

Analisis Kandungan Sisa Chlor Pada Jaringan Distribusi Pt. *Water Treatment Plant* 1 Jababeka Infrastruktur Dengan Menggunakan Simulasi *Software Epanet 2.0*

Analysis of Chlorine Residual Content in Distribution Networks of Pt. Water Treatment Plant 1 Jababeka Infrastructure Using Simulation Software Epanet 2.0

Safrizal Rachmana Putra¹, Dodit Ardiatma², Nur Ilman Ilyas³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

¹safrizalrachmanaputra@gmail.com*, ²doditardiatma@gmail.com, ³ilyasnurilman@gmail.com

Abstract

Water is a natural resource that has very high economic value, especially when viewed from a biological and cultural point of view. The purpose of this final project is to compare the simulation results of the Epanet software to the residual chlorine content in the distribution network of Water Treatment Plant 1 Jababeka. Lack of supervision and sampling of residual chlorine at a certain point, Comparing residual chlorine levels from measurements in the field with Epanet software. Analyzing the relationship of residual chlorine to distance in the distribution network of Water Treatment Plant 1 Jababeka Infrastructure. Drinking Water Disinfection is an inactivation method (kills pathogenic microorganisms found in drinking water. This disinfection method aims to kill disease-causing microorganisms (pathogens), either from processing installations or entering through distribution networks. These microorganisms can be in the form of viruses (causes poliomyelitis), bacteria (the cause of cholera, dysentery, typhoid fever and so on), and other microorganisms. The results of the residual chlorine measurement provide information that there is a decrease in residual chlorine levels at each sampling point. The residual chlorine at the sampling location based on measurements in the field generally has met the standard criteria are 0.2 mg/L - 1 mg/L. The minimum average residual chlorine content is 0.53 mg/L and the maximum is 0.85 mg/L in the distribution network. The results of field measurements show that residual chlorine is in the range 0.48 mg/L to 0.87 mg/L. Based on the measurement results using Epanet software, the residual chlorine ranges from 0.48 mg/L to 1 mg/L, the farther the distance of the water, the less the residual chlorine content, with the furthest distance of 2,616 m of residual chlorine obtained is 0.48 mg/L

Keywords : *Epanet, Disinfection, Residual Chlorine.*

Abstrak

Air merupakan sumber alam yang bernilai ekonomis sangat tinggi, apalagi bila ditinjau dari sudut biologis maupun budaya. Maksud dari penelitian tugas akhir ini adalah membandingkan hasil simulasi *software Epanet* terhadap kandungan sisa klor pada jaringan distribusi Water Treatment plant 1 jababeka. Kurangnya pengawasan serta pengambilan sampel sisa klor pada titik tertentu, Membandingkan kadar sisa klor hasil pengukuran di lapangan dengan *software Epanet*. Menganalisis hubungan sisa klor terhadap jarak pada jaringan distribusi Water Treatment plant 1 jababeka infrastruktur. Disinfeksi Air Minum merupakan metode inaktivasi (membunuh mikroorganisme patogen yang terdapat dalam air minum). Metode Disinfeksi ini bertujuan untuk membunuh mikroorganisme penyebab penyakit (patogen), baik dari instalasi pengolahan atau yang masuk melalui jaringan distribusi. Mikroorganisme – mikroorganisme tersebut dapat berupa virus (penyebab poliomyelitis), bakteri (penyebab kolera, disentri, demam tifoid dan sebagainya), dan mikroorganisme lain. Hasil pengukuran sisa klor memberikan informasi bahwa adanya penurunan kadar sisa klor pada setiap titik pengambilan *sampling*. Sisa klor pada lokasi *sampling* berdasarkan pengukuran di lapangan pada umumnya sudah memenuhi standar kriteria yaitu 0,2 mg/L - 1 mg/L. Kadar sisa klor rata-rata minimum yaitu 0,53 mg/L dan maksimum 0,85 mg/L pada jaringan distribusi. Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan sisa klor berada pada rentang 0,48 mg/L sampai 0,87 mg/L. Berdasarkan hasil pengukuran dengan *software Epanet* sisa klor berkisar antara 0,48 mg/L sampai 1 mg/L.

