

ANALISIS SIMULASI PERUBAHAN KONSENTRASI KLOORIN DALAM PIPA DISTRIBUSI PENYEDIAAN AIR MINUM PDAM DEMAK ZONA 3

Pratiwi Listiyaningrum¹, Arya Rezagama², Dwi Siwi Handayani²

Program Study Environmental Engineering, Faculty of Engineering, University of Diponegoro
Jl. Prof. Soedharto, SH, Tembalang, Semarang

ABSTRACT

As drinking water quality monitoring as required by the Regulation of the Minister of Health and give an idea or information about the quality of drinking water distributed in pipes can be approached by analyzing the water age and changes in the concentration of chlorine in drinking water distribution pipes. The approach is based on research done by simulation or modeling water quality in drinking water supply pipes with the help of software modeling water quality and direct observations in the field. With limited time and costs, from four existing zones in Demak PDAMs, research is only done at one zone, it was a drinking water distribution piping network in Zone 3 which has the longest pipeline compared to other zones. Water age does not affect the water turbidity levels in the water distribution pipes, but rather influenced by hydraulics flow and turbidity own constituent factors. Likewise, the level of turbidity does not affect the concentration of chlorine in drinking water distribution pipes. While the concentration of chlorine in drinking water distribution pipes is influenced by the water age and the distance of water from the reservoir as well as the value of the bulk reaction rate for the decay of the concentration of chlorine in the water (k). The value of k in this case study is $-9.716 \text{ mg / l / day}$ which is a decay equation linearized line gradient of water formed a relationship graph of time (water age) to the concentration of chlorine in that time.

Keywords: water age, turbidity, chlorine concentration, Demak PDAMs, bulk reaction rate

LATAR BELAKANG

Perkembangan pembangunan maupun pertumbuhan jumlah penduduk suatu wilayah atau daerah senantiasa diiringi dengan pertambahan kebutuhan air minum. Semenjak perencanaan penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, dalam pengoperasian unit distribusi memiliki tujuan untuk mengalirkan air hasil olahan ke seluruh jaringan distribusi sampai di semua unit pelayanan sesuai dengan standar pelayanan yang telah ditetapkan baik dari segi kuantitas, kualitas dan kontinuitas. Kuantitas menggambarkan jumlah air yang mencukupi menyangkut jumlah air baku yang digunakan dan tekanan air di pelanggan (titik terjauh minimum 1 atm), kualitas menggambarkan mutu air dengan parameter pH antara 6,0-7,0, bakteriologis (bakteri *E-coli* =0) dan sisa chlor minimal 0,2 ppm, sedangkan secara kontinuitas air harus mengalir di pelanggan selama 24 jam.

Penyediaan air minum oleh pihak perusahaan air minum seperti halnya PDAM di Kabupaten Demak selalu diupayakan memenuhi persyaratan air minum yang memuaskan hingga pelanggan. Ketiga persyaratan tersebut belum sepenuhnya dapat dicapai oleh PDAM Demak, diantaranya persyaratan kualitas dan kontinuitas masih belum memenuhi. Persyaratan secara kuantitas PDAM Demak telah memenuhinya dengan pengambilan sumber air baku dari air permukaan (sungai). Sumber air baku dari air permukaan (sungai) memiliki beberapa masalah yang berkaitan dengan kualitas air baku dan air hasil olahan hingga ke pelanggan. Keberadaan ganggang hijau dalam air baku yang digunakan menjadi masalah serius yang dihadapi PDAM Demak dalam menyediakan air minum yang berkualitas yaitu dapat memberi efek warna, rasa dan bau. Selama ini untuk mengatasinya, dalam pengolahannya dilakukan pembubuhan klorin dengan harapan dapat menekan pertumbuhan alga yang mengganggu kualitas air minum yang didistribusikan ke pelanggan. Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No

¹ Mahasiswa Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

² Dosen Pengajar Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

736/MENKES/PER/VI/2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum, menyatakan bahwa sisa klor yang diuji pada outlet reservoir dengan nilai maksimal 1 mg/l dan titik terjauh unit distribusi minimal 0,2 mg/l. Mengacu pada peraturan tersebut, PDAM Demak telah melakukan pemeriksaan secara rutin di beberapa titik (pelanggan) yang mewakili seluruh zona pelayanan sebagai upaya pengontrolan dan pengawasan, namun terbatas pada konsentrasi sisa klor.

Seperti dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Beni Syahputra (2012), adanya kecenderungan semakin jauh jarak antara reservoir dengan konsumen, maka semakin kecil atau sedikit sisa klor. Oleh Azhar Fuadi (2012), dalam penelitiannya menunjukkan bahwa waktu sangat mempengaruhi penurunan konsentrasi klor bebas dengan reaksi orde satu, klor bebas akan menjaga air dari kontaminasi mikroorganisme, namun pengaruhnya lebih kecil dari pada kekeruhan walaupun begitu dari penelitiannya total koliform jarang ditemui pada air dengan konsentrasi klor bebas lebih dari 0,2 mg/l.

