

Analisis Hidraulika Jaringan Pipa PDAM Tirta Dharma dengan Sistem Komputasi

Meilani Belladona¹

Abstract

The purpose of the research was to analyze the distribution pipe network system water TAPS Tirta Dharma by using the program EPANET 2.0. Clean water services are managed by TAPS Tirta Dharma is already reaching out to most areas of the city, most of the customers comes from households. The number of clean water distribution of households in 19.209 KK of 4.606.370 m³ per year. Bengkulu City TAPS new could produce as much as 17.280.000 ltr/hr, so it still required an increase in production capacity by as much as 18.797.200 lt/hr, or 217,56 lt/sec. The problem examined is how the distribution pipe network system water TAPS Tirta Dharma by using the program EPANET 2.0? The methods used for this research consists of methods of data collection and data analysis methods. Data required primary data consist of i.e. the measurement of water pressure on metered houses and spread a detailed questionnaire. Secondary data are also needed to support research the research of map data network, water consumption data by the customer and other supporting data. Data obtained processed with hydraulics analysis either manually or in a simple statistical analysis and computation. Based on the results of the analysis it is known that water needs for housing in Surabaya already meet. Based on the results of the interviews can be noted that most of the people still using Shaved River Subdistrict shallow wells as a source of clean water.

Keywords: pipe network system, clean water services, EPANET 2.0

Pendahuluan

Kota Bengkulu adalah salah satu kawasan kota di Indonesia yang baru berkembang dan merupakan ibukota Propinsi Bengkulu yang mempunyai luas wilayah sebesar 151,7 Km² atau 0,73% dari luas total Propinsi Bengkulu (BPS Kota Bengkulu, 2012). Perkembangan kota menjadi daya tarik bagi penduduk untuk datang ke kota dengan berbagai alasan. Hal ini mengakibatkan jumlah penduduk di Kota Bengkulu meningkat setiap tahunnya.

Peningkatan jumlah penduduk menuntut peningkatan jumlah lahan untuk tempat tinggal dan tempat usaha, peningkatan jumlah kebutuhan air bersih dan berbagai kebutuhan lainnya. Air merupakan kebutuhan dasar bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Pemenuhan kebutuhan air bersih membutuhkan perencanaan yang tepat sehingga dapat terdistribusi secara merata sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

Sistem penyediaan air bersih di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Bengkulu belum dapat sepenuhnya memenuhi

standar kualitas air bersih seperti yang ditentukan oleh pemerintah. Berdasarkan data Pemerintah Kota Bengkulu, pelayanan air bersih yang dikelola oleh PDAM Tirta Dharma sudah menjangkau sebagian besar wilayah kota dengan terus mengembangkan jaringan primer maupun sekundernya. Sebagian besar pelanggan berasal dari rumah tangga. Jumlah distribusi air bersih rumah tangga dalam 19.209 KK sebesar 4.606.370 m³ per tahun (Website Pemerintah Kota Bengkulu, 2010). PDAM Kota Bengkulu baru dapat memproduksi sebanyak 17.280.000 ltr/hr, sehingga masih dibutuhkan peningkatan kapasitas produksi sebanyak 18.797.200 lt/hr, atau 217,56 lt/dtk (Belladona, 2014). Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya kebocoran pipa, dimensi pipa yang tidak sesuai dengan kapasitas dan berbagai sebab lain.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa sistem jaringan pipa distribusi air minum PDAM Tirta Dharma dengan menggunakan program EPANET 2.0. Analisis hidraulika secara manual dianggap kurang efisien karena akan memakan waktu lama dan tingkat ketelitiannya kurang. Cara yang lebih

¹Dosen Fak. Teknik Jur. T. Sipil UNHAZ Bengkulu
Majalah Teknis Simes Vol. 9 No. 1 Januari 2015

cepat dan teliti adalah menggunakan sistem komputerisasi yaitu dengan program EPANET 2.0.

Konstruksi jaringan perpipaan merupakan bagian yang paling mahal dari sistem distribusi air. Oleh karena itu, perencanaan, perancangan, dan pengelolaannya harus dilakukan dengan baik dan efisien terutama pada sistem jaringan pipa yang kompleks.

