



Pengembangan Sistem Jaringan Air Bersih Di Kelurahan Kakaskasen Satu Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon

Yonathan Tamboto^{#a}, Liany A. Hendratta^{#b}, Cindy J. Supit^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^atambotoyonathan@gmail.com, ^blianyhendratta@unsrat.ac.id, ^ccindyjeanesupit@unsrat.ac.id

Abstrak

Kelurahan Kakaskasen 1 memiliki mata air Pinawelaan yang terletak ± 1 km dari pemukiman. Air bersih tersebut belum tersalurkan secara menyeluruh dan merata. Untuk itu perlu adanya pengembangan sistem jaringan air bersih di Kelurahan Kakaskasen 1. Sistem jaringan air bersih yang direncanakan dapat memenuhi kebutuhan air bersih Kelurahan Kakaskasen 1 sampai tahun 2033. Kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan proyeksi jumlah penduduk menggunakan analisis regresi linear, regresi logaritma dan regresi eksponensial. Untuk merencanakan sistem perpipaan jaringan air bersih menggunakan rumus persamaan Hazen-Williams dan program Epanet 2.2. Hasil perhitungan dengan menggunakan analisis regresi linear diperoleh jumlah penduduk Kelurahan Kakaskasen 1 sampai tahun 2033 berjumlah 3.175 jiwa dan kebutuhan air bersih mencapai 2,663 liter/detik. Dalam pengembangan sistem jaringan air bersih ini mata air yang dimanfaatkan adalah mata air Pinawelaan karena debit sebesar 15 liter/detik mampu mencukupi kebutuhan air bersih Kelurahan Kakaskasen 1 sampai tahun 2033. Pengembangan sistem jaringan air bersih ini menggunakan program Epanet 2.2 dan menggunakan pipa transmisi berdiameter 63,75, 110 dan 140 mm.

Kata kunci: Jaringan Air Bersih, Epanet 2.2, Kelurahan Kakaskasen 1

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Air adalah kebutuhan dasar untuk berbagai kegiatan manusia. Seperti kebutuhan sehari-hari yaitu mencuci, memasak, mandi, dan konsumsi, itu memerlukan adanya dan ketersediaan air yang cukup, terutama air bersih. Di beberapa daerah, keberadaan air bersih masih menjadi salah satu masalah yang dihadapi akibat peningkatan jumlah penduduk dan perubahan pola hidup masyarakat dalam hal penggunaan air bersih.

Kelurahan Kakaskasen 1, yang terletak di Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon, memiliki jumlah penduduk sebanyak 3.045 jiwa. Berdasarkan situasi dan kondisi, kebutuhan air bersih di kelurahan ini cukup besar. Sudah ada jaringan air bersih yang memanfaatkan Mata Air Pinawelaan, namun belum tersalurkan secara menyeluruh. Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan sistem jaringan air bersih di Kelurahan Kakaskasen Satu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem penyediaan jaringan air bersih di Kelurahan Kakaskasen Satu belum tersalurkan menyeluruh sehingga diperlukan pengembangan.

1.3 Batasan Penelitian

- Proyeksi pertumbuhan penduduk selama 10 tahun ke depan.
- Sistem penyediaan air bersih hanya dari mata air sampai hidran umum.
- Pengolahan dan struktur bangunan air bersih tidak dibahas
- Kualitas air dan pemeriksaannya tidak dibahas
- Skema jaringan perpipaan dan distribusi dibuat melalui software Epanet 2.2

1.4 Tujuan Penelitian

- Menganalisis perkiraan jumlah penduduk di Kelurahan Kakaskasen Satu hingga tahun 2034.
- Menganalisis ketersediaan dan kebutuhan air bersih di Kelurahan Kakaskasen Satu hingga tahun 2034.
- Merancang sistem jaringan air bersih yang dapat memenuhi kebutuhan air bersih hingga tahun 2034

