

SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH BERDASARKAN PARAMETER DEBIT DAN TEKANAN ALIRAN PADA RESERVOIR GUWO KE ARGOSARI

Maria oktaviana kolo¹, Andrea Sumarah Asih², Anggi Hermawan³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Jl.
Babarsari No 1. Depok, Sleman, Yogyakarta
Email : ¹mariaoktavianakolo@gmail.com, ²andrea.sa@itny.ac.id, ³anggi@itny.ac.id

ABSTRAK

Sistem penyediaan air bersih yang kompleks sering sekali bermasalah dalam distribusi debit dan tekanan yang berkaitan dengan kriteria hidrolis yang harus terpenuhi dalam sistem pengaliran air bersih. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis distribusi air bersih berdasarkan parameter debit, tekanan aliran, menghitung diameter, kecepatan aliran air bersih, dan mengetahui besar kebutuhan air yang harus didistribusikan ke Desa Argosari. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari PDAM Kabupaten Bantul berupa data kebutuhan air bersih, instalasi pengelolaan air bersih dan yang diperoleh dari PDAB Kabupaten Bantul berupa lokasi sumber air dan skema jaringan pipa. Sedangkan data jumlah penduduk, data pokok pendidikan dan industri kecil menengah tahun 2023 di peroleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Bantul. Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis melalui tahap awal ialah menghitung kebutuhan air bersih berdasarkan SNI 2000. Tahap kedua yaitu mensimulasi jaringan pipa untuk mendapatkan tekanan dan kecepatan aliran. Metode yang digunakan yaitu Metode Hazen Williams dengan alat bantu *software* EPANET 2.0 dan *Microsoft Excel* 2016. Jika hasil simulasi EPANET 2.0 nilai tekanan dan kecepatan kurang dari standar maka perlu dilakukan perubahan diameter pipa. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai tekanan dan kecepatan aliran tidak memenuhi syarat pada titik 6,7,10, 12 dan 13. Untuk mengatasi permasalahan tersebut pada titik 6 dan 7 diameter pipa diubah menjadi 25 mm, titik 10 diubah menjadi 80 mm dan titik 12 dan 13 diubah menjadi 25 mm.

Kata kunci: Air Bersih, Debit, EPANET 2.0, Sistem Distribusi, Tekanan Air

PENDAHULUAN

Air baku yang telah diolah melalui proses *treatment* akan menjadi air olahan yang siap didistribusikan ke konsumen, namun dalam beberapa kasus, bisa terjadi kelebihan air dan juga bisa terjadi kekurangan air sesuai dengan kebutuhan oleh karena itu, untuk menyiasati hal tersebut maka dibuatkan bak penampung (bak reservoir) air bersih yang siap didistribusikan (Kencanawati, 2019).

Desa Argosari adalah wilayah yang terletak di sebelah di sudut barat laut Kabupaten Bantul dengan luas wilayah 628.472 ha. Desa Argosari tepatnya terletak di Kecamatan Sedayu, Kabupaten Bantul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Wilayah Desa Argosari terletak pada ketinggian ± 90 m di atas permukaan laut, dengan kemiringan tanah sekitar 35° dan tekstur tanah berpasir di wilayah barat desa dan berbatu hampir merata di sebagian besar wilayah Desa Argosari. Prasarana dan sarana air minum di perumahan Desa Argosari belum ada yang mengelola dengan baik sehingga warga Desa Argosari termasuk kelurahan rawan kritis air saat musim kemarau.

Sistem penyediaan air bersih di Desa Argosari dikelola oleh SPAM Bantar. Air diproses dari Sungai Kali Progo dan diolah di IPA (instalasi pengelolaan air) dan didistribusikan kepada pelanggan tiap rumah di wilayah Desa Argosari. Penelitian bertujuan untuk menganalisis distribusi air bersih berdasarkan parameter debit, tekanan aliran, menghitung diameter, dan kecepatan aliran air bersih dan mengetahui besar kebutuhan air yang harus didistribusikan ke Desa Argosari.