Sebagai pengawasan dan pengontrolan kualitas air minum seperti yang dipersyaratkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan dan memberikan gambaran atau informasi tentang kondisi kualitas air minum yang didistribusi dalam pipa dapat dilakukan pendekatan dengan cara menganalisa umur air (*water age*), perubahan konsentrasi klorin dalam pipa distribusi air minum, keberadaan alga dalam pipa distribusi air minum dan sehingga nantinya diharapkan dapat diketahui solusi penanganannya. Pendekatan tersebut dilakukan dengan cara penelitian berbasis simulasi atau pemodelan kualitas air dalam pipa penyediaan air minum dengan bantuan *software* WaterCAD v8i dan observasi secara langsung di lapangan. dengan terbatasnya waktu dan biaya, dari 4 zona eksisting yang ada di PDAM Demak, penelitian hanya dilakukan di 1 zona, yaitu jaringan perpipaan distribusi air minum Zona 3 yang memiliki pipa terpanjang dibandingkan zona lainnya

Identifikasi Masalah

Permasalahan yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini yaitu :

1. Sumber air baku dari air permukaan (sungai) memiliki kandungan alga yang

besar ditandai dengan parameter warna (hijau) sehingga dilakukan pembubuhan klorin dalam jumlah yang besar dan tidak menutup kemungkinan keberadaan alga masih ada.

2. Beberapa pelanggan masih mengeluhkan adanya kekeruhan air distribusi PDAM Kabupaten Demak.
3. Kandungan klorin yang berlebihan pada titik terdekat jaringan distribusi dapat memberikan efek bau dan berbahaya bagi kesehatan, Penambahan klorin sebagai desinfeksi yang tidak optimum dapat mempengaruhi kualitas air minum hingga ke pelanggan.

Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

- a. Aliran dalam pipa distribusi.
- b. Penambahan klorin sebagai desinfeksi.
- c. PDAM Kabupaten Demak Zona 3.

Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam analisa untuk mengetahui perubahan kualitas air dalam pipa penyediaan air minum, antara lain :

1. Bagaimana analisis umur air (*water age*) terhadap kekeruhan dan konsentrasi klorin dalam pipa distribusi penyediaan air minum PDAM Kabupaten Demak Zona 3?
2. Bagaimana perubahan konsentrasi klorin dalam pipa distribusi penyediaan air minum PDAM Kabupaten Demak Zona 3?

Tujuan

Tujuan dari kegiatan ini adalah menghasilkan laporan tugas akhir terkait penyediaan air minum di PDAM Kabupaten Demak, yang meliputi :

1. Menganalisis umur air (*water age*) terhadap kekeruhan dan konsentrasi klorin dalam pipa distribusi penyediaan air minum PDAM Kabupaten Demak Zona 3.
2. Mengetahui perubahan konsentrasi klorin dalam pipa distribusi penyediaan air minum PDAM Kabupaten Demak Zona 3.

Manfaat

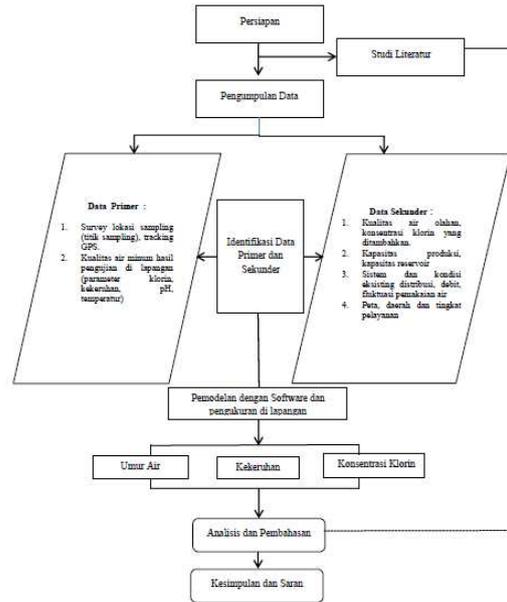
Manfaat yang dapat diambil dan diharapkan dari laporan tugas akhir ini adalah :

1. Bagi Peneliti (Pengembang Iptek)

¹ Mahasiswa Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

² Dosen Pengajar Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

- a. Memberikan gambaran atau kejelasan teori, fenomena kualitas air (perubahan konsentrasi klorin dalam pipa distribusi penyediaan air minum) yang ada di lapangan dan pemodelannya sehingga dapat menyelesaikan permasalahan yang ada.
 - b. Menjadi referensi penelitian ilmiah khususnya di bidang analisa perubahan kualitas air (perubahan konsentrasi klorin dalam pipa distribusi penyediaan air minum).
2. Bagi PDAM Kabupaten Demak
- a. Membantu dalam mengevaluasi pelayanan dan penyediaan air minum ke pelanggan.
 - b. Membantu dalam upaya pengawasan dan pengontrolan serta memberikan solusi terhadap permasalahan kualitas air minum yang didistribusikan ke pelanggan, khususnya mengetahui dosis optimum pembubuhan klorin pada unit pengolahan.
3. Bagi Umum (Masyarakat)
- a. Memberikan informasi dan referensi tentang kualitas air minum dalam penyediaan air minum.
 - b. Memberikan informasi tentang pentingnya kualitas air minum untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.



