

EVALUASI JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR MINUM DENGAN MENGGUNAKAN EPANET 2.0 DI KECAMATAN GIRSANG SIPANGAN BOLON KABUPATEN SIMALUNGUN

Kartika Indah Sari

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Komputer
Universitas Harapan Medan

Jln. HM. Joni No. 70 C Kec. Medan Kota, Kota Medan

mutiyalubis@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan air minum perlu diketahui merupakan salah satu syarat penting yang diperlukan dalam perencanaan jaringan distribusi air minum. Dengan menganalisa kebutuhan air minum untuk daerah Kecamatan Girsang Sipangan Bolon Kabupaten Simalungun bertujuan untuk mendapatkan nilai proyeksi kebutuhan air minum untuk penduduk di kecamatan tersebut. Komponen pendukung dalam ketersediaan air yang perlu diketahui yaitu debit sumber air yang akan dialirkan untuk melayani kebutuhan air minum, jumlah penduduk yang harus terlayani, dan besarnya nilai kebutuhan air yang diperkirakan berdasarkan nilai proyeksi jumlah penduduk sampai pada tahun perencanaan. Dengan debit aliran air yang akan dialirkan untuk memenuhi kebutuhan pelayanan sebesar 40 ltr/dtk atau setara 0,04 m³/dtk berdasarkan data dari pihak perencanaan. Dan jumlah penduduk yang diproyeksikan dari hasil perhitungan pada tahun 2025 berjumlah 6345 jiwa dengan nilai kebutuhan air sebesar 15,86 ltr/dtk setara dengan 0,015 m³/det. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan sumber air masih mampu memenuhi kebutuhan air di kecamatan tersebut sampai pada tahun 2025. Dan dari hasil analisa yang dilakukan menggunakan program EPANET 2.0 terdapat perbedaan nilai tekanan air yang cukup signifikan pada setiap sambungan pipa, ini menunjukkan kondisi topografi di daerah pelayanan merupakan daerah perbukitan.

Kata-Kata Kunci : EPANET 2.0, Jaringan Pipa, Distribusi, Air Minum

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Simalungun merupakan salah satu kabupaten di provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Kabupaten Simalungun juga merupakan salah satu daerah yang termasuk dalam Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) Danau Toba. Salah satu kecamatannya yang menjadi destinasi wisata adalah Kecamatan Girsang Sipangan Bolon, di mana kawasannya berada di tepian Danau Toba berdekatan dengan Parapat. Kecamatan ini memiliki luas wilayah 123,56 Km² dengan jumlah penduduk 15.085 jiwa. Bertambahnya populasi penduduk di Kabupaten Simalungun setiap tahunnya khususnya di Kecamatan Girsang Sipangan Bolon menyebabkan meningkatnya kebutuhan air minum.

Pemerintah Kabupaten Simalungun berencana membangun area Instalasi Pengolahan Air (IPA) berbasis Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) yang sumber air bakunya diambil dari sungai Aek Simarnaung. Perencanaan pembangunan area Instalasi Pengolahan Air (IPA) ini diharapkan dapat menjadi sebuah solusi terhadap meningkatnya kebutuhan air minum yang merupakan sebuah masalah serius untuk pemerintah Kabupaten Simalungun.

1.2 Batasan Masalah

Adapun permasalahannya antara lain:

1. Besarnya tekanan dan kecepatan aliran pada tiap titik layanan dalam jaringan pipa.
2. Kehilangan energi (*headloss*) pada pipa.
3. Perhitungan kebutuhan air minum berdasarkan peningkatan jumlah penduduk sampai 2025.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui besar kebutuhan air minum di Kecamatan Girsang Sipangan Bolon berdasarkan peningkatan jumlah penduduk sampai tahun 2025.
2. Untuk mengidentifikasi parameter hidrolika pada jaringan pipa distribusi ditinjau dari tekanan dan kecepatan dengan menggunakan *software Epanet 2.0*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tersedianya alternatif perencanaan jaringan distribusi air minum di Kecamatan Girsang Sipangan Bolon.
2. Memberikan masukan kepada instansi/institusi terkait alternatif yang dapat dilakukan dalam upaya peningkatan mutu pelayanan penyediaan air minum.