METODE

Air yang didistribusikan dalam sistem penyediaan air bersih/minum haruslah memenuhi baku mutu tertentu sebagai bahan untuk air bersih/minum. Air ini disebut air baku. Air baku diperoleh dari Kali Progo diolah oleh SPAM Bantar dan didistribusikan ke masyarakat.

Corresponding Author

E-mail Address : andrea.sa@itny.ac.id

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) ke daerah pelayanan (konsumen). Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih, beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain daerah layanan dan jumlah penduduk yang akan dilayani, kebutuhan air, letak topografi daerah layanan, jenis sambungan sistem, pipa distribusi, tipe pengaliran, pola jaringan, perlengkapan sistem distribusi air bersih, deteksi kebocoran (Rustanto 2002).

Perhitungan kebutuhan air

Besar perhitungan kebutuhan air dihitung dengan persamaan berikut (Kencanawati, 2019) :

$$Q_{md} = \text{jumlah penduduk} \times q \quad (1)$$

dengan : Q_{md} = kebutuhan air (liter/hari), q = konsumsi air per orang per hari (liter/orang/hari).

Kriteria kecepatan dan tekanan aliran

Sistem pengaliran air baik dalam sistem pentransmision maupun pendistribusian harus memperhatikan kriteria teknis yakni besarnya tekanan dan kecepatan aliran pada pipa (Agustina, 2007). Sedangkan untuk dapat mengetahui besarnya kedua nilai di atas, salah satunya harus diketahui besarnya ukuran diameter yang dipasang (Fathony, 2012).

Tabel 1. Kriteria teknis pipa distribusi

No	Uraian	Notasi	Kriteria
1	Kecepatan aliran air dalam pipa		
	Kecepatan minimum	V.min	0,3 – 0,6 m/dt
	Kecepatan maksimum		3,0 – 4,5 m/dt
	Pipa PVC atau ACP	V. max	6,0 m/dt
	Pipa baja atau DCIP	V. max	
2	Tekanan air dalam pipa		
	Tekanan minimum	h min	(15 – 30) m, pada titik jangkauan pelayanan terjauh
	Tekanan maksimum		
	- Pipa PVC atau ACP	h max	6-8 atm
	- Pipa baja atau DCIP	h max	10 atm
	- Pipa PE 100	h max	12.4 MPa
	- Pipa PE 80	h max	9.0 MPa

Sumber: Peraturan Menteri PU No.27/RT/M/2016

Pipa transmisi air baku

Pipa transmisi air baku merupakan pipa tunggal yang berfungsi mengalirkan air baku dari bangunan penyadap air baku sampai ke instalasi pengelolaan air bersih. Pengukuran untuk pipa tunggal dilakukan dengan menggunakan rumus Hazen-Williams (Wigati, 2014).

$$H_f = \frac{10,67 \times Q^{1,852}}{CHW^{1,852} \times D^{1,852}} \times L \quad (2)$$

dengan : H_f = kehilangan air (m), D = Diameter pipa (m), L = Panjang pipa (m), CHW = Koefisien Hazen-Williams, Q = Debit (m^3/dt).

$$V = 0,3545 \times C \times D^{0,63} \times S^{0,64} \quad (3)$$

dengan : V = Kecepatan aliran (m/dt), C = Koefisien kekasaran, D = Diameter pipa, S = Slope pipa = beda tinggi/Panjang pipa (m/m)

Tabel 2. Nilai koefisien C Hazen-Williams

No	Jenis pipa	Nilai C
1	New Cast Iron	130-140
2	Concrete or concrete lined	120-140
3	Galvanized iron	120
4	Plastic	140-150
5	Stell	140-150
6	Vetriveld Clay	110