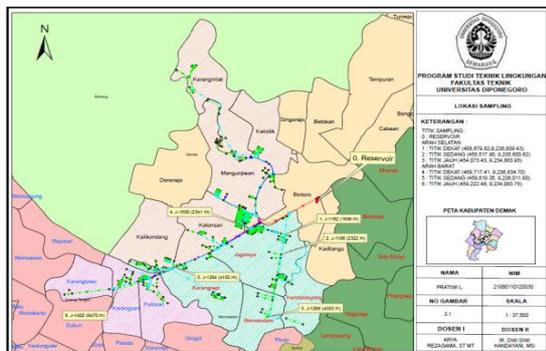
Gambar 2. Diagram Alir Tahapan Penyusunan Laporan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabel-variabel yang Diteliti

Variabel-variabel yang Diteliti variable terkontrolnya yang berupa kualitas air hasil olahan IPA, konsentrasi klorin yang dibubuhkan, kekeruhan, kondisi hidrolika yang meliputi (jenis, panjang, dan diameter) pipa, sistem distribusi, debit dan fluksuasi pemakaian air, dan waktu beserta tempat sampling yang akan mempengaruhi umur air dengan umur air berpengaruh pada kekeruhan dan konsentrasi klorin dalam pipa distribusi air minum.

METODOLOGI PENELITIAN

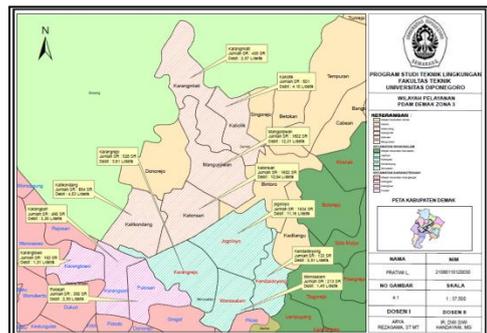


Gambar 1 Lokasi Sampling

Tabel 1 Lokasi Sampling

Titik	Jarak (m)	Lokasi
0	0	PDAM
1	1696	Jogoloyo
2	2322	Jogoloyo
3	4303	Wonosalam
4	2341	Katonsari
5	4182	Katonsari
6	6470	Karang Sari

Pengambilan sampel dilakukan pada jam puncak dan jam mendekati minimum, dengan pengujian terhadap parameter kekeruhan, konsentrasi klorin, pH dan suhu.



Gambar 3. Daerah Pelayanan PDAM Demak Zona 3

Tabel 2 Kebutuhan Air PDAM Demak

Jenis Pelanggan	Jumlah SR	Total Pemakaian Air (m ³)	Kebutuhan Air		
			m ³ /SR/hari	L/SR/hari	L/orang/hari
Rumah Tangga	18857	332457	0,587681	587,681	117,536-118

Sumber :PDAM Demak,2014

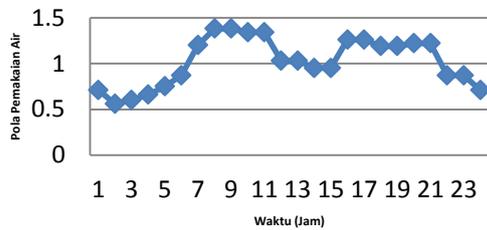
Kebutuhan Air :

Jumlah SR pada pipa = 10 SR

¹ Mahasiswa Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

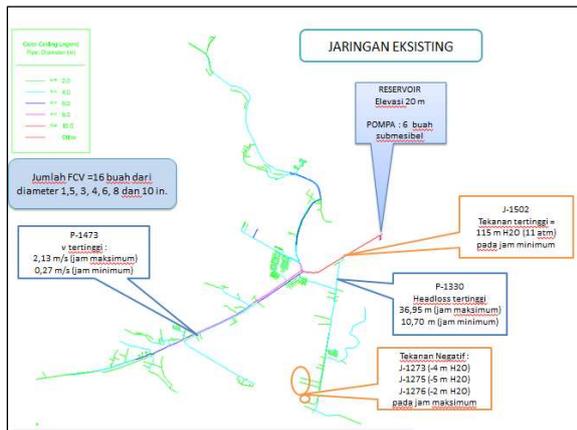
² Dosen Pengajar Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

Debit (Q) = jumlah SR x 5 orang/SR x kebutuhan air/ orang/hari
 = 10 SR x 5 orang/SR x 118 L/orang/hari
 = 5900 L/hari
 = 0,068 L/detik ~0.07 L/detik



Gambar 4 Patern/ Pola Pemakaian Air PDAM Kabupaten Demak

Sumber : Laporan Kerja Praktek Moh. Naffah A., 2014



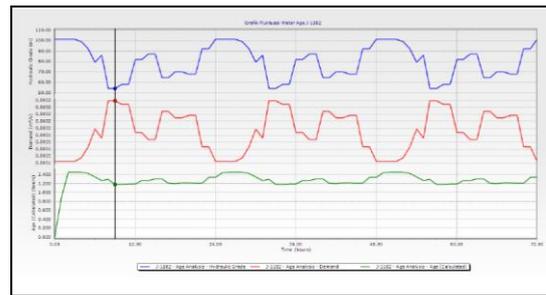
Gambar 5 Jaringan Eksisting PDAM Demak Zona 3