II. Tinjauan Pustaka

2.1 Sistem Jaringan Pipa Distribusi

Tata letak distribusi ditentukan oleh kondisi topografi daerah layanan dan lokasi instalasi pengolahan biasanya diklasifikasikan sebagai berikut:

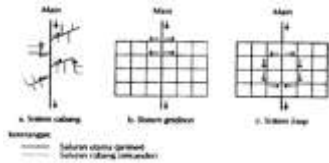
1. Sistem Cabang (*branch*)
Bentuk cabang dengan jalur buntu (*dead-end*) menyerupai cabang sebuah pohon.

2. Sistem Gridiron

Pipa induk utama, pipa induk sekunder, serta pipa pelayanan utama saling terhubung.

3. Sistem Melingkar (loop)

Pipa induk utama terletak mengelilingi daerah layanan.



Gambar 1. Bentuk Sistem Distribusi

Sumber: Tri Joko, Unit Air Baku dalam sistem Penyediaan Air Minum

2.2 Kebutuhan Air

Tabel 1. Kebutuhan Air Domestik Berdasarkan Jumlah Penduduk

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (jiwa)				
		>1.000.000	500.000 – 1.000.000	100.000 – 500.000	20.000 – 100.000	<20.000
		Metropolitan	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1.	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) l/orb	170-190	150-170	130-150	100-130	90-100
2.	Konsumsi unit hidran umum (hu)	30	30	30	30	30
3.	Konsumsi unit non domestik	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4.	Kehilangan air	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5.	Faktor maksimum day	1,15 – 1,25	1,15 – 1,25	1,15 – 1,25	1,15 – 1,25	1,15 – 1,25
6.	Faktor peak hour	1,5 – 1,75	1,5 – 1,75	1,5 – 1,75	1,5 – 1,75	1,5 – 1,75
7.	Jumlah jiwa per SR	5	5	6	6	10
8.	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100-200	200
9.	Sisa tekan di jaringan distribusi (sisa)	10	10	10	10	10
10.	Jam operasi	24	24	24	24	24
11.	Volume reservoir (%) (max demand)	20	20	20	20	20
12.	SR : HU	50 : 50 l/d 80 : 20	51 : 50 l/d 80 : 20	8 : 20	70 : 30	70 : 30
13.	Cakupan pelayanan	90	90	90	90	70

Sumber : Ditjen Cipta Karya, Dep. PU, Tahun 2002 Tentang Pemakaian Air Domestik

2.3 Metode Proyeksi Penduduk

Metode yang digunakan untuk memprediksi jumlah penduduk dimasa mendatang yaitu :

1. Metode Aritmatik

Metode ini cocok untuk daerah dengan perkembangan penduduk yang selalu naik secara konstan dan dalam kurun waktu yang pendek. Rumus yang digunakan :

$$P_n = P_0 \cdot (1 + r \cdot n)$$

Dengan $r = \left[\frac{\ln(P_n/P_0)}{n} \right] \times 100\%$

Di mana:

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk per tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2. Metode Eksponensial

Proyeksi jumlah penduduk dengan metode eksponensial menggunakan persamaan berikut:

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n}$$

Di mana:

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk per tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

e = bilangan logaritma *natural* (2,7182818)

2.4 Hidrolika Aliran Air Dalam Pipa

1. Hukum Kontinuitas

Hal ini dapat dibuktikan melalui hukum kontinuitas yang memiliki persamaan sebagai berikut:

$$Q_1 = Q_2 \text{ atau } A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

Dengan :

Q_1, Q_2 = debit pada penampang 1 dan 2 (m^3/det)

A_1, A_2 = luas penampang pada potongan 1 dan 2 (m^2)

V_1, V_2 = kecepatan pada potongan 1 dan 2 (m/det)

2. Hukum Kekekalan Energi

Hal ini dapat ditulis sebagai persamaan berikut:

$$E_{Tot} = \text{Energi ketinggian} + \text{Energi kecepatan} + \text{Energi tekanan}$$

$$E_{Tot} = h + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma_w}$$

Dengan :

V = kecepatan aliran (m/s)

P = tekanan (kg/m²)

γ_w = berat jenis air (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

h = elevasi (m)

Persamaan Bernoulli pada Gambar 2 dapat ditulis sebagai berikut:

$$H_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma_w} = H_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma_w} + H_L$$

Di mana :

$\frac{P_1}{\gamma_w}, \frac{P_2}{\gamma_w}$ = tinggi tekan di titik 1 dan 2 (m)

$\frac{V_1^2}{2g}, \frac{V_2^2}{2g}$ = tinggi energi di titik 1 dan 2 (m)

P_1, P_2 = tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m²)

γ_w = berat jenis air (kg/m³)

V_1, V_2 = kecepatan air di titik 1 dan 2 (m/det)

g = percepatan gravitasi (m/det²)

Z_1, Z_2 = tinggi elevasi di titik 1 dan 2 dari garis yang ditinjau (m)

H_L = kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

3. Kehilangan Tekanan

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

$$H_f = \left(\frac{Q}{0,2785 \times C_{hw} \times D^{2,63}} \right)^{1,851} \times L$$

Di mana :

Q = debit aliran tinggi tekan (m^3/dtk)

C_{hw} = Koefisien *Hazen-William*

D = Diameter pipa dalam (m)

H_f = *Headloss Mayor* (m)

L = Panjang pipa (m)

- 4) Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk desa Tigaraja tahun 2020 dengan menggunakan metode Eksponensial.

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n}$$

$$r = 0,00506$$

$$P_n = P_{2019} \cdot e^{0,00506 \times 1}$$

$$= 1935 \text{ jiwa}$$

Tabel 3. Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Girsang Sipangan Bolon dengan Metode Aritmatika

No	Tahun	Proyeksi Penduduk		
		Desa Sipangan bolon & SB mekar	Girsang	Tigaraja
1	2020	2275	1980	1935
2	2021	2287	1990	1944
3	2022	2298	2000	1954
4	2023	2310	2010	1964
5	2024	2322	2019	1974
6	2025	2334	2029	1983

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2 Analisa Kebutuhan Air

Berikut adalah perhitungan kebutuhan air pada Kecamatan Girsang Sipangan Bolon untuk daerah pelayanan desa Sipangan Bolon.

- Jumlah Penduduk tahun 2025 = **2333 jiwa**
- Jumlah Sambungan Rumah = **389 unit**
jumlah penduduk / 6 orang = 2333 / 6
- Kebutuhan air domestik (Qd) tahun 2025 Kecamatan Girsang Sipangan Bolon
Qd = Jumlah SR × Kebutuhan air × 6 orang
= 389 unit × 120 ltr/org/hr × 6 orang
= 279936 ltr/hr → = **3, 24 ltr/dtk**
- Kebutuhan non domestik (Qnd)
Qnd = 20% × Kebutuhan air domestik
= 0,2 × 3,24 ltr/dtk
= **0,65 ltr/dtk**
- Total kebutuhan air
Q = Qd + Qnd
= 3,24 + 0,65 ltr/dtk
= **3,89 ltr/dtk**
- Menghitung kehilangan/kebocoran air
Qr = total kebutuhan air × % kebocoran (dipakai 20%)
= 3,89 ltr/dtk × 20%
= **0,78 ltr/dtk**
- Kebutuhan rata-rata harian
Q_{rata-rata} = 3,89 ltr/dtk + 0,78 ltr/dtk
= **4,67 ltr/dtk**
- Kebutuhan air harian maksimum
Q_{max} = faktor maksimum harian × Kebutuhan rata-rata
= 1,25 × 4,67 ltr/dtk
= **5,83 ltr/dtk**
- Kebutuhan air jam puncak (Qpeak)
Q_{peak} = faktor jam puncak × kebutuhan maksimum harian
= 1,75 × 5,67 ltr/dtk
= **10,2 ltr/dtk**

Berdasarkan perhitungan kebutuhan air yang dilakukan didapat perhitungan fluktuasi kebutuhan air daerah layanan desa Sipangan Bolon untuk tahun

2025 adalah sebagai berikut.

- Kebutuhan air pada pagi hari (pukul 07.00)
= 156/100 × Kebutuhan air rata-rata perjam
= 1,56 × (Kebutuhan maksimum harian × 3600/1000)
= 1,56 × (5,83 liter/detik × 3600/1000)
= 32,74 m³/jam
- Kebutuhan air pada siang hari (pukul 12.00)
= 127/100 × Kebutuhan air rata-rata perjam
= 1,27 × (Kebutuhan maksimum harian × 3600/1000)
= 1,27 × (5,83 liter/detik × 3600/1000)
= 26,65 m³/jam
- Kebutuhan air pada sore hari (pukul 17.00)
= 122/100 × Kebutuhan air rata-rata perjam
= 1,22 × (Kebutuhan maksimum harian × 3600/1000)
= 1,22 × (5,83 liter/detik × 3600/1000)
= 25,6 m³/jam
- Kebutuhan air pada malam hari (24.00)
= 37/100 × Kebutuhan air rata-rata perjam
= 0,37 × (5,59 liter/detik × 3600/1000)
= 7,76 m³/jam

Fluktuasi kebutuhan air dan suplai air daam sehari didaerah layanan Kelurahan Sipangan Bolon untuk tahun proyeksi 2025 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Fluktuasi Kebutuhan Air Minum Desa Sipangan Bolon Tahun 2025

Waktu	Suplai Air M3/jam	Load Faktor	Kebutuhan air	Selish	Kumulatif isi reservoir m3/jam
00.00-01.00	20.988	0.25	5.247	15.741	15.741
01.00-02.00	20.988	0.3	6.296	14.692	30.433
02.00-03.00	20.988	0.37	7.766	13.222	43.655
03.00-04.00	20.988	0.45	9.445	11.543	55.198
04.00-05.00	20.988	0.64	13.432	7.556	62.754
05.00-06.00	20.988	1.15	24.136	-3.148	59.606
06.00-07.00	20.988	1.56	32.741	-11.753	47.853
07.00-08.00	20.988	1.53	32.112	-11.124	36.729
08.00-09.00	20.988	1.41	29.593	-8.605	28.124
09.00-10.00	20.988	1.4	29.383	-8.395	19.729
10.00-11.00	20.988	1.38	28.963	-7.975	11.753
11.00-12.00	20.988	1.27	26.655	-5.667	6.087
12.00-13.00	20.988	1.2	25.186	-4.198	1.889
13.00-14.00	20.988	1.14	23.926	-2.938	-1.049
14.00-15.00	20.988	1.17	24.556	-3.568	-4.617
15.00-16.00	20.988	1.18	24.766	-3.778	-8.395
16.00-17.00	20.988	1.22	25.605	-4.617	-13.013
17.00-18.00	20.988	1.31	27.494	-6.506	-19.519
18.00-19.00	20.988	1.38	28.963	-7.975	-27.494
19.00-20.00	20.988	1.25	26.235	-5.247	-32.741
20.00-21.00	20.988	0.98	20.568	0.420	-32.322
21.00-22.00	20.988	0.62	13.013	7.975	-24.346
22.00-23.00	20.988	0.45	9.445	11.543	-12.803
23.00-24.00	20.988	0.37	7.766	13.222	0.420

Sumber : Analisa dan Hasil Perhitungan 2020

4.3 Analisa Reservoir

Pada hasil perhitungan yang termuat pada Tabel 4 Fluktuasi kebutuhan air minum desa Sipangan Bolon terlihat angka tertinggi pada pukul 04.00-05.00 adalah 62,754m³/jam dan angka terendah yang diperoleh pada pukul 19.00-20.00 adalah -32,741 m³/jam. Maka dilakukan perhitungan untuk menentukan dimensi *reservoir* sebagai berikut.

$$\text{Volume reservoir} = [\text{volume surplus}] + [\text{volume defisit}]$$

$$= [62,754] + [32,741]$$

$$= 95,495 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Dimensi reservoir} : T \text{ asumsi}$$

$$= 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Reservoir} &= P \times L \times T \\ 95,495 \text{ m}^3 &= P \times L \times 4 \\ P \times L &= 23,874 \\ P=L &= 4,886 \end{aligned}$$

Pembulatan : $P = L = 5 \text{ m}$

$$\begin{aligned} T \text{ asli} &= \frac{95,495}{5 \times 5} \\ &= 3,82 \text{ m} \end{aligned}$$

Diasumsikan batas permukaan air tidak boleh melebihi 0,5 m dibawah permukaan tinggi *reservoir*. Maka T sebenarnya = $3,82 + 0,5 = 4,32 \text{ m}$ Maka kapasitas reservoir yang akan dibangun adalah 100 m^3 untuk menampung kapasitas pemakaian air sebesar $95,495 \text{ m}^3$

4.4 Analisa Pipa Distribusi

Pada studi ini didesain pipa distribusi primer dan pipa distribusi sekunder. Untuk desain pipa distribusi primer menggunakan perencanaan sesuai dengan data berikut:

$$\begin{aligned} Q &: 40 \text{ liter/detik} = 0,04 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Elevasi Sumber air baku} &: 1427 \text{ mdpl} \\ \text{Elevasi reservoir pembagi} &: \\ \text{a. Reservoir 1} &= 1251 \text{ m} \\ \text{b. Reservoir 2} &= 1074 \text{ m} \\ \text{c. Reservoir 3} &= 951 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang pipa : 14,8 km

C : 120 (*Galvanized Iron Pipe*)

Asumsi laju alir : 0,7 m/det (0,6 – 1,2)

(BPPSPAM, 2014)

Estimasi dimensi pipa distribusi primer sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= \sqrt{4 \cdot Q / \pi \cdot v} \\ &= \sqrt{4 \times 0,04 / 3,14 \times 0,7 \text{ m/s}} \\ &= 0,270 \text{ m} = 10 \text{ inch} \\ &= 273,05 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D s^2} = \frac{4 \times 0,04}{\pi \times 0,273^2} = 0,7 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{V} = \frac{0,04 \text{ m}^3/\text{s}}{0,7 \text{ m/s}} \\ &= 0,057 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka diameter pipa yang dipilih adalah 10 *inch*. Selanjutnya dihitung kehilangan tinggi tekan sepanjang pipa yang direncanakan

$L = 14800 \text{ m}$

$$\begin{aligned} H_{f \text{ mayor}} &= \left[\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,851} \times L \\ H_{f \text{ mayor}} &= \left[\frac{0,04}{0,2785 \times 120 \times 0,273^{2,63}} \right]^{1,851} \times 14800 \\ &= 32,105 \text{ m} \end{aligned}$$

Headminor biasanya diasumsikan sebesar 10% dari $H_{f \text{ mayor}}$ (Bowo, 2001) sehingga :

$$\begin{aligned} H_{f \text{ minor}} &= 10\% \times 32,105 \text{ m} = 3,2105 \text{ m} \\ H_{f \text{ total}} &= H_{f \text{ mayor}} + H_{f \text{ minor}} \\ &= 32,105 \text{ m} + 3,2105 \text{ m} \\ &= 35,3155 \text{ m} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk desain pipa distribusi sekunder menggunakan perencanaan sesuai dengan data berikut:

$$\begin{aligned} Q &= 5,83 \text{ liter/detik} = 0,00583 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Elevasi junction awal Tank 1} &: 1251 \text{ m} \\ \text{Elevasi junction tertinggi J35} &: 1310 \text{ m} \\ \text{Panjang pipa pelayanan} &: 1900 \text{ m} \\ C &: 140 (\text{High Density Polyethylene}) \\ \text{Asumsi laju alir} &: 0,7 \text{ m/det} (0,6 - 1,2) \end{aligned}$$

(BPPSPAM, 2014)

Estimasi dimensi pipa distribusi primer sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= \sqrt{4 \cdot Q / \pi \cdot v} \\ &= \sqrt{4 \times 0,00583 / 3,14 \times 0,7 \text{ m/s}} \\ &= 0,103 \text{ m} = 4 \text{ inch} = 273,05 \text{ mm} \\ V &= \frac{4 \times Q}{\pi \times D s^2} = \frac{4 \times 0,00583}{\pi \times 0,273^2} = 0,7 \text{ m/s} \\ A &= \frac{Q}{V} = \frac{0,00583 \text{ m}^3/\text{s}}{0,7 \text{ m/s}} = 0,0083 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka diameter pipa yang dipilih adalah 4 *inch*. Selanjutnya dihitung kehilangan tinggi tekan sepanjang pipa yang direncanakan

$L = 1900 \text{ m}$

$$\begin{aligned} H_{f \text{ mayor}} &= \left[\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,851} \times L \\ H_{f \text{ mayor}} &= \left[\frac{0,00583}{0,2785 \times 140 \times 0,103^{2,63}} \right]^{1,851} \times 1900 \\ &= 10,0876 \text{ m} \end{aligned}$$

Headminor biasanya diasumsikan sebesar 10% dari $H_{f \text{ mayor}}$ (Bowo, 2001) sehingga :

$$\begin{aligned} H_{f \text{ minor}} &= 10\% \times 10,0876 \text{ m} = 1,008 \text{ m} \\ H_{f \text{ total}} &= H_{f \text{ mayor}} + H_{f \text{ minor}} \\ &= 10,0876 \text{ m} + 1,008 \text{ m} \\ &= 11,096 \text{ m} \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil lengkap dari perhitungan desain pipa yang direncanakan.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Dimensi Pipa

Item	Hasil Perhitungan	
	Diameter	Headloss
Pipa Distribusi Primer	GIP Ø10 inchi	35,3155 m
Pipa Distribusi Sekunder		
Zona 1	HDPE Ø4 inchi	11,096 m
Zone 2	HDPE Ø4 inchi	25,399 m
Zona 3	HDPE Ø4 inchi	13,2 m

Sumber : Analisa dan Hasil Perhitungan 2020

4.5 Analisa Instalasi Pompa

Evaluasi *head* pompa untuk *reservoir* sebagai berikut.

$$H_t = H_d + H_{fd} + H_{md} + H_s + H_{fs} + H_{ms}$$

Diketahui :

$\frac{P_2 - P_1}{\gamma}$: adalah perbedaan head tekanan.

Dimana tekanan pipa terjauh (pipa distribusi 9 zona 1) besarnya tekanan standar adalah $1,0 \text{ kgf/cm}^2 = 98066,5 \text{ Pa}$

$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$: adalah perbedaan head kecepatan.

V_1 : kecepatan pada titik 1 yang besarnya 0 m/s

V_2 : kecepatan air pada titik 2 telah didapatkan sebesar 0,7 m/s

$Z_2 - Z_1$: adalah perbedaan head statis

h_f : adalah *headlosses* total

(H_f total) telah didapatkan sebesar 11,096 m

γ : Berat jenis air (9810 N/m³)

h_s : adalah *Head* Pompa

Sehingga untuk mencari *head* pompa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} h_s &= \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + Z_2 - Z_1 + h_f \\ h_s &= \frac{98060 - 0}{9810} + \frac{0,7^2 - 0^2}{2(9,81)} + 1310 - 1251 + 45,15 \\ &= 9,9959 + 0,02497 + 59 + 11,096 \\ &= \mathbf{80,116 \text{ m}} \end{aligned}$$

Maka nilai *head* pompa yang di peroleh untuk sistem pemompaan air minum di zona pelayanan 1 adalah sebesar 80,116 m. Untuk hasil lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Hasil Evaluasi Instalasi Pompa

Item	Hasil Perhitungan	
	Head/Elevasi	Kapasitas/Volume
Pompa		
Zona 1	80,166 m	0,013 m ³ /dtk
Zona 2	165,4 m	0,013 m ³ /dtk
Zona 3	82,2 m	0,013 m ³ /dtk

Sumber : Analisa dan Hasil Perhitungan 2020

4.7 Evaluasi Terhadap Hasil Simulasi Hidrolika dengan EPANET

Untuk membuktikan apakah hasil simulasi hidrolika dengan menggunakan *software Epanet 2.0* dapat dijadikan acuan atau tidak, perlu ditinjau dengan perhitungan sisa tekan secara manual di beberapa titik untuk tiap zona pelayanan.

Pada perhitungan sisa tekan di zona 1, akan di tinjau di pipa zona 1 distribusi 1. Dimana pipa ini terhubung dengan titik J21 (pompa) dan titik J22. Hal tersebut dapat dilihat ada gambar 7 untuk titik yang ditinjau pada zona pelayanan 1.



Gambar 4. Area titik yang di tinjau di Zona 1

Pada titik sambungan pipa distribusi yang akan ditinjau, dilakukan perhitungan sesuai dengan data berikut:

Debit pengaliran : 5,83 liter/detik
= 0,00583 m³/detik

Elevasi *junction* awal J21 : 1251 m

Elevasi *junction* akhir J22 : 1253 m

Panjang pipa pelayanan : 232,59m

C : 140 (*High Density Polyethylene*)

Laju alir : 0,7 m/detik

Diameter Pipa: 103 mm

Selanjutnya dihitung kehilangan tinggi tekan sepanjang pipa yang direncanakan.

$$H_f \text{ mayor} = \left[\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,851} \times L$$

$$\begin{aligned} H_{f \text{ mayor}} &= \left[\frac{0,00583}{0,2785 \times 140 \times 0,103^{2,63}} \right]^{1,851} \\ &\quad \times 232,59 \\ &= 1,235 \text{ m} \end{aligned}$$

Head minor biasanya diasumsikan sebesar 10% dari $H_{f \text{ mayor}}$ (Bowo, 2001) sehingga :

$$H_{f \text{ minor}} = 10\% \times 1,235 \text{ m} = 0,1235 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{f \text{ total}} &= H_{f \text{ mayor}} + H_{f \text{ minor}} \\ &= 1,235 \text{ m} + 0,1235 \text{ m} \\ &= \mathbf{1,3584 \text{ m}} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan sisa tekan / *pressure* di titik J22 sebagai berikut.

Sisa tekanan awal di titik J21 : 80,166 m
(berdasarkan *head* pompa1)

Sisa tekanan akhir di titik J22 :

(elevasi awal pipa + nilai sisa tekanan awal) –
(elevasi akhir pipa + total *headloss* yang terjadi di pipa) = (1251 + 80,166) m – (1253 + 1,3584) m

$$\begin{aligned} \text{Sisa tekanan akhir di titik J22} &: \\ &= 1331,16 - 1254,3584 = \mathbf{76,8016 \text{ m}} \end{aligned}$$

Sisa tekanan dari hasil *Epanet 2.0* : 76,90 m
(identik = OK)

Untuk perhitungan sisa tekan di zona pelayanan 2 dan 3, menggunakan langkah-langkah perhitungan yang sama. Adapun yang membedakan dari hasil perhitungan adalah data yang digunakan

Untuk perhitungan sisa tekan di zona 2 menggunakan data sebagai berikut:

Debit pengaliran : 5,07 liter/detik
 $= 0,00507 \text{ m}^3/\text{detik}$
 Elevasi *junction* awal J21 : 1074 m
 Elevasi *junction* akhir J22 : 1075 m
 Panjang pipa pelayanan : 15m
 C : 140 (*High DensityPolyethylene*)

Laju alir : 0,7 m/detik

Diameter Pipa : 103 mm

Sedangkan untuk perhitungan sisa tekan di zona 3 menggunakan data sebagai berikut:

Debit pengaliran : 4,96 liter/detik
 $= 0,00496 \text{ m}^3/\text{detik}$

Elevasi *junction* awal J21 : 951 m
 Elevasi *junction* akhir J22 : 952 m
 Panjang pipa pelayanan : 43,8m
 C : 140 (*High DensityPolyethylene*)
 Laju alir : 0,7 m/detik
 Diameter Pipa : 103 mm

Berikut ini adalah perbandingan hasil perhitungan manual dengan hasil simulasi menggunakan *software Epanet 2.0* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Analisis Hidrolika dari Simulasi Jaringan Distribusi *software EPANET 2.0* dengan Hasil Perhitungan Manual

ANALISA HIDROLOGI EPANET DED SPAM KECAMATAN GIRSANG SIPANGAN BOLON																
No	Junction		Pipa	Elevasi Pipa		Beda Elevasi	Panjang pipa	Diameter Pipa	Koefisien Kekasaran	Debit Rencana	Kontrol Pipa		Unit Headloss	Sisa Tekan	EPANET 2.0 Pressure	Ket
	Dari	Ke		awal	akhir		m	mm	HDPE	liter/dtk	A (m ²)	V (m/s)	m/km	Akhir	m	Ok/Tidak
1	J21	J22	Pipe Zona1Distribusi1	1251	1253	-2	232.59	103	140	5.83	0.0083	0.7	1.358	76.81	76.9	OK
2	J22	J23	Pipe Zona1Distribusi2	1253	1254	-1	256.07	103	140	5.83	0.0083	0.7	1.495	74.40	75.29	OK
3	J23	J24	Pipe Zona1Distribusi3	1254	1256	-2	239.27	103	140	5.83	0.0083	0.7	1.397	71.89	72.82	OK
4	J24	J25	Pipe Zona1Distribusi4	1256	1258	-2	126.92	103	140	5.83	0.0083	0.7	0.741	70.08	70.61	OK
5	J25	J26	Pipe Zona1Distribusi5	1258	1260	-2	218.98	103	140	5.83	0.0083	0.7	1.279	67.33	68.32	OK
6	J50	J51	Pipe Zona2Distribusi1	1074	1075	-1	15.02	103	140	5.07	0.0085	0.6	0.068	164.33	164.37	OK
7	J51	J52	Pipe Zona2Distribusi2	1075	1078	-3	93.74	103	140	5.07	0.0085	0.6	0.423	160.95	161.08	OK
8	J52	J53	Pipe Zona2Distribusi3	1078	1080	-2	31.45	103	140	5.07	0.0085	0.6	0.142	158.94	158.98	OK
9	J53	J54	Pipe Zona2Distribusi4	1080	1081	-1	10	103	140	5.07	0.0085	0.6	0.045	157.93	157.96	OK
10	J55	J56	Pipe Zona2Distribusi5	1081	1084	-3	73.26	103	140	5.07	0.0085	0.6	0.330	154.63	154.76	OK
11	J100	J101	Pipe Zona3Distribusi1	951	952	-1	43.85	103	140	4.96	0.0083	0.6	0.190	81.010	81.09	OK
12	J101	J102	Pipe Zona3Distribusi2	952	953	-1	30.68	103	140	4.96	0.0083	0.6	0.133	79.957	80.97	OK
13	J102	J103	Pipe Zona3Distribusi3	953	955	-2	62.73	103	140	4.96	0.0083	0.6	0.272	78.698	79.74	OK
14	J103	J104	Pipe Zona3Distribusi4	955	958	-3	51.86	103	140	4.96	0.0083	0.6	0.225	76.515	77.68	OK
15	J104	J105	Pipe Zona3Distribusi5	958	962	-4	117.48	103	140	4.96	0.0083	0.6	0.509	73.171	74.55	OK

V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Kapasitas total kebutuhan air minum yang di distribusikan ke daerah pelayanan adalah sebesar 15,86 liter/detik.
- Hasil evaluasi perhitungan manual jaringan distribusi sistem penyediaan air minum di Kecamatan Girsang Sipangan bolon adalah sebagai berikut.
 - Diameter pipa distribusi primer : Ø10 inci
 - Diameter pipa distribusi sekunder :Ø4 inci
 - Pompa dengan kapasitas $0,013 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dengan *head* pompa :
 - Zona 1 : 80,16 m
 - Zona 2 : 165,4 m
 - Zona 3 : 82,2 m
 - Reservoir dengan kapasitas *volume* 100 m^3 untuk zona 1, dan *volume* 90 m^3 untuk zona 2 dan 3.
- Berdasarkan hasil analisa dari simulasi jaringan distribusi air minum dengan menggunakan *software Epanet 2.0* yang disajikan pada Tabel 7. Dapat di ambil kesimpulan bahwa kecepatan

aliran aman sesuai standar kecepatan aliran didalam pipa (0,3 - 4,5 m/s). Hanya saja nilai tekanan / *pressure* yang didapatkan di setiap jaringan pipa begitu besar. Hal ini disebabkan karna perbedaan ketinggian muka tanah di daerah pelayanan.

Daftar Pustaka

- Fathurrohman, Alhmad Aziz, 2012, *Mempelajari Kehilangan Head pada Pipa Distribusi Jaringan Suplai Air Bersih PDAM Tirta Pakuan*. Skripsi Institut Teknologi Bandung.
- Agustina, Dian Vitta, 2007, *Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih PDAM Kecamatan Banyumanik Di Perumnas Banyumanik (Studi Kasus Perumnas Banyumanik Kel. Sronдол Wetan)*. Tesis. Universitas Diponegoro.
- Christianto, Harry, 2017, *Perancangan Sistem Distribusi Air Bersih di Gedung Kuliah dan Laboratorium Jurusan Teknik Mesin*. Skripsi Universitas Lampung.

- [4]. Ardiansyah., Pitojo Tri Juwono., M Janu Iswoyo, 2012, *Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih pada PDAM di Kota Ternate*. Jurnal teknik Pengairan. 2(3): 211-220.
- [5]. Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Simalungun tahun 2019
- [6]. Dasir, Fandy Rayyan, 2014, *Alternatif Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih untuk Zona Pelayanan IPA Sea Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik. 2(2). 107-114.