

ANALISIS KEHILANGAN AIR PADA PIPA JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH PDAM KECAMATAN BAKI, KABUPATEN SUKOHARJO

Kharina Hardiana Dewi⁽¹⁾, Koosdaryani⁽²⁾, Adi Yusuf Muttaqien⁽²⁾

⁽¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

⁽²⁾Dosen Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126, Telp 0271-634524. Email : dewikarin33@gmail.com

Abstract

Water is one of the natural elements that affect more or less important role in the life of every human being and other creatures in this universe. Clean water is a basic need for humans to be the main thing if the water sector gets priority in handling and fulfillment. PDAM as regional water management company should be able to meet that need. With the existing distribution system pipes, PDAM should be able to distribute clean water and meet the needs of the community well and evenly. The purpose of this thesis is to determine the amount of customer needs clean water taps Baki subdistrict, Sukoharjo Regency 2010 to 2012 and determine the level of leakage and pressure drop that occurs in the distribution pipeline. So that taps Baki subdistrict, Sukoharjo regency that can serve clean water is able to flow evenly distributed, in order to meet the water needs of the people in the region. This type of research is descriptive evaluative. Research to determine the number of customer needs clean water taps, water leakage and pressure drop for the scope of the Baki subdistrict performed by analyzing the program using Epanet 2.0. From the results obtained by the analysis of customer needs clean water taps District of Baki, Sukoharjo for 2010 to 2012 is 95,80 l/s, 96,70 l/s, 97,87 l/s, the total needs of the largest customers in 2012 was 97.87 l/s. The average increase in water loss that occurred in 2010 to 2012 amounted to 28.81%. The results of the simulation analysis of pressure with Epanet 2.0 program obtained for the peak hours of water usage at 04:00 AM, the highest pressure is 268.69 m, while the lowest pressure is 238.94 m. As for water usage at the lowest at 02:00 AM, the highest pressure is 140.60 m, while the lowest pressure is 71.46 m.

Keywords: PDAM, pipeline distribution network, water needs, loss of water, pressure, epanet 2.0

Abstrak

Air merupakan salah satu elemen alam yang sedikit banyak mempengaruhi setiap peranan penting dalam kehidupan manusia dan makhluk lainnya di alam ini. Air bersih merupakan kebutuhan dasar bagi manusia sehingga menjadi hal yang utama jika sektor air bersih mendapat prioritas dalam penanganan dan pemenuhannya. PDAM sebagai perusahaan daerah pengelola air bersih seharusnya mampu untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dengan sistem distribusi pipa yang ada, PDAM diharapkan mampu untuk mendistribusikan dan memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat dengan baik dan merata. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui jumlah kebutuhan air bersih pelanggan PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo tahun 2010 sampai dengan tahun 2012 dan mengetahui tingkat kehilangan air serta penurunan tekanan yang terjadi di pipa distribusi. Sehingga PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo dapat melayani agar aliran air bersih mampu terdistribusi secara merata, guna memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat di wilayah tersebut. Jenis Penelitian ini adalah deskriptif evaluatif. Penelitian untuk mengetahui jumlah kebutuhan air bersih pelanggan PDAM, tingkat kehilangan air serta penurunan tekanan dilakukan untuk lingkup Kecamatan Baki dengan menganalisis dengan menggunakan program *Epanet 2.0*. Dari hasil analisis diperoleh kebutuhan pelanggan air bersih PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo untuk tahun 2010 sampai dengan tahun 2012 adalah 95,80 lt/det, 96,70 lt/det, 97,87 lt/det, dengan kebutuhan total pelanggan terbanyak pada tahun 2012 adalah 97,87 lt/det. Persentase angka kenaikan rata-rata kehilangan air yang terjadi pada tahun 2010 sampai dengan tahun 2012 sebesar 28,81%. Hasil analisis simulasi pressure dengan program *Epanet 2.0* diperoleh untuk jam puncak pemakaian air pada jam 04:00 AM, *pressure* tertinggi yaitu 268,69 m sedangkan *pressure* terendah yaitu 238,94 m. Adapun untuk jam terendah pemakaian air pada jam 02:00 AM, *pressure* tertinggi yaitu 140,60 m sedangkan *pressure* terendah yaitu 71,46 m.