Tabel 2 Hasil pengukuran di Lapangan

Titik	Junction	Jarak	Jam Maksimum				Jam Minimum			
			Kekeruhan (NTU)	Klorin (mg/l)	pH	Suhu (°C)	Kekeruhan (NTU)	Klorin (mg/l)	pH	Suhu (°C)
1. Arah Selatan (10 September 2014)										
0	PDAM	0	1.89	2	7.46	28	4.42	2.5	7.64	29
1	J-1182	1696	2.54	1	7.7	29	4.07	1	7.59	29
2	J-1196	2322	18.01	0.5	7.54	29	3.99	0.5	7.58	30
3	J-1265	4303	0.18	0.3	7.5	29	6.15	0.2	7.45	29
2. Arah Barat (16 September 2014)										
0	PDAM	0	4.38	2.2	7.01	27.5	2.14	1.5	7.2	29.5
4	J-1509	2341	3.09	1.5	7.07	29	2.4	1	7.15	29
5	J-1284	4827	1.09	0.5	7.04	30	0.27	0.5	7.05	29.75
6	J-1402	6470	2.3	0.2	7.06	29	2.68	0.2	7.28	30.5

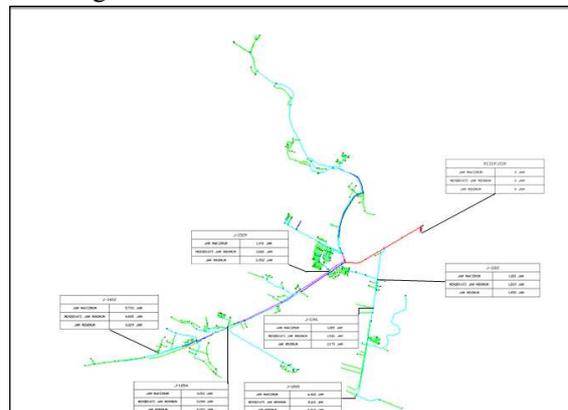
Analisis Water Age (Umur Air)

Durasi simulasi 72 jam, untuk mengetahui kestabilan umur air mulai terjadi. Di awal simulasi pada pukul 00.00 umur air (*water age*) bernilai 0, sedangkan mulai berjalannya waktu umur air bertambah hingga mencapai kestabilan tertentu.



Gambar 6 Fluktuasi Water Age

Sumber : Analisis menggunakan WaterCAD V8i
 Water age dalam pipa distribusi air minum terbukti dipengaruhi oleh kondisi hidraulika jaringan, diantaranya dipengaruhi oleh kebutuhan air (demand) dan hidraulik grade. Semakin tinggi kebutuhan air (demand) water age pada jaringan distribusi air minum singkat atau rendah dan sebaliknya, sedangkan nilai hidraulik gradenya sebanding dengan nilai water age.



Gambar 7. Hasil Simulasi Water Age

Sumber : Analisis menggunakan Model

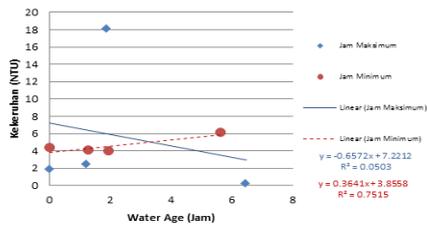
Pada jam puncak kondisi aliran dalam pipa distribusi memiliki debit (flow) terbesar dengan kecepatan aliran terbesar juga, sehingga air terdistribusikan secara cepat atau tidak terlalu lama berada pada pipa tersebut.

Hubungan Water Age terhadap Kekeruhan

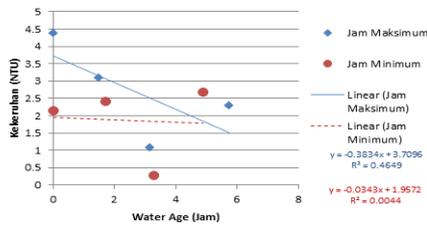
- Semua persamaan garis yang terbentuk tidak adanya kesamaan tanda gradient, Jam maksimum : gradien garis bernilai negatif (penurunan)
 Jam minimum : gradien garis bernilai positif (peningkatan)
- Nilai R yang terbentuk dari grafik sangat kecil (jauh dari 1)

¹ Mahasiswa Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

² Dosen Pengajar Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang



a. Arah Selatan



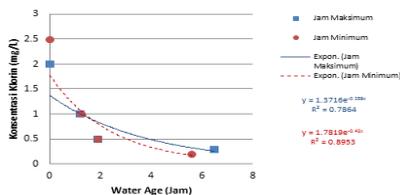
b. Arah Barat

Gambar 8 Hubungan Umur Air terhadap Kekeruhan

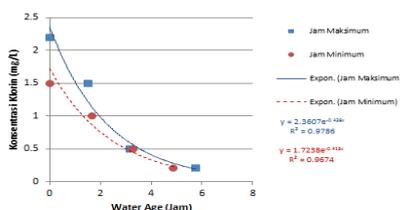
Sesuai dengan hasil analisis menggunakan software SPSS 17.0 diperoleh nilai koefisien korelasi $-0,251$ (korelasi negatif) dengan nilai probability atau sig (2-tailed) = $0,431 > 0,05$ yang berarti bahwa tidak ada korelasi signifikan sehingga H_0 diterima.