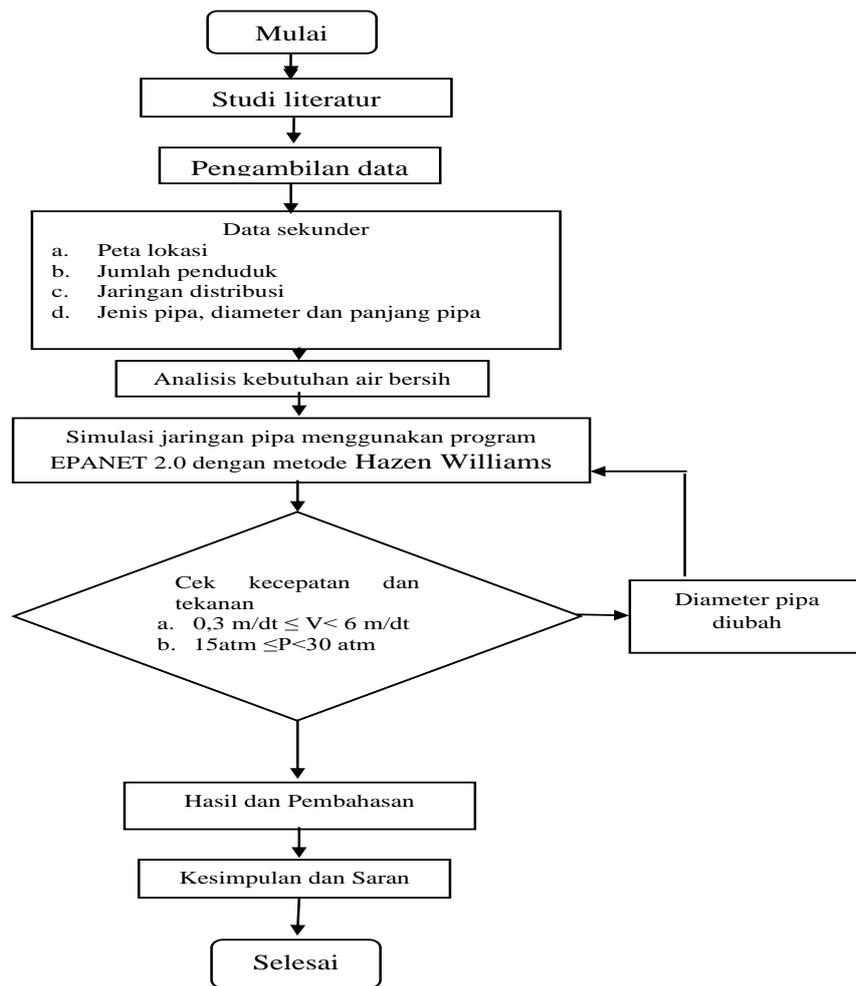
Sumber: Peraturan Menteri PU No.27/RT/M/2016

EPANET 2.0

EPANET merupakan program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari pipa, node (titik koneksi pipa), pompa, katub, dan tangki air atau reservoir. EPANET menajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi periode pengaliran. Sebagai tambahan, usia air (*water age*) dan pelacakan sumber dapat juga diasumsikan.

Bagan alir

Penelitian ini dilaksanakan dengan rencana sesuai bagan alir yang ditunjukkan gambar berikut:



Gambar 1. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi data

Teknik pengumpulan data adalah cara-cara yang akan digunakan untuk mengumpulkan data, baik yang berupa data primer maupun data skunder, melalui survei yang dilakukan pada wilayah penelitian. Survei yang dilakukan untuk memperoleh data yang dibutuhkan yaitu data sekunder Data sekunder merupakan data pendukung yang dipakai dalam proses penelitian ini. Data sekunder ini didapat dari instalasi yang terkait baik dari sekitar lokasi kegiatan

maupun ditempat lain yang menunjang dengan kegiatan tersebut. Data sekunder yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Peta lokasi
- b. Jaringan distribusi
- c. jenis-jenis data dan diameter pipa, jenis pipa yang digunakan diaplikasi penelitian
- d. skema jaringan
- e. pemakaian air setiap sambungan rumah (SR).
- f. jumlah penduduk

Tabel 3. Kebutuhan Data Penelitian

No	Nama Data	Jenis Data	Sumber Data
1	Jumlah penduduk		BPS Kabupaten Bantul 2022
2	Peta lokasi dan skema jaringan		PDAB Kabupaten Bantul 2022
3	Jenis-jenis data dan diameter pipa, jenis pipa yang digunakan diaplikasi penelitian dan jumlah penduduk.	Sekunder	PDAM Kabupaten Bantul 2023
4	Jaringan distribusi dan pemakaian air setiap sambungan rumah (SR)		PDAM Kabupaten Bantul 2023

