

Optimalisasi Distribusi Jaringan Air Bersih PDAM Klaten Wilayah Utara dengan Program *Waternet*

Ratnanik^{1*} dan Supratikno¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Widya Dharma, Jl. Ki Hajar Dewantoro,
Klaten – 57401, Indonesia

Email: ratnanik.wa@gmail.com

Dikirim: 2 November 2018

Direvisi: 24 Januari 2019

Diterima: 12 Februari 2019

ABSTRAK

Ketersediaan air di alam bervariasi antara daerah yang satu dengan daerah yang lain dipengaruhi oleh kondisi geografis dan topografi daerah tersebut. Tingkat pertumbuhan penduduk Kecamatan Tulung dalam 5 tahun terakhir rata-rata 0,765 %. Meningkatnya jumlah penduduk dan perluasan pemukiman serta banyaknya home industri pada Kecamatan Tulung sangat berpengaruh terhadap kebutuhan akan air bersih dan air minum. Untuk itu perlu adanya penelitian tentang optimalisasi distribusi jaringan air bersih di Kecamatan Tulung, agar dapat menghasilkan jaringan distribusi air bersih yang optimal untuk pelanggan Desa Pucang Miliran Kecamatan Tulung. Penelitian ini menggunakan analisis dan pengelolaan data yang diperoleh dari hasil survey di lapangan. Melalui tahapan ini diharapkan akan diperoleh data yang akurat sebagai pemecah masalah yang tepat. Dalam analisis kinerja jaringan distribusi eksisting menggunakan *Software WaterNet* untuk melakukan simulasi jaringan pipa. Simulasi pada kondisi eksisting menunjukkan beberapa pipa yang digunakan diameternya terlalu kecil sehingga disaat jam puncak air tidak lagi mengalir ke wilayah distribusi dengan baik. Optimalisasi yang dapat dilakukan dengan mengganti pipa-pipa yang terlalu kecil seperti pipa diameter 0.005 menjadi 0.075, penggantian kapasitas pompa dari head 35 discharge 25 menjadi head 25 discharge 35, dan menaikkan elevasi dasar tangki dari elevasi 270 menjadi 273.

Kata kunci: air bersih, distribusi, optimalisasi, pipa, waternet

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan air di alam bervariasi antara daerah yang satu dengan daerah yang lain dipengaruhi oleh kondisi geografis dan topografi daerah tersebut. Sebagaimana terjadi juga pada Kabupaten Klaten yang terletak di Jawa Tengah. Secara administratif, Kabupaten Klaten terbagi atas 26 kecamatan, 53 desa dan 103 kelurahan. Sementara itu desa-desa di Kabupaten Klaten terbagi menjadi desa pedesaan (rural area) dan desa perkotaan (urban area). Salah satu kecamatan yang mengalami peningkatan jumlah penduduk dan perluasan pemukiman yaitu Kecamatan Tulung. Di Kecamatan Tulung ini ada home industri yaitu pembuatan Mie Soon di mana home industri tersebut sangat membutuhkan air bersih baik untuk produksi maupun untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat. Kecamatan Tulung berada ± 200 meter (dpl), terletak di Bagian Utara Kabupaten Klaten dengan Luas 32,00 km² yang terdiri dari 17 desa dengan jumlah penduduk tercatat 45.801 jiwa. Tingkat pertumbuhan penduduk dalam 5 tahun terakhir rata-rata 0,765 %. Meningkatnya jumlah penduduk dan perluasan pemukiman serta banyaknya home industri pada Kecamatan Tulung sangat berpengaruh terhadap kebutuhan akan air bersih dan air minum. Untuk itu perlu adanya penelitian tentang optimalisasi distribusi jaringan air bersih di Kecamatan Tulung. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui kemampuan jaringan distribusi air bersih eksisting dalam rangka memberikan pelayanan kepada pelanggan serta menghasilkan jaringan distribusi air bersih yang optimal untuk pelanggan Desa Pucang Miliran Kecamatan Tulung.