1.5 Manfaat Penelitian

- Menjadi pembelajaran bagi peneliti tentang sistem penyediaan air bersih
- Penelitian ini diharapkan dapat membantu untuk mengembangkan sistem penyediaan air bersih bagi penduduk di Kelurahan Kakaskasen Satu dan Menjadi bahan pertimbangan untuk penelitian yang akan datang.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Daerah yang menjadi lokasi penelitian adalah Kelurahan Kakaskasen Satu Kecamatan Tomohon Utara, Kota Tomohon, Provinsi Sulawesi Utara. Kelurahan Kakaskasen Satu memiliki luas wilayah 319 Ha dengan jumlah penduduk 3.045 jiwa. Memanfaatkan Mata Air Pinawelaan dengan debit 15 liter/detik. Secara geografis Kelurahan Kakaskasen Satu berada pada 1°21'28" Lintang Utara dan 124°50'02" Lintang Selatan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth Pro, 2024)

2.2 Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk Kakaskasen Satu 10 tahun ke depan menggunakan Analisis Regresi Linear, Analisis Regresi Logaritma, dan Analisis Regresi Eksponensial. Dari hasil ketiga Analisis tersebut akan dibandingkan Analisis yang memiliki nilai korelasi paling mendekati 1.

2.3 Sumber Air Bersih

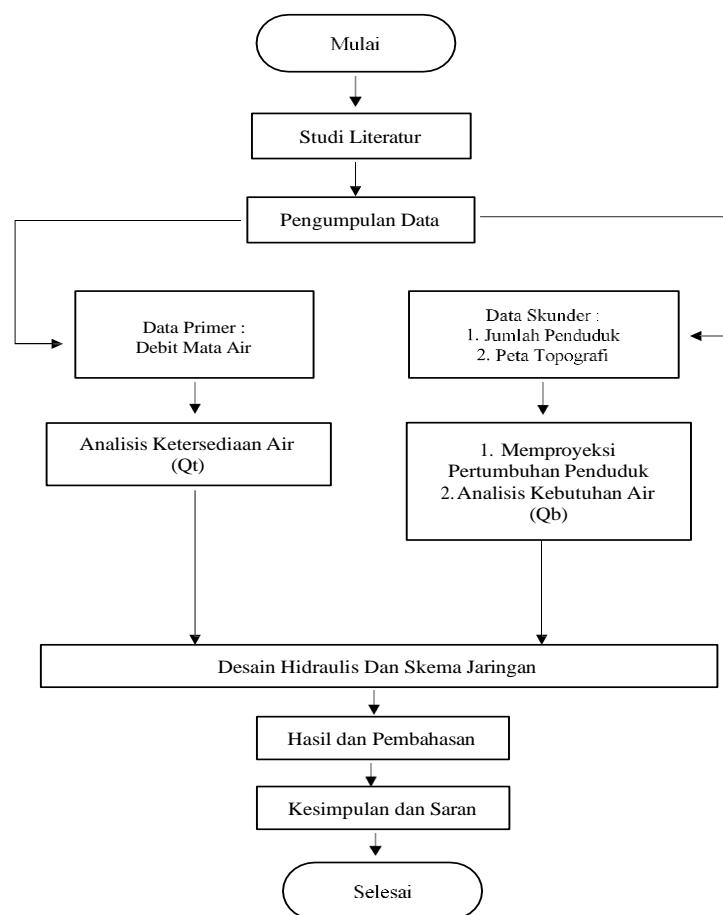
Sumber air bersih yang dimanfaatkan adalah Mata Air Pinawelaan, dengan debit menurut data dari PDAM Kota Tomohon, sebesar 50 Liter/detik, tetapi baru digunakan 15 Liter/detik.