Hasil pengujian menggunakan regresi software SPSS 17.0 adalah koefisien determinasinya adalah $0,063$ yang mengandung arti bahwa umur air berpengaruh terhadap kekeruhan air sebesar $6,3 \%$, yang merupakan tingkat pengaruh yang sangat kecil. Dengan begitu dapat dikatakan bahwa terdapat korelasi negatif yang tidak signifikan. Yang terjadi bukanlah korelasi positif yang signifikan.

Hubungan Water Age terhadap Konsentrasi Klorin



a. Arah Selatan



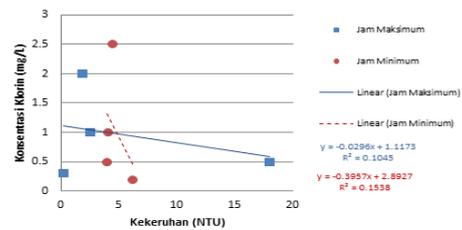
b. Arah Barat

Gambar 9. Hubungan Water Age terhadap Konsentrasi Klorin

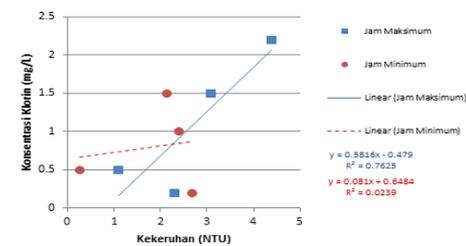
Semakin lama umur air dalam system distribusi (pipa distribusi) air minum nilai kekeruhan relative semakin berkurang dengan reaksi peluruhan klorin orde 1 sehingga grafiknya berupa persamaan eksponensial. Nilai R memenuhi mendekati 1, sehingga water age cukup kuat mempengaruhi konsentrasi klorin dalam pipa distribusi air minum.

Hubungan Kekeruhan Terhadap Konsentrasi Klorin

- Antara kedua grafik persamaan garis yang terbentuk tidak ada kesamaan tanda gradient, grafik a. Arah Selatan : gradien garis bernilai negatif (penurunan) grafik b. Arah Barat : gradien garis bernilai positif (peningkatan)
- Nilai R yang terbentuk dari grafik sangat kecil (jauh dari 1)



a. Arah Selatan



b. Arah Barat

Gambar 10 Hubungan Kekeruhan terhadap Konsentrasi Klorin

Sesuai dengan hasil analisis menggunakan software SPSS 17.0 diperoleh nilai koefisien korelasi $-0,057$ (korelasi negatif) dengan nilai probability atau sig (2-tailed) = $0,860 > 0,05$ yang berarti bahwa tidak ada korelasi yang signifikan sehingga H_0 diterima.

Hasil pengujian menggunakan regresi software SPSS 17.0 adalah koefisien determinasinya adalah $0,003$ yang mengandung arti bahwa kekeruhan air berpengaruh terhadap konsentrasi klorin dalam pipa distribusi air minum sebesar $0,0003 \%$, yang merupakan tingkat pengaruh yang sangat kecil dan bisa dikatakan pengaruhnya 0% (tidak berpengaruh),

¹ Mahasiswa Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

² Dosen Pengajar Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

Dalam pemodelan konsentrasi klorin menggunakan software diperlukan input data seperti Nilai $Diffusivity = 1.208e^{-009}$, $Bulk Reaction Rate = -0.2 (mg/l)^{(1-n)}/day$ dan $First Order Wall Reaction Rate = -0.08 m/day$ yang merupakan nilai default pada model. Sedangkan yang digunakan dalam model penelitian ini khusus untuk nilai $Bulk Reaction Rate$ diperoleh dari hasil perhitungan dan pengeplotan data umur air dengan hasil pengukuran klorin di lapangan sesuai dengan persamaan (1) yang dilinierisasi sehingga diperoleh persamaan garis linier yang melalui titik O (0,0) dan terbentuk sebuah gradient garis yang merupakan nilai k, seperti uraian berikut.

$$C_t = C_0 e^{-kt} \quad (1)$$

Persamaan (1) dilinierisasi dalam bentuk persamaan linier (berorde satu, garis lurus) yang mempunyai bentuk umum $y = ax$, menjadi :

$$\ln C_t = \ln C_0 - kt \quad (2)$$

$$\ln C_t = \ln C_0 - kt(1), \text{ dengan } \ln e = 1$$

$$\ln \frac{C_t}{C_0} = -kt \quad (3)$$

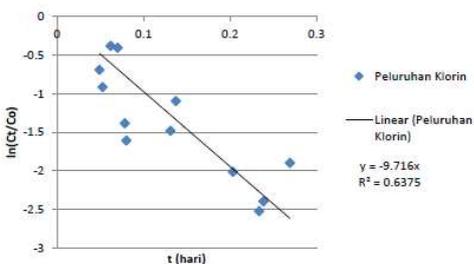
Sehingga dapat diplotkan dalam grafik dengan t merupakan sumbu x, $\ln \frac{C_t}{C_0}$ merupakan sumbu y dan k adalah gradient garis yang merupakan tetapan kecepatan reaksi ($Bulk Reaction Rate$).