Beberapa penelitian yang lebih dahulu dilakukan dan mempunyai hubungan dengan penelitian yang sedang dilakukan saat ini adalah sebagai berikut: Arifuddin, Herman Parung, dan Arsyad Thaha (2018) dalam penelitiannya berjudul Analisis Kapasitas dan Penambahan Jaringan Pipa Distribusi PDAM di Wilayah Pesisir Kecamatan Tallo Kota Makassar menyimpulkan bahwa Jaringan pipa distribusi yang ada tersebut dapat dikembangkan dengan menambah jaringan pipa baru secara paralel dengan pipa eksisting sesuai tingkat dan jumlah kebutuhan penduduk serta perbaikan jaringan eksisting perlu dilakukan untuk

memberikan pelayanan kepada pelanggan, jaringan pipa eksisting yang sudah tua perlu dilakukan peremajaan dengan pipa baru dan diameter yang lebih besar. Menurut Searphin Nugroho, Ika Meicahayanti, dan Juli Nurdiana (2018) pada penelitiannya yang berjudul Analisa Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 diambil kesimpulan terdapat perbedaan tekanan air yang cukup signifikan antara simulasi epanet dengan pengukuran langsung pada kran pelanggan. Dan menurut Mochammad Ibrahim, Aniek Masrevaniah, dan Very Darmawan (2012) pada penelitiannya yang berjudul Analisa Hidrolis Pada Komponen Sistem Distribusi Air Bersih Dengan Waternet dan Watercad Versi 8 diambil kesimpulan bahwa pipa jenis PE memiliki tingkat efisiensi yang lebih bagus daripada pipa jenis Galvanized iron dalam hal kehilangan energi (head loss). Pipa PE mempunyai permukaan yang halus sehingga kehilangan energinya lebih kecil. Perbedaan kehilangan energinya tidak terlalu terlihat ketika kebutuhan jam rendah, akan terlihat besar ketika jam puncak.

1.1 Dasar Teori

1.1.1 Komponen Sistem Penyediaan Air Bersih

Syarat memenuhi sebagai air bersih sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/Menkes/Pers/IX/1990 tanggal 3 september 1990 (Dep. PU, 1998). Sistem tersebut di atas, dibutuhkan prasarana air bersih. Prasarana air bersih adalah semua bangunan dan peralatan penunjangnya yang berfungsi menghantarkan air bersih dari sumber air ke pelanggannya (Dep. PU, 2002).

1. Sumber Air Baku

Air Baku adalah air yang berasal dari sumber air yang dapat dipakai sebagai pemasok air untuk sistem produksi air bersih sesuai dengan jumlah dan waktu untuk memenuhi kebutuhan dan belum mengalami proses pengolahan.

2. Sistem Transmisi

Sistem transmisi (pipa transmisi) adalah pipa pembawa air dari sumber air ke unit atau menghantarkan air dari unit pengolahan ke unit distribusi utama atau reservoir.

3. Reservoir

Reservoir adalah tempat penyimpanan air sementara sebelum didistribusikan ke pelanggan atau konsumen.

4. Sistem Distribusi

Sistem distribusi (pipa distribusi) adalah pipa yang dipergunakan untuk mendistribusikan air bersih dari reservoir ke pelanggan atau konsumen. Sambungan Rumah (SR) adalah jenis sambungan pelanggan air minum yang suplai airnya langsung ke rumah-rumah. Kran Umum (KU) adalah jenis sambungan yang mensuplai air melalui kran yang dipasang di suatu tempat tertentu. Hidran Umum (HU) adalah kran umum yang menggunakan bak penampungan air sementara dan dipakai oleh masyarakat umum di sekitar lokasi hidran umum.

1.1.2 Aspek Hidraulika Dalam Distribusi Air Bersih

1. Aliran air dalam pipa.

Persamaan energi merupakan salah satu persamaan untuk menyelesaikan masalah dalam hidraulika. Aliran dalam pipa misalnya dikenal dengan persamaan energi (persamaan Bernoulli) kontinuitas. Persamaan Bernoulli ditulis sebagai berikut (Triatmaja, 2009):

$$\frac{p}{\gamma} + Z + \frac{v^2}{2g} = \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + h_e \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan *p* adalah tekanan, *z* merupakan tinggi datum, *V* adalah kecepatan rata-rata sedangkan *g* merupakan percepatan gravitasi bumi.

2. Kehilangan energi dalam pipa

Kehilangan energi pada sistem pipa dapat mengacu pada kombinasi dari beberapa faktor. Penyebab kehilangan energi adalah adanya gesekan antara cairan dan dinding di sepanjang pipa pada saat proses pengaliran air, energi grade line dan hidraulik grade line, mengalami penurunan secara linier pada arah aliran. Persamaan Darcy Weisbach paling banyak digunakan dalam aliran fluida secara umum. Untuk aliran air dengan viskositas yang relatif tidak banyak berubah, persamaan Hazen Williams dapat digunakan. Berikut ditunjukkan kedua persamaan tersebut:

Persamaan matematis persamaan Darcy Weisbach ditulis sebagai:

$$h_f = 8f \frac{L}{D^5} \frac{Q^2}{\pi^2 g} \quad \text{atau,} \quad h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan h_f adalah kehilangan energi atau tekanan (mayor atau utama) (m), Q merupakan debit air dalam pipa (m^3/s), f adalah koefisien gesek (Darcy Weisbach), L adalah panjang pipa (m), D merupakan diameter pipa (m), dan g adalah percepatan gravitasi bumi (m/s^2). Kehilangan energi linier dengan koefisien kehilangan energi merupakan fungsi kuadrat terhadap kecepatan. Barr (1976) dalam Triatmadja (2009), memberi formula untuk harga f sebagai berikut:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{5,1286}{Re^{0,899}} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Sedangkan Swamee dan Jane (Triatmadja, 2009) mengemukakan persamaan berikut untuk daerah turbulen.

$$f = \frac{0,25}{[\log_{10}(\frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}})]^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Kedua ekspresi diatas digunakan dan dapat dipilih dengan hasil yang sangat mirip sehingga pada umumnya hasil hitungan antara keduanya sulit dibedakan.

3. Kehilangan Energi Sekunder Akibat Sambungan dan Fitting

Kehilangan ditempat-tempat tersebut disebut sebagai kehilangan energi minor. Walaupun disebut minor, kehilangan di tempat-tempat tersebut mungkin saja jauh lebih besar dibandingkan dengan kehilangan energi akibat gesekan dengan pipa. Kehilangan energi minor dalam bahasa matematika ditulis sebagai berikut:

$$h_f = k \frac{Q^2}{2A^2g} \quad \text{atau} \quad h_f = k \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan k sebagai koefisien kehilangan energi minor dan V adalah kecepatan aliran

1.1.3 Aplikasi Program Waternet

Program ini dirancang untuk melakukan simulasi aliran air atau fluida lainnya (bukan gas) dalam pipa baik dengan sistem jaringan tertutup (loop), sistem jaringan terbuka (bercabang) maupun sistem jaringan campuran antara loop dan percabangan. Sistem pengaliran (distribusi) fluida dapat berupa sistem gravitasi, sistem pompanisasi maupun campuran keduanya. Air atau fluida yang mengalir harus dalam kondisi tertekan yaitu memenuhi seluruh tampang pipa. WaterNet dirancang dengan memberikan banyak kemudahan sehingga pengguna dengan pengetahuan minimal tentang jaringan distribusi (aliran dalam pipa) dapat menggunakannya juga. **Input data** dibuat interaktif sehingga memudahkan dalam simulasi jaringan dan memperkecil kesalahan pengguna saat menggunakan WaterNet.

Program Waternet dibuat untuk memenuhi kebutuhan perencana dalam mensimulasikan jaringan pipa secara mudah dan akurat. Adapun kemampuan yang dimiliki oleh fasilitas *Waternet* adalah sebagai berikut.

1. Menghitung debit dan tekanan di seluruh jaringan pipa dan setiap node.
2. Mengitung *demand* atau air yang dibutuhkan/diambil pada setiap node (jika tekanan node telah ditentukan).
3. Fasilitas *default* diberikan untuk memudahkan input data pada setiap pipa, pompa, dan node secara manual.
4. Fasilitas pustaka untuk mencantumkan kekasaran pipa, kehilangan energi, dan yang lainnya.
5. Fasilitas katup pada jaringan pipa.
6. Fasilitas pengubah tipe aliran untuk melakukan simulasi perubahan elevasi di dalam tangki akibat fluktuasi pemakaian air yang dipengaruhi oleh jumlah pemakaian air berjam-jam. Fasilitas ini juga digunakan untuk mengitung volume tangki yang optimal serta menguji jaringan untuk debit yang fluktuatif. Pengguna dapat memeriksa tinggi tekanan, kecepatan aliran, dan debit pada setiap pipa untuk mengoptimalkan jaringan.
7. Fasilitas pengubah posisi node dan pipa.
8. Fasilitas kontur yang dibuat berdasarkan input kontur topografi untuk memudahkan input elevasi node.
9. Fasilitas editing untuk memperbaiki kekurangan atau kesalahan dalam perencanaan.

Fasilitas WaterNet dibuat agar proses *editing* dan analisis pada perancangan dan optimasi jaringan distribusi air dapat dilakukan dengan mudah. *Output* WaterNet dibuat dalam bentuk *database*, *text* maupun grafik yang memudahkan pengguna untuk selanjutnya memprosesnya langsung menjadi *hardcopy* atau proses lebih lanjut dengan program lain sebagai laporan yang menyeluruh.

2. METODE PENELITIAN

Pada tahap persiapan penelitian ini disusun hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu:

1. Studi Pustaka, mengumpulkan dan mempelajari literature serta teori-teori yang berkaitan dengan judul penelitian.
2. Pengumpulan data: Tahap pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data-data yang akan digunakan dalam simulasi jaringan pipa distribusi. Peranan instansi terkait sangat diperlukan terutama Dinas Kimpraswil dan PDAM. Data sekunder dari Dinas Kimpraswil maupun PDAM yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - a. Data Jumlah penduduk
Data jumlah penduduk diperlukan untuk mengetahui berapa banyak penduduk yang telah menjadi pelanggan atau terlayani oleh jaringan serta berapa banyak penduduk yang belum terlayani.
 - b. Peta Jaringan transmisi dan distribusi
Peta jaringan merupakan data utama dengan fasilitas pendukung karena melalui peta jaringan yang ada dan dapat dipelajari kemungkinan pengembangan ke depan.
 - c. Data sumber air
Sumber air yang dimanfaatkan layak dikonsumsi untuk masyarakat berdasarkan kualitas maupun kuantitasnya.
 - d. Data perkembangan daerah
Data perkembangan daerah / wilayah sangat dibutuhkan untuk perencanaan pengembangan pada waktu yang akan datang.
 - e. Peta kontur wilayah data yang sangat penting berkaitan dengan analisis jaringan air bersih.
 - f. Data pelanggan sangat diperlukan yang berkaitan dengan data kebutuhan air penting untuk mengetahui banyaknya air yang dibutuhkan oleh konsumen.
2. Analisis dan pengelolaan data: analisis dan pengelolaan data dilakukan berdasarkan data sekunder dan primer yang telah diperoleh dari hasil survey di lapangan. Melalui tahapan ini diharapkan akan diperoleh data yang akurat sebagai pemecah masalah yang tepat. Dalam analisis kinerja jaringan distribusi eksisting, dibantu dengan penggunaan *Software WaterNet* untuk melakukan simulasi jaringan pipa.
3. Pemecahan masalah: dari hasil analisis dan pengolahan data yang ada, maka selanjutnya dilaksanakan tahap pemecahan masalah. Pemecahan masalah dilakukan dengan membuat suatu strategi yang efektif dalam memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat. Pemecahan masalah ini meliputi aspek-aspek yang dapat menjadi alternatif dalam pencapaian tujuan penulisan ini, sehingga akan dijadikan solusi yang baik bagi pemenuhan kebutuhan air bersih di kecamatan Tulung Kabupaten Klaten.
4. Hasil Pembahasan: hasil pembahasan merupakan hubungan atau yang didapat dari data-data yang telah dianalisis dan dapat diterangkan dengan tabel, grafik atau gambar kemudian temuan-temuan yang didapat dibahas dalam kerangka teoritis.

Dari hasil pengumpulan data dilanjutkan dengan tahap analisa melalui indikator teknis maupun kinerja berdasarkan KepmenDagri Nomor 47 tahun 1999. Analisis teknis dilaksanakan berdasarkan data sekunder yang telah diperoleh dan dilakukan dengan menggunakan *software WaterNet* versi 2.1 dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menggambar jaringan pipa eksisting dengan memasukkan data pipa, diameter pipa jenis pipa, ketersediaan pipa, kekasaran pipa, kebutuhan tiap Node, fluktuasi kebutuhan, data tangki dan elevasi, dan jika menggunakan pompa untuk pendistribusiannya maka, dikaji juga jenis pompa dan asesoris pendukung lainnya, sehingga aplikasi *software WaterNet* dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.
2. Kemudian untuk mengetahui permasalahan pada jaringan eksisting yang ada secara teknis, diperlukan perhitungan yang lebih detail untuk itu perintah running dalam *software WaterNet*, akan memberikan keterangan kepada pengguna, tentang optimalisasi jaringan eksisting yang ada, sedangkan nilai ekonomisnya dan investasinya itu diperhitungkan dengan menggunakan dasar pertimbangan dan kriteria optimalisasi jaringan.
3. Hal terakhir yaitu membuat kesimpulan dan saran dari beberapa alternatif jaringan yang sudah di evaluasi dengan berbagai pertimbangan yaitu pertimbangan ekonomis dan pertimbangan teknis, yang

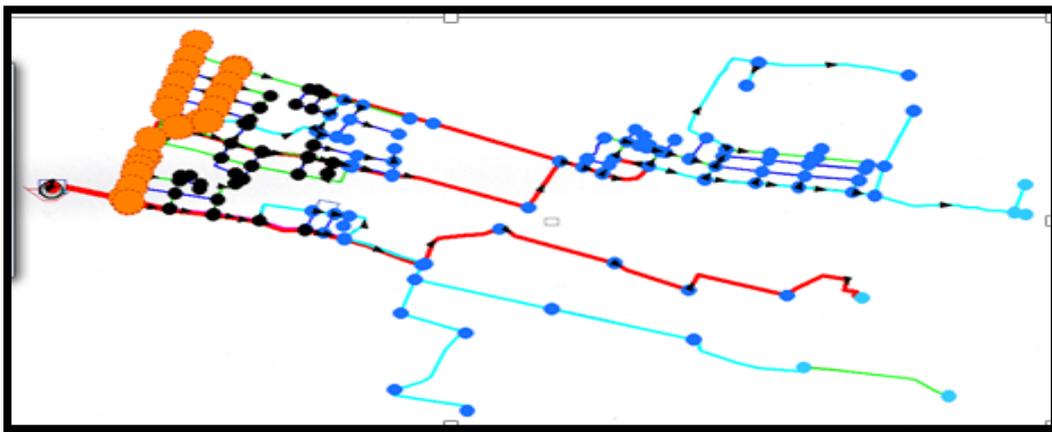
mengacu pada kriteria atau standar yang berlaku sehingga dapat melayani kebutuhan air bersih masyarakat secara berkesinambungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

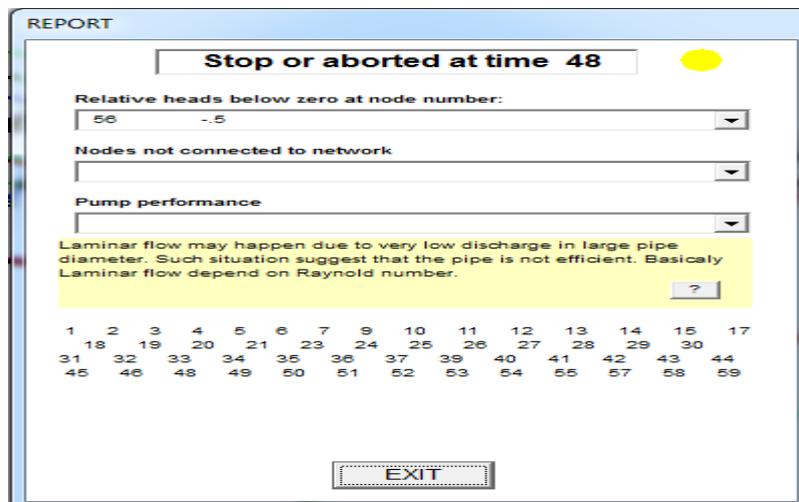
3.1 Skema Dan Karakteristik Jaringan Pipa Eksisting

Jaringan yang ada di lapangan terdiri dari jaringan pipa transmisi, jaringan pipa distribusi, pompa dan bak penampungan air (reservoir). Data karakteristik pipa berupa diameter pipa diperoleh dari PDAM Tirta Merapi Kabupaten Klaten. Sedangkan elevasi konturnya diperoleh dari survei lapangan dengan batuan alat GPS.

Kondisi Jaringan pipa serta sistem distribusi di lapangan yang sudah ada selanjutnya dibuat peta jaringan dalam format JPEG atau bitmap yang sudah diskalakan/ skalatis. File dalam format JPEG kemudian diinput sebagai dasar pemodelan jaringan pipa eksisting pada *software* WaterNet versi 2.2. Kondisi distribusi jaringan air bersih Kecamatan Tulung eksisting hasilnya seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2 adalah Jaringan Eksisting setelah *dirunning*.



Gambar 1. Jaringan Pipa Eksisting Wilayah Tulung



Gambar 2. Jaringan Eksisting setelah diRunning

3.2 Kebutuhan Air (demand)

Berdasarkan data yang diperoleh dari PDAM Kecamatan Tulung, kebutuhan air bersih yang dilayani sistem jaringan distribusi air bersih daerah pelayanan Kecamatan Tulung dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Demand Pada Daerah Pelayanan Kecamatan Tulung

No Node	Daerah Sambungan	Jumlah Sambungan	Demand (l/s)	Persentase Pelayanan (%)
1	Margoluweh	47	0.25	10.64
2	Tuban	37	0.19	8.09
3	Mranggen	13	0.11	4.68
4	Srijaya	78	0.48	20.43
5	Bendo	147	0.92	39.15
6	Karanglo	16	0.08	3.40
7	Ngalihan	4	0.01	0.43
8	Sidosari	50	0.22	9.36
9	Dukuh	8	0.03	1.28
10	Wunut	7	0.06	2.55

Sumber : PDAM Kecamatan Tulung

3.3 Fluktuasi Kebutuhan Air Kecamatan Tulung

Dalam perhitungan kebutuhan air didasarkan pada kebutuhan air harian maksimum dan kebutuhan air jam maksimum dengan referensi kebutuhan rata-rata. Sebagai standar atau acuan untuk kemudahan perencanaan variasi kebutuhan air bersih menggunakan Fluktuasi kebutuhan air tiap jamnya didapat dari data teknis PDAM Kecamatan Tulung, seperti Tabel 2 Fluktuasi harian Kecamatan Tulung.

Tabel 2. Koefisien Fluktuasi Harian Kecamatan Tulung

Jam	Koefisien	Jam	Koefisien	Jam	Koefisien	Jam	Koefisien
1	0,4	7	0,9	13	1,2	19	1,5
2	0,4	8	1,4	14	1,25	20	1,4
3	0,4	9	1,3	15	1,3	21	1,1
4	0,4	10	1,25	16	1,3	22	0,75
5	0,5	11	1,2	17	1,42	23	0,6
6	0,6	12	1,2	18	1,5	24	0,53

Sumber : PDAM Kecamatan Tulung

3.4 Optimalisasi Jaringan Eksisting

3.4.1 Simulasi Optimalisasi Jaringan Eksisting

Simulasi optimalisasi tangki (Tabel 3) dan Optimalisasi mesin pompa (Tabel 4) direncanakan menggunakan beberapa skenario yang diharapkan akan menghasilkan alternatif terbaik guna perbaikan. Skenario tersebut terdiri dari: (a) Mengganti pipa jaringan dengan diameter yang terukur; (b) Menaikkan elevasi dasar tangki dan (c) Mengganti kapasitas pompa.

Tabel 3. Optimalisasi Tangki

Dimensi Tangki	Eksisting	Alternatif
Luas (m ²)	169	169
Tinggi (m)	8	8
Elevasi (dpl)	270	278