2.4 Sistem Penyediaan Air Bersih

Rencana sistem penyediaan air bersih di Kelurahan Kakaskasen 1 yang bersumber dari mata air adalah sebagai berikut:

- **Bronkaptering dari Mata Air**
Bronkaptering merupakan bangunan atau konstruksi yang dibangun pada suatu lokasi sumber mata air dan digunakan untuk menangkap dan mengambil air untuk penyediaan air bersih.
- **Pipa Transmisi Air Baku dari Bronkaptering ke Reservoir**
Pipa transmisi air bersih dari bronkaptering ke reservoir menggunakan pipa jenis HDPE, dikarenakan pipa jenis ini lebih ringan, memiliki fleksibilitas tinggi serta memiliki kemampuan dalam menahan benturan. Reservoir dibuat untuk menampung air bersih dari bronkaptering lalu didistribusikan ke daerah pelayanan (Hidran Umum) melalui jaringan distribusi.
- **Pipa Distribusi dari Reservoir ke daerah Pelayanan/Konsumen (HidranUmum)**
Desain sistem jaringan pipa dapat dilakukan dengan cara manual atau menggunakan rumus Hazen-Williams. Desain juga dilakukan dengan bantuan Program Epanet 2.2.

2.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil Pembahasan

3.1 Analisis Kebutuhan Air Bersih

3.1.1 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk menggunakan Analisis Regresi. Analisis Regresi yang digunakan yaitu Analisis Regresi Linear, Analisis Regresi Logaritma, dan Analisis Regresi

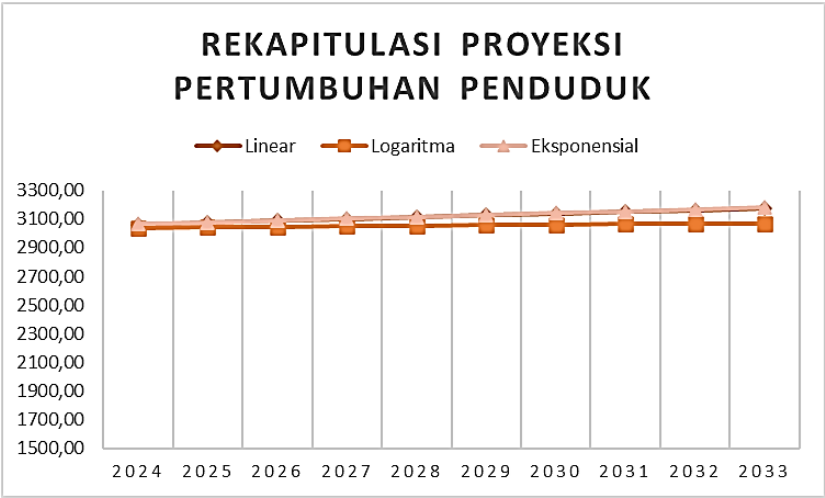
Ekspensial. Syarat korelasi: $-1 \leq r \leq 1$. Dari hasil Analisis Regresi Linear, Analisis Regresi Logaritma, dan Analisis Regresi Ekspensial, akan dibandingkan Analisis Regresi yang memiliki nilai korelasi paling mendekati.

Tabel 1. Data Penduduk Kelurahan Kakaskasen 1

No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Y)
1	2014	2933
2	2015	2948
3	2016	2965
4	2017	2978
5	2018	2994
6	2019	3005
7	2020	3013
8	2021	3027
9	2022	3037
10	2023	3045

3.1.2 Rekapitulasi Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Dari ketiga analisa tersebut juga didapatkan nilai korelasi yang berbeda-beda setiap metodenya, yang kemudian akan menentukan analisis yang akan digunakan dalam menghitung kebutuhan air.

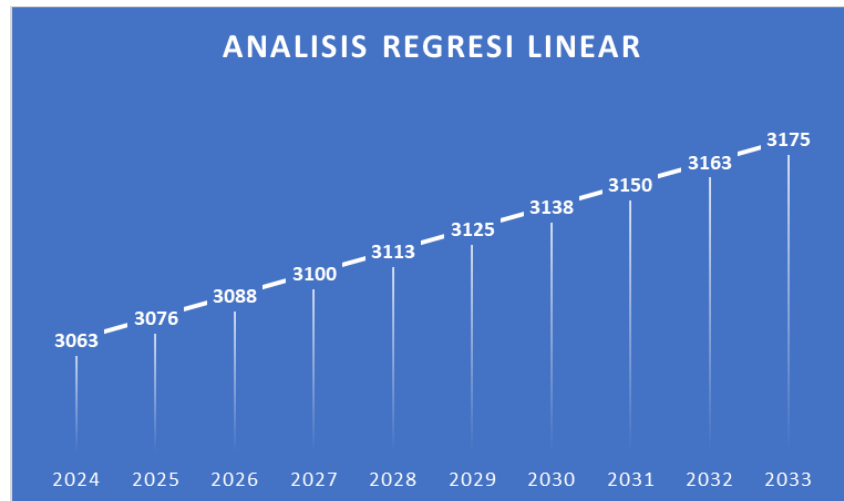


Gambar 3. Grafik Rekapitulasi Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Kelurahan Kakaskasen 1