Rekapitulasi kebutuhan air bersih

Jumlah total kebutuhan air bersih di Desa Argosari didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Bantul dengan jumlah penduduk Desa Argosari tahun 2022 yaitu 8657 jiwa untuk perhitungan besar kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik tahun 2023. Total jumlah kebutuhan air bersih di Desa Argosari dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Kebutuhan air domestik dan non domestik

Tahun	Kebutuhan Air	Fasilitas	Jumlah (l/dt)	
2023	Domestik	Sambungan rumah	4,9097	
		Hidran umum	0,8017	
		Pasar	0,1389	
		Puskesmas	0,0139	
		IKM	0,0287	
	Non domestik	Kantor desa	0,0001	
		SD	0,0513	
		SMP	0,0136	
		SMA	0,0226	
		Masjid	0,1736	
		Gereja	0,0231	
		Total		6,1773

Selanjutnya dilakukan analisis untuk menghitung kebutuhan air bersih pada hari maksimum (FHM dan jam puncak (FJP). Kebutuhan air bersih harian maksimum diperoleh dengan cara mengalikan total kebutuhan air bersih normal dengan faktor hari maksimum 1,25 (Feriliawati,2018). Kebutuhan pada jam puncak sebesar 1,75 sehingga total kebutuhan air bersih di tahun 2023 faktor hari maksimum 7,722 l/dt dan factor jam puncak 10,810 l/dt.

Perhitungan dimensi pipa distribusi

Perhitungan dimensi pipa dengan asumsi pipa dianggap lurus untuk mengetahui atau mengontrol debit kebutuhan air yang direncanakan dengan diameter pipa 150 mm sebagai berikut :

Bak penangkap mata air (A) sampai sambungan (B)

Pipa utama:

Tinggi elevasi hulu : +65 m

Tinggi elevasi hilir : +61 m

Beda tinggi 4 m

Diameter pipa 150 mm

Kontrol untuk mengetahui apakah pipa yang direncanakan dapat mengalir debit air sesuai dengan yang ditentukan. Berikut adalah perhitungannya:

$$L = 300 \text{ m}$$

$$D = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

$$Q = 6,17731 \text{ l/dt} = 0,006173 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$C_{hw} = 120$$

$$H_f = \frac{10,675 \times Q^{1.852}}{C_{hw}^{1.852} D^{4.9704}} \times L$$

$$HF = \frac{10,675 \times 0,0061773^{1.852}}{120^{1.852} \times 0,15^{4.9704}} \times 300$$

$$= 0,4555 \text{ m}$$

$$V = 0,3545 \times C_{hw} \times D^{0.63} \times S^{0.64}$$

$$S = \frac{H_f}{L} = \frac{0,4555}{300} = 0,00152$$

$$V = 0,3545 \times 120 \times 0,15^{0.63} \times 0,00152^{0.64}$$

$$= 0,8833 \text{ m/dt}$$

$$Q = V \times A = 0,8833 \times (3,14 \times 0,15^2)$$

$$= 0,0624 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{total} = 0,0624 \times (60 \times 60 \times 24)$$

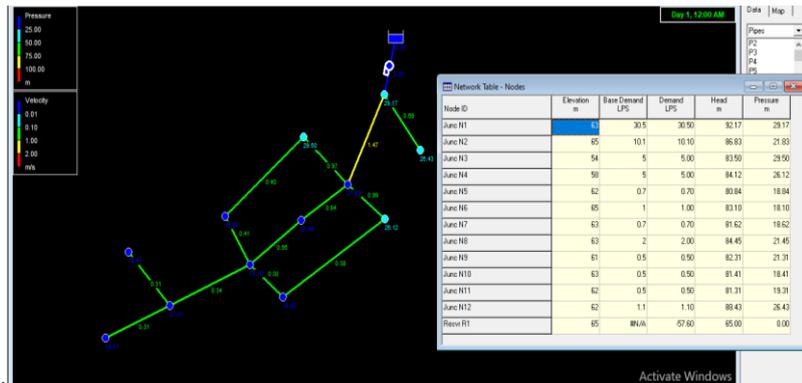
$$= 539,136 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$= 539136 \text{ l/hr}$$

