

EVALUASI JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KECAMATAN KWADUNGAN, KABUPATEN NGAWI DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* EPANET 2.0

Adhika Widya Laksana

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : adhikalaksana@mhs.unesa.ac.id

Djoni Irianto

Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : djoniiirianto@unesa.ac.id

Abstrak

Distribusi air di Kecamatan Kwadungan, Kabupaten Ngawi masih belum optimal dikarenakan faktor tekanan air di dalam pipa yang rendah pada waktu tertentu, kehilangan air fisik karena kebocoran yang masih cukup tinggi serta pelanggan yang belum optimal dalam pendistribusian air bersih. Mengatasi kendala-kendala tersebut, maka perlu dilakukan analisis terhadap sistem jaringan distribusi air bersih. Periode perencanaan 10 tahun dilakukan untuk tahun 2020-2030 dengan menghitung proyeksi jumlah penduduk dan fasilitas umum untuk mengetahui kebutuhan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *headloss mayor* dan *minor* pada pipa jaringan distribusi. Analisa hidrolika yang digunakan adalah dengan menggunakan metode *Darcy-Weisbach* serta metode *Hardy Cross* dan penerapan pemodelan simulasi kondisi dengan menggunakan *software* Epanet 2.0. Hasil penelitian ini diperoleh kebutuhan air tahun 2030 yaitu, 1,290 untuk total kebutuhan harian rerata, 1,419 ltr/s untuk kebutuhan maksimum, dan 2,013 ltr/s untuk kebutuhan pada jam puncak. Kapasitas tandon kumulatif 10,664 m³/jam pada tahun 2020 dan 41,932 m³/jam pada tahun 2030. Berdasarkan perhitungan tersebut maka diperlukan tandon untuk menampung air sebesar 42 m³ sesuai dengan yang dibutuhkan. Hasil simulasi Epanet 2.0 dibandingkan dengan pengukuran langsung di lapangan adalah adanya perbedaan nilai *headloss* yang cukup tinggi serta kecepatan aliran masih belum memenuhi standar sehingga jaringan tersebut belum dapat dikembangkan.

Kata Kunci: Distribusi air bersih, Epanet 2.0, *Headloss*, Jaringan perpipaan

Abstract

Water distribution in Kwadungan, Ngawi is still not optimal due to the low water pressure in the pipes at a certain time, physical water loss due to high leaks and customers who are not yet optimal in distributing clean water. To overcome these obstacles, it is necessary to conduct an analysis of the clean water distribution network system. The 10-year planning period is carried out for 2020-2030 by calculating the projected population and public facilities to determine water needs. This study aims to determine the value of major and minor head losses in distribution network pipes. The hydraulic analysis used is the Darcy-Weisbach method and the Hardy Cross method and the application of condition simulation modeling using the Epanet 2.0 software. The results of this study show that the water demand in 2030 is 1.290 for the average daily requirement, 1.419 ltr / s for maximum demand, and 2.013 ltr / s for peak hour needs. The cumulative reservoir capacity is 10,664 m³ / hour in 2020 and 41,932 m³ / hour in 2030. Based on these calculations, a reservoir of 42 m³ of water is needed. Epanet 2.0 simulation results compared to direct measurements in the field is the difference in headloss value is quite high and the flow speed is not up to standard so the distribution network cannot be developed yet.

Keywords: Epanet 2.0, Headloss, Pipeline network, Water distribution network

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu komoditas yang paling penting yang dibutuhkan makhluk hidup untuk bertahan hidup. Air sangat dibutuhkan untuk berbagai keperluan seperti komersial, pertanian atau irigasi, navigasi, rekreasi

dan secara fundamental digunakan untuk keperluan domestik (Alkali, dkk., 2017).

Pada tahun 2020 terjadi pandemi Covid-19 yang membuat pergeseran konsumsi air atau kebutuhan air baru dikarenakan kalangan masyarakat meningkatkan kualitas hidupnya seperti mencuci tangan dan perilaku hidup bersih lainnya, sesuai anjuran WHO (*World Health*

Organization) pada halaman resminya (www.who.int/covid-19). WHO menyatakan bahwa Covid-19 sebagai darurat kesehatan global atau *Public Health Emergency of International Concern* (PHEIC), untuk itu diperlukan kerjasama semua pihak agar penyebaran virus ini tidak semakin meluas dengan cara meningkatkan kualitas hidup yaitu perilaku hidup bersih dan sehat sesuai dengan pedoman WHO April 2020 tentang *water, sanitation, hygiene and waste management for the COVID-19 virus* serta sesuai Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/328/2020 tentang Panduan Pencegahan dan Pengendalian *Corona Virus Disesae* 2019 (Covid-19).

Water Distribution Network (WDN) merupakan sistem yang sangat penting bagi masyarakat maupun industri, yaitu bertujuan untuk memberikan air kepada konsumen dengan tekanan dan kecepatan (Caballero, 2019). Penanganan dalam pemenuhan kebutuhan air bersih dapat dilakukan dengan berbagai cara, yang dapat disesuaikan dengan kondisi lingkungan. Sistem penyediaan air bersih dapat dilakukan dengan sistem non perpipaan dan juga sistem perpipaan. Sistem non perpipaan dikelola oleh masyarakat baik individu maupun kelompok adapun sistem perpipaan dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).