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Analisis Regresi

No	Metode Analisa Regresi	Koefisien	Koefisien	Standart
		Korelasi (r)	Determinasi (r^2)	Error (Se)
1	Linear	0,99494832	0,989922151	4,03939
2	Logaritma	0,97388473	0,948451472	9,135660246
3	Ekspensial	0,99444248	0,988915845	4,238170113

Sesuai syarat korelasi bahwa $-1 \leq r \leq 1$, maka digunakan Analisis Regresi Linear memiliki nilai r (koefisien korelasi) yang paling mendekati 1 yaitu 0,994 dan *standart error* yaitu 4,039. Berikut ini merupakan grafik proyeksi pertumbuhan penduduk Desa Walewangko dengan Metode Regresi Linear.



Gambar 4. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Kelurahan dengan Analisis Regresi Linear

3.1.3 Analisis Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total adalah total dari kebutuhan air domestik, nondomestik ditambah dengan kehilangan air.

$$Q_t = Q_d + Q_n + Q_a$$

Tabel 3. Kebutuhan Air Total Kelurahan Kakaskasen Satu

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kebutuhan Air Total (Liter/ Detik)
X	Y	$Q_t = Q_d + Q_n + Q_a$
2024	3063	2,569
2025	3076	2,579
2026	3088	2,589
2027	3100	2,600
2028	3113	2,610
2029	3125	2,621
2030	3138	2,631
2031	3150	2,642
2032	3163	2,652
2033	3175	2,663

3.1.4 Analisa Fluktuasi Dan Pemakaian Air

Fluktuasi pemakaian air adalah penggunaan air oleh konsumen dari waktu ke waktu. Sesuai dengan keperluan perencanaan sistem penyediaan air bersih maka terdapat 2 pengertian yang ada kaitannya dengan fluktuasi pelayanan air, yaitu kebutuhan air harian maksimum di hitung berdasarkan kebutuhan air total dikali faktor pengali yaitu 1,1. Kemudian, kebutuhan air jam puncak adalah kebutuhan air pada jam-jam tertentu dalam satu hari dimana kebutuhan airnya akan memuncak. Kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan kebutuhan air total dikali faktor pengali yaitu 1,5.

- Kebutuhan Air Harian Maximum: $Q_m = 1,1 \times Q_t$
- Kebutuhan Air Harian Jam Puncak: $Q_p = 1,5 \times Q_t$

Tabel 4. Kebutuhan Air Maksimum Dan Jam Puncak

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kebutuhan air harian maksimum (Liter/ Detik)	Kebutuhan air jam puncak (Liter/ Detik)
X	Y	$Q_m = 1,1 \times Q_t$	$Q_p = 1,5 \times Q_t$
2024	3063	2,825	3,082
2025	3076	2,837	3,095
2026	3088	2,848	3,107
2027	3100	2,860	3,120
2028	3113	2,871	3,132
2029	3125	2,883	3,145
2030	3138	2,894	3,157
2031	3150	2,906	3,170
2032	3163	2,917	3,183
2033	3175	2,929	3,195

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 3 dan Tabel 4, maka kebutuhan air total untuk 10 tahun mendatang (Tahun 2033) mencapai 2,663 lt/det sedangkan kebutuhan air harian maksimum adalah 2,929 lt/det dan untuk jam puncak 3,195 lt/det.

3.2 Desain Hidraulis Dan Skema Jaringan

3.2.1 Desain Hidraulis Hidran Umum

Hidran umum direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Kelurahan Kakaskasen Satu dengan menggunakan kriteria/standar perencanaan sistem air bersih pedesaan, dengan jumlah hidran umum adalah 100 orang/ unit.