Sumber: Hasil Simulasi Optimalisasi Tangki

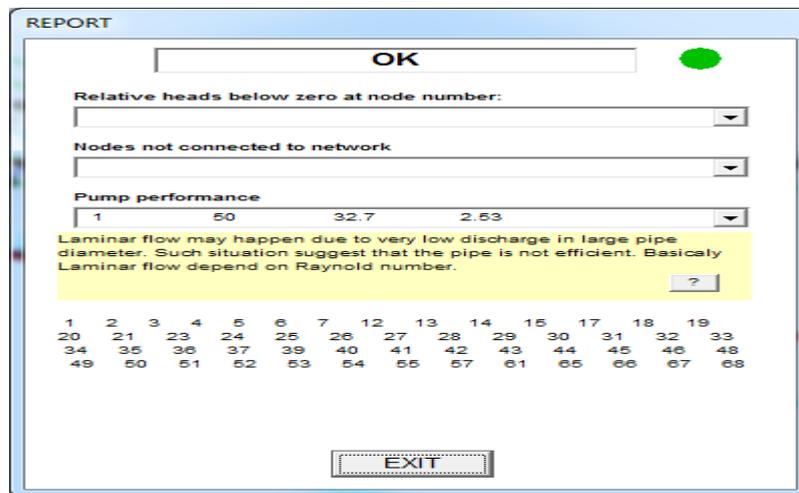
Tabel 4. Optimalisasi mesin pompa

Titik Pompa	Kondisi Eksisting		Alternatif (3)	
	Debit (l/ dt)	Head (l/ dt)	Debit (l/ dt)	Head (l/ dt)
1	35	80	25	35

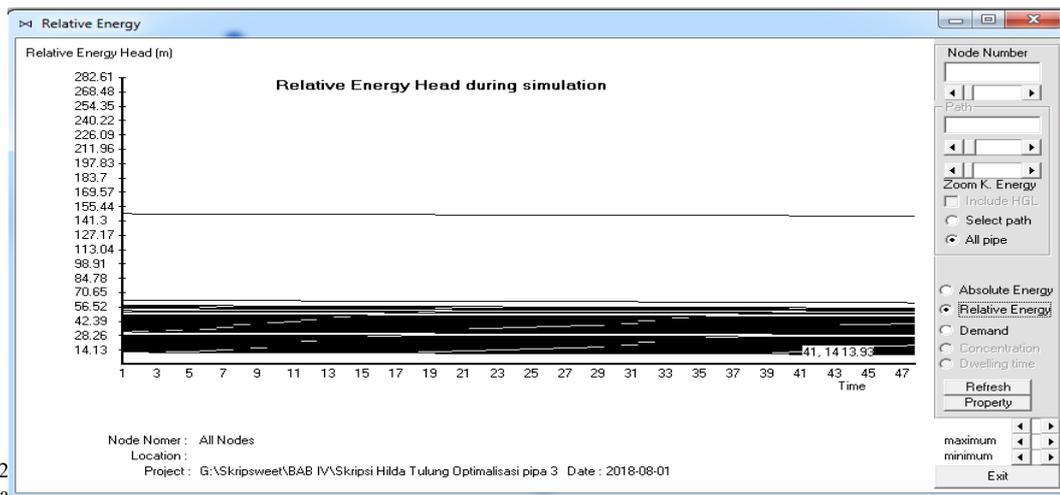
Sumber: Hasil Simulasi Optimalisasi Pompa

3.4.2 Analisa Optimalisasi Jaringan Eksisting

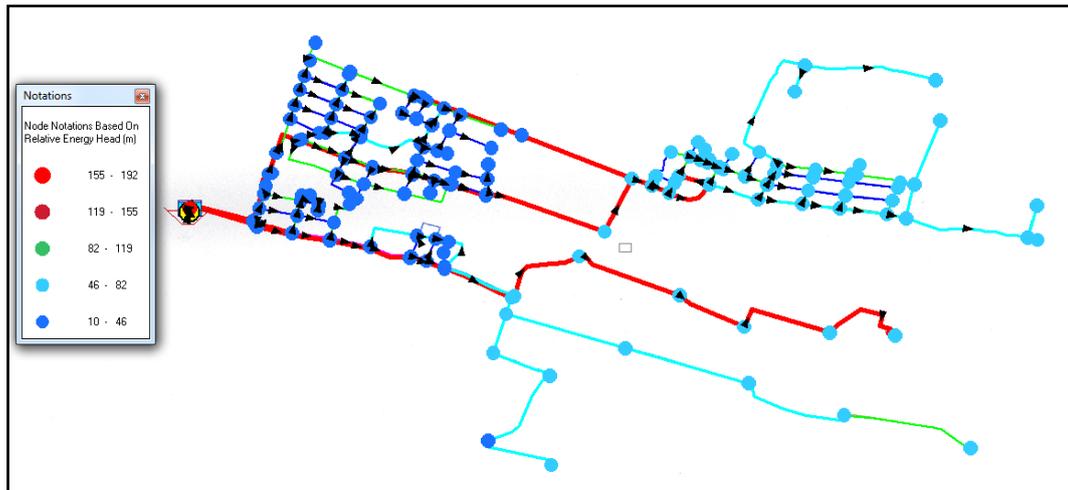
Optimalisasi yang dilakukan adalah dengan menaikkan elevasi dasar tangki dari 270 dpl menjadi 273 dpl. Setelah melakukan perbaikan tangki, selanjutnya pompa disesuaikan dengan kondisi tangki, maka pompa tersebut dinaikkan headnya menjadi 35 meter dan debit 25 liter/detik. Kemudian pompa juga diatur jam operasionalnya, dengan cara pompa akan berhenti bekerja di saat elevasi muka air dalam tangki mencapai ketinggian 285,5 meter, dan beroperasi kembali pada saat muka air dalam tangki mencapai ketinggian 278,5 meter. Gambar 3 merupakan Laporan hasil simulasi optimalisasi, Gambar 4 merupakan Tekanan relatif untuk semua node dan Gambar 5 merupakan Kondisi sistem jaringan setelah optimalisasi.



Gambar 3. Laporan hasil simulasi optimalisasi



Gambar 4. Tekanan relatif untuk semua node



Gambar 5. Kondisi sistem jaringan setelah optimalisasi

4. KESIMPULAN

Simulasi pada kondisi eksisting menunjukkan beberapa pipa yang digunakan diameternya terlalu kecil sehingga di saat jam puncak air tidak lagi mengalir ke wilayah distribusi dengan baik. Hasil simulasi menunjukkan banyaknya node yang tekanan sisa di bawah 10 meter H₂O. Kondisi ini sama dengan kondisi di lapangan sehingga wilayah-wilayah distribusi pada jam puncak harus menunggu giliran untuk dapat menikmati air bersih.

Optimalisasi yang dapat dilakukan dengan mengganti pipa-pipa yang terlalu kecil seperti pipa diameter 0.005 menjadi 0.075, penggantian kapasitas pompa dari head 80 discharge 35 menjadi head 25 discharge 35, dan menaikkan elevasi dasar tangki dari elevasi 270 menjadi 273. Penggantian dimaksudkan agar air dapat didistribusikan di wilayah pelayanan yang jauh dari reservoir sehingga didapatkan hasil yang optimal dalam rangka memberikan pelayanan yang terbaik kepada pelanggan PDAM Kecamatan Tulung khususnya Desa Pucang Miliran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan atas biaya Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Unwidha Klaten tahun anggaran 2018. Terimakasih Universitas Widya Dharma atas pendanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifuddin, Parung. H., dan Thaha. A., (2018). Analisis Kapasitas dan Penambahan Jaringan Pipa Distribusi PDAM di Wilayah Pesisir Kecamatan Tallo Kota Makassar (<http://pasca.unhas.ac.id/jurnal/files/a04a00f39256cae6318efa43215b0c73.pdf>)
- Benu, J E P, 2006, Kajian Sistem Jaringan Pipa Untuk Optimalisasi Pengelolaannya (Studi Kasus) PDAM Kecamatan Kualin Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Thesis*. Magister pengelolaan Sarana dan Prasarana. Gadjah Mada University.
- Ibrahim. M., Masrevaniah. A., dan Darmawan. V., (2012). Analisa Hidrolis Pada Komponen Sistem Distribusi Air Bersih Dengan Waternet dan Watercad Versi 8 (<http://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/132>)
- Nugroho. S., Meicahayanti. I., dan Nurdiana. J., (2018). Analisa Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 ([file:///C:/Users/ASUS/Downloads/15192-51953-2-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/15192-51953-2-PB%20(1).pdf))

- Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 7 Tahun 1998 tentang Kepengurusan Perusahaan Daerah Air Minum.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 33)
- Ratnanik. (2014). Kajian Optimalisasi Jaringan Distribusi Air Bersih (Studi Kasus PDAM Delta Tirta Sidoarjo Unit IPA Krian). *Thesis*. Magister pengelolaan Sarana dan Prasarana. Gadjah Mada University.
- Triatmadja, R. (2016). Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Triatmadja, R. (2007). *WaterNet* Versi 2.1 Software Perencanaan/ pengelolaan Sistem Jaringan Air Minum. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Triatmodjo, B. (1993) Hidraulika 1. Edisi Kedua. Yogyakarta. Beta Offset Press.