$$= 6,24 \text{ l/dt}$$

Dari hasil analisis, pipa yang direncanakan dengan diameter pipa 150 mm dari sumber air mampu memenuhi kebutuhan air dengan debit air 6,24 l/dt lebih besar dari jumlah total debit kebutuhan air 6,1773 l/dt.

Simulasi jaringan dengan epanet 2.0



Gambar 2. Hasil simulasi jaringan pipa distribusi air bersih Desa Argosari, 2023

Hasil simulasi jaringan pipa distribusi air bersih pada Desa Argosari pada tahun 2023 secara umum belum berfungsi dengan baik karena pada jaringan pipa tertentu masih mengalami penurunan kecepatan aliran air yang belum mencukupi kebutuhan air pada Desa Argosari.

Perbandingan hasil simulasi dengan data lapangan

Hasil simulasi selanjutnya akan dibandingkan dengan data tekanan (*Pressure*), dan kecepatan (*velocity*) untuk jam puncak pemakaian air, dalam hal ini yang akan dibandingkan data terukur lapangan dengan hasil simulasi EPANET 2.0 dengan perbandingan antara blok per blok.

Tabel 5. Data lapangan Desa Argosari

No	Panjang pipa (Length m)	Diameter pipa (mm)	Kecepatan Velocity (m/s)	Tekanan Pressure (atm)	Roughs	Elevasi (m)	Base demand (LPS)
p2	300	150	1.47	27.17	120	65	30.5
p3	206.56	85	0.95	21.83	120	65	9
p4	162.30	85	0.96	-14.59	120	54	5,5
p5	355.90	40	0.33	26.26	120	58	5
p6	167.33	40	0.23	19.70	120	62	0.7
p7	147.84	40	0.21	-14.14	120	65	0,8
p8	416.06	40	0.35	18.81	120	63	0.7
p9	190.12	85	1.00	20.32	120	63	2
p10	218.17	85	0.54	20.35	120	61	0.4
p11	296.96	75	0.34	16.45	120	63	0.2
p12	212.70	45	0.31	17.35	120	62	0.2
p13	237.44	45	0.31	23.43	120	62	1.1
Resv	206.25	45	0.69	00.00	120	61	0