Analisis hidraulika untuk jaringan pipa menggunakan program EPANET 2.0 ini dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut (Amin, 2011) :

1. Kehilangan energi sekunder akibat perubahan penampang pipa, belokan, katup, dan sambungan diabaikan.
2. Persamaan kehilangan energi primer akibat gesekan yang digunakan adalah persamaan Darcy-Weisbach.
3. Metode penyelesaian secara manual yang digunakan adalah metode Hardy Cross dan metode Newton-Raphson.
4. Hasil komputasi analisis hidraulika terbatas pada kemampuan yang dimiliki oleh tiap program komputer.

Pada zat cair (fluida) yang mengalir di dalam bidang batas (pipa) akan terjadi tegangan geser dan gradient kecepatan pada seluruh medan aliran karena adanya gaya kekentalan (viskositas). Tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi selama pengaliran zat cair. Dua persamaan kehilangan energi akibat gesekan yang umumnya sering digunakan adalah persamaan Darcy-Weisbach dan persamaan Hazen-Williams.

Persamaan Bernoulli atau persamaan energi yang harus dipenuhi dalam analisis hidraulika jaringan pipa, yaitu:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_f \dots (1)$$

dimana z_1 dan z_2 masing-masing adalah elevasi pada titik 1 dan titik 2, P_1/γ dan P_2/γ adalah energi hidraulik pada titik 1 dan titik 2, $v_1^2/2g$ dan $v_2^2/2g$ adalah energi kecepatan pada titik 1 dan titik 2, dan h_f adalah kehilangan energi akibat gesekan.

Persamaan kehilangan energi akibat gesekan yang diusulkan oleh Darcy-Weisbach adalah sebagai berikut:

$$h_f = \frac{8fLQ^2}{\pi g D^5} \dots (2)$$

Dimana f merupakan koefisien gesekan Darcy-Weisbach yang bergantung pada nilai kekasaran pipa dan angka Reynolds, L adalah panjang pipa, D adalah diameter pipa, dan V adalah kecepatan rata-rata aliran.

Koefisien gesekan f yang terkenal dan banyak digunakan dalam program komputer termasuk EPANET 2.0 sebagai berikut:

$$f = \frac{0,25}{\left(\log \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right)^2} \dots (3)$$

Dimana k adalah nilai kekasaran pipa yang tergantung dari jenis dan umur pipa, dan Re adalah angka Reynolds. Aliran masuk dan keluar dalam sistem biasanya dianggap terjadi pada node. Pada jaringan pipa harus dipenuhi persamaan kontinuitas dan persamaan energi sebagai berikut:

1. Aliran di dalam pipa harus memenuhi hukum gesekan pipa untuk aliran dalam pipa tunggal.
2. Aliran masuk ke dalam tiap-tiap node harus sama dengan aliran yang keluar.

$$\sum Q_i = 0 \dots (4)$$

3. Jumlah aljabar dari kehilangan energi dalam suatu loop harus sama dengan nol.

$$\sum h_f = 0 \dots (5)$$

Setiap pipa dari sistem jaringan terdapat hubungan antara kehilangan energi dan debit aliran. Secara umum hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$h_f = KQ^2 \dots (6)$$

Pada pengembangan model sistem distribusi, metode untuk menentukan pemakaian air dan karakteristik pipa didiskusikan seiring dengan bagaimana mengatur seluruh data yang terlibat dalam menganalisis sistem distribusi air ke dalam suatu program komputer yang dapat diterima keakurasiannya.

Epanet adalah salah satu *software* distribusi yang *user friendly* dan banyak digunakan untuk menganalisa jaringan sistem distribusi. Epanet 2.0 adalah program komputer yang berbasis windows yang merupakan program simulasi dari perkembangan waktu dari profil hidrolis dan perlakuan kualitas air bersih dalam suatu

jaringan pipa distribusi, yang didalamnya terdiri dari titik/*node/junction* pipa, pompa, *valve* (asesoris) dan reservoir baik *ground reservoir* maupun reservoir menara. *Output* yang dihasilkan dari program Epanet 2.0 ini antara lain debit yang mengalir dalam pipa, tekanan air dari masing masing titik/*node/junction* yang dapat dipakai sebagai analisa dalam menentukan operasi instalasi, pompa dan reservoir serta besarnya konsentrasi unsur kimia yang terkandung dalam air bersih yang didistribusikan dan dapat digunakan sebagai simulasi penentuan lokasi sumber sebagai arah pengembangan

Data data yang dibutuhkan dalam Epanet 2.0 sangat penting sekali dalam proses analisa, evaluasi dan simulasi jaringan air bersih berbasis epanet. *Input* data yang dibutuhkan adalah:

1. Peta jaringan
2. *Node/junction*/titik dari komponen distribusi.
3. Elevasi
4. Panjang pipa distribusi
5. Diameter dalam pipa
6. Jenis pipa yang digunakan
7. Umur pipa
8. Jenis sumber (mata air, sumur bor, IPAM, dan lain lain)
9. Spesifikasi pompa (bila menggunakan pompa)
10. Bentuk dan ukuran reservoir.
11. Beban masing-masing *node* (besarnya *tapping*)
12. Faktor fluktuasi pemakaian air
13. Konsentrasi khlor di sumber

Output yang dihasilkan diantaranya adalah :

1. Hidrolik head masing - masing titik.
2. Tekanan dan kualitas air. (Epanet 2.0 Users Manual)

Metode Penelitian

Data yang dibutuhkan untuk penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer berupa data pengukuran tekanan aliran pada meteran penduduk selama 24 jam yaitu dengan menggunakan manometer dan penyebaran kuisisioner, sedangkan data sekunder berupa peta jaringan PDAM, data jumlah pelanggan dan data pendukung lainnya.

Data yang diperoleh akan dianalisa menggunakan analisa hidraulika dan analisa sistem jaringan menggunakan program komputer sehingga diperoleh kinerja sistem jaringan pipa distribusi air bersih. Data kuisisioner yang diperoleh dianalisis dengan analisa deskriptif kualitatif.

Hasil dan Pembahasan

Instalasi Pengolah Air (IPA) di Kelurahan Surabaya dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih di 3 (tiga) wilayah, yaitu wilayah kecamatan Muara Bangkahulu, wilayah Kecamatan Sungai Serut dan wilayah Kota Bengkulu. Pengaliran air untuk pemenuhan air bersih di kecamatan sungai serut $\pm 3 \text{ m}^3$ atau 0,003 lt. Sistem pengaliran air menggunakan pompanisasi dengan head pompa sebesar 40 Mpa. Pipa yang digunakan adalah pipa DN 100-PVC. Ketinggian IPA adalah 900 mdpl sedangkan ketinggian pipa distribusi ke Kecamatan Sungai Serut adalah 750 mdpl. Secara teoritis pengaliran air dapat dilakukan secara gravitasi, tetapi pada kenyataan di lapangan pengaliran tetap menggunakan pompa.

Peta jaringan pipa PDAM yang ditinjau untuk perhitungan menggunakan program Epanet 2.0 dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut. Peta jaringan yang digunakan adalah perumahan Surabaya dengan jumlah 100 unit rumah. Panjang pipa antar titik (*node*) adalah 100 m dengan diameter 100 mm. Analisis jaringan distribusi menggunakan metode Hardy-Cross. Pertama kali, ditentukan debit aliran di setiap pipa secara sembarang namun memenuhi syarat kontinuitas. Aksesoris pipa diabaikan dan dianggap aliran mengalir tanpa hambatan.

Analisis jaringan menggunakan metode Newton-Raphson berbeda dengan analisis menggunakan metode Hardy Cross. Pada metode Newton-Raphson seluruh jaringan dianalisis secara bersamaan.

Persamaan debit untuk setiap *node* pada gambar 1 adalah sebagai berikut:

$$Node_2 = Q_{2-6} + Q_{2-7} - Q_1 = 0,003$$

$$Node_3 = Q_{2-3} - Q_{3-4} + Q_{4-5} = 0,003$$

$$Node_4 = Q_{3-4} - Q_{4-5} = 0 \text{ dan seterusnya.}$$

Analisis jaringan dengan menggunakan program komputer dilakukan dengan membangun *layout* jaringan yang ditinjau

secara grafis. Setelah jaringan selesai dibangun, parameter pipa dan *node* serta pilihan analisis hidraulika terutama persamaan kehilangan energi Darcy-Weisbach harus diterapkan terlebih dahulu pada menu pilihan yang disediakan.

Hasil analisis menggunakan Epanet 2.0 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 4.1. *Calibration Statistics for Flow*

	<i>Num</i>	<i>Observe</i>	<i>Computed</i>	<i>Mean</i>	<i>RMS</i>
<i>Loctn</i>	<i>Obs</i>	<i>Mean</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Error</i>
1	24	0.04	0.00	0.041	0.045
<i>Net</i>	24	0.04	0.00	0.041	0.045

Correlation Between Means: 0.000

Data di atas diperoleh berdasarkan analisis dari data tekanan dan data debit aliran yang diukur selama 24 jam di titik (*node*) 5, 18 dan 28 yang merupakan meteran penduduk. Adapun data hasil pengukuran tekanan dan debit selama 24 jam dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 berikut.

Tabel 2. Measured Pressure for Net 2 (sampel pada *Node 5*)

Node	Hour	M
5	1.00	25.00
	2.00	23.00
	3.00	20.00
	4.00	18.00
	5.00	17.00
	6.00	15.00
	7.00	15.00
	8.00	15.00
	9.00	20.00
	10.00	21.00
	11.00	22.00
	12.00	23.00
	13.00	25.00
	14.00	19.00
	15.00	18.00
	16.00	17.00
	17.00	15.00
	18.00	16.00
	19.00	19.00
	20.00	20.00
	21.00	22.00
	22.00	23.00
	23.00	23.00
	00.00	24.00

Sumber : Hasil Analisa (2015)

Tabel 3. Measured Demand for Net 2

<i>link</i>	<i>Hour</i>	<i>LPS</i>
1	00.00	0.022
1	01.00	0.021
1	02.00	0.028
1	03.00	0.043
1	04.00	0.051
1	05.00	0.064
1	06.00	0.067
1	07.00	0.065
1	08.00	0.064
1	09.00	0.059
1	10.00	0.029
1	11.00	0.027
1	12.00	0.024
1	13.00	0.030
1	14.00	0.035
1	15.00	0.045
1	16.00	0.063
1	17.00	0.064
1	18.00	0.067
1	19.00	0.061
1	20.00	0.047
1	21.00	0.026
1	22.00	0.025
1	23.00	0.024

Sumber : Hasil Analisis (2015)

Contoh *running program* untuk setiap *node* diambil pada jam 17.00 WIB dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Nodes* at 17:00 Hrs

Node ID	Demand (LPS)	Pressure (m)
Junc 2	0.00	27.75
Junc 3	0.16	27.41
Junc 4	0.09	38.88
Junc 5	0.09	38.82
Junc 6	0.09	38.58
Junc 7	0.05	39.44
Junc 8	0.09	39.43
Junc 9	0.09	39.43
Junc 10	0.09	39.43
Junc 11	0.05	38.88

Junc 12	0.07	38.88
Junc 13	0.08	38.54
Junc 14	0.77	38.23
Junc 15	0.06	38.23
Junc 16	0.08	38.53
Junc 17	0.09	39.37
Junc 18	0.09	39.32
Junc 19	0.20	39.32
Junc 20	0.09	39.30
Junc 21	0.05	40.32
Node ID	Demand (LPS)	Pressure (m)
Junc 22	0.02	40.32
Junc 23	0.05	40.28
Junc 24	0.05	40.28
Junc 25	0.05	40.27
Junc 26	0.05	40.28
Junc 27	0.09	40.24
Junc 28	0.16	40.20
Junc 29	0.09	40.18
Junc 30	0.05	40.18
Junc 31	0.09	40.14
Junc 32	0.14	40.19
Junc 33	0.14	43.35
Junc 34	0.14	43.31
Resvr 1	-4.96	0.00

Sumber : Hasil Analisis (2015)

Besarnya pemakaian air oleh pelanggan yang diukur pada meteran air pelanggan menggunakan alat ukur dan berdasarkan elevasi masing-masing node menunjukkan hasil seperti terlihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Pemakaian Air berdasarkan Elevasi

Node ID	Elevasi (m)	Pemakaian (l/dt)
2	741	0,0039
3	741	0,0039
4	741	0
5	741	0,0039
6	741	0
7	741	0,0039
8	740	0
9	741	0,0039
10	741	0
11	741	0,0039
12	741	0
13	741	0,0039
14	740	0

19	741	0,0039
20	740	0
21	740	0
22	741	0,0039
23	741	0
24	741	0
25	741	0
26	741	0
27	741	0
28	741	0
29	741	0
30	741	0
Node ID	Elevasi (m)	Pemakaian (l/dt)
31	741	0
32	741	0
33	741	0
34	741	0
35	741	0
36	741	0
37	741	0,0039
38	741	0
39	741	0
40	741	0
41	741	0

Sumber : Hasil Analisis (2015)

Berdasarkan hasil analisa program dapat diketahui bahwa kebutuhan air untuk Perumahan Surabaya sudah memenuhi, tetapi untuk pengembangan pemakai PDAM masih perlu dilakukan sosialisasi kepada masyarakat tentang PDAM sehingga masyarakat mau menggunakan air bersih dari PDAM sebagai pemenuhan air sehari-hari.

Berdasarkan hasil wawancara dapat diketahui bahwa sebagian besar masyarakat Kecamatan Sungai Serut masih menggunakan sumur dangkal sebagai sumber air bersih. Penggunaan air bersih masyarakat rata-rata per kepala keluarga (KK) sebesar 2 m³/hari. Keluhan pelanggan yang memanfaatkan air bersih PDAM adalah sering tersendatnya aliran air dan keruh. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya umur pipa, kebocoran pada pipa, dan faktor lainnya.

Kesimpulan dan Saran

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari penelitian ini diantaranya adalah:

1. Hasil perhitungan jaringan pipa secara manual menggunakan metode Hardy Cross dan Newton Raphson hampir sama dengan hasil perhitungan menggunakan program EPANET 2.0.
2. Berdasarkan hasil analisa program dapat diketahui bahwa kebutuhan air untuk Perumahan Surabaya sudah memenuhi, tetapi untuk pengembangan pemakai PDAM masih perlu dilakukan sosialisasi kepada masyarakat tentang PDAM karena sebagian besar warga masih menggunakan sumur dangkal untuk penggunaan air bersih.

Beberapa saran yang dapat disampaikan diantaranya adalah:

1. Pada jaringan pipa yang kecil penggunaan metode Newton-Raphson lebih disarankan. Sedangkan untuk analisis jaringan yang lebih besar disarankan menggunakan metode Hardy Cross. Penggunaan program komputer dalam perhitungan jaringan pipa agar lebih digunakan secara luas baik oleh peneliti, industri, maupun instansi seperti PDAM yang berkecimpung dalam bidang jaringan pipa air minum, namun dengan tidak mengabaikan dasar teori analisis.
2. Perlu dilakukan sosialisasi tentang air bersih PDAM dan perlu dilakukan perbaikan manajemen pada tubuh PDAM sehingga aliran air bersih pada jaringan pipa PDAM dapat sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

Daftar Pustaka

1. Andayani, S., Yuwono, B.E., dan Soekrasno. 2012. *Indikator Tingkat Layanan Drainase Perkotaan*, Jurnal Teknik Sipil Vol. 11 No. 2. Universitas Trisakti. Jakarta.
2. Agustina, D.V. 2001. *Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih PDAM Kecamatan Banyumanik Di Perumnas Banyumanik (Studi Kasus Perumnas Banyumanik Kel. Srandol Wetan)*. Tesis Program Magister Teknik Sipil. Univ. Diponegoro. Semarang
3. Belladona, M. 2014. *Analisa Kinerja Sistem Distribusi PDAM Tirta Dharma Desa Surabaya Kecamatan Sungai Serut*. Jurnal Telematik FT UMB Vol. 6 No. 1 Januari 2014. Bengkulu.

4. Muttaqin, A.Y. 2006. *Kinerja Sistem Drainase yang Berkelanjutan Berbasis Partisipasi Masyarakat*. Tesis Program Pascasarjana Univ. Diponegoro. Semarang.
5. Priyantoro, D., Juwono, T.P., Suhardjono, Iswoyo, M.J., Prasetyorini, L., dan Pranoto, E.S. 2013. *Penerapan UB-Drainage (Underdrain Box Storage) untuk mereduksi Genangan dan Meningkatkan Resapan Air di Kampus UB*. Jurnal Teknik Pengairan Vo. 4 No. 1, Universitas Brawijaya. Malang.
6. Putra, P.A. dan Handajani, M. 2010. *Evaluasi Permasalahan Sistem Drainase Kawasan Jeruk Purut, Kecamatan Pasar Minggu, Kotamadya Jakarta Selatan*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Teknik Sipil. ITB. Bamdung.
7. Suryanti, I., Norken, I.N. dan Dharma, I.G.B. 2013. *Kinerja Sistem Drainase Kota Semarang di Kabupaten Klungkung*. Jurnal Spektran Vol. I No. 1 Januari 2013. Universitas Udayana. Bali.
8. Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
9. Ubaidillah. Bisri, M. Ismoyo, M.J. 2012. *Studi Sistem Drainase Kali Tutup Barat Kabupaten Gersik Berbasis Konservasi untuk Penanganan Genangan*. Jurnal Teknik Pengairan Vol. 3 No. 2 Desember 2012. Universitas Brawijaya. Malang.