Kata kunci : PDAM, jaringan distribusi pipa, kebutuhan air, kehilangan air, tekanan, *epanet 2.0*

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu elemen alam yang sedikit banyak mempengaruhi setiap peranan penting dalam kehidupan manusia dan makhluk lainnya di alam ini yang merupakan kebutuhan dasar bagi manusia sehingga menjadi hal yang utama jika sektor air bersih mendapat prioritas dalam penanganan dan pemenuhannya. PDAM diharapkan mampu untuk mendistribusikan dan memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat dengan baik dan merata, dengan sistem distribusi pipa yang ada. Bila sistem distribusi yang terjadi kurang baik, maka akan menimbulkan berbagai macam permasalahan diantaranya kurangnya tekanan air sehingga aliran air tidak terdistribusikan secara merata.

Sistem penyediaan air bersih yang dikelola PDAM dalam memperoleh air bersih akan menghasilkan kualitas dan kuantitas pelayanan yang berbeda dari satu kota/kabupaten dengan kota/kabupaten lainnya. Hal ini juga terjadi pada daerah di kawasan Kabupaten Sukoharjo. Dalam penelitian ini peneliti memilih daerah penelitian di Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo karena ingin menganalisis masalah pada sistem distribusi di PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo dengan menggunakan *software Epanet 2.0*.

Epanet 2.0 adalah sebuah *software* yang dapat mensimulasikan sistem distribusi air minum pada wilayah tertentu. *Epanet 2.0* memodelkan sistem distribusi air sebagai kumpulan *node* yang dihubungkan oleh *link*. *Link* yang dimaksud adalah pipa, pompa dan valve. Dengan menggunakan *Epanet 2.0*, dapat terlihat secara menyeluruh gambaran aliran air yang terjadi pada perpipaan distribusi pada waktu yang kontinu. Sehingga dengan demikian bisa dilakukan sebuah evaluasi terhadap sistem perpipaan distribusi.

TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Kebutuhan Air Bersih

Penggunaan air untuk masing-masing komponen secara pasti sulit untuk dirumuskan, sehingga dalam perencanaan atau perhitungan sering digunakan asumsi atau pendekatan-pendekatan berdasarkan kategori kota, yang ditampilkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Tingkat Pemakaian Air berdasarkan Kategori Kota

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk	Sistem	Tingkat Pemakaian Air (lt/org/hr)
1	Kota metropolitan	>1.000.000	Non Standar	190
2	Kota Besar	500.000-1.000.000	Non Standar	170
3	Kota Sedang	100.000-500.000	Non Standar	150
4	Kota Kecil	20.000-100.000	Standar BNA	130
5	Kota Kecamatan	<20.000	Standar IKK	100
6	Kota Pertumbuhan Pusat	<3.000	Standar DPP	30

(Sumber: DPU Dirjen Cipta Karya, 1996)

Kebutuhan air akan dikategorikan antara lain:

1. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga yaitu untuk keperluan minum, memasak, mandi, mencuci pakaian serta keperluan lainnya.

2. Kebutuhan Air Non domestik

Kebutuhan air non domestik digunakan untuk kegiatan komersil seperti industri, perkantoran, maupun kegiatan sosial seperti sekolah, rumah sakit, tempat ibadah, dan niaga.

Data Kebutuhan Pelanggan

Analisis kebutuhan pelanggan, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan pelanggan} = \frac{\text{Banyaknya KK pelanggan}}{86.400} \times 130$$

dengan:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya KK pelanggan} &= \text{banyaknya jumlah pelanggan yang terhubung } \textit{node} \text{ yang pertama ke } \textit{node} \text{ kedua} \\ \text{1 hari} &= 24 \times 60 \times 60 = 86.400 \text{ det} \end{aligned}$$

Kehilangan Air

Masalah kehilangan air (*Unaccounted For Water*) masih merupakan salah satu masalah yang sangat besar bagi pengelola air minum di Indonesia. Tingkat kebocoran jaringan pipa sulit diukur secara teliti. PDAM pada umumnya menggunakan selisih antara produksi dan penjualan untuk melukiskan efektifitas pelayanan air minum dan efisiensi dalam upaya penurunan kehilangan air. Air yang bocor dari sistem penyediaan air, kesalahan meteran air, sambungan-sambungan yang tidak sah dan hilangnya air yang tidak diketahui penyebabnya digolongkan sebagai kehilangan dan pemborosan (*loss and waste*). (Linsley, Ray K & Franzini, B. Joseph, 1985).

$$\text{Jumlah air yang hilang} = \frac{\text{jumlah air terproduksi} - \text{jumlah air terjual}}{\text{jumlah air terproduksi}} \times 100\%$$

Aplikasi *Epanet 2.0* dalam Analisis Jaringan Distribusi Air Bersih

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 di dalamnya 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 analisis 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.

Epanet 2.0 merupakan analisis hidrolis yang terdiri dari:

1. Analisis ini tidak dibatasi oleh letak lokasi jaringan.
2. Kehilangan tekanan akibat gesekan (*friction*) dihitung dengan menggunakan persamaan *Hazen-Williams*, *Darcy-Weisbach*, *Chezy* atau *Manning formula*.
3. Disamping *major losses*, *minor losses* (kehilangan tekanan di *bend*, *elbow*, *fitting*) dapat dihitung.
4. Model konstanta atau variabel kecepatan pompa.
5. Berbagai tipe model *valve* yang dilengkapi dengan *shut off*, *check*, *Pressure regulating* dan *valve* yang dilengkapi dengan kontrol kecepatan.
6. Reservoir dalam berbagai bentuk dan ukuran.
7. Faktor fluktuasi pemakaian air.
8. Sebagai dasar *operating system* untuk mengontrol level air di reservoir dan waktu.

METODE

Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian sistem jaringan pipa distribusi air bersih PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo ini diperoleh dari instansi-instansi terkait yaitu PDAM Kecamatan Baki di Kabupaten Sukoharjo.

Data yang diperlukan guna pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Gambar jaringan pipa distribusi air bersih PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo. Gambar ini berupa dimensi dan panjang pipa yang digunakan. Data ini merupakan data utama untuk melakukan simulasi terhadap kondisi jaringan pipa distribusi yang ada. Sehingga dari gambar jaringan pipa PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo dapat diketahui distribusi air dari sumber air ke masyarakat.
2. Jumlah pelanggan
Data jumlah pelanggan PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo ini diperlukan untuk mengetahui kebutuhan air yang harus dilayani oleh sistem distribusi air bersih PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo.
3. Data produksi air, reservoir distribusi, sumber air, serta data rencana pipa pada PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo.

Simulasi Pipa Jaringan Distribusi PDAM Kecamatan Baki dengan Program *Epanet 2.0*

- Wilayah peta

Wilayah peta yang digunakan adalah peta daerah distribusi air bersih PDAM Kecamatan Baki yang dilengkapi dengan elevasi tanah, rumah pelanggan dan diameter pipa. Pada pembuatan pipa jaringan PDAM, analisis berdasarkan elevasi tanahnya dengan memberikan *node* (titik) pemasangan pipa untuk mempermudah perancangan simulasi pipa.

- Data Reservoir

Data isian reservoir pada program *Epanet 2.0* diambil dari ketinggian tanahnya. Hal ini dimaksudkan agar pengambilan air dapat ditentukan dengan pompa atau gravitasi. Untuk data isian jumlah air yang akan disalurkan ke daerah Kecamatan Baki berkisar 130 lt/hr/org.

- Data Elevasi Tanah

Data elevasi tanah pada program *Epanet 2.0* meliputi analisis peta wilayah Kecamatan Baki yang di dalamnya terdapat keterangan elevasi tanah. Kemudian dimasukkan ke dalam program *Epanet 2.0* dengan memberikan *node* satu per satu seseuai yang dibuat di dalam peta tersebut. *Node* adalah penghubung jaringan pipa yang digambarkan berupa titik.

- Data Panjang dan Diameter Pipa

Data panjang dan diameter pipa

- Data Pattern

Data *pattern* merupakan penyunting pola pemakaian air dari suatu *node* pada periode waktu tertentu (data masukan simulasi pola max. 55 jam), bentuk pemasukan data *pattern* untuk wilayah jaringan distribusi PDAM di Kecamatan Baki meliputi pemakaian dalam kurun waktu 24 jam.

Simulasi Epanet

Simulasi dilakukan menggunakan software Epanet 2.0 untuk memodelkan keadaan jaringan distribusi pipa di Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo. Dari simulasi ini dapat diketahui penurunan tekanan pada jam puncak dan pada jam terendah.

PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan Air Bersih (*Demand*)

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga yaitu untuk keperluan minum, memasak, mandi, mencuci pakaian serta keperluan lainnya. Wilayah Kecamatan Baki termasuk kota kecil, sebagai kategori kota kecil maka ditetapkan kebutuhan air sebesar 130 lt/org/hr. Berikut ini hasil perhitungan kebutuhan air domestik untuk tahun 2010-2012.

Tabel 2. Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik berdasarkan Jumlah Penduduk tiap Desa/Kelurahan di Kecamatan Baki Tahun 2010

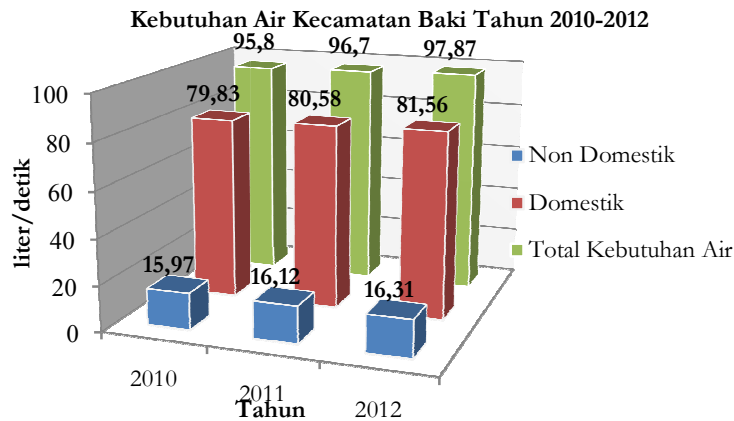
No	Desa/Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Domestik (lt/det)	Kebutuhan Air Non Domestik (lt/det)
1	Ngrombo	2.625	3,95	0,79
2	Mancasan	4.612	6,94	1,39
3	Gedongan	2.974	4,47	0,89
4	Jetis	4.058	6,11	1,22
5	Bentakan	2.485	3,74	0,75
6	Kudu	2.942	4,43	0,89
7	Kadilangu	2.523	3,80	0,76
8	Baki Pandeyan	3.273	4,92	0,98
9	Menuran	5.169	7,78	1,56
10	Duwet	3.280	4,93	0,99
11	Siwal	3.210	4,83	0,97
12	Waru	5.063	7,62	1,52
13	Gentan	6.223	9,36	1,87
14	Purbayan	4.618	6,95	1,39
	Jumlah	53.055	79,83	15,97

Tabel 3. Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik berdasarkan Jumlah Penduduk tiap Desa/Kelurahan di Kecamatan Baki Tahun 2011

No	Desa/Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Domestik (lt/det)	Kebutuhan Air Non Domestik (lt/det)
1	Ngrombo	2.660	3,95	0,80
2	Mancasan	4.647	6,94	1,40
3	Gedongan	3.010	4,47	0,91
4	Jetis	4.094	6,11	1,23
5	Bentakan	2.520	3,74	0,76
6	Kudu	2.978	4,43	0,90
7	Kadilangu	2.558	3,80	0,77
8	Baki Pandeyan	3.307	4,92	0,99
9	Menuran	5.205	7,78	1,57
10	Duwet	3.324	4,93	1,00
11	Siwal	3.245	4,83	0,98
12	Waru	5.098	7,62	1,53
13	Gentan	6.259	9,36	1,88
14	Purbayan	4.653	6,95	1,40
	Jumlah	53.560	79,83	16,12

Tabel 4. Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik berdasarkan Jumlah Penduduk tiap Desa/Kelurahan di Kecamatan Baki Tahun 2012

No	Desa/Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Domestik (lt/det)	Kebutuhan Air Non Domestik (lt/det)
1	Ngrombo	2.707	4,07	0,82
2	Mancasan	4.693	7,06	1,41
3	Gedongan	3.057	4,60	0,92
4	Jetis	4.140	6,23	1,25
5	Bentakan	2.566	3,86	0,77
6	Kudu	3.024	4,55	0,91
7	Kadilangu	2.604	3,92	0,78
8	Baki Pandeyan	3.355	5,05	1,01
9	Menuran	5.252	7,90	1,58
10	Duwet	3.370	5,07	1,02
11	Siwal	3.291	4,95	0,99
12	Waru	5.144	7,74	1,55
13	Gentan	6.305	9,49	1,90
14	Purbayan	4.699	7,00	1,40

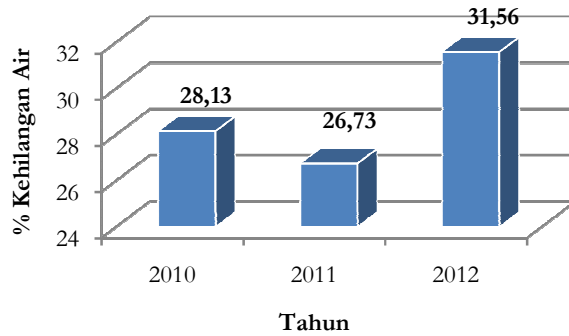


Jumlah	54.207	81,56	16,31
---------------	---------------	--------------	--------------

Gambar 1. Grafik Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Domestik dan Non Domestik di Kecamatan Baki Tahun 2010-2012

Gambar 1 menunjukkan rekapitulasi kebutuhan air bersih domestik dan non domestik Kecamatan Baki di atas dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan pada tahun 2010-2012 dengan angka kenaikan rata-rata sebesar 0,97%, dengan kebutuhan total pelanggan air bersih terbanyak pada tahun 2012 adalah 97,87 lt/det.

Analisis Kehilangan
Berdasarkan data Baki, Kabupaten tahun 2010-2012, maka kehilangan dapat berdasarkan rumus 2.2 berikut:

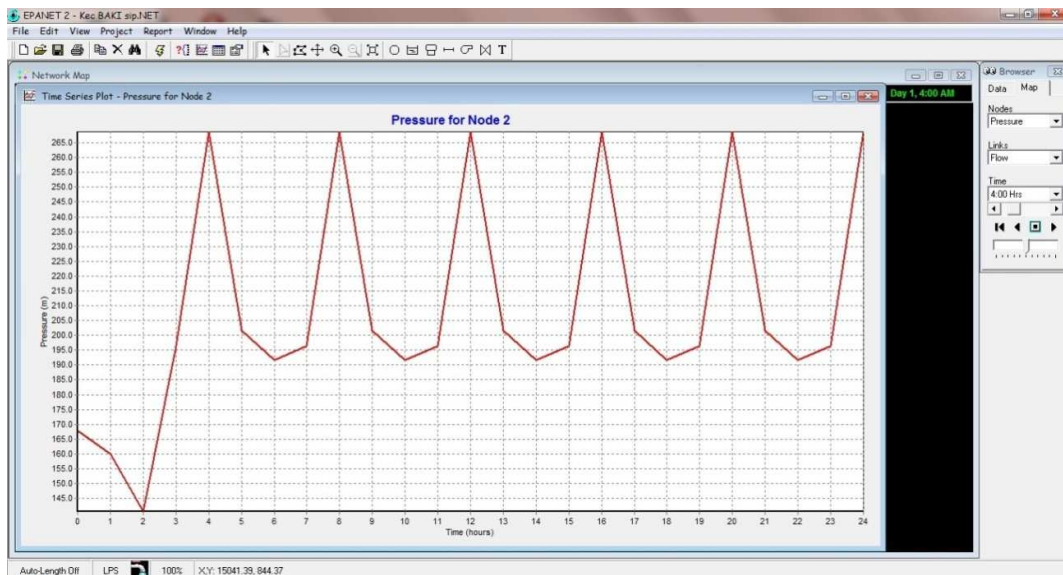


Air
PDAM Kecamatan Sukoharjo pada persentase dihitung seperti pada Tabel 4

Tabel 5. Perhitungan Air Tahun 2010-2012

Tingkat Kehilangan

No	Keterangan	Tahun 2010 (m ³)	Tahun 2011 (m ³)	Tahun 2012 (m ³)
1	Produksi Air	4.422.860	4.424.815	4.829.412
2	Air Terjual	3.178.669	3.242.043	3.305.416
3	Persentase Kehilangan Air (%)	28,13	2,63	31,56



