

**Optimasi Perencanaan Sistim Jaringan Pipa Air Bersih dengan
Penambahan Valve Menggunakan Program Epanet
*Optimization of Clean Water Pipeline System Planning with
Adding a Valve Using the EPANET Program***

Deddy Candra Prahara¹, Nanang Saiful Rizal², Senki Desta Galuh³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
JemberEmail : deddycandra.01@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
JemberEmail : nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
JemberEmail : senki.desta@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Air merupakan kebutuhan sangat penting dari kehidupan makhluk hidup. Desa Wringinanom terletak di Kecamatan Kuripan Kabupaten Probolinggo memiliki luas administrasi $\pm 856,024$ Ha, penelitian di khususnya di Dusun Nangger dan Dusun Leduk, memiliki sumber mata air yang melimpah dan memiliki kualitas air yang sangat baik. Namun masih banyak masyarakat di desa tersebut yang belum terjangkau oleh jaringan perpipaan air bersih. Maka dari itu, maksud dari penelitian ini agar menghitung kebutuhan air bersih dan merencanakan serta mengoptimasi jaringan perpipaan air bersih dengan memanfaatkan *software* Epanet. Hasil dari analisis menggunakan *software* Epanet 2.2 dengan menggunakan Valve didapati kesimpulan bahwa jaringan memiliki total panjang pipa (*pipe*) sebesar 3.414 meter dengan jumlah pipa sebanyak 569 lonjor, kecepatan aliran (*velocity*) tertinggi saat jam puncak pukul 07.00 WIB. sebesar 1,57 meter/detik sedangkan kecepatan aliran terendah sebesar 0,30 meter/detik, selain itu sisa tekan (*pressure*) pada node Q tertinggi sebesar 66,71 meter sedangkan sisa tekan pada node J terendah sebesar 0,85 meter. Jaringan pada penelitian ini menggunakan sistem gravitasi dengan *reservoir* berupa bak penampung ground reservoir (ditanah) dengan dimensi reservoir dari hasil perhitungan yaitu 4 x 4 x 3 meter. Hasil Analisa perhitungan dengan aplikasi epanet didapat selisih biaya dengan menggunakan *Valve* biaya lebih efisien yaitu 38.417.000 rupiah.

Kata kunci: Jaringan perpipaan, kebutuhan air bersih,EPANET, reservoir.

Abstract

Water is a very important requirement of the life of living things. Wringinanom Village is located in Kuripan District, Probolinggo Regency, has an administrative area of $\pm 856,024$ Ha, the research is specifically in Nangger and Leduk Hamlets, has abundant springs and has very good water quality. However, there are still many people in the village who have not been reached by clean water piping network. Therefore, the purpose of this study is to calculate the need for clean water and to plan and optimize clean water piping networks by utilizing the Epanet software. The results of the analysis using the Epanet 2.2 software using Valve concluded that the network has a total pipe length of 3,414 meters with a total of 569 long pipes, the highest velocity during peak hours at 07.00 WIB. of 1.57 meters/second while the lowest flow velocity is 0.30 meters/second, besides that the highest residual pressure at node Q is 66.71 meters while the lowest residual pressure at node J is 0.85 meters. The network in this study uses a gravity system with a reservoir in the form of a ground reservoir (on the ground) with the dimensions of the reservoir from the calculation results, namely 4 x 4 x 3 meters. The results of the calculation analysis using the EPANET application show that the difference in costs using a more efficient cost valve is 38,417,000 rupiah.

Keywords: Piping network, clean water demand, EPANET, reservoir.

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan sangat penting dari kehidupan makhluk hidup. Sebanyak 70% dari bumi tertutupi oleh air, namun hanya 3% saja yang merupakan air tawar yang dapat digunakan untuk kebutuhan hidup manusia.

Semakin banyak manusia, semakin banyak juga air yang dibutuhkan, sedangkan sumber air bersih tidak bertambah sehingga mengakibatkan terjadinya krisis air bersih. Seperti yang terjadi di Desa Wringinanom Kecamatan Kuripan kenaikan jumlah penduduk tidak sejalan dengan bertambahnya jumlah air bersih. Dimana satu-satunya suplai air bersih hanya berasal dari sumber mata air saja. Sehingga perlu adanya perencanaan sistem jaringan air bersih agar air bersih dapat tersalurkan dengan baik. Sumber mata air yang di gunakan pada penelitian ini adalah sumber mata air Kajuh Pote terletak di dusun Leduk. Sumber mata Air Kajuh Pote yang tersedia saat ini yaitu 3,4 liter/detik. Untuk mengatasi kebutuhan air yang terus meningkat, maka perlu adanya antisipasi dengan merencanakan prediksi laju pertumbuhan penduduk dan prediksi kebutuhan air bersih.

Maksud dari penelitian ini agar menghitung kebutuhan air bersih dan merencanakan serta mengoptimasi jaringan perpipaan air bersih dengan memanfaatkan *software* Epanet. Dengan penelitian ini diharapkan kebutuhan air minum masyarakat Desa Wringinanom terpenuhi, jaringan perpipaan dapat dikelola dengan baik dan tertib serta masyarakat teredukasi tentang hasil dari jaringan perpipaan secara kompleks.

b. Rumusan Masalah

Batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung kebutuhan air di Desa Wringinanom sampai tahun 2037?
2. Bagaimana menghitung kapasitas reservoir yang dibutuhkan di Desa Wringinanom?
3. Bagaimana mendesain jaringan pipa distribusi air bersih di Desa Wringinanom?

c. Batasan Masalah

Batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di Desa Wringinanom Kecamatan Kuripan Kabupaten Probolinggo.

2. Penelitian dilakukan di dusun Leduk dan dusun Nangger.

d. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menghitung kebutuhan air di Desa Wringinanom sampai tahun 2037
2. Menghitung kapasitas reservoir yang dibutuhkan di Desa Wringinanom
3. Mendesain jaringan pipa distribusi air bersih di Desa Wringinanom

e. Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui cara melakukan perencanaan sistem jaringan air bersih.
2. Sebagai media dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya dalam ilmu teknik sumber daya air.
3. Memberikan tambahan pengetahuan dan bahan referensi khususnya mengenai perencanaan sistem jaringan air bersih.

2. Tinjauan Pustaka

a. Umum

Air minum merupakan air yang diproses atau tidak diproses yang memenuhi persyaratan sanitasi dan bisa dikonsumsi apa adanya (Peraturan Menteri Kesehatan dan Kesejahteraan No. 492, 2010). Menurut Kerangka Acuan Kerja Penasehat Perencanaan Teknis RISPAM (Rancangan Induk Sistem Penyediaan Air Minum), tersedianya air minum adalah kepentingan dasar masyarakat dan hak sosial ekonomi yang harus diwujudkan oleh pemerintah daerah maupun pusat.

b. Sistem Distribusi Air Bersih

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, dekteksi kebocoran.

c. Perkembangan Penduduk

Untuk mengatasi kebutuhan air yang terus meningkat, maka perlunya antisipasi dengan merencanakan prediksi laju pertumbuhan penduduk dan prediksi kebutuhan air bersih. Metode yang digunakan untuk memproyeksikan penduduk di masa yang akan datang adalah metode matematika. Metode ini merupakan estimasi dari total penduduk dengan menggunakan tingkat pertumbuhan penduduk secara matematik, atau untuk tingkat lanjutnya melalui *fitting* kurva yang menyajikan gambaran matematis dari perubahan jumlah penduduk, seperti kurva logistik.

d. Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah banyaknya jumlah air yang dibutuhkan untuk keperluan rumah tangga, industri dan lain sebagainya. Kebutuhan air (*water requitments*) merupakan kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia, meliputi air bersih domestik dan non Domestik, air irigasi baik pertanian maupun perikanan, dan air untuk pengelontoran kota (Kodoatie dan Syarief, 2008).

Tabel 1 Kebutuhan Air Bersih

Macam Pengguna	Kebutuhan Air Berkisar (lt/jiwa/hari)	Kebutuhan Air Pada Umumnya (lt/jiwa/hari)
Rumah Tangga	150 – 300	250
Industri & Perdagangan	40 – 300	150
Fasilitas Umum	60 – 100	75
Kehilangan & Kesalahan	60 – 100	75

Sumber: Linsley dan Yoseph, 1996

e. Fluktuasi Kebutuhan Air

Kebutuhan air akan selalu berfluktuasi sesuai dengan kondisinya dari sumber air yang ada maupun dari aktifitas masyarakat. Pada umumnya kebutuhan air dibagi dalam tiga kelompok:

1. Kebutuhan Harian Rata-Rata

Untuk kebutuhan air rata-rata yakni menyangkut pada kebutuhan domestik maupun non domestik, yang dihitung berdasarkan kebutuhan air rata-rata per orang per hari dihitung dari pemakaian air setiap jam selama 24 jam.

2. Kebutuhan Pada Jam Puncak

Menurut Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan umum (2012) yang dimaksud

kebutuhan pada jam puncak adalah pemakaian air tertinggi dalam satu hari.

Kebutuhan jam puncak = $(1,4 - 2,00 \times \text{kebutuhan air bersih})$.

3. Kebutuhan Harian Maksimum

Menurut Dirjen Cipta Karya Pekerjaan Umum (2012) kebutuhan harian maksimum adalah kebutuhan dari banyaknya air dalam satu tahun yang diambily paling besar.

f. Sistem Pengaliran

Menurut Sarwoko M, (1985) dalam siahaya is mayosa 2010. Untuk mendistribusikan air bersih pada dasarnya dapat dipakai salah satu sistem diantara tiga sistem pengaliran, yaitu:

1. Sistem Pengaliran Gravitasi

Sistem ini digunakan bila elevasi sumber air baku atau pengolahan berada jauh diatas elevasi daerah layanan dan sistem ini dapat memberikan energi potensial yang cukup tinggi sehingga pada daerah layanan yang paling menguntungkan karena pengoperasian dan pemeliharaannya lebih murah

2. Sistem pemompaan

Sistem ini digunakan bila elevasi antara sumber air atau instalasi dan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan air yang cukup. Untuk debit dan tekanan yang diinginkan, air akan langsung ke jaring pipa distribusi. Sistem ini biasanya diterapkan pada daerah yang perbedaan elevasinya kecil.

3. Sistem pengolahan pengaliran kombinasi

Sistem ini merupakan pengaliran dimana air bersih dari sumber atau instalasi pengolahan akan dialirkan ke jaringan dengan menggunakan pompa dan reservoir distribusi baik dioperasikan secara berganti atau bersama-sama.

g. Perhitungan Kebutuhan Air

Langkah awal dalam suatu perencanaan penyediaan air bersih adalah memperkirakan jumlah kebutuhan air. Pendekatan yang dapat dilakukan adalah menghitung rata-rata pemakaian setiap orang perhari, memperkirakan jumlah penduduk pada jangka waktu tertentu dan umur rencana konstruksi.

h. Struktur Reservoir

Reservoir berasal dari bahasa perancis (*reservoa*) yang berarti tempat penampungan

(persediaan) air. Kegunaan reservoir adalah untuk menampung air pada saat pemakaian di bawah rata-rata dari debit yang dialirkan IPA dan pada saat jam-jam puncak air yang telah tertampung tadi akan dialirkan ke pelanggan.

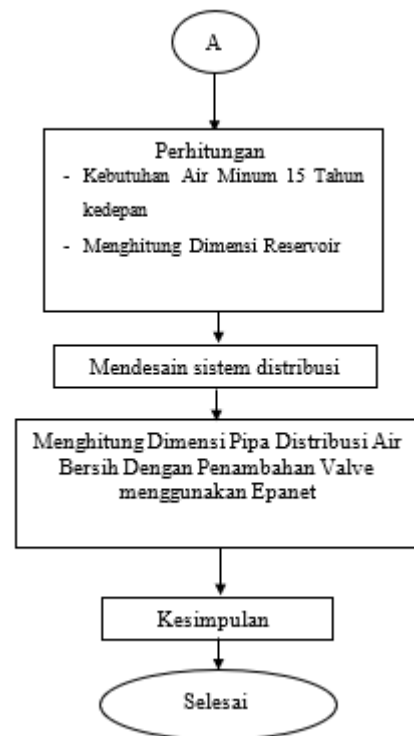
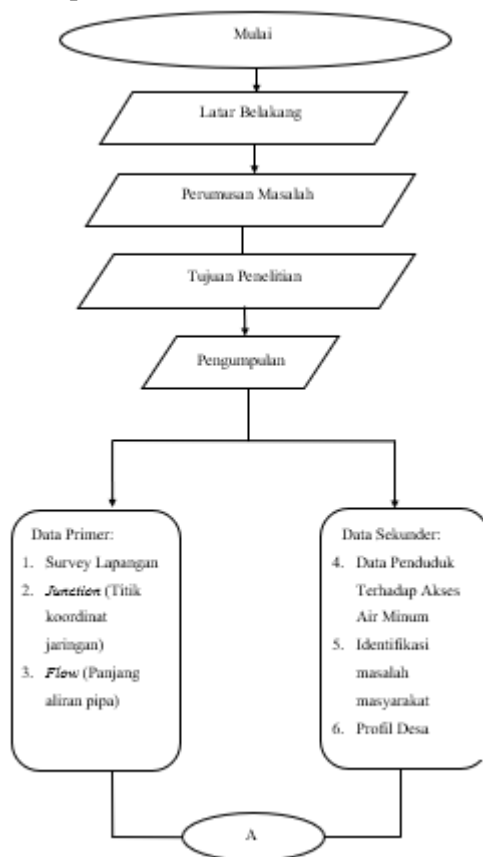
i. Software EPANET

EPANET (*Environmental Protection Agency Network*) adalah sebuah program computer (model) yang melaksanakan simulasi hidraulik dan perilaku kualitas air di dalam suatu jaringan pipa distribusi air minum (pipa bertekanan). Suatu jaringan distribusi air minum terdiri dari pipa-pipa, node (percabangan pipa), pompa, tangki air atau reservoir dan katup-katup.

3. METODOLOGI

Pada penelitian ini memakai data sebagai berikut :

1. Data elevasi
2. Titik koordinat jaringan
3. Data penduduk



Gambar 1 Flowchart Pelaksanaan Tugas Akhir (Hasil analisa sendiri)

4. ANALISA dan PEMBAHASAN

a. Letak dan Batas Wilayah

Desa Wringinanom terletak di Kecamatan Kuripan Kabupaten Probolinggo, tepatnya berada di koordinat $7^{\circ} 52' 31,062''$ Lintang Selatan, $113^{\circ} 5' 39,744''$ Bujur Timur dan memiliki luas administrasi $\pm 856,024$ Ha, terdiri dari 6 dusun yaitu Dusun Krajan, Dusun Cabean, Dusun Pusung Lor, Dusun Pekalongan, Dusun Nangger dan Dusun Leduk. batas – batas wilayah sebagai berikut :

- a. Sebelah Utara : Desa Boto
- b. Sebelah Timur : Desa Menyono
- c. Sebelah Selatan : Desa Resongo
- d. Sebelah Barat : Desa Ngepung

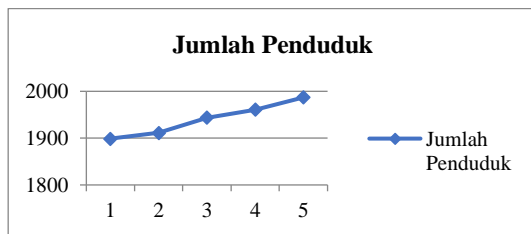
b. Proyeksi Jumlah Penduduk

Sesuai dengan data-data yang diperoleh bahwa jumlah penduduk Desa Wringinanom pada tahun 2018-2022 sebagai berikut:

Tabel 2 Jumlah Penduduk Desa Wringinanom

NO	DUSUN	TAHUN				
		2018	2019	2020	2021	2022
1	Dusun Nangger	851	856	871	879	891
2	Dusun Leduk	1048	1055	1073	1082	1096
JUMLAH		1899	1911	1944	1961	1987

Sumber : Kantor Desa Wringinanom, 2022



Gambar 2 Jumlah Penduduk Desa Wringinanom

Sumber: Kantor Desa Wringinanom, 2022

Pertumbuhan Penduduk 2018-2019

$$r_1 = \frac{1911 - 1899}{1899} = 0,00632$$

Tabel 3 Pertumbuhan Penduduk Desa Wringinanom

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk
1	2018	1899	-
2	2019	1911	0,00632
3	2020	1944	0,01727
4	2021	1961	0,00874
5	2022	1987	0,01326
Rata - Rata			0,00912

Sumber: Pengolahan Data, 2023 (perhitungan penduduk pada tahun 2022)

Metode Geometrik:

$$P_n = P_0 \times (1 + r)^n = 1.987 \times (1 + 0,00912)^1 = 1.987 \times (1,00912)^1 = 2005 \text{ jiwa}$$

dengan:

P_n = Jumlah Penduduk Setelah n Tahun ke Depan (Jiwa)

P_0 = Jumlah Penduduk Pada Tahun Dasar (Jiwa)

r = Angka Pertumbuhan Penduduk

n = jangka waktu dalam tahun

Pertumbuhan penduduk pada tahun 2022 hingga tahun 2037 bertambah sekitar 18-19 jiwa di setiap tahunnya. Bisa diambil contoh pada jumlah penduduk di tahun 2022 sebesar 1.987, lalu di tahun 2023 sebesar 2.005. Jadi dari

jumlah penduduk dari tahun 2022 ke tahun 2023 sebesar 18 jiwa.

c. Analisa Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih rumah tangga yaitu sebesar 90 liter/orang/hari, sesuai yang tertera dalam SNI 6728.1 tahun 2015 tentang penyusunan neraca spasial sumber daya alam. Sedangkan pemakaian air bersih di Desa Wringinanom sendiri yaitu sebesar 204.913 liter/hari, jika dalam jam yaitu sebesar 8.538 liter/jam, dan jika dalam detik yaitu sebesar 2,4 liter/detik.

Suplai air bersih desa Wringinanom dari sumber air Kajah Pote yaitu berdebit 3,4 ltr/dt, Untuk mengetahui debit pada sumber mata air yaitu melakukan metode *velocity method* dengan tipe canting (*cup type*). Menggunakan media wadah timba sebagai penampung airnya dan dihitung waktu alirannya menggunakan *stopwatch* sampai timbanya terisi penuh oleh air. Jumlah penduduk Desa Wringinanom pada tahun 2037 sebanyak 2277 jiwa. Sedangkan kebutuhan air bersih Desa Wringinanom pada tahun 2037 sebagai berikut:

$$Q_d = \text{jumlah penduduk tahun 2037 total} \times \text{kebutuhan air per orang per detik} = (2277 \text{ jiwa} \times 90) : 86.400 = 2,4 \text{ ltr/dt}$$

Tingkat konsumsi pelayanan sambungan rumah 5 jiwa/SR (diasumsikan 1 rumah berisi 5 orang), dikarenakan jumlah rumah yang sudah dihitung yaitu sejumlah 397 unit. Pelayanan kebutuhan air bersih pada tahun 2022 dapat dipenuhi 100% dari total jumlah penduduk. Kebutuhan air non domestik (Q_n) diperhitungkan berdasarkan presentase dari kebutuhan domestik dengan kategori 10% untuk kategori Desa. Sehingga kebutuhan air non domestik (Q_n) yaitu:

$$Q_n = 10\% \times Q_d = 10\% \times 2,4 \text{ ltr/dt} = 0,24 \text{ ltr/dt}$$

Total konsumsi:

$$Q = Q_d + Q_n = 2,4 + 0,24 = 2,6 \text{ ltr/dt}$$

Kehilangan air untuk ketegori desa sesuai SNI yaitu sebesar 20% dari produksi
 $= 20\% \times 2,6 \text{ ltr/dt} = 0,65 \text{ ltr/dt}$.

Kebutuhan Air Rata-rata (Q_r)

$$\begin{aligned} Q_r &= Q_d + Q_n + \text{Kehilangan Air} \\ &= 2,4 + 0,24 + 0,65 \\ &= 3,26 \text{ ltr/dt} \end{aligned}$$

Kebutuhan harian maksimum (Q_{peak}) adalah pemakaian tertinggi pada hari tertentu selama 1 tahun.

$$\begin{aligned} Q_{peak} &= Q_r \times 1,1 \text{ (Faktor harian maksimum)} \\ &= 3,26 \times 1,1 \\ &= 3,59 \text{ ltr/dt} \end{aligned}$$

Fluktuasi pemakaian air pada setiap jam pada jam puncak pagi pukul 07.00

$$\begin{aligned} &= Q_r \times 1,5 \text{ (faktor pada puncak)} \\ &= 3,26 \times 1,5 \\ &= 4,89 \text{ ltr/dt} \end{aligned}$$

d. Perhitungan Dimensi Reservoir

Tabel 4 Analisa Perencanaan Dimensi *Reservoir*

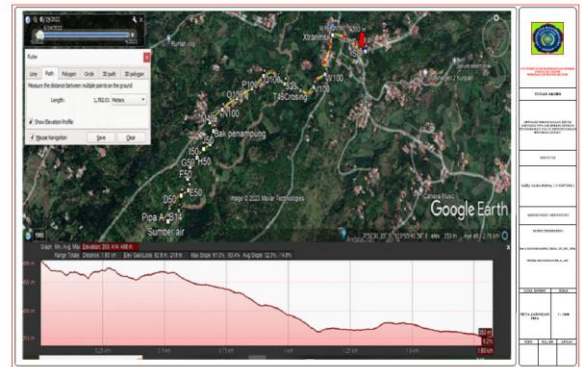
No	Uraian	Satuan	Tahun Proyeksi Ke n				
			Tahun 2022	2027	2032	2037	
1	Kebutuhan Air						
	Sumber Kajuh Pote	Ltr/dt	2,85	2,98	3,12	3,26	
	- Hariian Puncak	Faktor	1,1	1,1	1,1	1,1	
	Sumber Kajuh Pote	Ltr/dt	3,1	3,3	3,4	3,6	
	Sumber Kajuh Pote	m ³ /jam	11,27	11,79	12,34	12,91	
2	Sumber Kajuh Pote	m ³ /hari	270,48	283,04	296,19	309,94	
	- Jam Puncak	Faktor	1,5	1,5	1,5	1,5	
	Sumber Kajuh Pote	Ltr/dt	4,27	4,47	4,67	4,89	
	3	Kebutuhan Air Baku	Faktor	3,0	3,0	3,0	3,0
			Ltr/dt	9,39	9,83	10,28	10,76
4	Volume Reservoir	m ³	40,57	42,46	44,43	46,49	

Sumber: Pengolahan data, 2023

Pada analisa tabel diatas dapat disimpulkan bahwa volume pada *reservoir* (Bak Penampung) yaitu sebesar 46,49 m³ jadi untuk dimensi reservoir untuk 15 tahun kedepan adalah 4 x 4 x 3 m³.

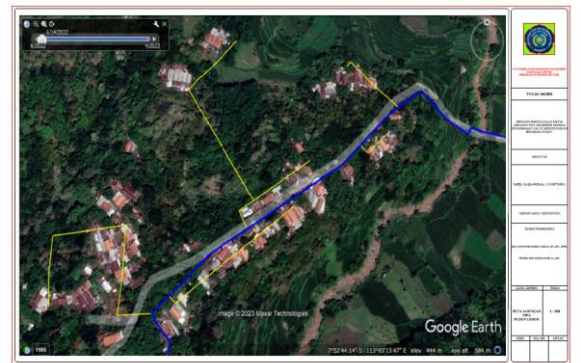
e. Perhitungan Data Ukur

Jaringan pipa air bersih terletak di dusun Leduk dan dusun Nangger, dan jaringan ini mengairi sebagian besar di wilayah dusun Leduk dan dusun Nangger. Untuk mengetahui jaringan, penulis mencari dari sumber internet berdasarkan Google Earth yang sebagaimana dicantumkan sebagai berikut :



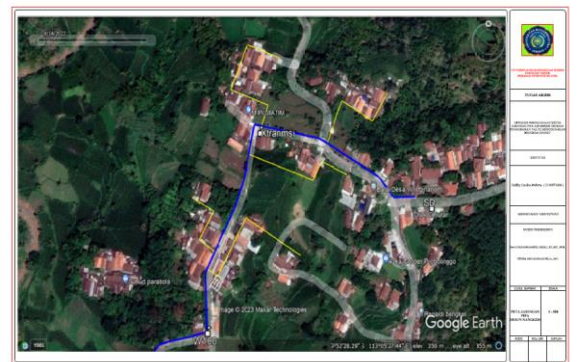
Gambar 3 Peta Jaringan Perpipaan dusun Leduk dan dusun Nangger

Sumber: Google Earth, 2023



Gambar 4 Peta Jaringan Perpipaan dusun Leduk

Sumber: Google Earth, 2023



Gambar 5 Peta Jaringan Perpipaan dusun Nangger

Sumber: Google Earth, 2023

Kondisi pada wilayah ini sebagian besar adalah tanah pegunungan terletak di bawah kaki gunung Bromo. Jadi apabila ingin memendam pipa butuh tenaga ekstra dan alat gali yang lengkap agar bisa menanam pipa saat menggali melintasi jalur dengan kondisi medan tanah bebatuan. Jaringan ini memiliki total pipa sebesar 561 Lonjor, total panjang pipa sebesar 3.364 meter, jumlah rumah yang diairi sebanyak 397 unit, jumlah penduduk sejumlah 1.987 jiwa,

dan total kebutuhan air sebesar 2,85 liter/detik. Kondisi pengukuran debit mata air Kajuh Pote dilakukan dengan survey langsung ke lokasi dimana medan yang dilalui sangat terjal melewati lereng pegunungan. Berikut dokumentasi saat pengambilan sample debit sumber Kajuh Pote pada *Gambar 6* dibawah ini :



Gambar 6 Pengukuran debit mata air pada sumber Kajuh Pote
Sumber: Dokumen Pribadi, 2023

Diketahui titik *Broncap* di jaringan ini memiliki elevasi 488 meter diatas permukaan laut (mdpl), dengan debit pada sumber mata air Kajuh Pote dari hasil perhitungan survey langsung di lokasi didapat debit sebesar 3,4 liter/detik.

Setelah melakukan pengukuran elevasi menggunakan *GPS Garmin*, adapun kondisi titik lokasi ketika melakukan pengukuran elevasi sebagai berikut:



Gambar 7 Pengukuran survey lokasi dan elevasi di Jaringan pipa rencana
Sumber: Dokumen Pribadi, 2023

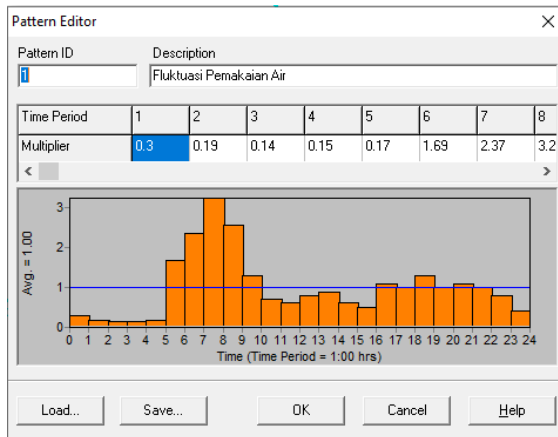


Gambar 8 Pengukuran survey lokasi Reservoir
Sumber: Dokumen Pribadi, 2023

Diketahui *Reservoir* di jaringan ini memiliki elevasi 467 meter diatas permukaan laut (mdpl), selisih 21 meter dengan elevasi titik *Broncap* dan selisih pipa pertama yaitu sebesar 464 mdpl, sedangkan elevasi terendah dari jaringan ini sebesar 355 mdpl.

f. Analisis Epanet

Perhitungan jaringan distribusi air bersih menggunakan software Epanet 2.2. Hasil perhitungan Epanet, node parameter untuk setiap node hidran umum memenuhi syarat minimum tekanan (pressure), berdasarkan kriteria pipa transmisi dan distribusi menurut Kep Men PU no. 18 Tahun 2007, dimana memiliki tekanan lebih dari 20 m dan kurang dari 75 m. Sedangkan link parameter, memiliki (kecepatan aliran) velocity yang sesuai dengan syarat minimum yaitu kecepatan aliran dalam pipa diantara 0,3 – 0,6 m/det serta mengambil perbandingan syarat kecepatan maksimum pipa PVC 3,0-4,5 m/det. Sebelum menganalisis jaringan-jaringan perpipaan pada desa Wringinanom, tentukan fluktuasi pemakaian air (*pattern*) terlebih dahulu, berhubung sudah menghitung kebutuhan air pada masing-masing jaringan. Menentukan *pattern* bertujuan untuk mengetahui hasil analisis jaringan pada jam tertentu, khususnya pada jam puncak. Berikut hasil grafik dari analisis *pattern* menggunakan software Epanet:



Gambar 9 Analisis Fluktuasi Pemakaian Air (Pattern)
 Sumber: Aplikasi Epanet, 2023

Pemakaian air bersih tertinggi di Desa Wringinanom yaitu pada jam 07.00, sedangkan pemakaian air minum terendah yaitu pada jam 02.00. Agar lebih terperinci, berikut hasil dari pengolahan data konsumsi air di Desa Wringinanom pada tabel 5 dibawah ini:

Tabel 5 Fluktuasi Pemakaian Air Setiap Jam

NO	Jam	Konsumsi ltr/hari	Multiplier
1	00.00	3066	0,30
2	01.00	1966	0,19
3	02.00	1466	0,14
4	03.00	1566	0,15
5	04.00	1766	0,17
6	05.00	17266	1,69
7	06.00	24266	2,37
8	07.00	33266	3,25
9	08.00	26266	2,56
10	09.00	13266	1,29
11	10.00	7266	0,71
12	11.00	6266	0,61
13	12.00	8266	0,81
14	13.00	9266	0,90
15	14.00	6266	0,61
16	15.00	5266	0,51
17	16.00	11266	1,10
18	17.00	10266	1,00
19	18.00	13266	1,29
20	19.00	10266	1,00
21	20.00	11266	1,10
22	21.00	10266	1,00
23	22.00	8266	0,81
24	23.00	4266	0,42
Jumlah		245884,00	
Rata-rata:		10245,17	
Per-detik:		2,85	

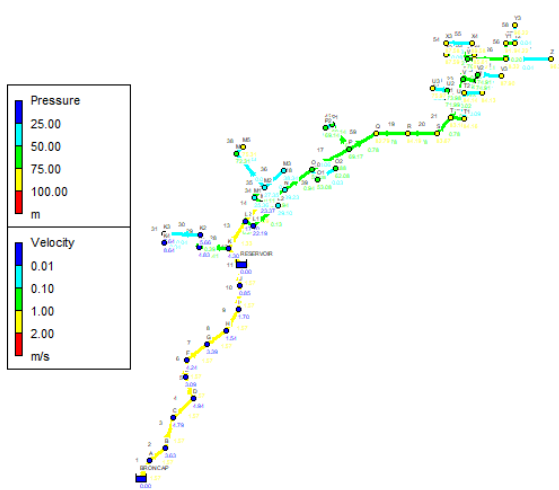
Sumber: Pengolahan data, 2023

Setelah diketahui hasil dari *pattern*, selanjutnya dapat menganalisis tekanan dan kecepatan aliran pada jaringan perpipaan air minum pada Desa Wringinanom.

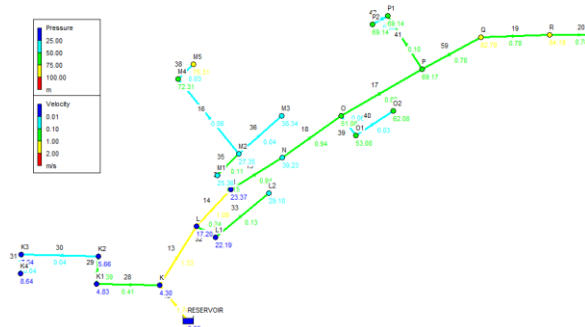
Tabel 6 Pipa dan Node Parameter Jaringan Desa Wringinanom sebelum pemasangan Valve.

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Head m	Pressure m	Link ID	Length	Diameter mm	Flow LPS	Velocity m/s	Line Headloss value	Status
Junc A	484	0	483.68	4.48	Pipe 1	14	90	13.01	1.57	36.97	Open
Junc B	484	0	487.63	3.63	Pipe 2	50	90	10.01	1.57	36.97	Open
Junc C	481	0	486.79	4.79	Pipe 3	50	90	10.01	1.57	36.97	Open
Junc D	479	0	483.94	4.94	Pipe 4	50	90	10.01	1.57	36.96	Open
Junc E	479	0	482.09	3.09	Pipe 5	50	90	10.01	1.57	36.97	Open
Junc F	475	0	481.24	4.24	Pipe 6	50	90	10.01	1.57	36.97	Open
Junc G	475	0	479.38	3.38	Pipe 7	50	90	10.01	1.57	36.96	Open
Junc H	475	0	476.54	1.54	Pipe 8	50	90	10.01	1.57	36.97	Open
Junc I	473	0	474.70	1.70	Pipe 9	50	90	10.01	1.57	36.97	Open
Junc J	472	0	472.85	0.85	Pipe 10	50	90	10.01	1.57	36.97	Open
Junc K	464	0	468.30	4.30	Pipe 11	50	90	10.01	1.57	36.96	Open
Junc L	447	0	464.20	17.20	Pipe 12	48	63	2.42	0.76	15.13	Open
Junc M	438	0	461.31	23.31	Pipe 13	100	63	4.14	1.33	40.52	Open
Junc N	420	0	459.22	29.22	Pipe 14	100	63	3.39	1.09	26.34	Open
Junc O	406	0	457.00	51.00	Pipe 15	100	63	2.92	0.94	21.44	Open
Junc P	386	0	455.17	63.17	Pipe 17	100	63	2.74	0.88	19.12	Open
Junc Q	372	0	454.79	62.79	Pipe 20	100	63	2.42	0.76	15.13	Open
Junc R	370	0	454.19	64.19	Pipe 21	100	63	2.42	0.76	15.13	Open
Junc S	369	0	453.47	65.47	Pipe 22	100	63	2.36	0.67	11.42	Open
Junc T	368	0	451.14	63.14	Pipe 23	10	63	1.96	0.62	6.75	Open
Junc U	360	0	450.02	70.02	Pipe 24	60	63	1.13	0.36	3.69	Open
Junc V	378	0	448.95	71.95	Pipe 26	172	63	0.75	0.24	1.72	Open
Junc W	379	0	448.73	70.73	Pipe 27	140	63	0.14	0.04	0.07	Open
Junc X	365	0	448.62	64.62	Pipe 28	100	63	1.29	0.41	4.71	Open
Junc Y	361	0	448.32	69.32	Pipe 29	60	63	1.22	0.39	4.26	Open
Junc Z	363	0.042	448.31	68.31	Pipe 30	50	63	0.14	0.04	0.07	Open
Junc K1	463	0.021	467.83	4.83	Pipe 31	12	63	0.14	0.04	0.07	Open
Junc K2	462	0.333	467.66	5.66	Pipe 32	10	63	0.74	0.24	1.71	Open
Junc K3	460	0	467.64	7.64	Pipe 33	155	63	0.41	0.13	0.56	Open
Junc K4	459	0.042	467.64	8.64	Pipe 34	20	63	0.47	0.15	0.74	Open
Junc L1	442	0.194	464.19	22.19	Pipe 35	25	63	0.94	0.11	0.40	Open
Junc M1	436	0.042	461.36	26.36	Pipe 36	60	63	0.14	0.04	0.07	Open
Junc M2	434	0	461.35	27.35	Pipe 38	35	63	0.08	0.03	0.04	Open
Junc M3	423	0.042	461.34	38.34	Pipe 39	10	63	0.18	0.06	0.12	Open
Junc M4	389	0.033	461.31	72.31	Pipe 40	32	63	0.11	0.03	0.05	Open
Junc M5	386	0.028	461.31	75.31	Pipe 41	70	63	0.33	0.10	0.37	Open
Junc O1	484	0.021	483.68	51.68	Pipe 42	22	63	0.24	0.08	0.21	Open
Junc O2	485	0.021	483.68	50.68	Pipe 25	30	63	1.13	0.36	3.69	Open
Junc O3	395	0.021	457.00	62.00	Pipe 43	10	63	0.34	0.11	0.40	Open
Junc P1	386	0.026	455.14	69.14	Pipe 44	70	63	0.27	0.09	0.27	Open
Junc P2	386	0.076	455.14	69.14	Pipe 45	70	63	0.26	0.07	0.16	Open
Junc T1	367	0.021	451.16	64.16	Pipe 46	30	63	0.51	0.16	0.86	Open
Junc T2	367	0.021	451.14	64.14	Pipe 47	25	63	0.45	0.14	0.66	Open
Junc T3	367	0.063	451.13	64.13	Pipe 48	25	63	0.27	0.09	0.26	Open
Junc U1	376	0.021	449.99	71.99	Pipe 49	62	63	0.44	0.14	0.62	Open
Junc U2	381	0.064	449.99	70.99	Pipe 50	6	63	0.44	0.14	0.62	Open
Junc U3	374	0.063	449.97	75.97	Pipe 51	62	63	0.20	0.07	0.16	Open
Junc V1	375	0	449.91	74.91	Pipe 52	10	63	0.38	0.12	0.49	Open
Junc V2	375	0.071	449.91	74.91	Pipe 53	50	63	0.38	0.12	0.49	Open
Junc V3	362	0.063	449.90	67.90	Pipe 54	50	63	0.24	0.08	0.22	Open
Junc X1	364	0	449.61	65.61	Pipe 55	50	63	0.11	0.03	0.05	Open
Junc X2	362	0.042	449.59	67.59	Pipe 56	60	63	0.03	0.01	1.91	Open
Junc X3	362	0.042	449.58	67.58	Pipe 57	30	63	0.34	0.11	0.40	Open
Junc X4	360	0.033	449.58	69.58	Pipe 58	22	63	0.14	0.04	0.07	Open
Junc Y1	359	0.063	449.22	91.22	Pipe 59	25	63	2.42	0.76	15.13	Open
Junc Y2	355	0.063	449.22	94.22	Pipe 16	210	63	0.29	0.06	0.15	Open
Junc Y3	353	0.042	449.22	96.22	Pipe 18	190	63	2.52	0.76	21.44	Open
Reservoir	490	80.04	490.00	0.00	Pipe 19	40	63	2.42	0.76	15.13	Open
Reservoir	471	80.04	471.00	0.00							

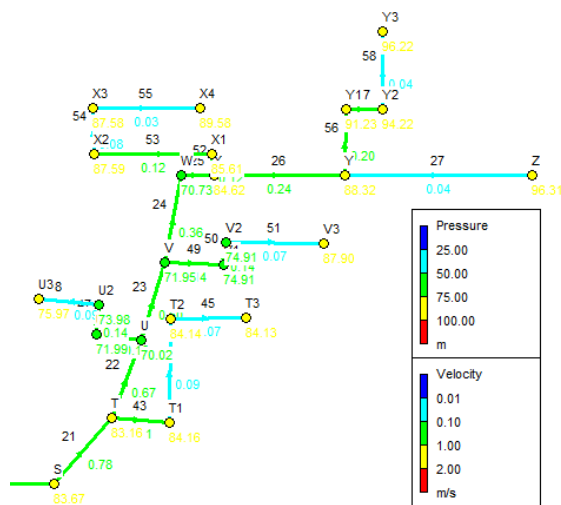
Analisis pada pipa jaringan ini menggunakan *pattern* pada jam 07.00 yang mana pada waktu tersebut fluktuasi penggunaan air tertinggi. Pada tabel dibawah ini dapat disimpulkan bahwa jumlah pipa sebanyak 569 Lonjor. Pipa berukuran pipa 90 mm (3 inci) berjumlah 86 lonjor, pipa 63 mm (2 inci) berjumlah 483 lonjor. Kecepatan aliran (*velocity*) tertinggi yaitu pada pipa 1 - 11 sebesar 1,57 meter/detik, sedangkan kecepatan aliran terendah yaitu pada pipa 38, pipa 40, dan pipa 55 sebesar 0,03 meter/detik. Dapat dilihat pada tabel 6 diatas.



Gambar 10 Peta Jaringan Air Bersih Desa Wringinanom sebelum pemasangan Valve (Sumber: Aplikasi Epanet 2.2)



Gambar 11 Peta Jaringan Air Bersih dusun Leduk sebelum pemasangan Valve (Sumber: Aplikasi Epanet 2.2)



Gambar 12 Peta Jaringan Air Bersih dusun Nanger sebelum pemasangan Valve (Sumber: Aplikasi Epanet 2.2)

Dari Hasil analisa perhitungan di atas

node parameter untuk setiap node jaringan pipa terdapat node jaringan yang tidak memenuhi syarat minimum tekanan (*pressure*), yaitu pada node jaringan Q elevasi 82,79 meter sampai node jaringan Z elevasi 96,31 meter dari elevasi reservoir . Berdasarkan kriteria pipa transmisi dan distribusi menurut Kep Men PU no. 18 Tahun 2007, batas aman tekanan lebih dari 10 m dan kurang dari 75 m. Dengan demikian diperlukan opsi lain agar titik jaringan tersebut tidak terjadi kebocoran akibat tekanan melebihi 75 m.

Tabel 7 Pipa dan Node Parameter Jaringan Desa Wringinanom setelah menggunakan Valve 2” dan 0,5”.

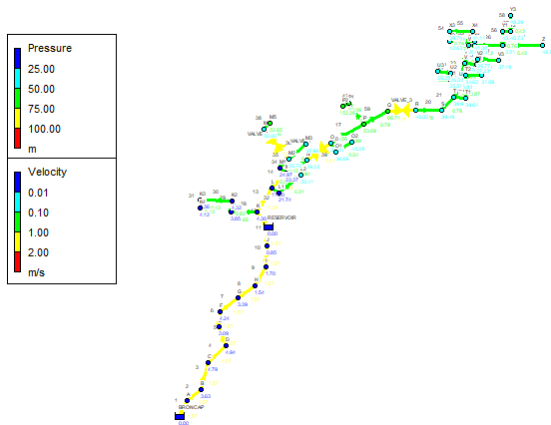
Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Inlet Pressure m	Pressure m	Link ID	Length m	Diameter mm	Flow m³/s	Velocity m/s	Unit Headloss m	Status
June A	495	0	499.43	4.43	Pipe 1	14	38	10.01	1.57	36.97	Open
June B	494	0	497.63	3.63	Pipe 2	50	50	10.01	1.57	36.97	Open
June C	491	0	495.79	4.79	Pipe 3	50	50	10.01	1.57	36.97	Open
June D	479	0	493.94	4.94	Pipe 4	50	50	10.01	1.57	36.96	Open
June E	479	0	492.09	3.09	Pipe 5	50	50	10.01	1.57	36.97	Open
June F	476	0	490.24	4.24	Pipe 6	50	50	10.01	1.57	36.97	Open
June G	476	0	488.39	3.39	Pipe 7	50	50	10.01	1.57	36.96	Open
June H	475	0	476.54	1.54	Pipe 8	50	50	10.01	1.57	36.97	Open
June I	473	0	474.70	1.70	Pipe 9	50	50	10.01	1.57	36.97	Open
June J	472	0	472.85	0.85	Pipe 10	50	50	10.01	1.57	36.97	Open
June K	464	0	468.30	4.30	Pipe 11	50	50	10.01	1.57	36.96	Open
June L	447	0	464.20	17.20	Pipe 12	40	63	5.42	1.74	67.59	Open
June M	436	0	463.37	23.37	Pipe 13	100	63	4.14	1.33	49.30	Open
June N	428	0	459.22	39.22	Pipe 14	100	63	3.99	1.30	29.34	Open
June O	436	0	441.00	35.00	Pipe 15	100	63	2.82	0.94	21.44	Open
June P	396	0	439.09	53.09	Pipe 17	100	63	2.74	0.88	19.12	Open
June Q	372	0	436.71	66.71	Pipe 20	100	63	2.42	0.78	15.13	Open
June R	370	0	410.00	40.00	Pipe 21	100	63	2.42	0.78	15.13	Open
June S	369	0	408.49	39.49	Pipe 22	100	63	2.08	0.67	11.42	Open
June T	368	0	406.97	38.97	Pipe 23	10	63	1.96	0.60	6.75	Open
June U	368	0	405.61	29.61	Pipe 24	60	63	1.13	0.36	3.69	Open
June V	329	0	405.61	27.61	Pipe 25	177	63	0.99	0.32	5.97	Open
June W	379	0	405.64	26.64	Pipe 27	140	20	0.14	0.43	13.74	Open
June X	365	0	405.43	40.43	Pipe 28	100	50	1.28	0.66	14.91	Open
June Y	361	0	404.51	43.51	Pipe 29	40	50	1.22	0.62	13.12	Open
June Z	393	0.042	401.75	48.75	Pipe 30	190	20	0.14	0.43	19.74	Open
June K1	463	0.021	466.65	3.65	Pipe 31	12	20	0.14	0.43	19.74	Open
June K2	462	0.021	466.32	4.32	Pipe 32	10	32	0.74	0.93	46.26	Open
June K3	460	0	463.36	3.36	Pipe 33	165	32	0.81	0.51	15.80	Open
June K4	459	0.042	463.12	4.12	Pipe 34	30	32	0.47	0.59	20.92	Open
June L1	442	0.014	463.74	21.74	Pipe 35	25	32	0.34	0.42	10.72	Open
June L2	435	0.125	461.41	26.41	Pipe 36	97	20	0.14	0.43	19.74	Open
June M1	436	0.042	460.97	24.97	Pipe 38	35	20	0.89	0.30	9.94	Open
June M2	434	0	460.70	26.70	Pipe 39	10	20	0.18	0.56	31.44	Open
June M3	423	0.042	458.96	35.96	Pipe 40	32	20	0.11	0.34	12.63	Open
June M4	399	0.021	459.09	50.09	Pipe 41	70	32	0.33	0.48	5.97	Open
June M5	396	0.025	458.65	52.65	Pipe 42	22	32	0.24	0.36	5.95	Open
June O1	404	0.021	448.69	36.69	Pipe 25	33	32	1.13	0.36	3.88	Open
June O2	395	0.033	448.29	45.29	Pipe 43	10	25	0.34	0.70	36.33	Open
June P1	396	0.025	438.39	52.39	Pipe 44	70	20	0.27	0.67	71.26	Open
June P2	398	0.075	438.26	52.26	Pipe 45	70	20	0.20	0.65	41.80	Open
June T1	367	0.021	406.61	39.61	Pipe 46	30	25	0.51	1.05	77.44	Open
Node W	70.73	0.042	84.62	0.24	Pipe 26	25	25	0.45	0.91	59.46	Open
Node X	87.58	0.03	89.58	0.03	Pipe 47	25	25	0.27	0.86	69.70	Open
Node Y	81.23	0.04	94.22	0.04	Pipe 48	62	25	0.44	0.89	57.07	Open
Node Z	96.31	0.04	96.31	0.04	Pipe 49	8	25	0.44	0.89	57.07	Open
Node U	71.99	0.12	85.61	0.12	Pipe 50	42	20	0.20	0.60	41.80	Open
Node V	70.73	0.042	84.62	0.24	Pipe 51	10	32	0.30	0.47	13.34	Open
Node W	70.73	0.042	84.62	0.24	Pipe 52	50	32	0.30	0.47	13.34	Open
Node X	87.58	0.03	89.58	0.03	Pipe 53	50	20	0.11	0.34	12.63	Open
Node Y	81.23	0.04	94.22	0.04	Pipe 54	50	20	0.11	0.34	12.63	Open
Node Z	96.31	0.04	96.31	0.04	Pipe 55	80	32	0.61	0.76	32.10	Open
Node U	71.99	0.12	85.61	0.12	Pipe 56	20	32	0.34	0.42	10.62	Open
Node V	70.73	0.042	84.62	0.24	Pipe 57	20	30	0.14	0.43	19.74	Open
Node W	70.73	0.042	84.62	0.24	Pipe 58	25	32	0.42	0.70	15.13	Open
Node X	87.58	0.03	89.58	0.03	Value VALVE_1	BNVA	51.4	2.92	1.47	19.23	Active
Node Y	81.23	0.04	94.22	0.04	Value VALVE_2	BNVA	15.6	0.20	1.95	21.70	Active
Node Z	96.31	0.04	96.31	0.04	Value VALVE_3	BNVA	51.4	2.42	1.17	28.71	Active

Sumber: Aplikasi Epanet 2.2

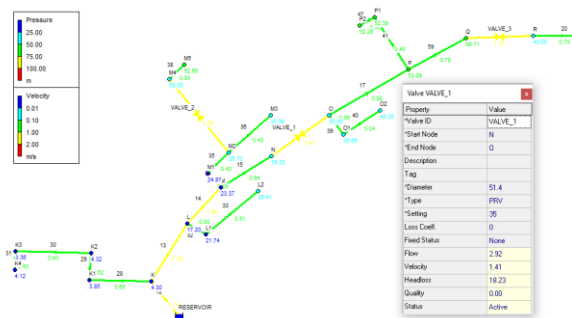
Pada tabel jaringan ini dapat disimpulkan bahwa jumlah pipa sebanyak 569 Lonjor. Pipa berukuran pipa 90 mm (3 inci) berjumlah 86 lonjor, pipa 63 mm (2 inci) berjumlah 161 lonjor, pipa 50 mm (1,5 inci) berjumlah 29 lonjor, pipa 32 mm (1 inci) berjumlah 50 lonjor, pipa 25 mm (0,75 inci) berjumlah 49 lonjor, dan pipa 20 mm (0,5 inci) berjumlah 194 lonjor. Kecepatan aliran (*velocity*) tertinggi yaitu pada pipa 1 - 11 sebesar

1,57 meter/detik, sedangkan kecepatan aliran terendah yaitu pada pipa 38, dan pipa 42 sebesar 0,30 meter/detik.

Setelah menentukan hasil dari jumlah node dan pipa di suatu jaringan, selanjutnya dilihat peta jaringannya terlebih dahulu yang ada di Epanet, apakah sesuai dengan hasil tabel atau tidak. Apabila peta jaringan di Epanet aman dan sesuai ketentuan SNI, maka jaringan yang ditampilkan akan berwarna biru, merah muda, atau hijau dan apabila di *running* hasilnya bertulisan “run was successful”. Berikut hasil dari *running* Epanet di jaringan setelah menggunakan Valve_1 pada node N ke O, Valve_2 node M2 ke M4, dan Valve_3 Q ke R.

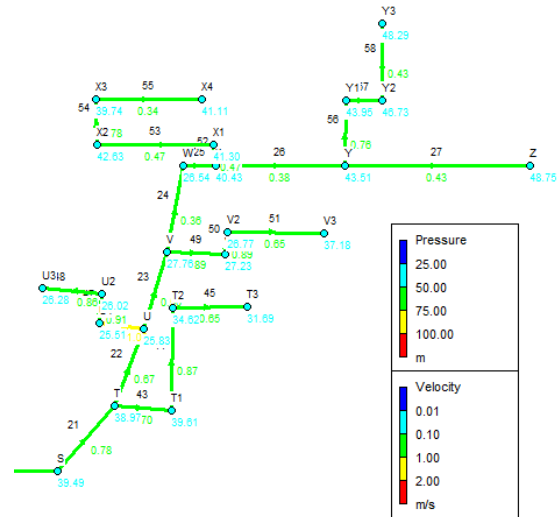


Gambar 13 Peta Jaringan Air Bersih desa Wringinanom setelah menggunakan Valve (Sumber: Aplikasi Epanet 2.2)



Gambar 14 Peta Jaringan Air Bersih dusun Leduk setelah menggunakan valve (Sumber: Aplikasi Epanet 2.2)

Dari analisa Epanet di atas penggunaan Gate Valve ada tiga titik yaitu pada Gate Valve 1 diameter 2” dengan setting 35 m, Gate Valve 2 diameter 0,5” dengan setting 50 m, dan Gate Valve 3 diameter 2” dengan setting 40 m.



Gambar 15 Peta Jaringan Air Bersih dusun Nanger setelah menggunakan Gate Valve (Sumber: Aplikasi Epanet 2.2)

Analisa *running* dari jaringan pipa dengan penggunaan valve diatas dapat disimpulkan bahwa pendistribusian air bersih di Desa Wringinanom sudah memenuhi syarat minimum kecepatan aliran yaitu kecepatan minimum 0,3 meter/detik dan kecepatan maksimum 3,0 meter/detik. Apabila kecepatan aliran kurang dari nilai minimum maka sedimen didalam pipa akan terus mengendap didalam pipa. Lalu apabila kecepatan aliran terlalu cepat maka tekanan juga semakin tinggi dan akan meningkatnya resiko kebocoran.

g. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Jaringan Pipa Dengan Menggunakan Valve dan tanpa Valve

Hasil analisa perhitungan dengan aplikasi *Epanet* didapat selisih biaya dengan menggunakan valve yaitu selisih 38.417.000 rupiah. Dalam penelitian ini menggunakan Valve biaya lebih efisien dimana dimensi pipa diperkecil pada beberapa bagian dari junction W sampai Junction Y3 pada tabel 4.10 di atas, serta dapat menghindari terjadinya kebocoran pada sambungan pipa akibat tekanan yang sangat tinggi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Kesimpulan yang dalam penelitian ini adalah:

1. Kebutuhan pipa pada jaringan sebelum menggunakan Valve dan setelah menggunakan Valve adalah:

Tabel 8 Spesifikasi pipa yang digunakan dalam penelitian

No	TEKANAN MAX PIPA PVC	DIAMETER LUAR		PANJANG		TANPA VALVE		DENGAN VALVE	
		Inch	mm	m	LONJOR	LONJOR	LONJOR	LONJOR	
1	10 bar S-12,5	3"	90	6	86		86		
2	10 bar S-12,5	2"	63	6	483		161		
3	8 bar S-12,5	1,5"	50	6			29		
4	8 bar S-10	1"	32	6			50		
5	12,5 bar S-8	0,75"	25	6			49		
6	16 bar S-6,3	0,5	20	6			194		

Sumber: Pengolahan data, 2023

2. Kebutuhan air bersih di Desa Wringinanom kecamatan Kuripan pada tahun 2022 yaitu sebesar 2,85 liter/detik. Sedangkan kebutuhan air bersih proyeksi 15 tahun atau pada tahun 2037 yaitu sebesar 3,26 liter/detik. Apabila kebutuhan air bersih dikonversikan dalam satuan jam hasilnya yaitu sebesar 11.740,2 liter/jam. Sumber mata Air Kajuh Pote yang tersedia saat ini yaitu 3,4 liter/detik.
3. Hasil dari analisis menggunakan *software* Epanet 2.2 dengan menggunakan Valve didapati kesimpulan bahwa jaringan memiliki total panjang pipa (*pipe*) sebesar 3.414 meter dengan jumlah pipa sebanyak 569 lonjor, kecepatan aliran (*velocity*) tertinggi saat jam puncak pukul 07.00 WIB. sebesar 1,57 meter/detik sedangkan kecepatan aliran terendah sebesar 0,30 meter/detik, selain itu sisa tekan (*pressure*) pada node Q tertinggi sebesar 66,71 meter sedangkan sisa tekan pada node J terendah sebesar 0,85 meter. Hasil analisis berupa simulasi Epanet diatas dapat disimpulkan bahwa pendistribusian air minum di Desa Wringinanom sudah memenuhi syarat minimum kecepatan aliran yaitu kecepatan minimum 0,3 – 0,6 meter/detik dan kecepatan maksimum 3,0 – 4,5 meter/detik.
4. Jaringan pada penelitian ini menggunakan sistem gravitasi dengan *reservoir* atau bak penampung ground reservoir (ditanah) dengan dimensi reservoir dari hasil perhitungan yaitu 4 x 4 x 3 meter dimana

desain gambar bangunan ada pada lampiran gambar lembar ke 4.

5. Hasil Analisa perhitungan dengan aplikasi epanet didapat selisih biaya dengan menggunakan Valve biaya lebih efisien yaitu 38.417.000 rupiah. Dalam penelitian ini menggunakan Valve biaya lebih efisien dimana dimensi pipa diperkecil pada beberapa bagian dari junction W sampai Junction Y3 pada tabel 4.10. Analisa ini didapat dari aplikasi epanet dengan penambahan Valve di jaringan yang memiliki tingkat pressure tinggi, dimana desain gambar ada pada gambar 4.12. Titik pertama Valve 2" ada di Node N ke O dengan setting 35 m, titik ke dua Valve 0,5" ada di Node M2 ke M4 dengan setting 50 m, dan titik ke tiga Valve 2" ada di Node Q ke R dengan setting 40 m.

b. Saran

Setelah Penulis melakukan penelitian ini, terdapat saran yaitu Analisis tekanan (*pressure*) butuh variasi perhitungan alternatif dengan percobaan Bak Pelepas Tekan apabila tekanan air terlalu tinggi pada jaringan perpipaan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Admojo dan Sangkawati, 2008. evaluasi jaringan sarana air bersih.
- Asmadi Tahun 2011 Tentang Kebutuhan Air Non Domestik.
- Badan Standar Nasional SNI 7831:2012 Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum. Jakarta
- Bhave, P.R. 1991. Analysis of Flow in Water Distribution Networks. Technomic Publishing. Lancaster, PA.
- Dirjen Cipta Karya Tahun 1997 Tentang Kriteria Perencanaan Air Bersih.
- Enri Damanhuri, 1989. Tentang Pendekatan Sistem dalam Pengendalian dan Pengoperasian Sistem Jaringan Distribusi Air Minum.
- Google Earth Tahun 2023. GPS Garmin Search Desa Wringinanom Kecamatan Kuripan Kabupaten Probolinggo.
- Halagalimath, Shivalingaswami S., Vijaykumar H., Nagaraj S.Patil. 2016. Hydraulic modeling of water supply network using EPANET. Karnataka: International Research Journal of Engineering and

- Technology (IRJET), Vol:03, Issue:03, ISSN-e-2395:0056, ISSN-p-2393-0072.
- J. Kindle dan C.S. Russel Tahun 1984 Tentang Kebutuhan Air Untuk Tempat Tinggal.
- Kresic dan Stevanovic Tahun 2010 Tentang Sumber Mata Air.
- Linsley, Ray K, Dan Yoseph B. Franzini. 1996. Teknik Sumber Daya Air. Jilid I. Erlangga : Jakarta.
- Peraturan Menteri Kesehatan dan Kesejahteraan No. 492 Tahun 2010 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum.
- Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum.
- Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005 tentang sistem pengembangan air minum
- Permen PUPR No. 27 Tahun 2016 Tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum.
- PP 122 Tahun 2015 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum.
- RKM Desa Wringinanom Kecamatan Kuripan Kabupaten Probolinggo Tahun 2022 Tentang Penyediaan Air Minum.
- Robert J.Kodoatie Roestam Sjarief, 2010 hlm, 1 Tentang Tata Ruang Air.
- Sarwoko M Tahun 1985 Tentang Sistem Pengaliran.
- Tartuwa Sulanggana. 2022. Optimasi Sistem Jaringan Perpipaan Air Minum Menggunakan Program Epanet (Studi Kasus: Desa Lembengan, Kecamatan Ledokombo Jember).
- Totok Tahun 2010 Tentang Sumber Mata Air.