Tabel 3 Perhitungan nilai k

Waktu	Junction	t (jam)	x (hari)	C ₀ (mg/l)	C _t (mg/l)	y (ln(C _t /C ₀))	x ²	xy
Jam Maksimum (Pukul 09.00)	J-1882	1,183	0,04929	2	1	-0,69315	0,00243	-0,03417
	J-1196	1,885	0,078542	2	0,5	-1,38629	0,006169	-0,10888
	J-1265	6,465	0,269375	2	0,3	-1,89712	0,072563	-0,51104
	J-1509	1,491	0,062125	2,2	1,5	-0,38299	0,00386	-0,02379
	J-1284	3,153	0,131375	2,2	0,5	-1,4816	0,017259	-0,19465
Jam Minimum (Pukul 14.00)	J-1402	5,733	0,238875	2,2	0,2	-2,3979	0,057061	-0,5728
	J-1882	1,269	0,052875	2,5	1	-0,91629	0,002796	-0,04845
	J-1196	1,926	0,08025	2,5	0,5	-1,60944	0,00644	-0,12916
	J-1265	5,613	0,233875	2,5	0,2	-2,52573	0,054698	-0,5907
	J-1509	1,682	0,070083	1,5	1	-0,40547	0,004912	-0,02842
	J-1284	3,299	0,137458	1,5	0,5	-1,09861	0,018895	-0,15101
	J-1402	4,885	0,203542	1,5	0,2	-2,0149	0,041429	-0,41012
Σ							0,28851	-2,80318

$$a = -k = \frac{\sum xy}{\sum x^2} = \frac{-2,80318}{0,28851} = -9,716$$

Atau jika diplotkan dalam grafik sebagai berikut :

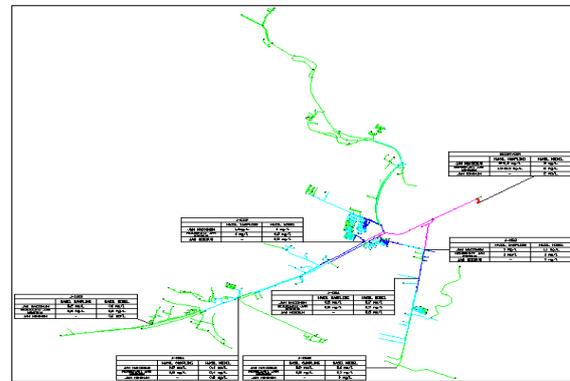


Gambar 11 Grafik Linierisasi Peluruhan Klorin

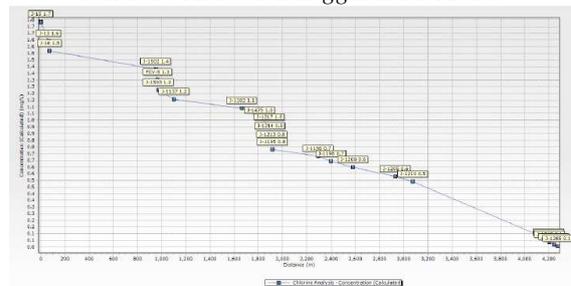
Sehingga dengan data atau nilai $Bulk Reaction Rate = -9,716 (mg/l)^{(1-n)}/day$ (dengan nilai defaultnya $= -0,2 (mg/l)^{(1-n)}/day$), nilai default model $Diffusivity = 1.208e^{-009}$ dan $First Order Wall Reaction Rate = -0.08 m/day$ dapat diperoleh hasil pemodelan konsentrasi klorin.

Tabel 4 Perbandingan Konsentrasi Klorin Hasil Sampling dengan Hasil Pemodelan

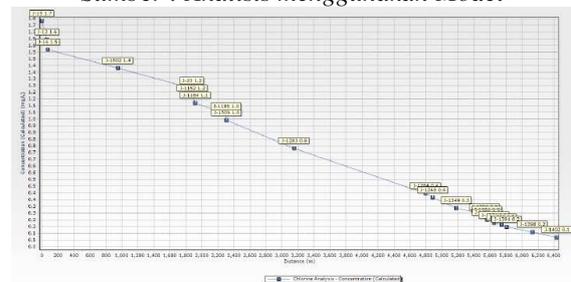
Lokasi	Water Age		Konsentrasi Klorin		Konsentrasi Klorin Hasil Model			
	t (jam)		Hasil Pengukuran		Default k = -0,2 mg/l/hari		k = -9,716 mg/l/hari	
	Jam Mak	Jam Min	Jam Mak	Jam Min	Jam Mak	Jam Min	Jam Mak	Jam Min
Reservoir	0	0	2	2,5	2	2	2	2
J-1182	1.183	1.269	1	1	1,8	1,8	1,1	1
J-1196	1.885	1.926	0,5	0,5	1,6	1,6	0,7	0,7
J-1265	6.465	5.613	0,3	0,2	0,9	1	0,1	0,1
Reservoir	0	0	2,2	1,5	2	2	2	2
J-1509	1.491	1.682	1,5	1	1,8	1,8	1	0,9
J-1284	3.153	3.299	0,5	0,5	1,6	1,6	0,4	0,4
J-1402	5.733	4.885	0,2	0,2	1,2	1,3	0,1	0,2



Gambar 12 Hasil Simulasi Konsentrasi Klorin
Sumber : Analisis menggunakan Model



Gambar 13 Perubahan Konsentrasi Klorin Arah Selatan pada Jam Maksimum
Sumber : Analisis menggunakan Model



Gambar 14 Perubahan Konsentrasi Klorin Arah Barat pada Jam Maksimum
Sumber : Analisis menggunakan Model

¹ Mahasiswa Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

² Dosen Pengajar Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

Semakin jauh jarak yang ditempuh, konsentrasi klorin di titik-titik atau di jalur itu semakin rendah. Penurunan Konsentrasi Klorin dari J-1210 (0,5 mg/L) ke J-1260 (0,1 mg/L) = 0,4 mg/L dikarenakan faktor jarak tempuh dan perubahan kecepatan (v) yang semakin kecil.

Sesuai dengan hasil penelitian/ pengukuran di lapangan, semua lokasi atau titik pengukuran (J-1182, J-1196, J-1265, J-1509, J-1284, J-1402) memiliki konsentrasi klorin $\geq 0,2$ mg/l (sesuai standar/peraturan).

Namun dari hasil pemodelan, lokasi J-1265 memiliki konsentrasi klorin sebesar 0,1 mg/l, yang berarti masih kurang dari standar/peraturan.

Selain J-1265, daerah yang memiliki nilai konsentrasi klorin $< 0,2$ mg/l diantaranya terjadi pada daerah yang pemakaian airnya kecil seperti daerah desa Wonosalam, Kendaldoyong, Karangrejo, Karangsari, Kalikondang dan terutama desa Karangtowo, Mangunjiwan, Kalicilik, dan Karangmlati.

Kesimpulan Pengujian Hipotesis

Dari hipotesa yang diajukan sesuai dengan kerangka berpikir berikut :

1. Semakin lama umur/ usia air (*water age*) dalam pipa distribusi air minum, akan meningkatkan nilai kekeruhan air.

Hipotesa tersebut ditolak.

2. Semakin lama umur air dalam pipa distribusi air minum, konsentrasi klorin semakin rendah.

Hipotesa tersebut diterima.

3. Semakin tinggi nilai kekeruhan air dalam pipa dsitribusi air minum, semakin rendah konsentrasi klorin.

Hipotesa tersebut ditolak.

4. Semakin jauh air terdistribusi dari reservoir, konsentrasi klorin akan semakin rendah.

Hipotesa tersebut diterima.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan simulasi yang dilakukan terhadap variable penelitian didapatkan kesimpulan bahwa :

- Tidak ada hubungan antara umur air terhadap nilai kekeruhan air dalam pipa distribusi.
 - Semakin lama umur air dalam pipa distribusi air minum, konsentrasi klorin semakin rendah.

- Tidak ada hubungan antara nilai kekeruhan air dalam pipa distribusi air minum terhadap nilai konsentrasi klorin.

2. Perubahan konsentrasi klorin dalam pipa distribusi air minum terjadi dengan semakin jauh dari reservoir konsentrasi klorin semakin berubah menjadi lebih rendah.

Perubahan konsentrasi klorin dalam pipa distribusi sangat dipengaruhi oleh koefisien peluruhan klorin yaitu *bulk reaction rate*. Nilai *bulk reaction rate* (k) yang sesuai dengan kondisi distribusi air minum PDAM Demak Zona 3 = -9,716mg/l/hari.

Sesuai dengan hasil penelitian/ pengukuran di lapangan, semua lokasi atau titik pengukuran (J-1182, J-1196, J-1265, J-1509, J-1284, J-1402) memiliki konsentrasi klorin $\geq 0,2$ mg/l (sesuai standar/peraturan).

Namun dari hasil pemodelan, lokasi J-1265 memiliki konsentrasi klorin sebesar 0,1 mg/l, yang berarti masih kurang dari standar/ peraturan.

Selain J-1265, daerah yang memiliki nilai konsentrasi klorin $< 0,2$ mg/l diantaranya terjadi pada daerah yang pemakaian airnya kecil seperti daerah desa Wonosalam, Kendaldoyong, Karangrejo, Karangsari, Kalikondang dan terutama desa Karangtowo, Mangunjiwan, Kalicilik, dan Karangmlati.