Pemerintah memiliki salah satu tugas yang tertuang dalam standar pelayanan minimum yaitu dapat memenuhi kebutuhan dasar masyarakat, yaitu menyediakan pelayanan minimal air bersih masyarakat (Rivai, 2006). Sesuai Target Penyediaan Air Minum Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJMN) 2020-2024 dan *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030 (sumber: Perpres 59/2017 pasal 6.1) yaitu Penyediaan akses air minum aman bagi seluruh masyarakat pada tahun 2030. Upaya pemerintah yaitu perbaikan instrumen pendukung RPAM (petunjuk teknik standar kualitas air, dll); penyiapan regulasi untuk mendukung implementasi RPAM kedepan; peningkatan kapasitas pemerintah, penyelenggara, fasilitator, dll; advokasi pelaku baik di level pusat maupun daerah. Kegiatan RPAM (Rencana Pengembangan Air Minum) di Indonesia telah dimulai sejak tahun 2012 dimana sasaran RPAM adalah memastikan kualitas (standar air minum sesuai dengan PermenKes No. 4492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum), kuantitas (pasokan air mengacu pada Standar Kebutuhan Pokok Air Minum yang telah ditetapkan dalam PerMenPUPR No. 29/PRT/M/2018 yaitu sebesar 60 liter per orang per hari (kebutuhan dasar)), kontinuitas (layanan air minum tersedia selama 24 jam per hari sepanjang tahun sebagaimana diatur dalam PP No. 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum dan mencapai

kondisi tekanan 5-10 meter pada titik terjauh sebagaimana diatur dalam PERMENPU No. 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)) dan keterjangkauan (harga yang layak) air minum tersebut untuk diakses warga.

Pemerintah Kabupaten Ngawi telah membangun distribusi air bersih dengan sistem perpipaan, yang bersumber dari sumber mata air pegunungan yaitu Gunung Lawu dan juga dari sumur dalam yang diekspose menggunakan sistem pompa. PDAM Wilayah Kabupaten Ngawi telah melayani pelanggan yang terdiri dari kantor unit dimana telah tersebar di 19 kecamatan, sedangkan tiga kecamatan belum terlayani oleh PDAM, diantaranya kecamatan Pitu, Kecamatan Karanganyar, dan Kecamatan Pangkur.

Salah satu kecamatan yang masih baru dalam pendistribusian air bersih oleh PDAM Ngawi adalah kecamatan Kwadungan. Kecamatan Kwadungan terdiri dari 14 desa/kelurahan. Wilayah Kecamatan Kwadungan yang telah terjangkau PDAM hanya terdiri dari satu desa dengan luas wilayah yaitu 4.811 m³. Sumber air yang digunakan dalam pendistribusian air menggunakan sumber dari sumur dalam dengan kedalaman 100 meter dan juga air pegunungan Gunung Lawu. Kecamatan Kwadungan yang merupakan salah satu dari 19 kecamatan di Kabupaten Ngawi yang telah terlayani PDAM, dalam pendistribusian airnya dikatakan masih baru dimana belum optimal dalam pendistribusian air bersih serta terdapat calon pelanggan yang belum menjangkau jaringan perpipaan. Jaringan perpipaan yang ada di Kecamatan Kwadungan yang berfungsi mendistribusikan air bersih untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat perlu dievaluasi kembali sehingga dapat ditemukan penyebab dan alternatif solusi untuk masalah tersebut agar dapat tercapainya 4K (Kualitas, Kuantitas, Kontinuitas, Keterjangkauan). Analisis yang dilakukan yaitu menghitung *headloss* dengan metode *Darcy-Weisbach* yang menyatakan bahwa kecepatan aliran sebanding dengan akar kuadrat dari kedalaman aliran dan lereng (Hogarth, dkk, 2005).

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dan kuantitatif, yang merupakan metode yang bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai penelitian.

Pengolahan data dilakukan dengan 2 metode yaitu metode manual dan metode *software* komputer. Metode manual menggunakan metode *Darcy Weisbach* untuk menghitung *headloss*, metode *Hardy Cross* untuk mengoreksi debit pada setiap jaringan dan metode *software* komputer dengan menggunakan *software* Epanet 2.0.

Data primer dalam penelitian ini adalah dengan meninjau langsung kondisi letak pompa dan sumur dari lokasi penelitian.

Data sekunder dalam penelitian ini adalah dengan mengunjungi instansi terkait yaitu kantor PDAM Ngawi dan mengetahui kondisi eksisting di lokasi penelitian. Adapun data yang dibutuhkan untuk mengevaluasi jaringan perpipaan adalah sebagai berikut:

1. Peta jaringan distribusi air
2. Jumlah pelanggan PDAM di Kecamatan Kwadungan
3. Jumlah pemakaian air
4. Spesifikasi pipa
5. Spesifikasi pompa

Tahapan analisis kehilangan energi (*headloss mayor* dan *minor*) dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung debit rata-rata yang disuplai oleh PDAM
2. Menghitung rata-rata pemakaian air pada daerah yang akan diteliti dari air yang berekening untuk mengetahui kesesuaian terhadap standart DPU untuk kebutuhan air domestik dan non domestik
3. Menghitung *headloss* dengan metode *Darcy Weisbach*
4. Menghitung *headloss* dengan metode *Hardy Cross* untuk mengoreksi debit pada setiap jaringan pipa
5. Analisis *headloss* dengan *software* Epanet 2.0
6. Menyimpulkan hasil penelitian

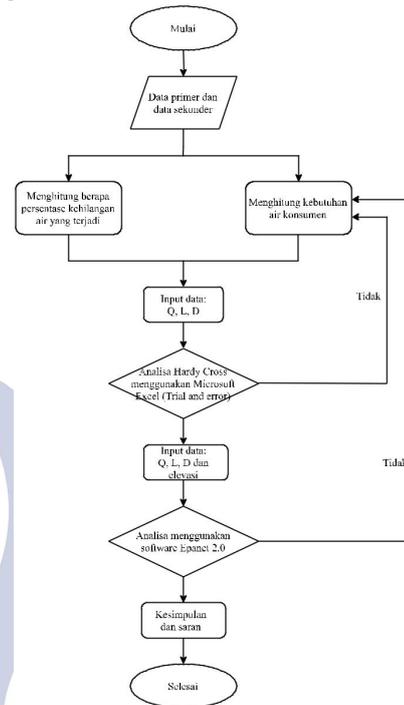
Analisa dan evaluasi dalam penelitian ini adalah dengan mengolah data yang sudah terkumpul dengan teori atau literatur yang relevan. Analisa yang dilaksanakan difokuskan pada hal yang berkaitan dengan kehilangan *headloss*.

