasi yaitu banyak debu karena Reservoir Dermaga Nusantara menjadi area penampung naik dan turun kapal serta banyak lalu lalang kendaraan di area tersebut. Selain itu, badan hidrant berkarat. Karat pada hidrant sulit dihindarkan mengingat lokasinya yang dekat dengan laut dimana kelembaban dan salinitas air laut tinggi. Ketika pertama kali hidrant dibuka, air yang keluar berwarna coklat, beberapa saat kemudian menjadi jernih. Hal tersebut dimungkinkan karena kondisi saluran

pipa hidrant yang berkarat serta kandungan partikel di dalamnya yang menjadi sumber kontaminan.

Reservoir terminal penumpang terletak di atap terminal. Reservoir tersebut berupa 6 (enam) buah tangki air dengan volume masing-masing 2000 Liter. Hasil observasi reservoir tersebut yaitu 2 (dua) dari 6 (enam) tangki air dalam keadaan terbuka. Hal tersebut memungkinkan kontaminan dari udara maupun yang terbawa oleh air hujan masuk ke tangki air tersebut sehingga mempengaruhi kualitas air pada Reservoir Terminal Penumpang.

Kondisi hidrant Dermaga Samudera saat observasi yaitu banyak debu, berlumut dan terdapat genangan di sekitar hidrant serta badan hidrant berkarat. Aktivitas di Dermaga Samudera berupa bongkar muat barang curah. Barang curah terdiri atas barang lepas dan tidak dikemas yang dituangkan dari kapal. Barang curah tersebut seperti tepung, gula, beras dan sejenisnya. Selain itu, pada saat observasi berlangsung pada Dermaga Samudera sedang ada peninggian dermaga sehingga banyak debu dari material pembangunan tersebut. Pertama kali hidrant dibuka, air yang keluar berwarna coklat, beberapa saat kemudian menjadi jernih. Hal tersebut dimungkinkan karena kondisi hidrant yang berkarat serta kandungan partikel di dalam saluran pipa hidrant tersebut menjadi sumber kontaminan.

Kondisi hidrant Dermaga TPKS saat observasi yaitu banyak debu, berlumut dan terdapat genangan di sekitar hidrant serta badan hidrant berkarat. Saat pertama kali hidrant dibuka, air yang keluar mulanya berwarna coklat, beberapa saat kemudian menjadi jernih. Hal tersebut dimungkinkan karena kondisi hidrant yang berkarat serta kandungan partikel di dalam saluran pipa hidrant yang menjadi sumber kontaminan. Dermaga TPKS khusus untuk bongkar muat petikemas. Truk container secara bergantian lalu lalang di Dermaga Petikemas. Letak hidrant tepat di tepi dermaga dan sejajar dengan *crane*. Debu dari truk kontainer sebagai salah satu kontaminan.

Reservoir TPKS sebagai titik terjauh dari Reservoir Pelindo yaitu berjarak 2 Km. Kapasitas Reservoir TPKS sebesar 500 m³. Kondisi reservoir TPKS saat observasi yaitu bagian atas reservoir kotor, banyak debu dan berlumut, lubang pengisi air selalu dalam kondisi terbuka, juga adanya endapan di reservoir karena tidak dilakukan pengurasan. Posisi lubang reservoir TPKS tepat di bawah tepi atap bangunan sehingga ketika hujan

maka kotoran dari atap akan mengalir dan masuk ke reservoir. Hal ini tentunya akan mempengaruhi kualitas air yang ada di reservoir.

Pihak PT. Pelabuhan Indonesia III Regional Jawa Tengah melakukan upaya desinfeksi pada air Reservoir Pelindo dengan klorinasi. Penggunaan klorinasi tersebut karena beberapa pertimbangan, antara lain klorin mudah mendesinfeksi bakteri *Coliform Total* dan *Escherichia coli*, waktu kontak yang dibutuhkan relatif singkat serta klorin mudah didapatkan di pasaran. Selain itu, senyawa yang mengandung klor bersifat stabil dan ekonomis.⁷ Klorinasi dilakukan setiap 1 (satu) bulan sekali sebelum pengambilan sampel oleh Kantor Kesehatan Pelabuhan Kelas II Semarang. Sebanyak 250 gram kaporit dimasukan langsung ke Reservoir Pelindo dengan sekali waktu pada jam 7 (tujuh) pagi. Prosedur ini kurang sesuai karena aliran bersifat kontinyu, berbeda dengan kolam renang. Penelitian Herawati (2017) pada kolam renang dilakukan penambahan kaporit bentuk kristal langsung ditaburkan ke air kolam renang dengan berat tertentu, sementara bentuk larutan dengan proses pelarutan terlebih dahulu.⁸

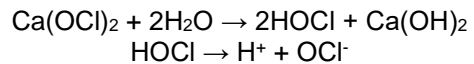
Efisiensi desinfeksi dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu lamanya waktu kontak antara klor dengan air, konsentrasi desinfektan yang digunakan, jumlah mikroorganisme yang ada di dalam air yang akan didesinfeksi, suhu air, tingkat keasaman air dan keberadaan senyawa lain di dalam air.⁵

Hasil pengukuran suhu berkisar antara 28,8-34,9°C. Semakin tinggi suhu maka peluruhan klor semakin cepat sehingga sisa klor semakin cepat habis. *E coli* tumbuh pada suhu antara 10-40°C dengan suhu optimum 37°C. Bakteri sangat sensitif terhadap panas. Penelitian Triatmadja (2006) menunjukkan terjadi peningkatan peluruhan klor pada saat suhu semakin tinggi.⁹ Sedangkan Asryadin, dkk (2012) peningkatan suhu pada perpipaan menurunkan kandungan sisa klor pada jaringan distribusi namun tidak signifikan.¹⁰

pH optimum untuk pertumbuhannya adalah 7,0-7,5, pH minimum 4,0 dan maksimum 9,0. Jumlah HOCl dan OCl⁻ dikontrol oleh pH pada proses desinfeksi yang menggunakan senyawa klor. HOCl 80 kali lebih efektif dari OCl⁻ untuk *E. coli*.¹¹ Hasil residu klorin akan seimbang pada pH 7,5, sedangkan pada pH rendah akan dihasilkan asam hipoklorit yang lebih banyak dari anion hipoklorit.¹²

Data pengukuran pH berkisar antara 5-7. pH bersifat asam pada hari ke-0, ke-7 dan ke-14 di beberapa titik sampling, hal ini karena adanya kaporit yang bereaksi dengan air menghasilkan asam hipoklorit pada proses desinfeksi. Keberadaan bakteri dimungkinkan karena pH yang ada dalam air mendukung perkembangannya, karena bakteri patogen akan dapat hidup apabila pH di dalam air >3 dan <11.⁵ Hal ini sejalan dengan penelitian Busyairi, dkk yang menunjukkan selama proses desinfeksi dengan kaporit pH menjadi asam karena kaporit memiliki sifat asam. Semakin banyak kaporit yang ditambahkan, maka pH akan semakin turun.¹³ Variasi nilai pH tidak hanya dipengaruhi oleh jarak tempuh air saat distribusi, namun juga kondisi pipa. Kerusakan pipa distribusi dapat memungkinkan terjadinya kontaminasi sehingga mempengaruhi kualitas air dalam pipa. Keberadaan mikroorganisme dalam pipa akan mempengaruhi pH air dalam jaringan tersebut dikarenakan aktivitas yang dilakukan oleh mikroorganisme.⁹

Data hasil pengukuran sisa klor sangat rendah yaitu $\leq 0,01$ mg/l. Syarat desinfektan salah satunya adalah dosisnya diperhitungkan dengan teliti agar mempunyai residu untuk mengatasi adanya kontaminasi dalam air. senyawa klor dalam air bereaksi dengan senyawa organik maupun anorganik tertentu membentuk senyawa baru. Beberapa bagian klor akan tersisa yang disebut sisa klor. Apabila sisa klor bebas yang ada pada jaringan distribusi tidak mencapai 0,2 mg/l hal tersebut dapat mengakibatkan kemampuan desinfektan berkurang sehingga jumlah mikroorganisme patogen meningkat. Sedangkan jika sisa klor bebas di dalam jaringan distribusi melebihi 0,5 mg/l maka air baku akan bersifat karsinogenik dan toksik.⁵ Sisa konsentrasi klor di jaringan bergantung pada injeksi konsentrasi awal distribusi dan jarak dari reservoir.¹⁴ Sisa klor membunuh bakteri selama pendistribusian air ke konsumen. Dalam penggunaan kaporit sebagai bahan desinfeksi memiliki kelemahan yaitu apabila dosisnya terlalu tinggi akan dihasilkan produk samping berupa Trihalomethane yang bersifat karsinogenik. Kadar sisa klor dipengaruhi berbagai faktor seperti suhu, pH, kondisi pipa dan sanitasi di lingkungan perpipaan maupun reservoir.⁶ Variasi nilai pH berkaitan dengan daya kerja dari klor dalam air. sisa klor akan semakin sedikit jika pH semakin basa. Kaporit bereaksi dengan air menghasilkan asam hipoklorit (HOCl) dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$.



Asam hipoklorit bekerja membunuh bakteri yang ada di dalam air sehingga akan semakin menurun, sedangkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ memiliki sifat basa (Rohim, 2006).¹⁵ Jenis pipa terdiri dari (pipa steel, pipa ACP, pipa GI, pipa DCIP, pipa PVC, HDPE. Terdapat pengaruh antara jenis pipa dan sisa klor yang ada di jaringan. Penelitian Heim dan Dietrich (2006) menjelaskan bahwa pipa HDPE membutuhkan klorin yang lebih banyak daripada pipa PVC yaitu 0,1-0,9 mg/cm².¹⁶ Penelitian lainnya tentang perbedaan kebutuhan klor pada pipa PVC dan pipa tembaga menyimpulkan bahwa pipa tembaga memerlukan dosis klorin lebih tinggi dari pipa PVC untuk mencapai desinfeksi yang efektif (Lethola dkk, 2004).¹⁷

Penelitian Srinivasan dkk (2008) menyebutkan bahwa semakin lama masa tinggal air maka jumlah bakteri akan semakin banyak ketika sisa klor hanya 0,2 mg/l.¹⁸

Bakteri *E. coli* berasal dari feces. Oleh karena itu kehadiran bakteri ini tidak sangat tidak diharapkan.¹⁹ Kandungan sisa klor di bawah baku mutu mengakibatkan tingginya angka bakteri. Hal ini sejalan dengan penelitian M. Noor, Z. dkk bahwa terdapat hubungan kadar sisa chlor dengan Coliform.²⁰ Perbedaan *Total Coliform* dan *E. coli* pada setiap pengambilan sampel selain dipengaruhi oleh efektivitas desinfeksi juga dipengaruhi oleh aliran air bersifat kontinyu, hal ini memungkinkan perbedaan kualitas air baku setiap waktu pengambilan sampel, dimungkinkan ada pengaruh sisa klor yang tinggi pada inlet reservoir yang bersumber dari PDAM sehingga dari waktu ke waktu jumlah *Total Coliform* maupun *E. coli* terkadang naik dan terkadang mengalami penurunan. Selain itu, kebutuhan dalam menggunakan air bersifat fluktuatif. Hal ini memungkinkan pemompaan air dari Reservoir Pelindo tidak hanya pada saat kandungan klor hasil desinfeksi masih tinggi, bisa juga ketika klor sudah mulai habis atau bahkan ketika pengambilan sampel di awal belum merupakan air aliran dari Pelindo setelah desinfeksi sehingga nilai *Total Coliform* dan *E. coli* tinggi.

Rata-rata kebutuhan air per bulan yaitu 11.000 m³ dengan rincian untuk kapal 8500 m³, sedangkan untuk perkantoran sebanyak 2500 m³. Penggunaan kaporit dalam proses desinfeksi harus dengan dosis yang tepat yaitu memperhitungkan Daya Penyerap Chlor (DPC). Jumlah kebutuhan kaporit merupakan

total DPC dan angka keamanan atau sisa klor yang diharapkan.

Aliran air bersifat kontinyu sehingga diperlukan cara pembubuhan kaporit yang dilakukan secara bertahap dengan menggunakan alat *chlorine diffuser*. Kelebihan pembubuhan kaporit dengan menggunakan *chlorine diffuser* yaitu kadar kaporit yang tercampur dalam air terurai secara perlahan, tidak menimbulkan bau serta dapat mudah diterapkan.²¹ Prinsip kerja Chlorine diffuser yaitu²² :

1. Pembubuhan kaporit pada sarana air bersih terjadi secara perlahan.
2. Difusi kaporit dalam tabung dengan air terjadi perlahan.
3. Pengaturan kadar chlor sesuai kebutuhan.
4. Air masuk melalui lubang yang ada di pipa PVC, kemudian masuk ke celah pasir, masuk ke lubang kecil, masuk melalui celah pasir dan bercampur dengan kaporit yang larut dengan air, kemudian larutan kaporit keluar melalui lubang pipa dan celah pasir, ke badan air, lalu bercampur dengan air dan mendesinfeksi air.

Adapun perhitungan kebutuhan kaporit pada Reservoir Pelindo adalah sebagai berikut :

Klor segera = 0,1 mg/l

Sisa klor konstan = 0,01 mg/l

Volume air/ bulan = 11.000 m³

Kadar kemurnian kaporit = 60%

Berdasarkan data tersebut maka dapat dihitung :

$$1. \text{ Daya Sergap Klor (DSK)} = \text{Klor Segera} - \text{Sisa Klor Konstan} = 0,1 \text{ mg/L} - 0,01 \text{ mg/L} = 0,09 \text{ mg/L}$$

$$2. \text{ Kebutuhan per 1 Liter air (KL)} = \text{DSK} + \text{angka keamanan} = 0,09 \text{ mg/L} + 0,5 \text{ mg/L} = 0,59 \text{ mg/L}$$

$$3. \text{ Kebutuhan Kaporit} = \frac{KL \times \text{Volume} \times 1}{\text{Kadar Kemurnian Kaporit}} = 0,59 \text{ mg/L} \times 11.000.000 \text{ L} \times (100/60) = 10.816.666,66 \text{ mg} = 10,82 \text{ Kg}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut maka kebutuhan Kaporit dalam 1 (satu) bulan pada Reservoir Pelindo adalah 10,82 Kg. Sifat aliran air yang bersifat kontinyu memerlukan desinfeksi yang kontinyu pula, sehingga penggunaan klorin diffuser lebih tepat daripada penuangan larutan langsung pada reservoir dengan sekali waktu.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan
 - a. Kondisi Reservoir Pelindo sebagai penampungan utama dalam keadaan terbuka, terdapat sampah di sekitar reservoir dan tidak dilakukan pengurusan.
 - b. *Total Coliform* memenuhi baku mutu sebesar 16,7 %. Sedangkan, *E. coli* memenuhi baku mutu sebesar 13,3 %.
2. Saran
 - a. Bagi PT. Pelindo III Regional Jateng agar melakukan desinfeksi pada Reservoir Pelindo menggunakan *chlorine diffuser* dengan dosis kaporit 0,59 mg/L sehingga efektif dalam membunuh bakteri.
 - b. Bagi KKP Kelas II Semarang agar melakukan pengawasan yang tepat guna menjamin kualitas air bersih.
 - c. Bagi peneliti selanjutnya agar melakukan percobaan desinfeksi menggunakan *clorin diffuser* sesuai dosis pada air di Reservoir Pelindo Pelabuhan Tanjung Emas Semarang.

E. DAFTAR PUSTAKA

1. Slamet, J. S. (2014). *Kesehatan Lingkungan (Revisi)*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
2. Kementerian Kesehatan. (2011). *Organisasi dan Tata Kerja Kantor Kesehatan Pelabuhan*. Jakarta
3. Sutrisno, C.T. dkk. (2004). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta : Rineka Cipta
4. Kementerian Kesehatan. (2015). *Sertifikat Sanitasi Kapal*. Jakarta
5. Joko, T. (2010). *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta : Graha Ilmu
6. Afrianita, R. Komala, P.S, Andriani, Y. *Kajian Kadar Sisa Klor di Jaringan Distribusi Penyediaan Air Minum Rayon 8 PDAM Kota Padang*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan II. Padang, 19 Oktober 2016
7. Supriadi, et al. 2016. Pengaruh Dosis Klorin pada Pertumbuhan Bakteri Coliform Total dan *Escherichia coli* pada Sungai Kreo, Sungai Garang dan Sungai Tugu Suharto. *Momentum*. 12 (1). 30-35
8. Herawati, D. dan Yuntarso, A. 2017. Penentuan Dosis Kaporit sebagai Desinfektan dalam Menyisihkan Konsentrasi Ammonium pada Air Kolam Renang. *Jurnal SainHealth*. 1 (2). 13-22

9. Triatmadja, R. 2006. *Pra Analisa pada Jaringan Pipa untuk Meningkatkan Kecepatan Komputasi*. Yogyakarta : UGM
10. Asryadin, Christyaningsih, J. dan Soedarjo. 2012. Pengaruh Jarak Tempuh Air dari Unit Pengolahan Air terhadap pH, Suhu, Kadar Sisa Klor dan Angka Lempeng Total Bakteri (ALTB) pada PDAM Kota Bima Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Analis Kesehatan Sains*. Vol. 01. ISSN 2302-3635. Poltekkes Surabaya
11. Said, N.I. 2017. Disinfeksi untuk Proses Pengolahan Air Minum. *JAI*. 3 (1). 15-28
12. Azzahrah, F. dan Susilawaty, A. 2014. Efektivitas Pembubuhan Kaporit dalam Menurunkan Besi (Fe) pada Air Sumur Gali Tahun 2013. *Jurnal Kesehatan*. VII (1). 322-331
13. Busyairi, M. Dewi, Y.P dan Widodo, D.I. 2016. Efektivitas Kaporit pada Proses Klorinasi terhadap Penurunan Bakteri Coliform dari Limbah Cair Rumah Sakit X Samarinda. *J. Manusia dan Lingkungan*. 23 (2). 156-162
14. Sofia, E. Riduan, R. dan Abdi, C. 2015. Evaluasi Keberadaan Sisa Klor Bebas di Jaringan Distribusi IPA Sungai Lutut PDAM Bandarmasih. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 1 (1). 33-52
15. Rohim, M. 2006. *Analisis Penerapan Metode Kaporitisasi Sederhana terhadap Kualitas Bakteriologis Air PMA*. Magister Kesehatan Lingkungan. Universitas Diponegoro
16. Heim, T.H. dan Dietrich, A.M. 2006. *Sensory Aspects and Water Quality Impacts of Chlorinated and Chloraminated Drinking Water in Contact with HDPE and PVC Pipe*. *Water Res.* 41. 757-764
17. Lethola, M.S. Miettinen, I. T. Lampola, T. Hiruonen, A., Vartiainen, T. Martikainen, P.J. 2004. *Pipeline Materials Modify The Effectiveness of Disinfectants in Drinking Water Distribution Systems*. *Water Res.* 39. 1962-1971
18. Srinivasan, S. Harrington, G.W., Xagoraki, I. Goel, R. 2018. *Factors Affecting Bulk to Total Bacteria Ratio in Drinking Water Distribution Systems*. *Water Res.* 42. 3393-3404
19. D. Duta A.J, dkk. 2013. Kadar Sisa Chlor dan Kandungan Bakteri E. coli Perusahaan Air Minum Tirta Moedal Semarang Sebelum dan Sesudah Pengolahan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2 (2)
20. M. Noor, Zahrotul, dkk. 2018. Hubungan Jarak Tempuh dengan Kadar Sisa Chlor Bebas dan MPN Coliform di PDAM Reservoir Medini Kudus. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 6 (6). 289-296
21. Patmaawati dan Sukmawati. 2019. Chlorinediffuser sebagai metode menurunkan total coliform Wai Sauq bantaran Sungai Mandar. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 5 (2). 124-137
22. Sholikhah, I. dan Yulianto. 2018. Studi Kualitas Mikrobiologi Air Sumur Gali Sebelum dan Sesudah Menggunakan Chlorine Diffuser di Desa Selabaya Kecamatan Kalimanah Kabupaten Purbalingga Tahun 2018. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Semarang*. 38 (2) : 218-225