

EVALUASI OPERASIONAL PIPA JARINGAN SPAM IKK SIMPANG PEUT

Rizki Ardiansyah¹⁾, Meylish Safriani²⁾, Astiah Amir³⁾

Teknik Sipil, Universitas Teuku Umar

Teknik Sipil, Universitas Teuku Umar

Teknik Sipil, Universitas Teuku Umar

email: rizkiardiansyah534@gmail.com¹⁾, meylissafriani@utu.ac.id²⁾, AstiahAmir@utu.ac.id³⁾

Abstrak

Air bersih merupakan kebutuhan pokok masyarakat yang paling utama dalam kehidupan sehari-hari. Saat ini pemerintah Nagan Raya belum bisa mengakomodasi keseluruhan kebutuhan air minum dimasyarakat. Saluran Penyediaan Air Minum (SPAM) IKK Simpang Peut Nagan Raya dibangun guna untuk memenuhi kebutuhan air minum bagi masyarakat di daerah desa Simpang Peut yang selama ini masih bergantung pada air tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem pengolahan, distribusi dan penyebab tidak maksimal pelayanan air di SPAM IKK Simpang Peut. Pengambilan data dilakukan dengan observasi (survey lapangan), wawancara, dan studi literatur. Dari data tersebut dievaluasi dengan software Epanet 2.0. Hasil penelitian menghasilkan terdapat 14 segmen pipa utama distribusi yang memiliki kecepatan di bawah 0,3 m/s, dan perubahan jenis pipa dari jenis awal PVC menggunakan jenis HDPE untuk mengurangi kendala kebocoran pipa karena terkena dampak pekerjaan konstruksi lainnya,

Kata kunci: Tekanan air, distribusi air, Epanet 2.0

Abstract

Clean water is the most important basic need of society in daily life. Currently, the Nagan Raya government has not been able to accommodate all of the community's drinking water needs. The Drinking Water Supply Channel (SAPAM) IKK Simpang Peut Nagan Raya was built to meet the drinking water needs of the people in the Simpang Peut village area, who are still dependent on groundwater. This study aims to evaluate the treatment system, distribution and causes of not optimal water services at SPAM IKK Simpang Peut. Data were collected by observation (field survey), interviews, and literature studies. From these data evaluated with Epanet 2.0 software. The results showed that there were 14 main distribution pipe segments with velocities below 0.3 m/s, and a change in the type of pipe from the initial PVC type to the HDPE type to reduce pipe leakage problems due to the impact of other construction works.

Keywords: Water pressure, water distribution, Epanet 2.0.

1. Latar Belakang

Air bersih merupakan kebutuhan pokok masyarakat yang paling utama dalam kehidupan sehari-hari. Unit pelayanan SPAM IKK (Instalasi Kota Kecamatan) Kabupaten Nagan Raya saat ini belum mampu memberikan pelayanan yang baik di wilayah pelayanannya (Desa Simpang Peut) terutama dari segi kuantitas dan kontinuitas pendistribusian air, ini dapat dilihat dari beberapa permasalahan yang terjadi dilapangan yang dialami oleh masyarakat. Hal ini membuat terhambatnya pelayanan kepada masyarakat. Dari data yang dilakukan

menggunakan observasi (survey lapangan) masyarakat mengeluhkan terhambatnya pelayanan air SPAM tersebut yang terjadi air tidak mengeluarkan air selama enam bulan sampai satu tahun terakhir ini, hal ini disebabkan oleh rusaknya jaringan pipa penyaluran air kepada masyakat, debit aliran air pada jaringan pipa yang tidak sampai pada rumah warga, serta petugas pengelola pompa yang kurang maksimal dalam pelaksanaannya.

1.2 Permasalahan

Melihat pemaparan yang disampaikan pada latar belakang di atas maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

- 1 Mengapa air tidak mengalir kepada Saluran Rumah (SR) yang dilayani oleh SPAM Simpang Peut?
- 2 Jenis pipa apa yang cocok untuk jaringan pipa pada saluran SPAM agar tidak mengalami kerusakan kembali ?

1.3 TINJAUAN PUSTAKA

1.3.1 Sistem Saluran Tertutup (Pipa)

Sistem Penyedia Air Minum (SPAM) dapat dilakukan melalui jaringan terbuka dan tertutup. Saluran tertutup umumnya digunakan untuk saluran SPAM. SPAM sederhana terdiri atas sistem transmisi, distribusi, dan reservoir. Sistem tersebut dapat menggunakan sistem gravitasi, pemopaaan ataupun gabungan dari keduanya.

1.3.2 Kapasitas Pengaliran (Supply)

Kapasitas pengaliran atau debit pengaliran (Q) adalah volume air yang mengalir pada suatu saluran (pipa) rata-rata per satuan waktu, misal (Lt/dt) atau (m³/jam).

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2.1)$$

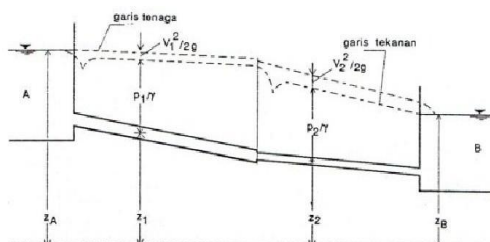
Dimana:

- Q = Debit (Lt/dt)
- A = Luas penampang pipa(A m²)
- V = Kecepatan aliran (m/dt)

1.3.3 Kehilangan Pemipaan

a. Kekekalan Energi

Sesuai Prinsip Bernoulli, tinggi tenaga disetiap titik (node) pada saluran pipa adalah jumlah dari tinggi elevasi, tinggi tekanan, dan tinggi kecepatan. Garis yang menghubungkan titik-titik tersebut dinamakan garis tenaga, garis tenaga selalu menurun secara teratur kearah aliran yang digambarkan di atas tampak memanjang pipa seperti yang di tunjuk pada Gambar 2.1 (Triatmojo,2003)



Gambar 1 Garis tenaga dan tekanan

b. Tekanan Air

Dalam suatu sistem perpipaan kita mengenal adanya tekanan statis dan tekanan dinamis atau tekanan hidrolis. Tekanan statis (static pressure) adalah tekanan air pada saat zat cair tidak mengalir dan tekanan dinamis (dynamic pressure) tekanan pada saat zat cair mengalir.

c. Kehilangan tekanan

Kehilangan tekanan air ada dua, yaitu kehilangan mayor akibat dinding pipa dimana formula *Hazem-Williams* adalah sebagai berikut.

$$H_f = \frac{10,666 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}}$$

Dimana:

H_f = headloss (m)

C = koefisien kekasaran (faktor Hazen Williams)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

Q = debit aliran (l/dtk)

d. Sistem Distribusi

Sistem distribusi, merupakan sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen yang memiliki fungsi pokok mendistribusikan air yang memenuhi syarat ke seluruh daerah layanan.

Epanet 2.0 ialah software untuk menganalisis jaringan distribusi yakni laju aliran dalam jaringan diperoleh menggunakan metode linear dan kehilangan tekanan akibat gesekan. Epanet 2.0 merupakan program simulasi dari perkembangan waktu profil hidrolis dan kualitas air bersih dalamsuatu jaringan distribusi, didalamnya terdiri dari titik/node/junction pipa, pompa, valve(asesoris) dan reservoir.

2. Metode penelitian

Secara umum data yang diperoleh dikelompok menjadi 2 bagian yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer merupakan hasil pengamatan langsung ke lokasi survei secara langsung.

Adapun data primer yang diperoleh dilapangan yaitu : wawancara warga, diameter pipa, jenis pipa, elevasi node jaringan pipa, kondisi meteran di masyarakat.

Adapun data sekunder meliputi : gambar jaringan pipa existing, kapasitas produksi.

Data tersebut diolah sesuai dan di input kedalam program Epanet untuk disimulasikan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengolahan Data

3.1.1 Kapasitas Produksi (Supply)

SPAM IKK Simpang Peut dengan kapaitas reservoir 275 m³ . Kapasitas produksi pompa sebesar 20 l/dt, dengan rat-rata jam operasional pompa (JOP) 12 jam/hari.

Tabel 1. Kapasitas produksi spam ikk simpang peut

No	Sumber Air	JOP (jam)	Kapasitas (L/dt)	Produksi (m ³)	
1	SPAM Simpang Peut	12	20	864	Hari
				25920	Bulan

4.1.2 Jaringan Pipa Distribusi

Jaringan pipa distribusi SPAM IKK Simpang Peut menggunakan sistem grvitasi, yang merupakan gabungan pola sistem cabang (branch) dan sistem lingkaran (Loop).

4.1.3 Kendala dilapangan.

a. Unit Meteran di SR Pelanggan

Hasil yang didapatkan dari hasil observasi dilapangan di dapatkan bahwasanya meteran yang terdapat pada rumah warga tidak berfungsi sama sekali dan ada beberapa meteran warga yang sudah dibongkar. Penyebab hal itu terjadi karena jaringan tidak melayani masyarakat.



Gambar 2. Meteran SR yang tidak berfungsi



Gambar 3. Meteran SR yang telah hilang

b. Unit Reservoir.

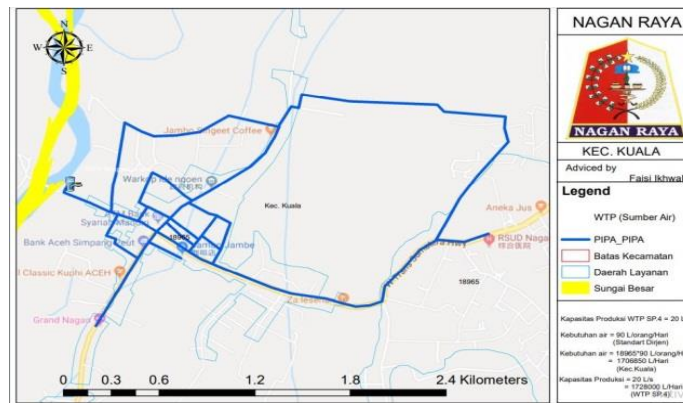
Pada bangunan reservoir pada bangunan SPAM IKK Simpang Peut yang berada pada bangunan intake dari hasil pengukuran ketinggian yang dilakukan dilapangan, tinggi elevasi bangunan dengan tinggi elevasi pada setiap node saluran memiliki selisih yang tidak jauh berbeda dan bahkan memiliki nilai yang sama. Bangunan reservoir SPAM IKK simpang peut menggunakan jenis bangunan reservoir berjenis ground reservoir. Hal ini dapat mempengaruhi pada saat penyaluran air kepada masyarkat, karena untuk penyaluran air menggunakan tenaga gravitasi bumi.



Gambar 4. Bangunan penampung reservoir

4.2 Analisa Jaringan distribusi menggunakan epanet 2.0

Gambar 5 menunjukkan peta jaringan pipa eksisting SPAM IKK Simpang Peut. Sedangkan Gambar 6 merupakan data jaringan pipa eksisting hasil analisis menggunakan software Epanet 2.0. Data yang terdiri dari data diameter pipa, panjang pipa, jenis pipa, debit, sedangkan elevasi tanah diperoleh dari google earth.



Gambar 5. Peta jaringan SPAM IKK Simpang Peut



Gambar 6. Data eksisting jaringan pipa spam ikk simpang peut

4.2.1 Tekanan air tiap Node

Berdasarkan data eksisting yang diperoleh dari evaluasi Epanet 2.0, untuk nilai tekanan masing-masing titik junction sudah memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyedia Air Minum, dengan nilai tekanan minimum pipa distribusi 0,5 atm dan tekanan maksimum pipa distribusi sebesar 10 atm. Satuan yang dipakai pada Epanet 2.0 untuk tekanan adalah m, sehingga tekanan minimal sebesar 5 m dan nilai tekanan maksimal 100 m.

Tabel 2. Evaluasi jaringan pipa ekisting dengan epanet 2.0

Node Id	Elevasi (m)	Base Demand (L/s)	Pressure (m)	Node Id	Elevasi (m)	Base Demand (L/s)	Pressure (m)
Junc 1	12	0.00	47.73	Junc 37	11	0.00	29.54
Junc 3	14	5.00	39.94	Junc 38	11	0.00	29.62
Junc 4	11	0.00	43.54	Junc 39	10	0.00	30.07
Junc 6	11	0.00	48.73	Junc 40	12	0.56	23.23
Junc 8	12	0.00	42.61	Junc 41	9	0.13	28.49
Junc 9	9	0.00	27.16	Junc 42	10	0.10	25.00
Junc 10	12	0.00	42.54	Junc 43	9	0.10	24.45
Junc 11	12	0.00	42.53	Junc 44	11	0.00	36.28
Junc 12	12	0.00	36.28	Junc 45	11	0.00	37.19
Junc 17	12	0.00	31.63	Junc 46	11	0.00	33.62
Junc 18	12	0.00	31.53	Junc 47	11	0.00	33.37
Junc 19	12	0.00	30.35	Junc 48	12	0.00	31.04
Junc 20	12	0.00	30.25	Junc 49	12	0.00	30.97
Junc 21	11	0.00	29.30	Junc 50	13	0.25	25.33
Junc 22	11	0.00	29.23	Junc 51	12	0.24	29.43
Junc 23	9	0.00	28.50	Junc 52	12	0.00	29.81
Junc 25	9	0.00	27.08	Junc 53	12	0.19	30.19
Junc 26	9	0.00	26.01	Junc 54	12	0.18	30.25
Junc 27	10	0.00	24.47	Junc 55	12	0.14	29.76
Junc 28	11	5.00	21.36	Junc 56	14	0.14	39.85
Junc 29	12	0.19	30.32	Junc 57	12	0.10	36.26
Junc 30	11	0.00	30.20	Junc 59	12	0.00	31.95
Junc 31	11	0.00	30.12	Junc 60	12	0.06	31.95
Junc 32	12	0.11	29.08	Junc 61	11	5.00	20.49
Junc 33	12	0.17	29.13	Junc 62	11	0.10	29.56
Junc 34	12	0.29	28.34	Junc 63	11	0.24	28.94
Junc 35	11	0.32	30.81	Junc 64	12	0.16	30.35
Junc 36	11	0.24	29.02	Junc 65	14	0.07	26.07

Dari hasil analisa evaluasi tersebut bahwasanya hasil dari jaringan pipa SPAM Simpang peut masih menunjukan hasil yang normal dan tidak mengalami permasalahan disetiap junction. Dengan nilai tekanan minimum sebesar 20.49 m dan tekanan maksimum sebesar 48.73 m.

4.2.2 Kecepatan Aliran Pada Pipa

Kecepatan aliran air yang rendah dapat menyebabkan terjadinya pengendapan sedimen dalam pipa, menimbulkan efek korosi dalam pipa, sedangkan bila kecepatan pipa yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pengerusan pipa sehingga mempercepat usia pipa. Berdasarkan analisa epanet 2.0 (Tabel 3) selain tekanan, kecepatan juga berpengaruh dalam pemenuhan sistem distribusi air. Berdasarkan evaluasi data ekisting epanet 2.0, didapatkan bahwasanya jalur pipa belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyedia Air Minum, dimana nilai kecepatan minimum pada pipa distribusi sebesar 0,3 m/detik dan kecepatan maksimal pada pipa distribusi sebesar 3 m/detik.



Tabel 3. Data eksisting jaringan pipa SPAM Simpang Peut

Link Id	Length (m)	Diameter (mm)	Roughness	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 6	822	200	150	0.00	0.00	0.00
Pipe 7	109	200	150	19.12	0.61	1.66
Pipe 8	2041	200	150	19.12	0.61	1.66
Pipe 11	66	200	150	11.31	0.36	0.63
Pipe 12	10	200	150	11.31	0.36	0.63
Pipe 13	2710	200	150	5.14	0.16	0.15
Pipe 14	464	200	150	0.00	0.00	0.00
Pipe 15	692	100	150	6.17	0.79	5.98
Pipe 18	9	100	150	7.11	0.91	7.77
Pipe 19	121	100	150	6.42	0.79	6.44
Pipe20	10	100	150	6.43	0.82	6.46
Pipe 22	10	100	150	5.59	0.71	4.98
Pipe 23	394	100	150	5.34	0.68	4.58
Pipe 26	12	100	150	5.21	0.66	4.37
Pipe 27	163	100	150	5.21	0.66	4.37
Pipe 28	84	100	150	5.11	0.65	4.21
Pipe 29	345	100	150	5.00	0.64	4.05
Pipe 30	275	50	150	0.71	0.36	3.15
Pipe31	118	100	150	6.11	0.78	5.88
Pipe 32	10	100	150	5.95	0.76	5.58
Pipe 33	100	100	150	5.83	0.74	5.39
Pipe 34	223	50	150	-0.11	0.06	0.10
Pipe 35	208	50	150	-0.17	0.09	0.22
Pipe 36	392	50	150	0.32	0.16	0.74
Pipe 38	420	50	150	0.24	0.12	0.44
Pipe 40	178	50	150	1.03	0.52	6.34
Pipe 41	10	50	150	0.92	0.47	5.20
Pipe 42	210	50	150	0.29	0.15	0.62
Pipe 43	120	50	150	0.63	0.32	2.56
Pipe 44	1560	50	150	0.56	0.29	2.06
Pipe 45	500	75	150	0.13	0.03	0.02
Pipe 46	150	75	150	0.10	0.02	0.01
Pipe 47	130	50	150	0.10	0.05	0.09
Pipe 48	10	100	150	6.06	0.77	5.79
Pipe49	104	100	150	6.06	0.77	5.79
Pipe 50	75	75	150	6.06	1.37	23.50
Pipe 51	10	75	150	5.01	1.13	16.49
Pipe 53	10	75	150	2.50	0.57	4.55
Pipe 54	362	75	150	1.93	0.44	2.81
Pipe 55	173	75	150	4.20	0.95	11.88
Pipe 56	625	50	150	-1.06	0.54	6.66
Pipe 57	525	75	150	1.87	0.42	2.67
Pipe58	10	75	150	2.27	0.51	3.81
Pipe 59	50	75	150	2.65	0.60	5.09
Pipe 60	54	75	150	2.51	0.57	4.60
Pipe 61	200	50	150	-0.14	0.07	0.16
Pipe 62	240	50	150	0.57	0.29	2.15
Pipe 63	240	50	150	0.58	0.29	2.18
Pipe 64	372	50	150	0.14	0.07	0.16
Pipe 65	165	50	150	0.10	0.05	0.09
Pipe 66	784	100	150	7.81	0.99	9.26
Pipe 67	40	75	150	3.13	0.71	6.92
Pipe 68	90	75	150	3.08	0.70	6.69

Pipe 69	115	75	150	0.06	0.01	0.00
Pipe 70	275	75	150	5.00	1.13	16.44
Pipe 71	395	50	150	0.10	0.05	0.09
Pipe 72	427	50	150	-0.24	0.12	0.44
Pipe 73	130	50	150	-0.01	0.01	0.00
Pipe 74	10	50	150	0.51	0.26	1.74
Pipe 75	261	50	150	-0.69	0.35	2.99
Pipe 76	203	100	150	5.21	0.66	4.37
Pipe 77	54	50	150	0.07	0.04	0.04

Hasil analisa terdapat 14 segmen pipa distribusi yang memiliki nilai dibawah dari 0,3 m/detik. Debit aliran terendah bernilai 0.00 m/s dan debit aliran tertinggi sebesar 1.37 m/s. Kecepatan ini tidak sesuai dengan aturan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyedia Air Minum. Berdasarkan hasil evaluasi Epanet 2.0, maka perlu dilakukan optimalisasi kondisi eksisting sistem distribusi agar kecepatan air dapat memenuhi baku mutu sehingga pemenuhan air dapat dilakukan secara efisien.

Kondisi seperti ini dapat menyebabkan pengendapan material di permukaan pipa. Berdasarkan peraturan menteri pekerjaan umum no 27 tahun 2016 yaitu untuk pipa pvc tekanan berkisar 0.5 – 8 atm, headloss 0 – 15 m/km. Pada hasil analisa menggunakan Epanet 2.0 terdapat beberapa jalur pipa yang nilai headloss yang tidak sesuai peraturan yang berlaku, dengan nilai tertinggi sebesar 23.50 m.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian dan evaluasi pada pengolahan dan distribusi air SPAM IKK Simpang Peut, maka dapat disimpulkan bahwa :

- 1 . Pada hasil perhitungan kapasitas produksi air SPAM IKK Simpang Peut air yang diproduksi belum mencukupi kebutuhan air yang warga butuhkan dalam keseharian. Serta petugas pengeola pompa yang tidak menjalankan mesin sesuai waktu yang ditentukan.
- 2 . Jenis pipa kurang efektif jika menggunakan jenis pipa PVC karena faktor keadaan dilapangan yang menyebabkan terjadi permasalahan ketika beroperasi.
3. Berdasarkan hasil evaluasi jaringan distribusi menggunakan Epanet 2.0 diketahui bahwa nilai tekanan junction sudah memenuhi aturan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyedia Air Minum bahwa nilai tekanan minimum pipa distribusi minimal 5 m dan pada 14 segmen pada pipa distribusi kecepatan alirannya < 0,3 m/s. Kondisi ini belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyedia Air Minum. Serta nilai headloss yang melebihi dari nilai standart yaitu sebesar 23.50 m.

6. SARAN

Menurut kesimpulan tersebut maka penulis menghasilkan beberapa saran sehingga pelayanan operasional SPAM IKK Simpang Peut berjalan optimal, yaitu :

1. Operasional produksi air di reservior ditingkatkan waktu pelayanan dari waktu awal 12 jam operasional menjadi 24 jam, agar target kebutuhan penggunaan air mencukupi, dan perlu adanya evaluasi kinerja petugas pengelola pompa produksi air SPAM.
2. Jenis pipa yang digunakan dari yang awal PVC menjadi jenis HDPE, karena karakteristik jenis pipa ini yang fleksibel dan tahan terhadap permasalahan yang sering terjadi di lapangan.
3. Untuk jaringan pipa distribusi agar hasil memenuhi sesuai kriteria baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyedia Air Minum. Maka perlu diganti beberapa perubahan diameter pipa agar hasil yang diberikan berjalan secara optimal.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2005. *peraturan pemerintah republik indonesia nomor 16 tahun 2005 tentang pengembangan sistem penyedia air minum*, Jakarta.
2. Anonim, 2006. *pedoman operasi dan pemeliharaan unit distribusi*, Jakarta BPPSPAM, Kementrian Pekerjaan Umum.
3. Anonim, 2009. *Pedoman operasi dan pemeliharaan unit produksi*, Jakarta, BPPSPAM, Kementrian Pekerjaan Umum .
4. Bhaskoro,R.G dan Ramadhan, T. 2018. “Evaluasi Kinerja Pengolahan Air Minum (Ipam) Karang Piang I Pdam Surya Sembada Kota Surabaya Secara Kuantitatif”.
<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/presitipasi/articel/view/20776/14078>, Desember 2021.
5. Cahyana, Gede H. 2006. *Sistem Transmisi*, Dalam *Majalah Air Minum Edisi 178*, Jakarta.
6. Doddy Heka Ardana, Putu, Suastika, I Wayan. 2011. *Analisa Teknis Jaringan Pipa Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Puhu*, Jurnal Teknik Gradien Universitas Ngurah Rai.
7. Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, 2016. “ *Panduan Pendampingan Sitem Penyedia Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasih Masyarakat*,” Direktorat Hendral Cipta Karya, p 32.
8. L. Deriana dan H. Herawati, 2021. “*Anaslisnis Kehilangan Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Tirta Melawi*”.
<http://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/32316>, vol 6, no.1, pp. 278-285, Desember 2021

9. Lowis A. Rosman,2000. *Epanet 2 User Manual*, Water Suply And Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati OH 45268 US.
10. Nugroho. S, Meicahayanti. I, and Nurdiana.J , 2021. “Analisis Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 (Studi Kasus di Kelurahan Harapan Baru, Kota Samarinda)”, <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/presitipasi/articel/view/15192/13726>, Desember 2021.
11. Pratama, E.c., 2017. *Perencanaan Pengembangan Sistem Distribusi Air Minum Kota Probolinggo*. Surabaya.
12. Rasmari,1986. *Teknologi Dan Perencanaan Sistem Perpipaan*, Jakarta: Universitas Indonesia-Press
13. Triatmojo B, 1993. *Hidraulika II*, Jakarta : Beta Offset.
14. Triatmaja,Radiana. 2009. *Hidraulikasistem jaringan perpipaan air minum*, Jakarta. Beta Offset.
15. Widharto,Sri. 2008. *Buku pedoman ahli pemasangan pipa*, Jakarta : Pradnya Paramita.