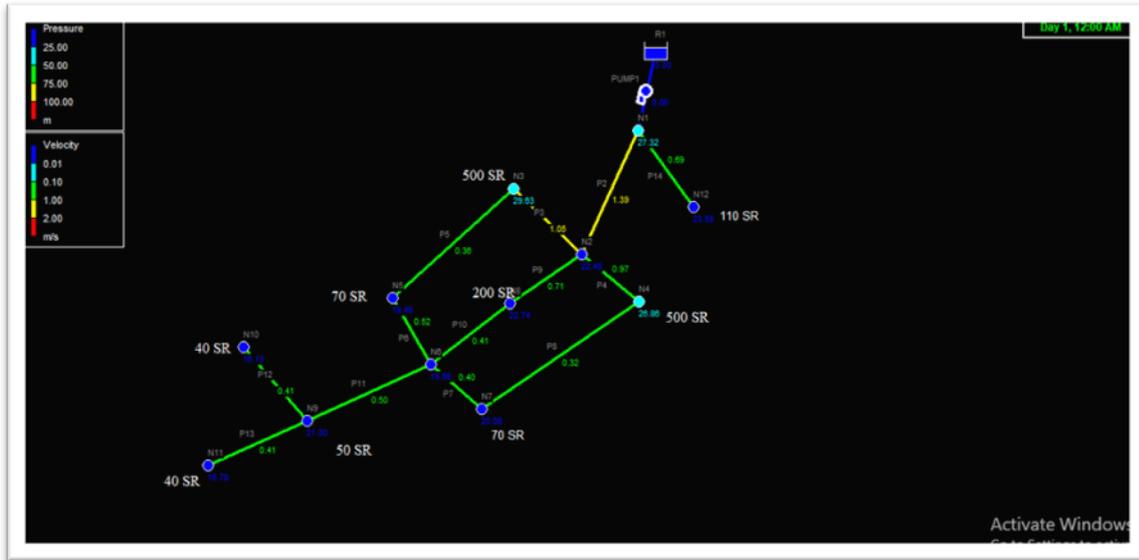
Sumber : PDAM Kabupaten Bantul, 2023

Perbandingan hasil simulasi EPANET 2.0 dengan data lapangan, menunjukkan kecepatan aliran pada pipa 6 sebesar 0,23 m/dt, dan pipa 7 sebesar 0,21 m/dt ternyata terlalu kecil yang berarti tidak memenuhi syarat SNI 2016 yaitu sebesar 0,3-6 m/dt. Tekanan hasil EPANET yang tidak memenuhi syarat terjadi pada pipa 4 sebesar -14,59 atm dan pipa 7 sebesar -14,14 atm, dimana syarat yang ditentukan sebesar 15-30 atm. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diameter pipa pada pipa yang mengalami penurunan kecepatan aliran air dan penurunan tekanan air harus diperbesar atau diperkecil, sehingga kemudian dicoba pipa 6 dan 7 diubah diameternya menjadi 25 mm, pipa 10 diubah menjadi 80 mm dan pipa 12, 13 diubah menjadi 25 mm. Adapun hasil simulasi ulang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Hasil simulasi ulang EPANET 2.0

No	Panjang pipa Length (m)	Diameter pipa (mm)	Kecepatan Velocity (m/s)	Tekanan Pressure (atm)	Roughs	Elevasi(m)	Base demand (LPS)
p2	300	150	1.39	27,32	120	63	30.5
p3	206.56	85	1,05	22,48	120	65	9
p4	162.30	85	0.97	29,63	120	54	5,5
p5	355.90	40	0.36	26,86	120	58	5
p6	167.33	25	0.52	19.48	120	62	0.7
p7	147.84	25	0.40	19.98	120	65	0,8
p8	416.06	45	0.32	20,08	120	63	0.7
p9	190.12	85	0.71	22,74	120	63	2
p10	218.17	80	0.41	21,00	120	61	0.4
p11	296.96	45	0.50	16,13	120	63	0.2
p12	212.70	25	0.41	16,79	120	62	0.2
p13	237.44	25	0.41	23,58	120	62	1.1
Resv	206.25	45	0.69	00.00	120	Res 65	0

Sumber : Hasil perhitungan data EPANET, 2023



Gambar 3. Hasil simulasi ulang EPANET 2.0, 2023

Hasil simulasi EPANET 2.0 ulang diameter pipa setelah diubah yaitu pipa 6 dan 7 menjadi 25 mm, pipa 10 diubah menjadi 80 mm, pipa 12 dan 13 diubah menjadi 25 mm adalah tekanan dan kecepatan pada pipa memenuhi syarat sebagaimana ditentukan oleh Peraturan Menteri PU No.27/RT/M/2016. Tekanan tertinggi yaitu 27,32 atm dan tekanan terendah yaitu 16,13 atm sudah memenuhi syarat yang ditentukan yaitu 15-30 atm, sedangkan kecepatan tertinggi yaitu 1,39 m/dt dan kecepatan terendah yaitu 0,32 m/dt sudah memenuhi syarat yang ditentukan yaitu 0,3-6 m/dt.