semakin jauh jarak tempuh air maka semakin berkurang kadar sisa klor, dengan jarak terjauh 2.616 m sisa klor yang didapatkan adalah 0,48 mg/L

Kata kunci : Epanet, Desinfektan, Sisa Clor

Pendahuluan

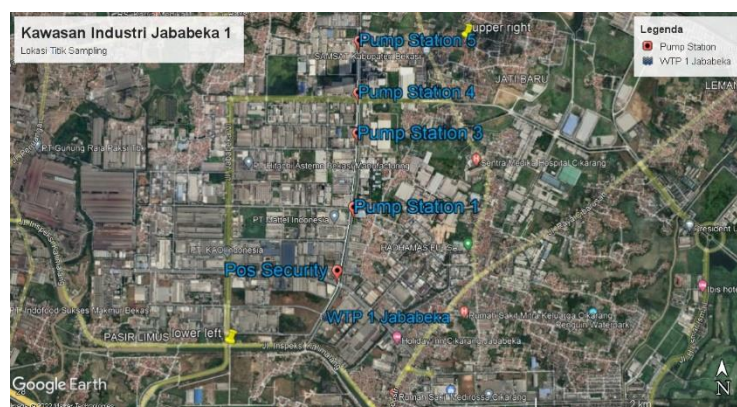
Penurunan konsentrasi klor dapat terjadi akibat tekanan dan jarak. Tekanan memiliki hubungan langsung dengan sisa klor dimana semakin besar tekanan maka penurunan sisa klor akan semakin meningkat[1]. Dalam pipa loop, klorin mengalami penurunan seiring dengan pertambahan jarak akibat pengaruh kombinasi peluruhan massal (*bulk*) dan dinding pipa (*wall*)[2]. *Bulk reaction* merupakan pengurangan konsentrasi sisa klor akibat reaksi dengan komponen organik dan mikroorganisme yang ada dalam pipa, amonia membentuk kloramin, serta oksidasi besi dan mangan yang ada dalam air[3].

Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1405/MenKes/sk/xi/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri memuat pengertian tentang air bersih yaitu air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak[4]. Standar kualitas air bersih yang ada di Indonesia saat ini menggunakan Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat– syarat dan Pengawasan Kualitas Air dan PP RI No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, sedangkan standar kualitas air minum menggunakan Kepmenkes RI No. 07/MENKES/SK/VII/2002 tentang Syarat- Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum[5]. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang gambaran kualitas sisa klorin[6]. Hal ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui kadar sisa klor hasil pengukuran di lapangan dengan *software Epanet* serta Menganalisis hubungan sisa klor terhadap jarak pada jaringan distribusi *Water Treatment plant 1* jababeka infrastruktur.

Metode Penelitian

Pengambilan sampel Air

Waktu pengambilan sampel ditentukan berdasarkan survei terhadap data fluktuasi pemakaian dari PT. *Water Treatment Plant* Jababeka Infrastruktur pada beberapa hari sebelum pengambilan sampel. Waktu *sampling* pada hari efektif kerja dan jam puncak yaitu pada hari senin- jumat jam 9:00-10:00 WIB dan hari libur yaitu pada hari sabtu – minggu jam 9:00-10:00 WIB.



Gambar 1 Lokasi Pengambilan Sampel

Tabel 1 Lokasi Sampel

No	Lokasi	Jarak dari reservoir (m)	Keterangan	Koordinat
1	Reservoir WTP	-	Lokasi Awal	736728.00 m E 9303907.00 m S
2	Pos Security	423	Titik terdekat dari reservoir	736829.00 m E 9304260.00 m S
3	Pump Station 1	1036	Mewakili jaringan utama	736987.00 m E 9304857.00 m S

4	Pump Station 3	1.745	Mewakili jaringan utama	737023.00 m E 9305568.00 m S
5	Pump Station 4	2.127	Mewakili jaringan utama	737032.00 m E 9305950.00 m S
6	Pump Station 5	2.616	Titik terjauh dari reservoir	737044.00 m E 9306435.00 m S