Pelaksanaan kegiatan dalam penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan prosedur, adapun prosedur dari proses penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* yang terdapat pada gambar dibawah. Setelah data primer dan data sekunder terkumpul, tahap selanjutnya adalah dengan mengolah data tersebut. Pengolahan tersebut didapatkan jumlah kebutuhan air bersih, kemudian mencari nilai *Headloss* dengan perhitungan menggunakan Persamaan *Darcy-Weisbach* yang dibantu dengan Microsoft Excel. Kemudian dilaksanakan analisis dengan *software* Epanet 2.0. untuk membuat pemodelan perpipaan. Adapun tahapan dalam analisa *software* Epanet 2.0 dapat diuraikan sebagai berikut:

Memilih dimensi dalam format *software* Epanet 2.0 yang digunakan yaitu menggunakan satuan meter, serta memilih *Headloss* Formula (menggunakan *Darcy-Weisbach*)

1. Menggambar peta jaringan pipa
2. Memasukkan data-data pendukung seperti data reservoir, panjang pipa, dan *junction* sesuai kondisi eksisting

3. Setelah memasukkan data kedalam *software*, dilanjutkan dengan perintah *Run Analysis*.
4. Maka akan didapatkan hasil yaitu *flow*, *headloss*, dan gambaran visual.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Pendistribusian air untuk kebutuhan domestik maupun non domestik dilakukan dengan memompa air dalam sumur yang berkedalaman 100 m yang terletak di belakang kantor IKK Kwadungan, lalu didistribusikan langsung menggunakan pompa. Adapun merk pompa adalah Franklin dengan kapasitas 7 liter/detik. PDAM Kwadungan menggunakan dua spesifikasi pipa, diantaranya menggunakan pipa GIP (*Galvanized Iron Pipe*) untuk pipa yang paling dan menggunakan PVC (*Polyvinyl Chloride*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecamatan Kwadungan

Kecamatan Kwadungan adalah salah satu dari 19 kecamatan yang masih baru dalam pendistribusian air bersih oleh PDAM di Kabupaten Ngawi. Masyarakat menggunakan air dari PDAM untuk melaksanakan kegiatan sehari-harinya baik untuk domestik maupun non domestik. Masyarakat menggunakan PDAM dikarenakan sumur yang mereka olah sendiri memiliki kualitas air yang kurang baik, yaitu sering kotor dan juga memiliki bau yang kurang sedap. Sejah ini jumlah pelanggan yang menggunakan jasa PDAM di daerah Kecamatan Kwadungan ada 320 per bulan Maret 2019, dengan luas area 4.811 m³. Akan tetapi dalam sistem PDAM juga terdapat masalah, yaitu kurang optimalnya pendistribusian air, pemerataan air yang kurang, maka perlu dievaluasi

terlebih dahulu agar mendapatkan kesimpulan dan menyimpulkan solusi serta dapat mengembangkan jaringan perpipaan yang baru.

Acuan Kebutuhan Air

Acuan kebutuhan air untuk menentukan nilai kebutuhan air yang sesuai berdasarkan kategori. Kecamatan Kwadungan termasuk kategori desa maka menggunakan acuan pada Tabel 1. Kebutuhan air untuk kategori pedesaan dapat dilihat pada Tabel 2. Kebutuhan air bersih domestik untuk jumlah penduduk <20.000 jiwa dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Kebutuhan air non domestik untuk kategori V (desa)

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	5	Liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	1200	Liter/unit/hari
Masjid	3000	Liter/unit/hari
Mushola	2000	Liter/unit/hari
Pasar	12000	Liter/hektar/hari
Komersial/Industri	10	Liter/hari

(Sumber: Direktorat Jendral Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum, 1996)

Tabel 2. Kebutuhan air standar pedesaan

No	Kebutuhan	Jumlah
1	Keperluan utama, meliputi: a. Air minum b. Air untuk masak c. Air untuk mencuci piring, bahan makanan dll	5,0 - 10 ltr/or/hr
2	Keperluan sholat, peturasan dan pembersihan, meliputi: a. Wudhu (lima kali) b. Penggunaan kakus/wc c. Mandi d. Cuci pakaian air	30 -40 ltr/or/hr
3	Keperluan lainnya, meliputi: a. Mencuci lantai (rumah sedang) b. Industri kecil c. Dll	10 - 40 ltr/or/hr
	Jumlah	45 - 90 ltr/or/hr

(Sumber: Juklak - Operasional Tingkat Desa pada *Water and Sanitation for Low Income Communities* (WSLIC) -2 Departemen Kesehatan)