Implikasi

Berdasarkan analisis dan kesimpulan dari penelitian ini, berikut adalah implikasi yang dapat ditujukan kepada PDAM Kabupaten Demak dalam meningkatkan kualitas air distribusi ke pelanggan khususnya zona distribusi 3 :

Dengan adanya pemodelan umur air dan konsentrasi klorin dalam jaringan distribusi air minum, dapat diketahui lokasi-lokasi yang:

1. Memiliki konsentrasi klorin melebihi standar (> 1 mg/l), untuk mengatasi bau atau sifatnya yang oksidator dalam penggunaannya dapat ditampung terlebih dahulu sehingga bau dan bahaya tersebut dapat dikurangi.
2. Memiliki konsentrasi klorin < 2 mg/l dengan kata lain kualitas air rendah atau kritis dapat diatasi dengan cara :
 - Penambahan/ injeksi klorin di daerah yang nilai konsentrasi klorin rendah.
 - Menurunkan umur air yang terlalu tinggi dengan cara menambah jumlah pelanggan atau SR sehingga umur

¹ Mahasiswa Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

² Dosen Pengajar Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

airnya semakin singkat dan konsentrasi klorin semakin terjaga/ sesuai dengan standar atau peraturan.

- Melakukan pemutusan jaringan dan menggantikannya dengan pelayanan dari IPA baru, pemutusan jaringan pelayanan zona 3 dapat dilakukan mulai desa Karang Sari dan desa berikutnya (desa Karangtowo) untuk dilayani jaringan IPA baru yang merupakan pengembangan jaringan penyediaan air minum di PDAM Kabupaten Demak.

Saran

Dari penelitian yang saya lakukan, sebagai saran selanjutnya sebaiknya :

1. Menggunakan alat ukur konsentrasi klorin yang memiliki tingkat ketelitian lebih tinggi, sehingga nilai yang terukur di lapangan memiliki keakuratan data yang tinggi.
2. Penelitian selanjutnya dapat dengan penambahan parameter mikrobiologi yang terkait dengan tujuan dari desinfeksi dan Trihalomethan yang dapat terbentuk dari adanya proses desinfeksi dan pengaruh *water age*.
3. Untuk memberikan gambaran yang lebih konkret terhadap proses peluruhan/ perubahan umur air ataupun konsentrasi klorin dalam pipa distribusi air minum, sebaiknya studi dilakukan pada jaringan/ pipa yang tidak terlalu panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- _____.2010.*Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*
- _____.2010.*Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 736/MENKES/PER/VI/2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum*
- AWWA.2014.*Effects of Water Age on Distribution System Water Quality*. United State Environmental Protection Agency
- AWWA, Ohio.2014.*White Paper on Distribution System Optimization for Water Quality*
- Codony, Francisc et al.2003. *Persistence and Proliferation of Some Unicellular Algae*

in Drinking Water System Result of their Heterotrophic Methebolism.Spain : Journal Water SA Vol. 29 No. 1 January 2003.<http://wrc.org.za>

- Cruickshank, Jeffry R et al.2013. *How to Reduce Water Age in Distribution Systems*.629 Green Valley Road, Suit 200 Greenboro, NC 27408 336-292-7490
- Elsheikh, Mahmoud A et al.2013.*Hydraulic Modelling of Water Supply Distribution for Improving Quantity and Quality*.Tanta University : Departement of Civil Engineering. Sustain.Envirion.Res., 23(6), 403-411 (2013)
- Fuadi,Azhar.2012.*Pengaruh Residual Klorin Terhadap Kualitas Mikrobiologi pada Jaringan Distribusi Air Bersih (Studi Kasus : Jaringan Distribusi Air Bersih IPA Cilandak)*.Jakarta : FT Teknik Lingkungan UI
- Health Canada.2009.*Gudelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document Chlorine*.Ottawa, Ontario : Canada KIA 0K9
- Ibrahim, Muhammad dkk. *Analisa Hidrolis pada Komponen Sistem Distribusi Air Bersih Dengan Waternet dan WaterCAD Versi 8 (Studi Kasus Kampung Digouwo, Kampung Mawa dan Kampung Ikebo, Distrik Kamu, Kabupaten Dogiyai)*. Malang : Program Magister Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- Lechevallier et al.2011.AWWA : *sixth edition of Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water Microbiological Quality Control in Distribution System*. CO: American Water Works Association.
- Nagatani, Toru dkk.2008.*Recidual Chlorine Decay simulation in Water Distribution System*.Yokohama : The 7th International Symposium on Water Supply Technology
- Samsaei, Hossein et all. *Disadvantage Pressure Change on the Decline of Water Quality in Water Distribution Systems*.Bangi : Civil and Structural Engineering Department, Faculty of Engineering and Built Environment Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia

¹ Mahasiswa Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

² Dosen Pengajar Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

- Sugiyono.2009. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*.Bandung: Alfabeta
- Syahputra, Benny.2012.*Analisa Chlor pada Jaringan Distribusi Air Minum PDAM Kota Semarang*.Semarang: FT Teknik Lingkungan UNISULA
- Walski, Thomas M., et al. 2006.*Advanced Water Distribution Modeling And Management “Introduction to Water Distribution Modeling”*. s.l. : Bentley Institute Press, 2006. 9781934493014.
- Walski, Thomas M., et al. 2006.*Advanced Water Distribution Modeling And Management “Modeling Theory”*. s.l. : Bentley Institute Press, 2006. 9781934493014.
- <http://www.bentley.com/en-us/promo/hm+solutions/water+ebook.htm>
- <http://www.pipeflow.co.uk/public/articles/Laminar And Turbulent Flow.pdf>

¹ Mahasiswa Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

² Dosen Pengajar Progran Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang