

Pemodelan Penurunan Sisa Chlor Jaringan Distribusi Air Minum Dengan EPANET (Studi kasus Kecamatan Sukun Kota Malang)

Fahir Hassan, dan Ali Masduqi

Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: masduqi@its.ac.id

Abstrak— Dalam upaya melakukan pemantauan dan upaya mempertahankan kualitas air minum pada sistem distribusi dengan menggunakan sisa chlor, sangat diperlukan pemodelan untuk mengetahui sisa chlor yang terdapat pada jaringan. Konsentrasi aman untuk sisa chlor minimum yaitu 0.2 mg/l, dimana pada konsentrasi tersebut masih mampu untuk menangani kontaminasi. Dengan mengetahui konstanta penurunan sisa chlor pada jaringan eksisting dengan survey lapangan, untuk mengetahui debit, diameter dan elevasi pipa distribusi dapat digunakan untuk mengoperasikan program EPANET. Dalam program EPANET dilakukan input data untuk data yang sudah di survei dan dilakukan pengoprasian untuk aspek hidrolis. Apabila pada aspek hidrolis ini sudah memenuhi selanjutnya dilakukan analisa untuk penurunan sisa chlor menggunakan konstanta yang sudah didapatkan. EPANET dapat menganalisa secara keseluruhan faktor yang mempengaruhi penurunan sisa chlor dan menampilkan konsentrasi sisa chlor pada pipa dengan indikasi warna. Dalam proses analisa sisa chlor ini harus dilakukan pada kondisi jam puncak dan kondisi jam minimum. Hal ini ditujukan agar dapat diketahui konsentrasi maksimum dan konsentrasi minimum yang terdapat pada jaringan distribusi. Analisa sisa chlor menggunakan epanet ini dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui konstanta penurunan sisa chlor yang terjadi, Namun apabila terjadi kebocoran atau gangguan perpipaan yang lain masih belum dapat dianalisa dan perlu dilakukan pembahasan lebih lanjut.

Kata Kunci—Air Minum, Chlor, EPANET, Sistem Distribusi.

I. PENDAHULUAN

DALAM Goal ke 7 MDGs untuk menjamin kelestarian lingkungan hidup terdapat target ke sepuluh dimana “Menurunkan Separuh Proporsi Penduduk Tanpa Akses terhadap Sumber Air Minum yang Aman dan Berkelanjutan serta Fasilitas Sanitasi Dasar pada 2015” dengan salahsatu indikator pencapaian proporsi penduduk atau rumahtangga dengan akses terhadap sumberair minum yang terlindungi (Peter, 2005). Dalam sistem distribusi air minum sangat dimungkinkan terjadi perubahan kualitas air terutama dari sisi biologi. Sangat dimungkinkan adanya bakteri pathogen yang masuk dalam jaringan perpipaan melalui pipa yang bocor terutama apabila pipa tersebut tidak bertekanan [1]. Sehingga perlu dilakukan proses desinfeksi menggunakan chlor untuk menjamin kondisi air minum aman terutama dari sisi

biologi[2]. Penjaminan kualitas air minum dari sisi biologi (dinyatakan bebas bakteri) dipenuhi dengan konsentrasi chlor minimal sebesar 0.2 mg/l, dengan batas maksimum konsentrasi pembubuhan pada tandon sebesar 1 mg/l [3]

Dengan adanya penurunan sisa chlor diperlukan sebuah pemodelan untuk mengetahui apakah konsentrasi sisa chlor yang tersisa dalam jaringan distribusi secara keseluruhan memmenuhi, atau perlu ditambahkan titik klorinasi apabila memang konsentrasi sisa chlor masih belum memenuhi.

II. METODE

A. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam kajian ini merupakan data-data primer yang didapatkan melalui survey dan sampling lapangan serta data sekunder yang diperoleh dari instansi-instansi berkaitan seperti Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Malang dan PDAM Kota Malang. Untuk sampling lapangan dilakukan pengambilan titik ordinat dan elevasi perpipaan yang akan dikaji menggunakan GPS (*Global Positioning System*).

Data primer yang utama adalah koefisien penurunan sisa chlor pada sistem distribusi eksisting. Dengan mengetahui konsentrasi penurunan sisa chlor dapat dilakukan pemodelan Menggunakan program EPANET.

B. Analisis Data dan Pembahasan

Setelah diperoleh data sekunder dan data primer, selanjutnya dilakukan analisa pada data-data yang didapatkan tersebut. Hal ini dilakukan untuk menyeleksi data yang diperoleh apakah telah sesuai dengan kebutuhan perencanaan yang akan dilakukan. Setelah data yang dibutuhkan terkumpul dilakukan pengolahandata dimulai dari perhitungan kebutuhan air proyeksi, penentuan diameter pipa rencana dan dilakukan analisa menggunakan program EPANET.

Berikut adalah tahapan untuk melakukan analisa sisa chlor:

1. Pilih **Option-Quality** untuk di edit dari data browser. Pada **Parameter Property Editor** ketik lah chlorine.
2. Pindah ke **Option-Reactions** pada Browser. Untuk Global Bulk Coefficient masukkan nilai -0.00027 . Angka ini merefleksikan laju khlorin yang akan meluruh pada saat reaksi pada aliran bulk sepanjang

waktu. Laju tersebut akan diaplikasikan pada seluruh pipa pada jaringan.

3. Kik pada node Reservoir dan atur Initial Quality pada 1.0. Ini adalah konsentrasi dari khlorin yang secara kontinue masuk ke dalam jaringan. (Atur kembali initial quality pada Tank ini menjadi 0 jika akan mengubahnya)
4. Gunakan kontrol waktu pada Map Browser untuk melihat bagaimana level chlorine berubah berdasarkan lokasi dan waktu selama simulasi

Setelah dilakukan running menggunakan program EPANET dilakukan analisis terkait kondisi hidrolis pada pipa rencana terlebih dahulu, apabila analisis hidrolis ini telah sesuai dengan ketentuan atau kondisi lapangan analisis bisa dilanjutkan pada penurunan sisa chlor. Apabila pada tahapan analisis terdapat aspek-aspek yang tidak memenuhi persyaratan atau criteria perencanaan yang ditentukan, dapat dilakukan perubahan dengan catatan perubahan pada program juga diterapkan pada perubahan kondisi eksisting agar scenario program EPANET sesuai dan dapat digunakan.

III. PEMBAHASAN

A. Perhitungan Kebutuhan Air

Berdasarkan hasil perhitungan proyeksi penduduk hingga tahun 2028, dapat diketahui kebutuhan air yang harus di sediakan pada tahun 2028 sesuai Tabel 1.

Tabel 1.
Perhitungan Kebutuhan Air Kecamatan Sukun

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air		
			Jiwa	(L/hari)	(L/detik)
1	Ciptomulyo	19,220	3,267,385	37,82	0,0378
2	Gadang	21,850	3,714,480	42,99	0,0430
3	Bandungrejosari	32,266	5,485,300	63,49	0,0635
4	Sukun	21,655	3,681,332	42,61	0,0426
5	Tanjungrejo	29,863	5,076,679	58,76	0,0588
6	Pisang Candi	21,314	3,623,325	41,94	0,0419
7	Bandulan	16,116	2,739,789	31,71	0,0317
8	Karang Besuki	20,831	3,541,245	40,99	0,0410
9	Mulyorejo	15,348	2,609,172	30,20	0,0302
10	Bakalan Krajan	8,821	1,499,524	17,36	0,0174
11	Kebon sari	10,117	1,719,915	19,91	0,0199

Dalam kondisi eksisting terdapat beberapa pipa yang memiliki kecepatan dibawah 0.01 hal ini memang disebabkan penggunaan air masih belum terlalu banyak pada wilayah yang dilayani, sedangkan diameter pipa terpasang adalah 200 mm. Dalam pipa primer ini terdapat beberapa titik tapping yang mengalir beberapa kawasan baik yang sudah membentuk DMA maupun yang belum. Untuk data tapping pada pipa utama dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2.
Data Tapping pada Pipa Primer

Nama	Node	Debit L/s
Tapping Karang	T27	3,24
Taping Bangkon 2	T23	3,85
Taping Bangkon 2	T16	3,84
Taping Tidar	S4	3,71
Taping Dieng	S'4	4,11
Taping Dieng 2	S'15	4,21
Taping Dieng 3	S'18	4,5
Taping TL	S'21	5,13
Tapping TI 2	S"2	4,5
Tapping TL 3	S"17	3,44
Taping Betek	S"6	3,21
Taping Betek 5B	S"8	3,33
Taping Betek 5	S"12	3,45
Taping Betek 2	S"14	3,25
Taping Istana dieng	s'3	3,3

Sumber: Data PDAM 2014

Berdasarkan data tapping tersebut dapat di simpulkan bahwa pipa primer 200 yang akan digunakan untuk tapping DMA baru ini tidak melayani penduduk kecamatan sukun secara keseluruhan namun hanya beberapa wilayah. Sehingga dalam melakukan proyeksi peningkatan kebutuhan air dilakukan rasio prosentase pertumbuhan dalam persen. Rasio pertumbuhan ini di dapat dari jumlah penduduk sesuai data tahun 2013 dan tahun 2028. Untuk perhitungan prosentase pertambahan kebutuhan air dapat dilihat pada rumus:

$$\frac{\text{Kebutuhan Air 2028} - \text{Kebutuhan air 2013}}{\text{Kebutuhan air 2013}} \times 100\%$$

$$\text{Kelurahan Ciptomulyo} = \frac{37.82 - 32.58}{37.82} \times 100\% = 14\%$$

Dari perhitungan diatas didapatkan prosentase pertumbuhan rata-rata sebesar 14% sesuai perhitungan pada Tabel 3.

Tabel 3.
Perhitungan Prosentase Penambahan Kebutuhan Air

No	Kelurahan	Kebutuhan air (L/detik)		Persentase pertambahan
		2013	2028	
1	Ciptomulyo	32,58	37,82	14%
2	Gadang	37,04	42,99	14%
3	Bandungrejosari	54,70	63,49	14%
4	Sukun	36,71	42,61	14%
5	Tanjungrejo	50,63	58,76	14%
6	Pisang Candi	36,13	41,94	14%
7	Bandulan	27,32	31,71	14%
8	Karang Besuki	35,31	40,99	14%

9	Mulyorejo	26,02	30,20	14%
10	Bakalan Krajan	14,95	17,36	14%
11	Kebon sari	17,15	19,91	14%

Sumber: Hasil perhitungan

Dari persentase di atas dikalikan pada data debit tapping yang sudah tersedia pada pipa primer ukuran 200 yang akan digunakan. Sehingga diasumsikan bahwa prosentase penambahan penduduk di lokasi tapping eksisting seimbang dengan rata-rata pertumbuhan penduduk kelurahan yaitu 14% sesuai Tabel 4.

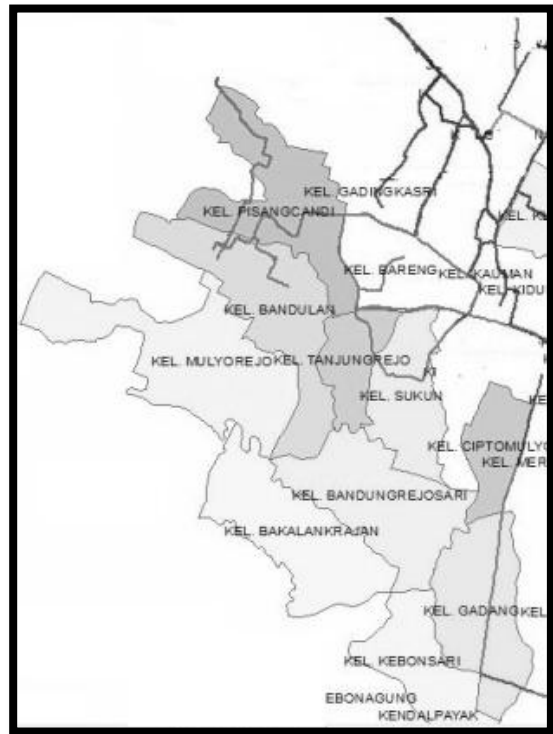
Tabel 4.
Proyeksi Penambahan Kebutuhan Air

Nama	Node	Debit L/s	
		2013	2028
Tapping Karanganyan	T27	3,24	3,76
Tapping Bangkon 2	T23	3,85	4,47
Tapping Bangkon 2	T16	3,84	4,45
Tapping Tidar	S4	3,71	4,30
Tapping Dieng	S'4	4,11	4,77
Tapping Dieng 2	S'15	4,21	4,88
Tapping Dieng 3	S'18	4,5	5,22
Tapping TL	S'21	5,13	5,95
Tapping TI 2	S''2	4,5	5,22
Tapping TL 3	S''17	3,44	3,99
Tapping Betek	S''6	3,21	3,72
Tapping Betek 5B	S''8	3,33	3,86
Tapping Betek 5	S''12	3,45	4,00
Tapping Betek 2	S''14	3,25	3,77
Tapping Istana dieng	s'3	3,3	3,83

Sumber: Hasil perhitungan

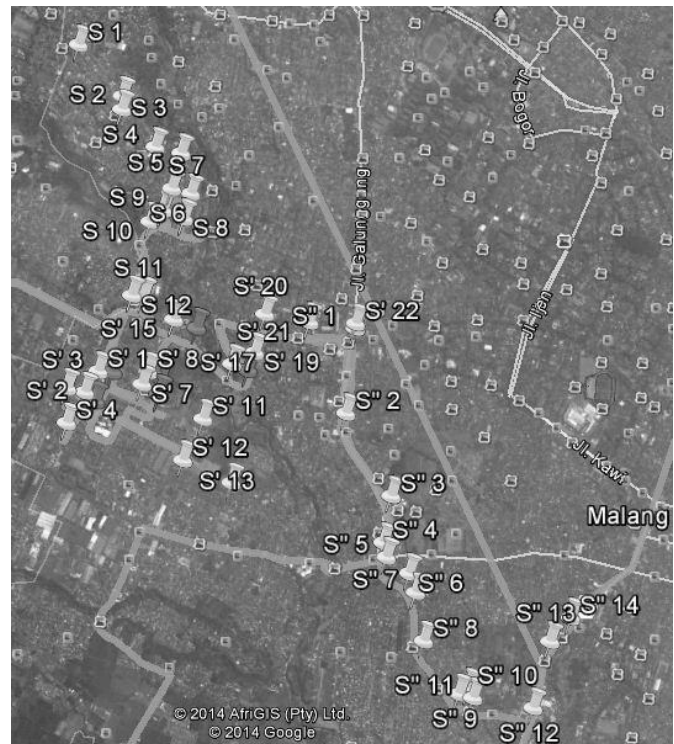
B. Pemodelan Jaringan

Berdasarkan kebutuhan air total kecamatan sukun dan kondisi eksisting saat ini, Jaringan pipa utama meliputi pipa terpasang saat ini yang disesuaikan terhadap kebutuhan air perencanaan. Hal ini dilakukan agar pemodelan sebisamungkin sesuai atau mendekati kondisi yang akan datang apabila dilakukan pemasangan DMA untuk ZAMP. Data terkait pipa utama ini didapatkan dari PDAM Kota Malang dengan dilengkapi survey lapangan. Berikut gambar pipa utama yang melayani Kecamatan Sukun tertera pada Gambar 1.



Gambar. 1. Peta Jaringan Pipa Utama

Berdasarkan Jaringan Pipa yang terdapat pada Peta PDAM Malang, selanjutnya dilakukan survei menggunakan GPS untuk mengetahui kondisi lapangan baik berupa kontur, ataupun berupa koordinat yang di input dalam google Earth seperti Gambar 2. Pipa utama ini menyalurkan air yang di ambil dari sumber air windit.



Gambar. 2. Hasil Survei Jaringan Dengan GPS

C. Perhitungan Koefisien Penurunan Sisa Chlor

Dalam melakukan analisa sisa chlor, sebelumnya perlu dilakukan pengamatan di lapangan terkait penentuan penurunan sisa chlor pada sistem distribusi eksisting. Dalam pengamatan ini dicatat lokasi titik sampling (alamat pelanggan) yang nantinya digunakan untuk mengetahui jarak, konsentrasi sisa chlor pada titik-titik yang sudah ditentukan, diameter pipa dan debit untuk mengetahui kecepatan aliran dalam pipa. Hasil survey dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5. Hasil Survei Penurunan Sisa Chlor

No	Lokasi		Konsentrasi sisa klor		Panjang pipa	Diameter pipa (m)	Debit (m3/s)	Kecepatan (m/s)
	Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2				
Tandon Wendit								
1	Tandon	Jl. Wendit Baru 3A	0,5	0,4	825	0,7	0,19	0,5
2	Jl. Wendit Baru 3A	Jl. LAKSDA Adi Sucipto No 38	0,4	0,35	808	0,7	0,19	0,5
3	Jl. LAKSDA Adi Sucipto No 38	Jl. LA Sucipto 330	0,35	0,2	840	0,7	0,19	0,5
Tandon Tlogomas								
1	Tandon	Tlogo Indah No 7	0,4	0,38	144	0,25	0,05	1
2	Tlogo Indah No 7	Tlogo Indah No 1	0,38	0,35	200	0,25	0,05	1
3	Tlogo Indah No 1	Jl. Joyo Suko	0,35	0,3	566	0,25	0,05	1

Berdasarkan pada data yang telah didapatkan dicari konstanta penurunan sisa chlor pada jaringan distribusi Sesuai rumus (1)

$$\ln c_e = \ln c_0 - \left(\frac{k}{v}\right)L \tag{1}$$

Hasil perhitungan sesuai pada Tabel 6

Tabel 6. Perhitungan Konstanta Penurunan Sisa Chlor

No	Tlogomas			wendit 1			K rata-rata Total
	1	2	3	1	2	3	
No	1	2	3	1	2	3	-0.00027
Ce	0.38	0.35	0.3	0.4	0.35	0.25	
C0	0.4	0.38	0.35	0.5	0.4	0.35	
L	144	200	566	825	308	840	
V	1	1	1	0.5	0.5	0.5	
K	-	-	-	-	-	-	
	0.00036	0.00041	0.00027	0.00014	0.00022	0.00020	

Sumber: Hasil Perhitungan

Dimana:

C_e = Konsentrasi sisa klor pada jarak tertentu (mg/l)

C₀ = Konsentrasi sisa klor pada t=0 (mg/l)

K = Konstanta penurunan

V = Kecepatan (m/s)

L = Jarak aliran (m)

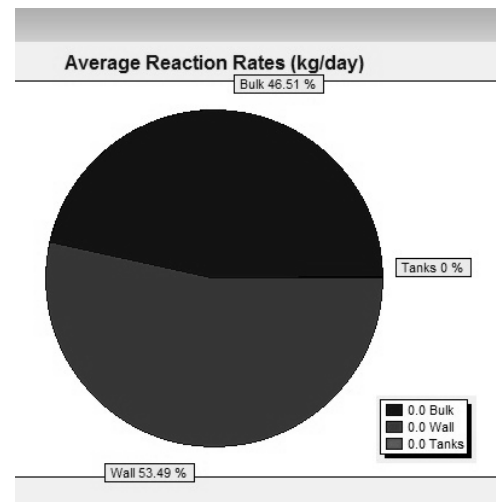
Dari perhitungan diatas didapatkan nilai konstanta penurunan sisa chlor rata-rata sebesar -0.00027. Nilai konstanta ini nantinya akan dimasukkan pada program EPANET.

D. Pemodelan Sisa Chlor Menggunakan EPANET

EPANET digunakan untuk mengetahui apakah dari sistem distribusi yang direncanakan masih terdapat sisa khlor yang dihasilkan.

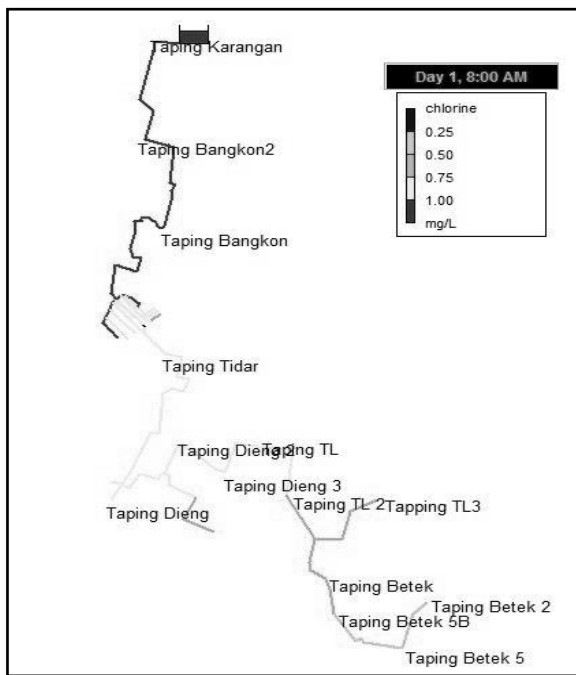
Setelah proses run berhasil, dapat diketahui prosentase penurunan sisa chlor yang terjadi pada jaringan seperti pada Gambar 3. Dari gambar 3 istilah *Bulk* mengacu pada reaksi yang muncul karena aliran, dan *wall* mengacu pada reaksi dikarenakan oleh dinding pipa[5]. dapat diketahui bahwa penurunan sisa chlor 46.51% disebabkan oleh aliran hal ini bisa disebabkan karena umur air dalam pipa cukup lama. Umur air dalam pipa ini dipengaruhi oleh kecepatan aliran

dan jarak (panjang pipa). Untuk penurunan sisa chlor yang dipengaruhi dinding pipa sebesar 53.49 %, prosentase ini sangat dipengaruhi *wall coeff. Correlation* atau kekasaran pipa. Dalam perencanaan ini kekasaran pipa yang dimasukkan sebesar 100 dan tidak memperhitungkan secara spesifik umur pipa lama yang memungkinkan memiliki kekasaran yang berbeda.



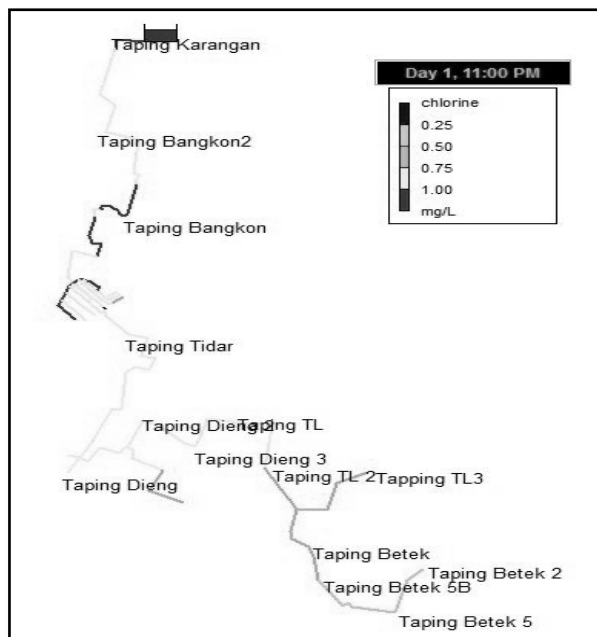
Gambar. 3. Prosentase Penurunan Sisa Chlor

Dalam analisa sisa chlore dapat dilihat konsentrasi sisa chlor yang ada pada pipa dalam program EPANET yang diindikasikan dengan perbedaan warna. Untuk analisa sisa chlor dibagi menjadi dua, yaitu saat kondisi jam puncak dan saat kondisi minimum penggunaan. Hal ini ditujukan untuk melihat apakah konsentrasi sisa chlor yang ada dalam jaringan distribusi masih memenuhi. Pada Gambar 4 dapat dilihat konsentrasi sisa chlor pada saat pukul delapan pagi, dimana pada saat ini adanya penggunaan maksimum.



Gambar. 4. Konsentrasi Sisa Chlor pada Pipa Distribusi

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa kondisi sisa chlor masih memenuhi. Selanjutnya dilihat pada saat kondisi jam minimum. Hal ini dilakukan karena pada saat pengambilan air minimum kecepatan aliran pada pipa semakin menurun dan menyebabkan umur air dalam pipa semakin lama. Dikarenakan sisa chlor meluruh berdasarkan waktu maka kondisi sisa chlor dalam pipa dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar. 5. Kondisi Sisa Chlor Saat Jam Minimum

Pada Gambar 5. dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan konsentrasi namun masih memenuhi (lebih besar dari 0.2 mg/l).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan kajian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem distribusi di Kecamatan Sukun Kota Malang masih memenuhi konsentrasi sisa chlor minimum sebesar 0.2 mg/l untuk penerapan ZAMP. Dalam penggunaan EPANET untuk melakukan analisa sisa chlor harus sesuai dengan kondisi hidrolis eksisting atau kondisi hidrolis yang akan di rencanakan, untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait kesesuaian hasil analisa EPANET terhadap kondisi sebenarnya di lapangan

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak PDAM Kota Malang yang telah membantu dalam pencarian data lapangan, semoga segala kebaikan-kebaikannya akan mendapat balasan dari Allah SWT

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Farley, M. dkk. 2008. The Managers Non-Revenue Water Hand Book. Sidney. Ranhill
- [2] Allen, M., S Edberg, and D. Reasoner. April 22-24, 2002. Heterotrophic Plate Count (HPC Bacteria – What is Their Significance in Drinking Water Geneva, Switzerland.
- [3] Simpson, G.D. et al. 1998. Afous on Chlorine Dioxide: The “ideal” Biocide. Unichem inter. Inc. Texas