Menurut SNI 7828/2012 Metode pengambilan contoh sampel ini meliputi persyaratan dan tata cara pengambilan contoh kualitas air[7]. Pemilihan lokasi pengambilan contoh air di dalam instalasi pengolahan air ditujukan untuk mengetahui efisiensi setiap proses yang ada di dalam instalasi, yaitu dari mulai air baku sampai dengan air hasil olahan, dengan demikian jumlah titik *sampling* tergantung kepada banyaknya proses yang digunakan di dalamnya

Jika pengambilan contoh air dilakukan untuk keperluan pemeriksaan kualitas air yang mencakup pemeriksaan sifat fisik, kimia dan radiologi maka diperlukan penanganan khusus untuk mendapatkan contoh air yang mewakili yaitu sebagai berikut:

1. Di lokasi tempat bahan partikulat tersebar secara merata dalam pipa, maka pengambilan contoh air dilakukan pada pipa yang lurus, sejauh mungkin dari *bend* atau sambungan lainnya yang dapat menimbulkan turbulensi
2. Dari air curah, misalnya pengambilan contoh air secara isokinetis yaitu dengan menempatkan pipa pengambil contoh air ke dalam pipa pencurah yang menghadap ke arah aliran;
3. Melalui pemindahan contoh air ke titik pengambilan tanpa menyebabkan perubahan pada contoh air tersebut, sebagai contoh dengan menghindari penggunaan pipa horizontal yang panjang, serta menggunakan pipa kecil ke dalam saluran pengambilan contoh air, untuk menghasilkan aliran turbulen di dalam saluran pengambilan contoh air.

Analisa Kualitas Air menggunakan Epanet

Kasus sederhana kita akan melacak perkembangan usia air dalam jaringan setiap waktu. Untuk membuat analisis tersebut kita harus memilih Usia untuk parameter yang ditetapkan dalam Quality Options (Pilih Option-Quality dari halaman Data dari Browser, kemudian klik tombol edit pada browser untuk memunculkan Property Editor)[8][9]. Jalankan analisis dan pilih usia dari parameter untuk diperlihatkan dalam peta. Buatlah urutan waktu plot untuk usia pada tangki. Perhatikan, tidak seperti level air, 72 jam tidaklah cukup bagi tangki untuk mencapai periodik kebiasaan dari usia air. (Kondisi standar untuk semua node adalah dimulai dengan usia 0).

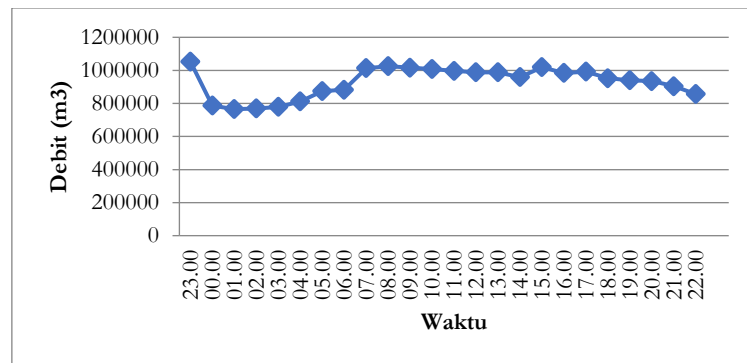
Kolorimetri

Kolorimetri adalah metode perbandingan menggunakan perbedaan warna. Metode kolorimetri mengukur warna suatu zat sebagai perbandingan. Biasanya cahaya putih digunakan sebagai sumber cahaya untuk membandingkan absorpsi cahaya relatif terhadap suatu zat. Salah satu alat yang digunakan untuk mengukur perbandingan warna yang tampak adalah kolorimeter. Kelebihan metode kolorimetri adalah kemudahannya dalam menetapkan kuantitas zat yang sangat kecil. Metode kolorimetri memiliki batas atas pada penetapan konstituen yang ada dalam kuantitas yang kurang dari satu atau dua persen. Salah satu faktor utama dalam metode kolorimetri adalah intensitas warna yang harus proporsional dengan konsentrasinya[10][11].

Hasil dan Pembahasan

Fluktuasi dan Pola Pemakaian Air

Fluktuasi pemakaian air disebabkan oleh adanya perbedaan pemakaian air pada setiap waktu. Fluktuasi pemakaian air tersebut akan menyebabkan terbentuknya jam puncak dan jam minimum pemakaian pada sistem distribusi air bersih[12]. Data fluktuasi merupakan data pengukuran debit distribusi selama 24 jam dengan 3 *shift* kerja yang didapat dari pihak WTP 1 jababeka. Data fluktuasi dalam penelitian ini adalah data fluktuasi pelanggan yang digunakan dalam model epanet serta pengaliran pada kondisi harian rata-rata dalam tujuh kali *sampling* mulai dari tanggal 15 maret-15 april 2022.



Gambar 1 Grafik debit rata-rata selama 30 hari terhadap waktu

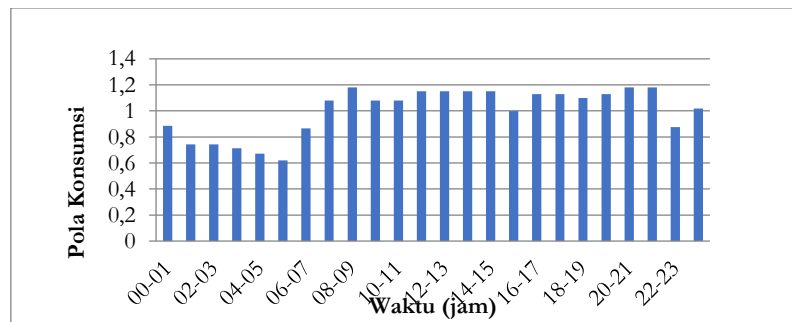
Fluktuasi digunakan sebagai data acuan dalam menentukan jam puncak dan jam minimum pemakaian air pada sistem distribusi[13]. Pemakaian air pada jam puncak merupakan jumlah pemakaian air terbesar dalam satu hari. Persentase pemakaian air tergantung dari aktivitas pabrik dan pola tata kota, sehingga kebutuhan air tiap waktu menjadi berubah. fluktuasi pemakaian air rata-rata saat jam puncak terjadi pada pukul 07:00-09:00 dengan aliran 1.014.062 l/jam dan pada pukul 16:00 dengan aliran 1.019.2375 l/jam dan pada jam minimum pada jam 00.00-03.00 dengan aliran 765.312 l/jam.

Tabel 2 Rata-rata fluktuasi distribusi WTP 1 dalam model epanet

Waktu	Debit konsumsi (L/jam)	Pola pemakaian
23.01-00.00	870.000	0,89
00.01-01.00	730.000	0,74
01.01-02.00	730.000	0,74
02.01-03.00	700.000	0,71
03.01-04.00	660.000	0,67
04.01-05.00	610.000	0,62
05.01-06.00	850.000	0,87
06.01-07.00	1.060.000	1,08
07.01-08.00	1.160.000	1,18
08.01-09.00	1.060.000	1,08
09.01-10.00	1.060.000	1,08
10.01-11.00	1.130.000	1,15
11.01-12.00	1.130.000	1,15
12.01-13.00	1.130.000	1,15
13.01-14.00	1.130.000	1,15
14.01-15.00	980.000	1,00
15.01-16.00	1.110.000	1,13
16.01-17.00	1.110.000	1,13
17.01-18.00	1.080.000	1,10
18.01-19.00	1.110.000	1,13
19.01-20.00	1.160.000	1,18
20.01-21.00	1.160.000	1,18
21.01-22.00	860.000	0,88
22.01-23.00	1.000.000	1,02
23.01-24.00	870.000	0,89
Q rata-rata harian	982.500	24
Q jam puncak	1.160.000	
Faktor jam puncak	1,180661578	

Berdasarkan tabel diatas nilai debit pemakaian air rata-rata WTP 1 982.500 L/jam dengan nilai debit puncak sebesar 1.160.000 L/jam. Faktor jam puncak sebesar 1,18 merupakan perbandingan nilai debit puncak harian dengan nilai debit pemakaian rata-rata perjam.

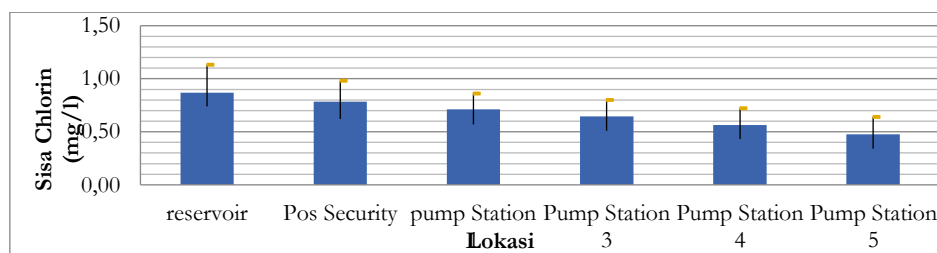
Perhitungan nilai pola konsumsi bertujuan untuk simulasi berdasarkan waktu (*extended period simulation*) untuk melihat kandungan sisa klor pada jaringan distribusi WTP 1 melalui *pattern editor* pada program *Epanet*. Pola konsumsi air pada jaringan distribusi WTP 1 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2 Grafik Pemakaian Air pada Outlet Reservoir dalam model *epanet*

Penyebaran Sisa Klor Pada Jaringan Distribusi WTP 1

Penyebaran sisa klor di jaringan distribusi WTP 1 pada penelitian ini digambarkan melalui *software Epanet 2.0*. Simulasi dengan *software Epanet* terhadap sisa klor menerangkan laju penurunan sisa klor. Simulasi ini digunakan untuk melihat kadar sisa klor pada rentang minimal 0,2 mg/L dan maksimal 1 mg/L pada jaringan distribusi WTP 1. Data yang digunakan adalah hasil *sampling* kadar sisa klor selama tujuh kali pengambilan sampel. Nilai sisa klor rata-rata pada setiap lokasi *sampling* seperti terdapat pada gambar berikut.



Gambar 3 Kadar sisa klor hasil pengukuran di jaringan distribusi

Hasil pengukuran sisa klor memberikan informasi bahwa adanya penurunan kadar sisa klor pada setiap titik pengambilan *sampling*. Sisa klor pada lokasi *sampling* berdasarkan pengukuran di lapangan pada umumnya sudah memenuhi standar kriteria yaitu 0,2 mg/L - 1 mg/L. Kadar sisa klor rata-rata minimum yaitu 0,53 mg/L dan maksimum 0,85 mg/L pada jaringan distribusi. Sisa klor yang masuk ke dalam jaringan distribusi merupakan klor aktif yang telah melampaui BPC (*breakpoint chlorination*). BPC merupakan konsentrasi klor aktif yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik, anorganik, dan bahan lain yang dapat dioksidasi serta membunuh mikroorganisme[14][15]. Ketika aliran air memasuki jaringan distribusi, desinfektan akan mengoksidasi komponen pencemar yang berada di air maupun yang berada di dinding pipa. Sisa klor yang telah bereaksi dengan bahan pencemar tidak lagi berguna sebagai desinfektan, hal tersebut yang menyebabkan terjadinya penurunan sisa klor pada air.

Tabel 3 Hasil Simulasi *Software Epanet*

Node ID	Elevation (M)	Base demand (LPS)	Sisa Klor (mg/L)
R1	26	N/A	1,00
J1	25	22,74	1,00
J2	25	22,74	0,91
J3	24	22,74	0,88
J4	24	22,74	0,90
J5	24	22,74	0,81
J6	24	22,74	0,80
J7	23	22,74	0,72
J8	23	22,74	0,69
J9	22	22,74	0,66
J10	22	22,74	0,53
J11	21	22,74	0,48
J12	21	22,74	0,36

Software Epanet dapat menganalisis perbandingan hasil simulasi dan hasil data terukur di lapangan. Analisis perbandingan dilakukan terhadap nilai sisa klor dan tekanan dengan nilai rata-rata. Tabel 4 dan Tabel 5 memperlihatkan hasil pengukuran di lapangan dan data hasil perbandingan sisa klor antara pengukuran lapangan dengan simulasi *software Epanet*.

Tabel 4 Hasil pengukuran di lapangan selama 7 kali pengambilan sampel

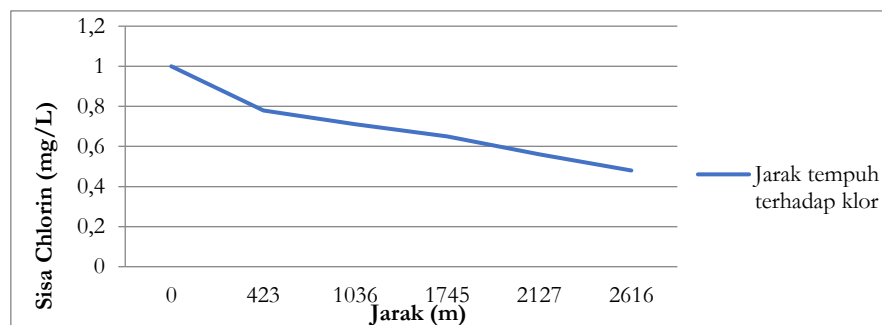
Hari	Sisa Chlorin					
	Lokasi					
	reservoir	Pos Security	pump Station 1	Pump Station 3	Pump Station 4	Pump Station 5
Selasa	0,83	0,78	0,72	0,64	0,57	0,48
Jumat	0,91	0,84	0,76	0,69	0,61	0,52
Sabtu	1,13	0,98	0,86	0,8	0,72	0,64
Senin	0,82	0,73	0,65	0,57	0,48	0,39
Rabu	0,74	0,62	0,57	0,51	0,43	0,34
Kamis	0,76	0,7	0,65	0,58	0,5	0,42
Minggu	0,9	0,83	0,78	0,73	0,64	0,55
Rata-rata	0,87	0,78	0,71	0,65	0,56	0,48

Tabel 5 Perbandingan hasil pengukuran sisa klor lapangan dengan epanet

Lokasi	Sisa Klor (mg/L)	
	Data Observasi	Data Simulasi
R1 Reservoir	0,87	1,00
J3 Pos Security	0,78	0,88
J5 Pump Station 1	0,71	0,81
J7 Pump Station 3	0,65	0,72
J9 Pump Station 4	0,56	0,66
J11 Pump Station 5	0,49	0,48

Analisa Hubungan Jarak Terhadap Sisa Klor

Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan penurunan sisa klor seiring dengan pertambahan jarak. Pada jarak terdekat dengan reservoir yaitu 423 m didapatkan kadar sisa klor 0,87 mg/L dan pada jarak terjauh yaitu 2.616 m kadar klor menurun menjadi 0,49 mg/L. Berikut korelasi antara hubungan jarak tempuh dengan sisa klor apabila diinterpretasikan dalam grafik seperti gambar berikut dibawah ini.



Gambar 4 Pengaruh jarak terhadap sisa klor

Terdapat hubungan antara jarak tempuh dengan kadar sisa chlor. Berdasarkan pada grafik jarak tempuh dengan kadar sisa chlor nilai maksimum jarak tempuh berada pada jarak 2.616 meter didapatkan kadar sisa chlor sebanyak 0,49 mg/l sedangkan nilai minimum jarak tempuh pada jarak 0 meter dan 423 meter secara berturut – turut adalah 1 mg/l dan 0,78 mg/l.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PT *Water Treatmen Plant 1* Jababeka Infrastruktur maka dapat disimpulkan bahwa, hasil pengukuran sisa klorin di lapangan dan *software Epanet* menunjukkan kadar sisa klor berada pada rentang rata-rata 0,48 mg/L untuk titik terjauh, dan 1 mg/L untuk titik terdekat

sesuai dengan PERMENKES/736/2010, dan hasil analisa jarak menggunakan *software epanet* dengan analisa di lapangan menunjukkan hasil yang relatif sama yaitu, semakin jauh jarak tempuh air maka semakin berkurang kadar sisa klor. Dengan jarak terjauh 2.616 m sisa klor yang didapatkan adalah 0,49 mg/L.

Ucapan Terimakasih

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah, dan inayah-Nya kepada penulis sehingga karya ilmiah dengan judul “Analisis Kandungan Sisa Chlor Pada Jaringan Distribusi Pt. *Water Treatment Plant 1* Jababeka Infrastruktur Dengan Menggunakan Simulasi *Software Epanet 2.0*”. dapat penulis selesaikan sesuai dengan rencana karena dukungan dari berbagai pihak yang tidak ternilai besarnya. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dodit Ardiatma, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pelita Bangsa.
2. Bapak Nur Ilman Ilyas S.T., M.M selaku Dosen Pembimbing penelitian.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan yang lebih besar kepada beliau-beliau dan pada akhirnya penulis berharap bahwa penulisan skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna sebagaimana mestinya.

Daftar Rujukan

- [1] Afrianita, R., Komala, P. S., & Andriani, Y. Kajian Kadar Sisa Klorin di Jaringan Distribusi Penyediaan Air Minum Rayon 8 PDAM Kota Padang. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Lingkungan II*. 2016.
- [2] Agustina, D.V dan La, N. I. M. Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih Pdam Kecamatan Banyumanik Di Perumnas Banyumanik (Studi Kasus Perumnas Banyumanik Kel . *Sronol Wetan*. 2007
- [3] Asryadin, Christyaningsih, J., dan Soedarjo. 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. Poltekes Surabaya: Surabaya*, 2012.
- [4] Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. SNI 6774:2008. *Badan Standarisasi Nasional. Standar nasional Indonesia (SNI)*. Jakarta. 2008.
- [5] Standar nasional Indonesia (SNI). Pengambilan contoh air minum dari instalasi pengolahan air dan sistem jaringan distribusi Perpipaan. SNI 7828:2012. *Jakarta :Badan Standarisasi Nasional*. 2012.
- [6] Damayanti. Evaluasi Sistem Disinfeksi Pada PDAM Sleman Unit Nogotiro. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik dan Perencanaan. *Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta*. 2020.
- [7] Depkes, RI., Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 736/Menkes/PER/VI/2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum. *Jakarta: Sekretariat Negara*, 2010.
- [8] Depkes, RI., Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.. *Jakarta: Sekretariat Negara*. 2010.
- [9] Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen PU. Konsep Penyusunan Standar Pelayanan Bidang Air Minum, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. *Direktorat Jendral Tata Perkotaan dan Tata Perdesaan*. 2004.
- [10] Buku Panduan Pengembangan Air Minum. Program, 20, 1–47. *Direktorat Jenderal Cipta Karya PUPR*. 2007.
- [11] Listiyaningrum, P, Rezagama A., Handayani D, S. Analisis Simulasi Perubahan Konsentrasi Klorin dalam Pipa Distribusi Penyediaan Air Minum PDAM Demak Zona 3. *Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang*; 2015.
- [12] Masduqi. Pemodelan Penurunan Sisa Chlor Jaringan Distribusi Air Minum dengan EPANET (Studi Kasus Kecamatan Sukun Kota Malang). *Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)*. 2014.
- [13] Peraturan Menteri Kesehatan No.416 Tahun 1990 Tentang “Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air”
- [14] Rossman, Lewis A. EPANET User Manual.: Water Supply and Water Resources Division of U.S Environmental Protection Agency’s National Risk Management Research Laboratory. *Cincinnati. Ohio. U.S.A*. 2000.
- [15] Zahrotul, M, Nurjazuli, Trijoko. Hubungan Jarak Tempuh Dengan Kadar Sisa Chlor Bebas Dan Mpn Coliform Di Pdam Reservoir Medini Kudus. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol 6 No 6. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro*. 2018.