Tabel 3. Kebutuhan air bersih domestik berdasarkan kategori kota

Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (jiwa)				
	>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1	2	3	4	5	6
1. Konsumsi unit sambungan rumah	> 150	150 - 120	90 - 120	80 - 120	60 - 80
2. Konsumsi unit hidran (HU)	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40
3. Konsumsi unit non domestik					
a. Niaga kecil (liter/unit/hari)	600 - 900	600 - 900		600	
b. Niaga besar (liter/unit/hari)	1000 - 5000	1000 - 5000		1500	
c. Industri besar (liter/detik/ha)	0,2 - 0,8	0,2 - 0,8		0,2 - 0,8	
d. Pariwisata (liter/detik/ha)	0,1 - 0,3	0,1 - 0,3		0,1 - 0,3	
4. Kehilangan air (%)	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30
5. Faktor hari maksimum	1,15 - 1,25 * harian	1,15 - 1,25 * harian	1,15 - 1,25 * harian	1,15 - 1,25 * harian	1,15 - 1,25 * harian
6. Faktor jam puncak	1,75 - 2,0 * hari maks	1,75 - 2,0 * hari maks	1,75 - 2,0 * hari maks	1,75 * hari maks	1,75 * hari maks
7. Jumlah jiwa PerSR (jiwa)	5	5	5	5	5
8. Jumlah jiwa PerHU (jiwa)	100	100	100	100 - 200	200
9. Sisa tekan di penyediaan distribusi (meter)	10	10	10	10	10
10. Jam operasi (jam)	24	24	24	24	24
11. Volume reservoir (% max day demand)	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25
12. SR : HU	50 : 50 s/d 80 : 20	50 : 50 s/d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
13. Cakupan pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber: DPU Dirjen Cipta Karya, 1996

Proyeksi Jumlah Penduduk Metode Geometrik

Peningkatan jumlah sambungan rumah di Kecamatan Kwadungan semakin bertambah, maka dari itu dibutuhkan perhitungan pertumbuhan penduduk untuk 10 tahun mendatang dengan menggunakan metode Geometrik yang dapat dilihat pada tabel dibawah.

Proyeksi jumlah penduduk pada tahun yang akan datang (Pn) yaitu dari tahun 2020 sampai dengan 2030 dengan menggunakan metode Geometrik adalah sebagai berikut:

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

Dari data di bawah didapat:

$$P_0 = 1134 \text{ jiwa}$$

$$r = 0,67 \%$$

$$= 0,0067$$

Maka didapat persamaan forward projection :

$$P_n = 1134 (1 + 0,0067)^n$$

Tabel 4. Perhitungan Proyeksi pertumbuhan penduduk tahun 2020 sampai 2030

No	Tahun	n	Metode Geometrik $P_n = 1134(1 + 0,0067)^n$
1	2020	0	1134
2	2021	1	1141.5978
3	2022	2	1149.246505
4	2023	3	1156.946457
5	2024	4	1164.697998
6	2025	5	1172.501475
7	2026	6	1180.357235

8	2027	7	1188.265628
9	2028	8	1196.227008
10	2029	9	1212.737261
11	2030	10	1228.345997

Sumber: Hasil Perhitungan

Proyeksi Kebutuhan Air

Kajian pengembangan sistem distribusi air bersih di Desa Kwadungan Kecamatan Kwadungan ini dapat dihitung kebutuhan airnya yang bersumber dari Juklak Operasional Tingkat Desa pada *Water and Sanitation for Low Income Communities* (WSLIC) -2 Departemen Kesehatan, meliputi:

1. Perhitungan air domestik didasarkan pada proyeksi jumlah penduduk tahun perencanaan dimana dapat dikategorikan pedesaan apabila kebutuhan air bersih 60 liter/orang/hari. Jumlah orang per rumah atau per sambungan (SR) rata-rata sebanyak 5 orang. (Juklak - Operasional Tingkat Desa pada *Water and Sanitation for Low Income Communities* (WSLIC) -2 Departemen Kesehatan).
2. Kategori pedesaan, jumlah kebutuhan air non domestik sebesar 0% dari kebutuhan domestik. (Juklak - Operasional Tingkat Desa WSLIC-2).
3. Kebocoran yang dimungkinkan sebesar 20% - 30%.
4. Tingkat pelayanan sambungan rumah (SR) untuk tahun 2027 di Kecamatan Kwadungan direncanakan mencapai 80%.
5. Faktor harian maksimum sebesar 1,1 dan faktor jam puncak adalah sebesar 1,56 (Dirjen Karya Cipta Pekerjaan Umum tahun 1994).

Perhitungan Proyeksi Kebutuhan Air bersih

Berikut merupakan perhitungan kebutuhan air bersih di Kecamatan Kwadungan kawasan pemukiman Desa Kwadungan:

1. Jumlah penduduk tahun 2020 = 1134 jiwa
2. Jumlah SR = jumlah penduduk / 5
 $= 1134 / 5$
 $= 226,8$ unit
 $= 227$ unit
3. Merencanakan 25% dalam persentase layanan tahun 2020 sehingga jumlah penduduk yang dilayani adalah:
 $= \text{jumlah penduduk awal} + (\text{selisih jumlah penduduk}) \times 25\%$
 $= 1134 + (2000-1350) \times 0,25$
 $= 933,5$ jiwa
4. Target pelayanan air bersih pada tahun 2030
 $= \frac{\text{target \% proyeksi layanan 2030} - \% \text{ target 2020}}{\text{jumlah n tahun proyeksi} - 1}$

$$= \frac{80\% - 25\%}{9}$$

$$= 6,11\%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diatas, maka persentase target layanan tiap tahun ditetapkan sebesar 6,11% sehingga pada tahun 2030 persentase target proyeksi layanan tercapai.

5. Kebutuhan air domestik (Qd) tahun 2020 Kecamatan Kwadungan

$$Q_d = \text{jumlah penduduk} \times \text{kebutuhan air} \times (\text{persentase}/100)$$

$$= 1134 \times 60 \text{ ltr/org/hr} \times (25/100)$$

$$= 17010 \text{ ltr/hr}$$

6. Kebutuhan non domestik (Qnd)

Kategori pedesaan, jumlah kebutuhan air non domestik sebesar 0% dari kebutuhan domestik. (Juklak - Operasional Tingkat Desa WSLIC-2).

$$Q_{nd} = 0\% \times Q_d$$

$$= 0 \times 17010 \text{ ltr/hr}$$

$$= 0 \text{ ltr/hr}$$

7. Kebutuhan sosial (Qs)

$$Q_s = 3\% \times Q_d$$

$$= 0,03 \times 17010 \text{ ltr/hr}$$

$$= 510,3 \text{ ltr/hr}$$

8. Total kebutuhan air

$$Q = Q_d + Q_{nd} + Q_s$$

$$= 17010 + 0 + 510,3$$

$$= 17520,3 \text{ ltr/hr}$$

9. Total kebutuhan harian rerata dengan tingkat kehilangan air 20%

Kebocoran yang dimungkinkan sebesar 20% - 30%. (Juklak - Operasional Tingkat Desa WSLIC-2).

$$Q_r = \text{total kebutuhan} + (\text{kebutuhan total} \times 20\%)$$

$$= 17520,3 + (17520,3 \times 0,2)$$

$$= 21024,36 \text{ ltr/hr} = 0,2433 \text{ ltr/dt}$$

10. Kebutuhan air harian maksimum (Qmax)

$$Q_{max} = 1,1 \times Q_r$$

$$= 1,1 \times 21024,36 \text{ ltr/hr}$$

$$= 23126,796 \text{ ltr/hr} = 0,2678 \text{ ltr/dt}$$

11. Kebutuhan air jam puncak (Qpeak)

$$Q_{peak} = 1,56 \times Q_r$$

$$= 1,56 \times 21024,36 \text{ ltr/hr}$$

$$= 32798,0016 \text{ ltr/hr} = 0,3796 \text{ ltr/dt}$$

Jumlah Kebutuhan Air

Jumlah kebutuhan air 10 tahun yang direncanakan yaitu mulai dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2030 berdasarkan target persen pelayanan >70%. Mendapatkan kesimpulan bahwa kebutuhan air tahun 2030 yaitu, 1,290 untuk total kebutuhan harian rerata, 1,419 ltr/s untuk kebutuhan maksimum, dan 2,013 ltr/s untuk kebutuhan pada jam puncak.

Kapasitas Tandon Daerah Layanan

Kapasitas tandon berdasarkan fluktuasi kebutuhan air, maka semakin besar konsumsi air yang terjadi mengakibatkan semakin besar kapasitas reservoir atau tandon tersebut.

Hasil perhitungan lamanya pengisian pompa terlihat pada angka 10,664 m³/jam pada tahun 2020 dan 41,932 m³/jam pada tahun 2030. Maka diperlukan tandon sebesar 42 m³ untuk menampung air sesuai dengan yang dibutuhkan.

Perhitungan Kehilangan Tinggi Tekan (Headloss)

Setiap aliran fluida yang mengalir dalam pipa akan selalu mengalami kehilangan tinggi tekan karena gesekan antara fluida dengan dinding pipa.

Kehilangan tinggi tekan (*headloss*) yang ada di dalam pipa dalam penelitian ini diselesaikan dengan perhitungan menggunakan metode *Darcy Weisbach* dari data yang didapat dari Kantor PDAM Kecamatan Kwadungan berupa diameter dan panjang pipa, adapun data elevasi titik pipa dan jarak didapat dari *software* Google Earth Pro.

Perhitungan untuk mencari total *headloss mayor* dengan metode *Darcy Weisbach*:

Diketahui:

Jalur pipa 2-3:

d=300 mm

d=0,3 m

L=277 m

g=9,81

f=0,02

Maka:

Q=0,000835 m³/s

Q=v.A

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \cdot (0,3)^2}{4}$$

$$A = 0,0707 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,000835}{0,0707}$$

$$v = 0,012 \text{ m/s}$$

$$hf = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$hf = 0,02 \cdot \frac{277 \cdot (0,012)^2}{0,3 \cdot 2 \cdot (9,81)}$$

$$hf = 0,02 \cdot \frac{0,03669}{5,886}$$

$$hf = 0,00013 \text{ m/s}$$

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan *headloss mayor* dengan metode *Darcy Weisbach*:

Tabel 5. Perhitungan *headloss mayor* dengan metode *Darcy Weisbach*

No	Jarak (m)	Diameter (m)	Q (m ³ /s)	A	v	f	hf	
1	277	0.4	0.000835	0.0707	0.012	0.02	0.00013	
2	175	0.4	0.00078	0.0707	0.011	0.02	0.00007	
3	157	0.3	0.000835	0.0707	0.012	0.02	0.00007	
4	326	0.2	0.000782	0.0314	0.025	0.02	0.00103	
5	225	0.1	0.000631	0.0079	0.080	0.02	0.01482	
6	222	0.1	0.000882	0.0079	0.112	0.02	0.02857	
7	132	0.15	0.000920	0.0177	0.052	0.02	0.00247	
8	87	0.15	0.000848	0.0177	0.048	0.02	0.00136	
9	64	0.15	0.000740	0.0177	0.042	0.02	0.00076	
10	53	0.15	0.000766	0.0177	0.043	0.02	0.00068	
11	250	0.15	0.000890	0.0177	0.050	0.02	0.00431	
							Total	0.05428

Setelah mendapatkan nilai dari hasil perhitungan *headloss*, dilanjutkan dengan melakukan perhitungan dengan metode *Hardy Cross* untuk mengecek debit yang ada di dalam pipa.