Jumlah penduduk = 3175 jiwa

Jumlah hidran = $3175/100 = 31,75 = 32$ Hidran Umum

- Dimensi hidran umum dihitung berdasarkan kebutuhan maksimal air pada Perkiraan jam puncak penggunaan air yaitu :

Jam 05:00 – 07:00

Jam 11:00 – 13:00

Jam 16:00 – 18:00

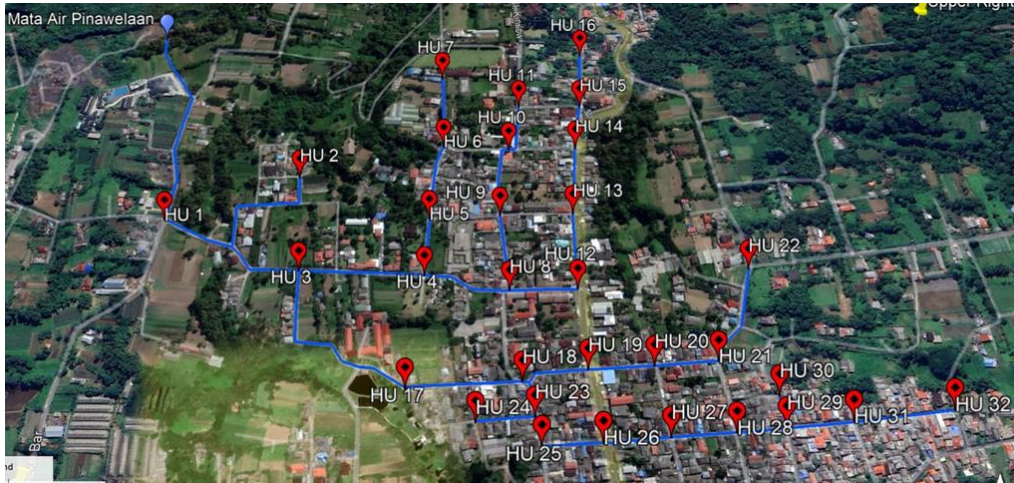
Dari total perkiraan jam puncak penggunaan air didapat durasi 6 jam.

- Jadi Perkiraan Volume Hidran Umum Dengan Perhitungan :

$V \text{ Hidran Umum} = 15\% \times \text{Kebutuhan Air Jam Puncak} = 15\% \times 63.266 = 9489.96 \text{ m}^3$

Jadi Perkiraan Volume Hidran Umum Yang Dibutuhkan Yaitu 10 m^3 atau 10.000 Liter.

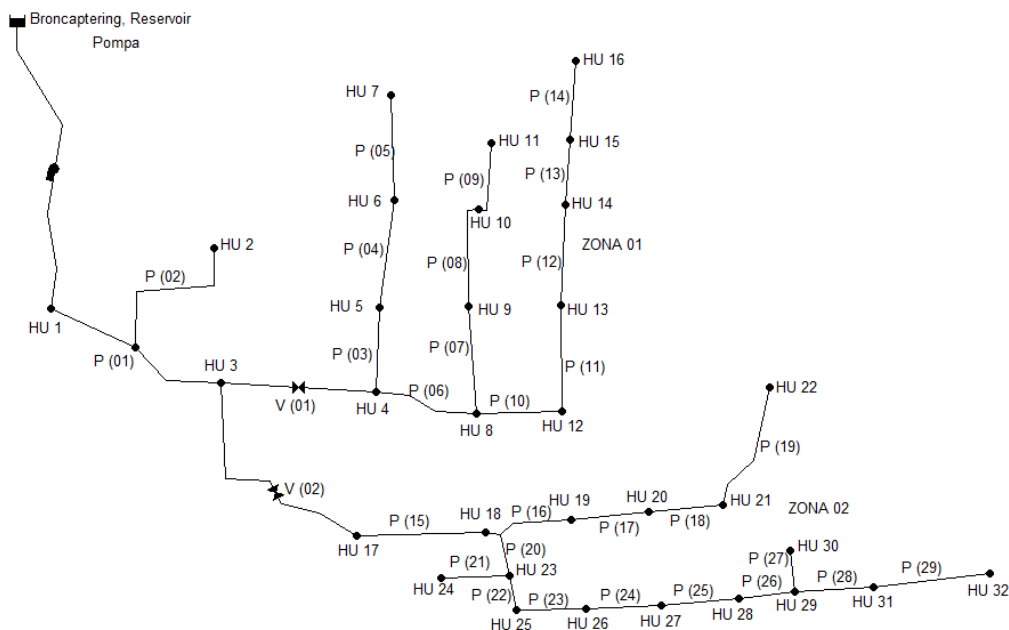
3.2.2 Sistem Plan Penyediaan Air Bersih



Gambar 5. Letak Sistem Jaringan Pada Lokasi Penelitian

3.2.3 Desain Skema Jaringan Dengan Epanet 2.2

Epanet adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidraulik dan kecenderungan kualitas air yang mengalir didalam jaringan pipa. Berikut merupakan skema aliran pada jaringan pipa yang disimulasikan selalui Software Epanet 2.2.

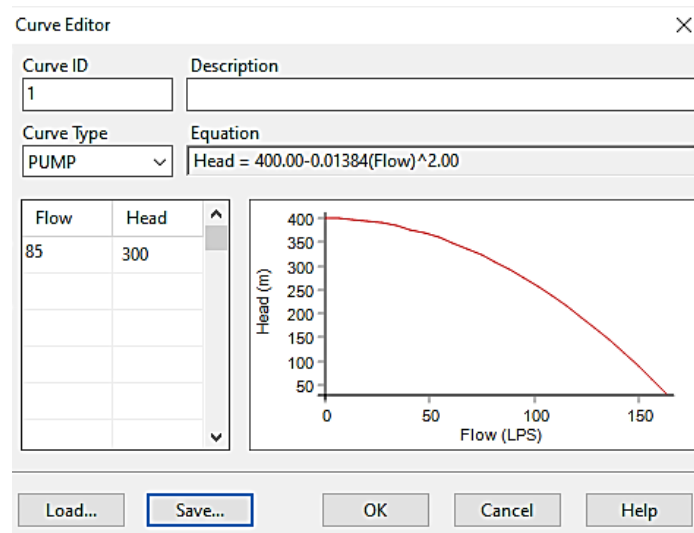


Gambar 6. Skema Jaringan Air Bersih Dengan Epanet 2.2

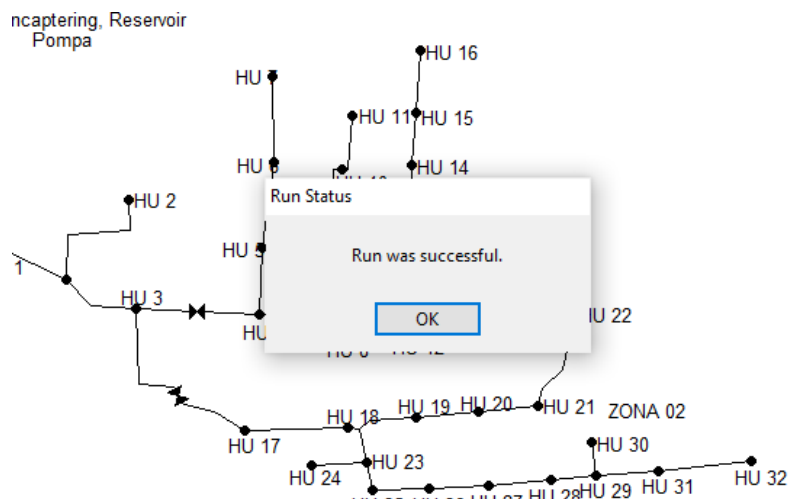
- Untuk Hidran Umum dibagi menjadi 2 Zona, yaitu :
 Zona 01: HU 4 – HU 16
 Zona 02: HU 17 – HU 32

3.2.4 Desain Karakteristik Pompa Dengan Epanet 2.2

Dalam suatu perencanaan sistem jaringan air bersih, salah satu alat yang penting adalah pompa. Pompa dapat digunakan sebagai alat menambah debit dan tekanan. Pada sistem transmisi atau distribusi, perlu menggunakan pompa jika kondisi daerah yang direncanakan memiliki elevasi sumber air yang lebih rendah dari pemukiman.



Gambar 7. Desain Karakteristik Pompa Dengan Epanet 2.2



Gambar 8. Hasil Running Program Epanet

- Dari hasil running Epanet didapat data pipa sebagai berikut :

Tabel 5. Data Pipa Zona 01

Pipe	Length (m)	Diameter (mm)	Roughness	Flow (LPS)	Velocity (m/s)
Pipe P01	71.72	140	130	83.20	5.40
Pipe P01	77.23	140	130	78.00	5.07
Pipe P02	133.03	75	130	2.60	0.59
Pipe P03	64.52	63	130	7.80	2.50
Pipe P04	83.54	63	130	5.20	1.67
Pipe P05	81.64	63	130	2.60	0.83
Pipe P06	81.13	75	130	23.40	5.30
Pipe P07	82.66	63	130	7.80	2.50
Pipe P08	82.28	63	130	5.20	1.67
Pipe P09	57.99	63	130	2.60	0.83
Pipe P10	66.00	75	130	13.00	2.94
Pipe P11	81.61	63	130	10.40	3.34
Pipe P12	78.14	63	130	7.80	2.50
Pipe P13	49.80	63	130	5.20	1.67
Pipe P14	61.05	63	130	2.60	0.83

Tabel 6. Data Pipa Zona 02

Pipe	Length (m)	Diameter (mm)	Roughness	Flow (LPS)	Velocity (m/s)
Pipe P15	99.37	110	130	39.00	4.10
Pipe P16	69.21	75	130	10.40	2.35
Pipe P17	60.14	63	130	7.80	2.50
Pipe P18	57.37	63	130	5.20	1.67
Pipe P19	101.34	63	130	2.60	0.83
Pipe P20	43.81	75	130	26.00	5.89
Pipe P21	52.68	63	130	2.60	0.83
Pipe P22	27.26	75	130	20.80	4.71
Pipe P23	53.81	75	130	18.20	4.12
Pipe P24	58.03	75	130	15.60	3.53
Pipe P25	59.78	75	130	13.00	2.94
Pipe P26	43.60	75	130	10.40	2.35
Pipe P27	32.33	75	130	2.60	0.59
Pipe P28	60.90	75	130	5.20	1.18
Pipe P29	90.01	75	130	2.60	0.59

- Velocity (kecepatan pengaliran) menurut Permen PU No. 18/PRT/M/2007, kecepatan pengaliran air dalam pipa transmisi berkisar antara 0,3 m/dt – 6,0 m/dt. Hasil *running* EPANET didapat *velocity* terbesar yaitu 5,40 m/dt dan terkecil 0,59 m/dt, sehingga memenuhi syarat untuk kecepatan pengaliran pipa transmisi.
- Pipa HDPE dipilih pada perencanaan ini karena pipa HDPE adalah pilihan utama untuk instalasi air bersih. Pipa HDPE tersedia dari ukuran 20 mm sampai dengan 1200 mm, pipa HDPE mempunyai tingkat fleksibilitas yang tinggi sehingga pipa HDPE bisa mengikuti struktur tanah. jika stuktur tanah berubah, maka pipa HDPE tidak akan putus.

4. Kesimpulan

- Perhitungan proyeksi jumlah penduduk yang digunakan adalah Analisis Regresi Linear karena memiliki nilai *r* (koefisien korelasi) yang paling mendekati 1 yaitu 0,994 dan *standart error* (*Se*) terkecil yaitu 4,039.
- Pengembangan sistem jaringan air bersih di Kelurahan Kakaskasen 1 Kecamatan Tomohon Utara, memanfaatkan mata air dengan debit sesaat 15 liter/detik. Debit sesaat mata air ini mampu melayani kebutuhan air bersih Kelurahan Kakaskasen 1 sampai pada tahun 2033 dengan total kebutuhan 2,663 liter/detik.
- Pengembangan sistem jaringan air bersih di Kelurahan Kakaskasen 1, Kecamatan Tomohon Utara, Kota Tomohon. Dibutuhkan 32 hidran umum dengan volume hidran umum yaitu 10.000 Liter dan jika debit air yang dialirkan untuk Hidran Umum Sebesar 2.6 liter/ detik maka waktu yang diperlukan untuk mengisi hidran umum yaitu 3,8 menit. Untuk ukuran pipa yang digunakan yaitu pipa jenis HDPE dan untuk Pipa distribusi dari hidran umum pertama sampai hidran umum terakhir menggunakan beberapa diameter pipa yaitu 63, 75, 110 dan 140 mm

5. Saran

- Lingkungan di sekitar sumber air baku yang telah diteliti harus dapat terjaga sehingga dapat menjamin kelangsungan penyediaan air baik dari segi kualitas, kuantitas, maupun kontinuitas.
- Harus diadakan pembekalan kepada pengurus dan masyarakat setempat mengenai pemeliharaan instalasi jaringan air bersih, pengolahan serta pelestarian air bersih.

Referensi

- Anonim. 1990. *Peraturan Menteri Kesehatan. No. 416 Tahun 1990 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air*. Jakarta.
- Anonim. 2005. *Peraturan Pemerintah. No. 16 Tahun 2005 Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta.
- Anonim. 2007. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18 Tahun 2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta.
- Cipta Karya. 1996. *Kriteria Perencanaan* : Dinas PU.
- Cristiandi, M. R., Tiny Mananoma, Lambertus Tanudjaja. 2014. *Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Kecamatan Poso Kota Sulawesi Selatan* . Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.5 ISSN: 2337-6732.
- Ditjen Cipta Karya. 1990. *Pedoman Teknis Air Bersih IKK Pedesaan*: Dinas PU. Ditjen
- Ditjen Cipta Karya. 2018. *Modul Sistem Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi*: Dinas PU.
- Dwijoseputro, D. 1981. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Djambatan. Jakarta.
- Iroth, Angelia. Liany A. Hendratta, Hanny Tangkudung. 2018. *Pengembangan Sistem Jaringan Air Bersih di Desa Kasuratan Kecamatan Remboken Kabupaten Minahasa* Jurnal Sipil Statik Vol. 6, No. 11 ISSN: 2337-6732.
- Kanth Rao, Kamala. 1999. *Environmental Engineering : Water Supply sanitary Engineering and Pollution*. McGraw Hill publishing Company Ltd.
- Kantor Kelurahan Kakaskasen Satu. 2024. *Data Jumlah Penduduk Kelurahan Kakaskasen 1* .
- Kindler, J. And C.S. 1984. Russel. *Modeling Water Demands*. Academic Press Inc. London. Kodoatie, Robert J. 2003. *Pengelolaan Sumber Daya Air dalam Otonomi. Daerah : Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia*. Jakarta.
- Lepa, Febry Ellia. Muhammad I. Jasin, Cindy J. Supit. 2021. *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Tondei II Kecamatan Motoling Barat Kabupaten Minahasa Selatan*. Jurnal Sipil Statik. Vol. 9 No. 4 ISSN: 2337-6732.
- Rottie, R. Y. Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung. 2015. *Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Sea Kecamatan Pineleng Kabupaten Minahasa*. Jurnal Sipil Statik. Vol. 3, No. 9 ISSN: 2337-6732.
- Tri, Joko. 2010. *Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum: Graha Ilmu*. Yogyakarta. Radiana Triatmadja. 2019. *Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan: Gajah Mada*. University Press. Yogyakarta.
- Wuisan, K. B. C. Eveline M. Wuisan, Alex Binilang. 2017. *Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih di Kelurahan Lahendong Kecamatan Tomohon Selatan Kota Tomohon*. Jurnal Sipil Statik. Vol. 5 No. 4 ISSN: 2337-6732.