Gambar 2. Grafik Persentase Kehilangan Air

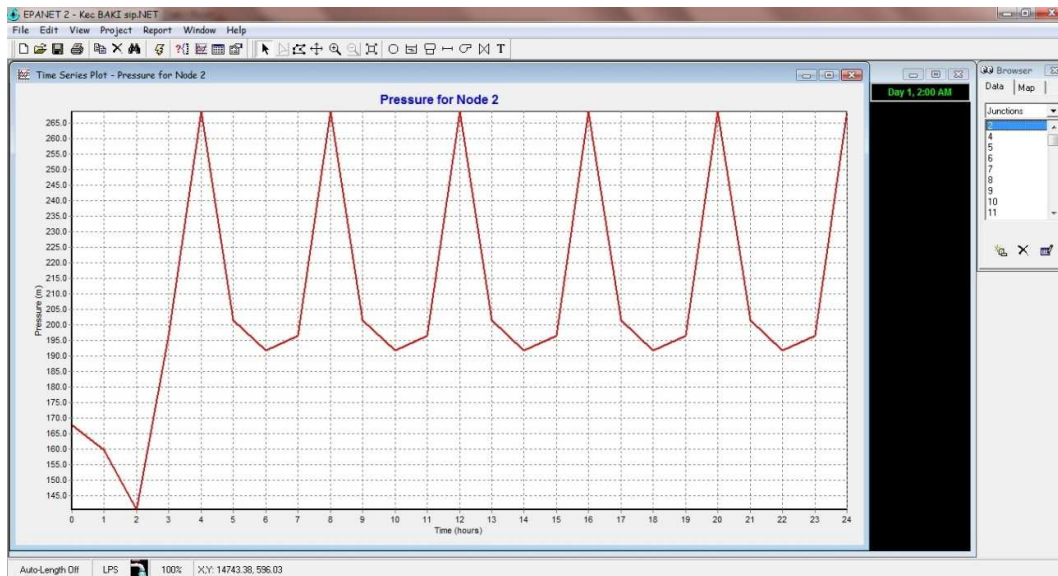
Kecamatan Baki Tahun 2010-2012

Gambar 2 menunjukkan bahwa terjadi kenaikan tingkat kehilangan air pada tahun 2010-2012 dengan angka kenaikan rata-rata sebesar 28,81%.

Analisis Simulasi *Pressure* pada Pipa Jaringan Distribusi dengan Program *Epanet 2.0*

Gambar peta jaringan distribusi pipa air bersih di Kecamatan Baki digambar kembali kedalam program *Epanet 2.0* dengan memasukkan input-input yang diminta. Jumlah input *junction*, *pipes*, dan reservoir dapat diketahui sebagai berikut:

1. Number of *Junction* 64
2. Number of Reservoir 3
3. Number of *Pipes* 63



Gam

bar 3. Grafik Tekanan pada *Node 2* Hasil Simulasi *Epanet 2.0*

Pada Gambar 3 Grafik Tekanan pada *Node 2* Hasil Simulasi *Epanet 2.0* selama simulasi berlangsung (24 jam) diatas dapat dilihat bahwa hasil simulasi untuk jam puncak pemakaian air terjadi pada pukul 04:00 AM dimana dalam simulasi *Epanet 2.0* semua parameter hidrolis positif yang mengindikasikan simulasi berjalan baik. Adapun nilai tekanan tertinggi untuk jam puncak pemakaian air sebesar 268,69 m pada *node 2*. Tekanan yang tinggi pada *node* ini disebabkan letak *node* yang berjarak dekat dari IPA. Sementara tekanan terendah untuk jam puncak pemakaian air sebesar 238,94 m pada *node 57*. Tekanan yang rendah pada *node* ini disebabkan *node* ini berjarak jauh dari IPA.

Gambar 4. Grafik Tekanan pada *Node 2* Hasil Simulasi *Epanet 2.0*

Pada Gambar 4 Grafik Tekanan pada *Node 2* Hasil Simulasi *Epanet 2.0* selama simulasi berlangsung (24 jam) diatas dapat dilihat bahwa hasil simulasi untuk jam terendah pemakaian air terjadi pada pukul 02:00 AM memperlihatkan bahwa simulasi berjalan dengan baik dimana semua parameter hidrolis pada *node* maupun *link* berjalan dengan baik. Tekanan tertinggi untuk jam terendah pemakaian air terdapat pada *node 2* sebesar 140,60 m. Tekanan yang tinggi pada *node* ini disebabkan letak *node* yang berjarak dekat dari IPA. Sedangkan tekanan terendah untuk jam puncak pemakaian air sebesar 71,46 m pada *node 42*. Tekanan yang rendah pada *node* ini disebabkan *node* ini berjarak jauh dari IPA.

SIMPULAN

Total kebutuhan pelanggan terbanyak pada tahun 2012 adalah 97,89 lt/det. Kehilangan air yang terjadi pada tahun 2010-2012 sebesar 28,13%, 26,73%, 31,56% dengan angka kenaikan rata-rata sebesar 28,81%. Dari hasil analisis simulasi *pressure* pada pipa jaringan distribusi dengan program *Epanet 2.0* diperoleh bahwa jam puncak pemakaian air pada jam 04:00 AM, *pressure* tertinggi yaitu 268,69 m sedangkan *pressure* terendah yaitu 238,94 m. Adapun untuk jam terendah pemakaian air pada jam 02:00 AM, *pressure* tertinggi yaitu 140,60 m sedangkan *pressure* terendah yaitu 71,46 m.

REKOMENDASI

Perlu adanya usaha-usaha untuk mengurangi terjadinya kehilangan air daerah pelayanan PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo antara lain dengan mengurangi kebocoran pada sistem produksi maupun pada sistem distribusi, pengecekan meter air pelanggan, mengganti pipa yang telah rusak. Perlunya penelitian mengenai kualitas air distribusi dalam jaringan *Epanet 2.0* menyediakan fasilitas untuk pemodelan kualitas air.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan nikmat yang luar biasa. Bapak, Ibu dan adik atas kesabaran, semangat, dan dukungannya. Pembimbing skripsi Ir. Koosdaryani, MT dan Ir. Adi Yusuf Muttajien, MT, yang telah memberikan pengarahan. Edy Purwanto, MT, sebagai pembimbing akademik serta teman-teman Teknik Sipil Non Reguler 2007, yang selalu memberikan dukungan dan semangat.

REFERENSI

- Agustina, Dian Vitta. 2007. *Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih PDAM Kecamatan Banyumanik Di Perumnas Banyumanik*. Tugas Akhir Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro Manajemen dan Infrastruktur Semarang. Semarang : Universitas Diponegoro Semarang. http://eprints.undip.ac.id/15472/1/Dian_Vita_Agustina.pdf - -1k
- Damanhuri, Enri, 1989, *Pendekatan Sistem Dalam Pengendalian dan Pengoperasian Sistem Jaringan Distribusi Air Minum*, Bandung: Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITB.
- Giles, Ranald V. 1984. *Mekanika Fluida dan Hidrolika Edisi Kedua*. Erlangga : Jakarta.
- Linsley and Franzini, 1985, *Teknik Sumber Daya Air (Terjemahan)*, Jakarta: Erlangga.
- Materi Diklat, 1996, *Muatas Materi Juknis Rencana Teknik Bidang Air Bersih*, Dirjen Cipta Karya, DPU, Jakarta.
- Moegijantoro, 1996. *Air Untuk Kehidupan Manusia*, Majalah Air Minum, edisi No. 85 / th. XXV Oktober 2001.
- Noerbambang, Soufyan M. Morimura (Peter), Takeo, 1993, *Perencanaan Dan Pemeliharaan Sistem Plambing*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Pramudiyanto. 2007. *Program Komputer Untuk Analisis Aliran Pada Jaringan Pipa*.
- Rossmann, Lewis A. 2000. *Epanet 2 Users Manual Versi Bahasa Indonesia*. Ekamitri Engineering.
- Sudirman, Andry. 2012. *Analisa Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih di Kabupaten Maros dengan Menggunakan Software Epanet 2.0*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
- Triatmodjo, Bambang, 1997, *Mekanika Fluida, Hidraulika I dan Hidraulika II*, Yogyakarta: Beta Offset.
- Utomo, Pajar Prasetyo, 2003. *Kebutuhan Air Bersih Pelanggan PDAM Karanganyar serta Studi Kasus Tinjauan Kapasitas Pipa Distribusi di Perumahan Jatèn Permai Indah dan Bumi Graba Indah Jatèn Karanganyar*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta. Surakarta : Universitas Sebelas Maret Surakarta.