Iterasi pertama perhitungan dari metode *Darcy Weisbach* dalam metode *Hardy Cross* didapatkan nilai ΔQ yaitu -0,000273, maka dilanjutkan dengan iterasi berikutnya agar mendapatkan hasil 0 atau mendekati 0. Berikut tabel hasil perhitungan Iterasi metode *Hardy Cross*:

Tabel 6. Hasil perhitungan Iterasi metode *Hardy Cross*

No	Percobaan	Metode <i>Darcy Weisbach</i>
1	Iterasi 1	-0.000273
2	Iterasi 2	-0.000528
3	Iterasi 3	-0.000235
4	Iterasi 4	0.00057
5	Iterasi 5	-0.00072
6	Iterasi 6	0.000001

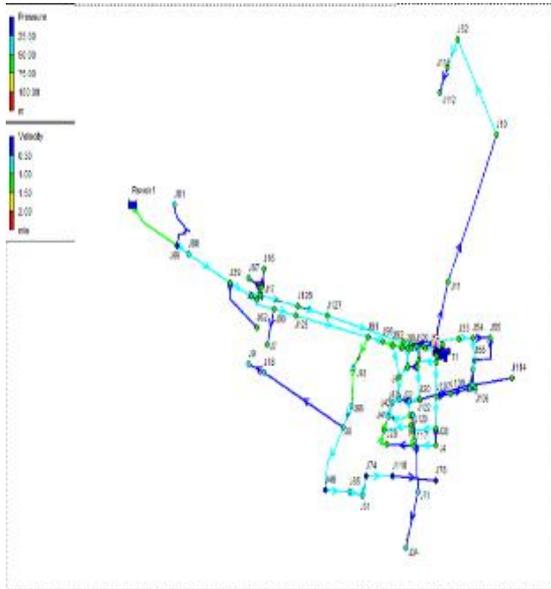
Sumber: Hasil Perhitungan

Analisa Hidraulik menggunakan *software* Epanet 2.0

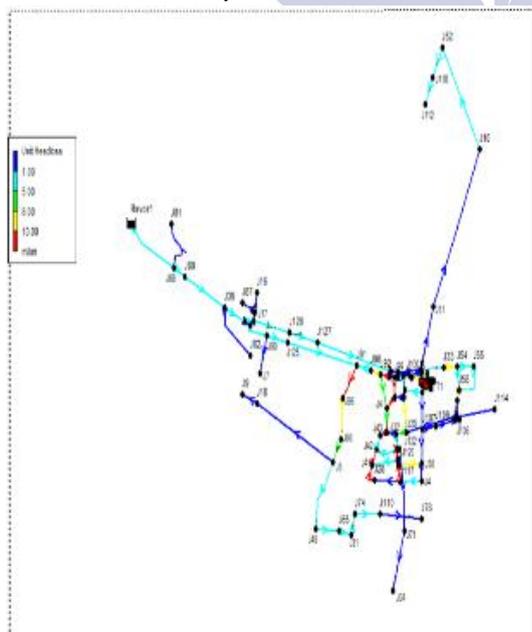
Data yang diinput dalam *software* Epanet 2.0 adalah peta jalur dan panjang pipa, elevasi disetiap *node*, diameter pipa, koefisien kekasaran pipa. Apabila sudah mendapatkan dan menginput data tersebut ke dalam *software* Epanet 2.0, maka dapat melaksanakan analisa

hidrolik. Analisa hidrolik tersebut meliputi kecepatan aliran, sisa tekan (*pressure*), dan unit *headloss* pada jaringan pipa.

Hasil analisa menggunakan Epanet 2.0 menunjukkan bahwa kondisi *pressure* untuk pelayanan cukup memenuhi, dengan kecepatan aliran 0,3-2 m/s sesuai dengan standar. Analisa *unit headloss* sebesar 10 m/km, namun *unit headloss* tersebut bisa menjadi lebih besar tergantung dengan kondisi lapangan (Husian, 2006).



Gambar 2. Kondisi Eksisting Hasil Analisa berupa *Pressure* dan *Velocity*



Gambar 3. Kondisi Eksisting Hasil Analisa berupa *Unit Headloss*

Berdasarkan analisa hidrolik menggunakan *software* Epanet 2.0, menunjukkan perlu adanya perbaikan pada jaringan perpipaan dengan cara membuat sistem paralel pipa yang belum memenuhi standar serta membuat *loop system* guna mengontrol terjadinya kebocoran air agar dapat mencukupi pemberian pelayanan distribusi air

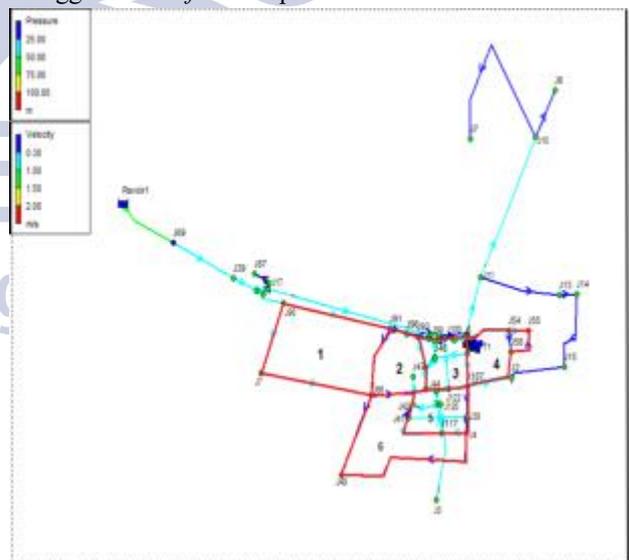
bersih ke setiap daerah pelayanan (Departemen PU Direktorat Jendral Cipta Karya 2003).

Evaluasi Jaringan Perpipaan menggunakan *software* Epanet 2.0

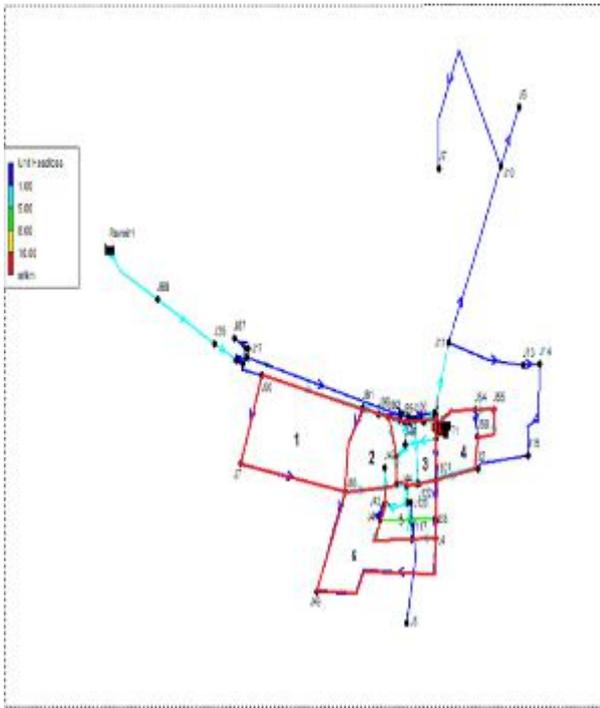
Merencanakan pipa jaringan distribusi air bersih menggunakan sistem jaringan eksisting sebagai patokan dalam perencanaannya. Informasi kondisi eksisting diatas memberikan hasil bahwa kondisi eksisting tersebut merupakan sistem jaringan dimana masih belum menggunakan sistem *loop*, angka *velocity* senilai <0,3 m/s dimana angka tersebut tergolong masih kurang, dan angka *unit headloss* senilai >10m/km dimana nilai tersebut termasuk tinggi, mengakibatkan kecilnya kecepatan aliran.

Alternatif solusi yang diperlukan untuk mengatasi permasalahan jaringan pipa distribusi tersebut adalah dengan cara memararelkan pipa, memperbesar atau memperkecil diameter pipa yang didasarkan pada kondisi lapangan, dan membuat sistem *loop* di beberapa titik untuk mempermudah dalam mengontrol terjadinya kehilangan air.

Jaringan distribusi perpipaan ini direncanakan akan membuat sistem *loop*, serta akan melakukan paralel pipa berdasarkan kondisi lapangan untuk mengatasi *unit headloss* yang cukup tinggi dan kecepatan aliran yang masih belum memenuhi standar. Kriteria penetapan standar dalam menganalisa sistem jaringan distribusi perpipaan adalah 10-70 m untuk *pressure*, 0,3-2 m/s untuk kecepatan aliran, serta 10 m/km untuk *unit headloss*. Berikut merupakan hasil evaluasi jaringan perpipaan menggunakan *software* Epanet 2.0.



Gambar 4. Jaringan Perpipaan Hasil Evaluasi berupa *Pressure* dan *Velocity*



Gambar 5. Jaringan Perpipaan Hasil Evaluasi berupa *Unit Headloss*

Gambar tersebut menunjukkan nilai *pressure* sudah memenuhi batas yang dianjurkan. Nilai dari kecepatan aliran 0,3-1,06 m/s, serta 10 m/km untuk nilai dari *unit headloss*, akan tetapi nilai *unit headloss* bisa menjadi besar tergantung pada kondisi lapangan.

PENUTUP

Simpulan

Hasil penelitian tersebut didapatkan beberapa kesimpulan:

1. Nilai dari hasil proyeksi penduduk daerah layanan Kecamatan Kwadungan pada tahun 2030 berdasarkan metode Geometrik adalah 1229 jiwa atau 307 keluarga.
2. Merencanakan 10 tahun kebutuhan air yang yaitu mulai dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2030 menggunakan target persentase pelayanan sebesar >70%. Hasil yang didapat dalam perhitungan kebutuhan air tahun 2030 yaitu, 1,290 untuk total kebutuhan harian rerata, 1,419 ltr/s untuk kebutuhan maksimum, dan 2,013 ltr/s untuk kebutuhan pada jam puncak.
3. Hasil perhitungan kapasitas tandon komulatif terlihat pada angka 10,664 m³/jam pada tahun 2020 dan 41,932 m³/jam pada tahun 2030. dari hasil tersebut maka perlu membangun tandon untuk menampung air sesuai kebutuhan yaitu sebesar 42 m³.
4. Nilai *headloss mayor* didapatkan 0,05428 m dan *headloss minor* sebesar 0,4601 m. Nilai dari kecepatan aliran 0,3-1,06 m/s, serta 10 m/km untuk nilai dari unit *headloss*, akan tetapi unit *headloss* bisa menjadi besar tergantung pada kondisi lapangan.

5. Hasil kecepatan dan *headloss* sangat kecil sehingga tidak memenuhi standar sehingga jaringan belum dapat dikembangkan.

Saran

Penelitian ini didapat beberapa saran yang dapat direkomendasikan yaitu:

1. Pengembangan sistem distribusi yang baru alangkah baiknya memperhatikan setiap rencana perbedaan elevasi karena akan mempengaruhi besar tekanan pipa yang akan dihasilkan.
2. Pihak PDAM perlu melakukan analisa penyebab yang terjadi dari kehilangan tinggi tekan seperti survei dari kebocoran pipa atau pergantian pipa untuk pipa yang sudah pecah
3. Pihak PDAM perlu melakukan pengecekan keadaan pelanggan untuk mengurangi ketidakmerataan air apabila adanya penggunaan pompa untuk mendapatkan air dan melakukan simulasi untuk elevasi tandon yang lebih tinggi.
4. Melakukan pengambilan ukuran atau diameter pipa yang lebih kecil pada jaringan yang akan diteliti untuk mencari *headloss* pada jaringan perpipaan.
5. Menambahkan kecepatan pada pompa dikarenakan kecepatan sangat kecil sehingga tidak memenuhi standar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dingucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan, bantuan dan dukungan sehingga dapat memudahkan dalam menyelesaikan penelitian ini. Maka dari itu pada kesempatan ini disampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Ibu Dra. Indiah Kustini, M.T. Selaku ketua Dosen Penguji skripsi; Bapak Djoni Irianto, M.T. Selaku Dosen Pembimbing; Ibu Ir. Nurhayati Aritonang, M.T. Selaku Dosen Penguji.
2. Bapak, Ibu, Kakak selaku keluarga tercinta.
3. Pegawai PDAM Ngawi dan pegawai PDAM Kwadungan.
4. Teman-teman S1 Teknik Sipil 2015, teman-teman tim lomba Paper 2017, teman *supporting system*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkali, A. N., et al., 2017. Design of a Water Supply Distribution Network Using Epanet 2.0: A Case Study of Maiduguri Zone 3, Nigeria. *Arid Zone Journal of Engineering, Technology, and Environment*. Vol. 13(3) : 347-355.
- Bachus, Larry dan Angel Custodio. 2003. *Know and Understand Centrifugal Pump*. Oxford UK: Elsevier Bachus Company, Inc.

- Caballero, Jose A. dan Mauro A.S.S. Ravagnani. 2019. Water Distribution Networks Optimization Considering Unknown Flow Directions and Pipe Diameters. University of Alicante: Computer and Chemical Engineering. Vol. 127. 41-48. Available: <http://www.sciencedirect.com>
- Cooper, Paul, et al. 2001. Pump Handbook, Third Edition. New York: McGraw-Hill Book co.
- Departemen PU Direktorat Jendral Cipta Karya. 2003. Petunjuk Teknis Pelaksanaan SPAM Pemukiman dan Prasarana Wilayah. Jakarta
- Dharmasetiawan, Martin. 2004. Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum. Jakarta: Penerbit Yayasan Ekamitra Nusantara.
- Husian, S.K. 2006. A Textbook of Water Supply. London: Oxford & IBH.
- Hogarth, W. L., et. al., 2005. Interpolation between Darcy-Weisbach and Darcy for Laminar and Turbulent Flows. Advances in Water Resources. vol. 28. 1028 - 1031. Available: <http://www.sciencedirect.com>
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/328/2020
- Kindler, J. dan Russell, C.S. 1984. Modeling Water Demands. London: Academic Press Inc. (London) Ltd.
- Kodoatie, Robert J. 2005. Hidrolika Terapan. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Kodoatie, Robert. J. 2009. Hidrolika Terapan Aliran pada Saluran Terbuka dan Pipa. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kodoatie, Robert. J. dan Sjarief, Roestam. 2008. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu (Edisi Revisi). Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Munson, Bruce R., et al. 2012. Fundamentals of Fluid Mechanics (7th edition). USA: John Wiley & Sons, Inc.
- PermenKes No. 4492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum
- PERMENPU No. 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan SPAM
- PerMenPUPR No. 29/PRT/M/2018
- Perpres 59/2017 pasal 6.1
- PP No. 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum
- R. S. Asiwat, S. K. Sar, S. Singh, M. Sahu. (2016, December). Wastewater Treatment by Effluent Treatment Plants. India: Bhilai Institute of Technology Durg (C.G). Vol. 3. Issue 12. ISSN: 2348-8352.
- Rivai, Y. 2006. Evaluasi Sistem Distribusi dan Rencana Peningkatan Pelayanan Air Bersih PDAM Kota Gorontalo. Jurnal SMARTek, 4, 2:126-134.
- Rossmann, Lewis A. 2000. EPANET 2: USERS MANUAL. Cincinnati, Ohio, USA: Environmental Protection Agency.
- Sepmita, Sugiarta. 2017. Studi Evaluasi dan Perencanaan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih di Cabang Sepanjang Kabupaten Sidoarjo. Skripsi tidak diterbitkan. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Shital, Kakadiya, et al. 2016. Simulation of Existing Water Distribution Network by using EPANET: A Case Study of Surat City. Global Research and Development Journal for Engineering. vol. 34. Hh. 184-192.
- Triatmojo, Bambang. 1993. Hidraulika II. Yogyakarta: Beta Offset
- Wahyuni, Atik dan Junianto. 2017. Analisa Kebutuhan Air Bersih Kota Batam pada Tahun 2025. TAPAK. Vol. 6. No. 2. Hh. 116-126.
- Waspod. 2017. Analisa Head Loss Sistem Jaringan Pipa pada Sambungan Pipa Kombinasi Diameter Berbeda. Skripsi tidak diterbitkan. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Pontianak.