Hasil simulasi terdapat perbedaan tekanan hasil pengukuran dengan hasil dari simulasi EPANET 2.0 ini disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

1. Terjadinya kebocoran pada jaringan pipa distribusi yang mengakibatkan tekanan air pada saat pengukuran tekanan menjadi kecil pada pipa 3 dan 6. Pada perhitungan EPANET 2.0 faktor kebocoran dapat diabaikan sehingga nilai tekanan tidak berubah. Sedangkan pada kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa kebocoran dapat menyebabkan pengurangan nilai tekanan pada wilayah distribusi.
2. Faktor umur pipa sangat berpengaruh pada koefisien Hazen-William. Semakin tua pipa menyebabkan kekasaran pipa bertambah sehingga kecepatan aliran dalam pipa berkurang pada pipa 5 dan 6. Sedangkan dalam perhitungan EPANET 2.0, koefisien Hazen-William dianggap tetap sesuai dengan jenis pipa yang digunakan sehingga aliran dalam pipa dianggap tidak berubah.
3. Faktor kontur tanah di Desa Argosari yang berbukit juga merupakan salah satu faktor terjadinya perbedaan tekanan yang sangat besar di antara pipa 3 dan 6.
4. Terbatasnya data yang didapatkan berkaitan dengan jaringan distribusi air PDAM di lokasi penelitian.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang diuraikan sebelumnya, dapat disimpulkan PDAM Kabupaten Bantul mampu melayani kebutuhan air bersih masyarakat di Desa Argosari dengan ketersediaan air sebesar 6,24 l/dt. Selanjutnya hasil *running* program EPANET 2.0 menunjukkan dalam jaringan pipa eksisting terdapat tekanan tertinggi 27,17 atm pada titik 1 sepanjang 300 meter, tekanan terendah -14,14 atm pada titik 6 sepanjang 147,84 meter, kurang dari standar 15-30 atm. Kecepatan tertinggi didapatkan 1,47 m/dt pada titik 1 sedangkan kecepatan terendah 0,21 m/dt pada titik 6, lebih kecil dari standar kriteria perencanaan yaitu 0,3–6 m/dt. Oleh sebab itu diameter pipa eksisting perlu diubah dengan cara memperkecil diameter pipa supaya kecepatan aliran memenuhi syarat yang ditentukan. Dengan mengubah diameter pipa eksisting pada titik 6 dan 7 menjadi 25 mm, titik 10 menjadi 80 mm dan titik 12 dan 13 menjadi 25 mm, maka simulasi ulang jaringan EPANET 2.0 menghasilkan tekanan dan kecepatan yang memenuhi standar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada instansi terkait yang telah berkenan memberikan data pendukung bagi penelitian ini : BPS, PDAB dan PDAM Kabupaten Bantul, serta Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah mendukung pendanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Dian Vitta (2007) Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih Pdam Kecamatan Banyumanik Di Perumnas Banyumanik (Studi Kasus Perumnas Banyumanik Kel. Sronдол Wetan). *Masters thesis*, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang
- BPS (Badan Pusat Statistik)., 2022, *Data Penduduk Desa Argosari*. Kabupaten Bantul.
- Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen pekerjaan Umum, 2000. *Modul Kriteria Perencanaan Penyediaan Air Bersih*. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Fathony, H. H., 2012, Analisis Distribusi Air bersih PDAM Karangayar, *Skripsi*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Feriliawati, 2018., Tinjauan Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih Dengan Menggunakan Software Epanet 2.0 di Tegalsari, Glindah, Gresik, *Jurnal Teknik Pengairan* Volume 03 Nomor 02 :4-9, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Kencanawati, M. 2019, Analisis Sistem Distribusi Air Bersih Berdasarkan Parameter Debit dan Tekanan Aliran Perumahan Nusantara Lestari km.8 Balikpapan, *Jurnal Transukma* Volume 02 Nomor 01: 1-3.
- Peraturan Menteri PU,. 2016, Kriteria Teknis Pipa Distribusi.
- Peraturan Menteri PU,. 2016, Nilai Koefisien C Hazen-Williams.
- Rustanto, I., 2002, Tinjauan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Perumahan Puro Asri Kabupaten Sragen Pada Jam – jam Puncak, *Skripsi*, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Wigati, R., 2014, Studi Analisis Kebutuhan Air Bersih Pedesaan Sistem Gravitasi Menggunakan Software EPANET 2.0, *Jurnal konstruksial* Volume 06 Nomor 02 : 2-7 , Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten