

STUDI PERENCANAAN PENGEMBANGAN JARINGAN PERPIPAAN DISTRIBUSI AIR MINUM DI KECAMATAN MELAK, KABUPATEN KUTAI BARAT

DHEKA SHARA PRATIWI¹, ADDE CURRIE SIREGAR², ULWIYAH WAHDAH MUFASSIRIN LIANA³, ARIEF RACHMAN⁴

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur^{1,2,3,4}

Email: dsp746@umkt.ac.id¹, acs150@umkt.ac.id², uwm216@umkt.ac.id³, arifracmman@gmail.com⁴

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v6i2.3805>

Abstrak: Penyediaan air bersih merupakan salah satu kebutuhan dasar dan hak sosial ekonomi masyarakat yang harus dipenuhi oleh Pemerintah Daerah maupun Pemerintah Pusat. PDAM Kabupaten Kutai Barat ialah perusahaan daerah yang menyediakan pelayanan kebutuhan air bersih bagi masyarakat di kabupaten Kutai barat dalam aspek kualitas, kuantitas, dan kontinyuitas. Beberapa daerah di Kecamatan Melak belum mendapatkan air bersih dari perusahaan air minum daerah (PDAM), selama ini penduduk mengandalkan sumber air dari air hujan, sumur, sungai. Cakupan pelayanan teknis Kecamatan Melak adalah 80,15% dari penduduk berjumlah 15.041 Jiwa. Analisis perencanaan pengembangan jaringan perpipaan Distribusi air minum di Kecamatan Melak, Kutai Barat menggunakan *software EPANET 2.0*. Jaringan distribusi utama perpipaan sistem penyediaan air minum direncanakan hingga 10 tahun dari tahun 2020 sampai 2030. Perencanaan sistem penyediaan air minum, digunakan sistem gravitasi, yang mengalir dari reservoir (boster) ke pipa distribusi di area pasokan. Hasil prakiraan pertumbuhan penduduk dengan metode eksponensial menunjukkan bahwa jumlah penduduk pada tahun 2030 sebanyak 18.698 jiwa dengan rata-rata kebutuhan air bersih sebesar 36,46 liter/detik. Rencana pengembangan sistem jaringan distribusi utama pada tahun 2020-2030 menggunakan pipa HDPE berdiameter berdiameter 200 mm sepanjang 3018 m dan pipa HDPE berdiameter 60 mm sepanjang 5208 m.

Kata kunci: EPANET 2.0, Pipa, SPAM (Sistem Penyedia Air Minum)

Abstract: *The provision of clean water is one of the basic needs and socio-economic rights of the community that must be fulfilled by the Regional Government and the Central Government. PDAM Kutai Barat Regency is a regional company that provides services for clean water needs for people in Kutai Barat Regency in terms of quality, quantity, and continuity. Some areas in Melak Sub-district have not received clean water from the regional drinking water company (PDAM), all this time the residents have relied on water sources from rainwater, wells, rivers. The technical service coverage of Melak District is 80.15% of the population of 15,041 people. This research will conduct a study on planning the development of a drinking water distribution pipeline network in Melak District, Kutai Barat with EPANET 2.0 software. The main distribution network for drinking water supply system piping is planned for 10 years from 2020 to 2030. The clean water supply system planning uses a gravity system that will flow from the reservoir (booster) to the distribution pipe in the service area. The results of population growth projections using the exponential method, obtained the population in 2030 is 18,698 people with an average need for clean water reaching 36.46 liters/second. The main distribution network system development plan in 2020-2030 uses HDPE pipe with a diameter of 200 mm along 3018 m and HDPE pipe with a diameter of 60 mm with a length of 5208 m.*

Keywords: *EPANET 2.0, Plumbing, SPAM (Drinking Water Supply System)*

A. Pendahuluan

Manusia sangat bergantung dengan air untuk mempertahankan hidupnya. Kegiatan sehari-hari manusia tidak lepas dari penggunaan air seperti memasak, mencuci, mandi, dan air juga dapat digunakan sebagai mata pencaharian bagi manusia. Sehubungan dengan hal tersebut, air bersih sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan aktivitas setiap individu. Selain itu, pertumbuhan pendudukan juga mengakibatkan kebutuhan air bersih semakin meningkat (Salim, 2021).

Air bersih dengan kualitas serta kuantitas yang memadai harus diperhatikan karena kebutuhan air bersih berkaitan dengan banyak hal seperti kegiatan pada sektor pertanian, sektor perindustrian, dan juga kebutuhan rumah tangga (Anang et al, 2019). Untuk memperoleh air bersih tersebut tentunya tidak langsung didistribusikan kepada pelanggan tetapi air tersebut harus diolah terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan agar air yang didistribusikan memenuhi standar kualitas air bersih. Dalam memenuhi kebutuhan air bersih, pemerintah membangun Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) sebagai sarana penyedia air bersih.

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) salah satu perusahaan milik daerah yang ada di Indonesia. PDAM berperan sebagai penyedia pelayanan air bersih milik pemerintah yang berada di provinsi, Kabupaten, dan kota madya yang bergerak dalam distribusi air bersih. Hal tersebut sesuai dengan Undang Undang Nomor 7 Tahun 2004 Pasal 40 ayat (3) menyatakan bahwa badan usaha milik negara dan/atau badan usaha milik daerah merupakan penyelenggara sistem penyedia air minum (SPAM). Terdapat 2 fungsi PDAM yaitu memberikan pelayanan kepada masyarakat dan meningkatkan pendapatan daerah (Hasan et. al, 2021).

PDAM Kutai Barat merupakan salah satu pelayanan penyedia air bersih bagi masyarakat di Kabupaten Kutai Barat. Masyarakat kecamatan Melak umumnya dan khususnya penduduk kampung empakuq dan kampung Muara Bunyut menaruh harapan besar pada PDAM / PERUMDAM untuk pemenuhan kebutuhan air bersih, karena selama ini kebutuhan air bersih mereka dapatkan dari sungai atau sumur, tentunya dari segi kesehatan tidak memenuhi syarat atau mutu kesehatan.

B. Metode Penelitian

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah studi literatur yang mana bertujuan untuk mendapatkan landasan teori yang mendukung penelitian ini. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data:

a. Data Primer

Pengumpulan data-data primer diperoleh dari survei langsung ke daerah perencanaan, survei ini dilakukan di Kecamatan Melak tepatnya di Kelurahan Empakuq dan Muara Bunyut. Beberapa alat yang dibawa untuk pengumpulan data primer adalah kamera, *Global Positioning System* (GPS), alat tulis, pillog (cat), dan juga alat ukur (meteran gulung 50 m).

b. Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini diperoleh dari instansi-instansi terkait.

Kemudian dilanjutkan Pengolahan data dengan menggunakan beberapa perangkat lunak; *MS Office* untuk analisis dan penulisan hasil penelitian, *AutoCad* untuk menggambar pipa yang akan diatanam disepanjang jalur perencanaan, serta *EPANET 2.0* untuk simulasi dan permodelan hidrolis perpipaan jaringan distribusi.

1. Proyeksi Penduduk

Salah satu aspek yang sangat krusial adalah pertumbuhan penduduk karena berdampak

pada kebutuhan air minum suatu daerah di masa mendatang. Dengan meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas masyarakat sepanjang tahun, kebutuhan suatu wilayah akan air minum/bersih akan meningkat. Metode yang sering digunakan dalam memproyeksikan penduduk dimasa yang akan datang adalah metode matematika atau sering disebut dengan metode tingkat pertumbuhan penduduk (*growth rates*), Proyeksi berdasarkan tingkat pertumbuhan penduduk mengasumsikan pertumbuhan yang konstan, baik untuk model aritmatika, geometrik, atau eksponensial untuk mengestimasi jumlah penduduk. (BPS, 2010)

a. Metode Aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa populasi akan terus meningkat dengan jumlah yang sama setiap tahun.

$$P_t = P_o (1 + r)^t \quad (1)$$

Dimana, P_t merupakan jumlah penduduk pada tahun t , P_o adalah jumlah penduduk pada tahun awal dasar, R merupakan ingkat/ laju pertumbuhan penduduk, dan t adalah Periode waktu antara Tahun dasar dan tahun t (dalam tahun).

b. Metode Geometrik

Proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk (Adioetomo, Sri M & Samosir, O B, 2010)

$$P_t = P_o (1 + r)^t \quad (2)$$

Dimana, P_t merupakan jumlah penduduk pada tahun t , P_o adalah jumlah penduduk pada tahun awal dasar, r adalah tingkat/ laju pertumbuhan penduduk, dan t adalah periode waktu antara Tahun dasar dan tahun t (dalam tahun).

c. Metode Ekponensial

Menurut (Adioetomo, Sri M & Samosir, O B, 2010), metode eksponensial menggambarkan penambahan penduduk yang terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun, berbeda dengan metode geometrik yang mengasumsikan bahwa penambahan penduduk hanya terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu.

$$P_t = P_o e^{rt} \quad (3)$$

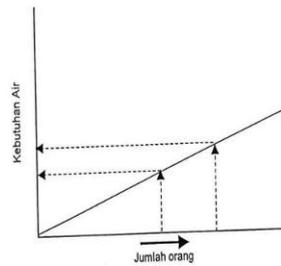
Dimana, P_t adalah jumlah penduduk pada tahun t , P_o merupakan jumlah penduduk pada tahun dasar, r adalah laju pertumbuhan penduduk, t adalah periode waktu antara tahun dasar dan tahun (dalam tahun), dan e adalah bilangan logaritma natural (\ln) yang besarnya: 2,71828.

2. Kriteria Perencanaan Air Bersih

Standar kebutuhan air bersih terdapat dua macam:

a. Standar Penyedia Air Domestik

Standar penyediaan air domestik ditentukan dari jumlah konsumen rumah tangga yang diketahui dari data penduduk yang ada. Standar untuk mengurus pekerjaan rumah tangga meliputi minum, memasak, mandi, dan mencuci. Tren peningkatan kebutuhan dasar air ditentukan oleh gaya hidup penduduk setempat dan didukung oleh kondisi sosial ekonomi. Semakin banyak jumlah orang, akan diikuti oleh kebutuhan air yang juga semakin meningkat. Sebagai contoh pengaruh jumlah penduduk terhadap jumlah kebutuhan air dapat dilihat pada grafik berikut ini:



Gambar 1 Jumlah Penduduk terhadap Jumlah Kebutuhan Air

Kebutuhan air domestik untuk kota dibagi dalam beberapa kategori, yaitu :

- 1) Kota kategori I (Metropolitan)
- 2) Kota kategori II (Kota Besar)
- 3) Kota kategori III (Kota Sedang)
- 4) Kota kategori IV (Kota Kecil)
- 5) Kota kategori V (Desa)

Untuk mengetahui kriteria perencanaan air bersih pada tiap-tiap kategori dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1 Kriteria Perencanaan Air Bersih

URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
	> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	25.000 s/d 100.000	< 25.000
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1	2	3	4	5	6
1. Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (liter/fog/hari)	> 150	150 - 120	90 - 120	80 - 120	60 - 80
2. Konsumsi Unit Hidran (HU) (liter/fog/hari)	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40
3. Konsumsi unit non domestik					
a. Niaga Kecil (liter/fog/hari)	600 - 900	600 - 900		600	
b. Niaga Besar (liter/fog/hari)	1000 - 5000	1000 - 5000		1500	
c. Industri Besar (liter/fog/hari)	0.2 - 0.8	0.2 - 0.8		0.2 - 0.8	
d. Pariwisata (liter/fog/hari)	0.1 - 0.3	0.1 - 0.3		0.1 - 0.3	
4. Kehilangan Air (%)	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30
5. Faktor Hari Maksimum	1.15 - 1.25 * harian	1.15 - 1.25 * harian	1.15 - 1.25 * harian	1.15 - 1.25 * harian	1.15 - 1.25 * harian
6. Faktor Jam Puncak	1.75 - 2.0 * hari maks	1.75 - 2.0 * hari maks	1.75 - 2.0 * hari maks	1.75 * hari maks	1.75 * hari maks
7. Jumlah Jiwa Per SR (Jiwa)	5	5	5	5	5
8. Jumlah Jiwa Per HU (Jiwa)	100	100	100	100 - 200	200
9. Sisa Tekan Di penyediaan Distribusi (Meter)	10	10	10	10	10
10. Jam Operasi (jam)	24	24	24	24	24
11. Volume Reservoir (% Max Day Demand)	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25
12. SR : HU	50 : 50 s/d 80 : 20	50 : 50 s/d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
13. Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

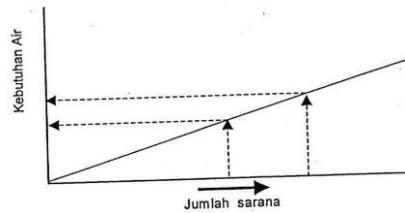
Sumber: Ditjen Cipta Karya PU, 1996

b. Standar Penyedia Air Non Domestik

Ada tiga kategori yang termasuk dalam konsumsi non domestik;

- 1) Umum: tempat ibadah, kantor, sekolah, rumah sakit, terminal dan lain sebagainya
- 2) Komersil: rumah makan, pasar, pertokoan, hotel, dan sebagainya
- 3) Industri: industry, peternakan, dan sebagainya

Semakin banyak fasilitas yang membutuhkan air, maka semakin tinggi pula kebutuhan akan air.



Gambar 2 Jumlah Sarana terhadap Jumlah Kebutuhan Air

3. Jaringan Pipa Distribusi

Menurut Triatmodjo (1995), Bagian yang paling mahal dari sistem penyediaan air minum ialah sistem jaringan pipa distribusi. Untuk mendapatkan sistem yang efisien harus dibuat perencanaan yang sangat teliti. Jumlah penduduk dan jenis industri yang terlayani menjadi perhitungan jumlah debit air yang disediakan.

Persamaan Hazen-William secara empiris mengatakan bahwa debit dalam pipa sebanding dengan diameter pipa dan kemiringan hidrolis.

Secara umum Persamaan Hazen-williams :

$$Q = 0.2785 \cdot C D^{2.63} S^{0.54} \quad (4)$$

Apabila kehilangan tekanan di sepanjang pipa atau head loss (HL) yang akan dihitung maka

$$H_L = (Q / 0.2785 \cdot C \cdot D^{2.63})^{1.85} \cdot L \quad (5)$$

Dimana (S) adalah kemiringan hidrolis yang dinyatakan sebagai kehilangan tekanan (hL) dibagi dengan panjang pipa (L) atau $S = (hL/L)$. Disamping itu ada faktor C (koefisien) yang menggambarkan kondisi fisik pipa seperti kehalusan dinding bagian dalam pipa yang menggambarkan jenis pipa dan umur.

Koefisien Hazen-William untuk variasi pipa dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut.

Tabel 2 Koefisien Pipa Hazen-Williams

PIPE DESCRIPTION	"C" VALUE
PolyPipe® HDPE	150
Very smooth and straight steel, glass	130-140
New cement-lined ductile iron	130
Smooth wood and wood stave	120
New riveted steel, cast iron	110
Old cast iron	95
Old pipes in bad condition	60-80
Small pipes, badly corroded	40-50

Sumber : Institute, 2005

4. Analisa Jaringan Perpipaan dengan *Software* EPANET 2.0

EPANET ialah perangkat lunak (*software*) yang diciptakan oleh EPA,AS. Sebagai permodelan sistem distribusi air yang mensimulasikan periode hidrolis dan perilaku kualitas air dalam jaringan pipa bertekanan sehingga dapat memberi pemahaman tentang pergerakan dan konstituen air dalam sistem distribusi air. (Rossman, L., Woo, H., Tryby, M., Shang, F., Janke, R., & Haxton., T, 2020)

Software ini dibentuk oleh periode simulasi hidraulik pada jaringan perpipaan, membuat simulasi dengan memasukan/ menginput berupa data:

- Peta
- Diameter dan panjang pipa
- Elevasi
- Debit tiap node
- Koefisien kekasaran pipa
- Macam sumber air yg digunakan (sumur bor, sungai, mata air dan lain lain).

g. Sisa Konsentrasi khlor di pipa.

EPANET dalam mensimulasikan hidrolis air di jaringan pipa menggunakan Formula atau rumus seperti Hazen-William, dan Darcy-Weisbach, atau Chezy-Manning.

C. Hasil dan Pembahasan

Kebutuhan air bersih pada waktu yang akan datang dapat ditentukan dengan cara menghitung jumlah penduduk yang ada sekarang dan menghitung proyeksi jumlah penduduk di waktu yang akan datang. Dalam perencanaan proyeksi jumlah penduduk ini direncanakan sampai 10 tahun yang akan datang terhitung dari tahun 2021 sampai tahun 2030. Data jumlah penduduk yang digunakan untuk menghitung rerata pertumbuhan penduduk adalah data jumlah penduduk Kecamatan Melak dari tahun 2017 sampai dengan tahun 2020.

Tabel 3 Jumlah penduduk Kecamatan Melak tahun 2017- 2020

Kec.	Jumlah Penduduk (Jiwa)			
	2017	2018	2019	2020
Melak	14099	14491	14506	15041

Sumber : BPS Kabupaten Kutai Barat

1. Menghitung Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Melak

Langkah selanjutnya adalah menghitung pertumbuhan penduduk Kecamatan Melak untuk menentukan angka pertambahan pengguna layanan air bersih dimasa yang akan datang,

$$i = \frac{P_n - P_o}{P_o} \times 100 \%$$

dimana :

P_n = Jumlah Penduduk akhir tahun

P_o = Jumlah Penduduk awal tahun

Sehingga :

$$i_1 = \frac{14.491 - 14.099}{14.099} \times 100 = 2,78 \%$$

$$i_2 = \frac{14.506 - 14.491}{14.491} \times 100 = 0,10 \%$$

$$i_3 = \frac{15.041 - 14.506}{14.506} \times 100 = 3,69 \%$$

$$i = \frac{2,78 + 0,10 + 3,69}{3} = 2,20 \%$$

Berdasarkan perhitungan di atas diperoleh rata-rata laju pertumbuhan penduduk Kecamatan Melak sebesar 2,20%. Untuk hasil perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan laju pertumbuhan. Setelah mengetahui laju pertumbuhan penduduk, selanjutnya adalah menentukan metode proyeksi penduduk sampai tahun 2030. **Tabel 4** merupakan hasil uji korelasi sederhana di Kecamatan Melak dengan menggunakan laju penduduk sebesar 2,20% yang mana nilai koefisien korelasi (r) yang mendekati nilai $r=1$ atau $r=1$ digunakan.

Tabel 4 Tabel Korelasi Kecamatan Melak tahun 2017- 2020

Tahun	Geometrik	Aritmatik	Exponensial
2017	14099,0	14099,0	14099,0
2018	14407,9	14491,0	14812,0
2019	14723,5	14506,0	15155,7
2020	15046,0	15041,1	16062,7
Korelasi	0,9	0,9	1,0

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Perhitungan pada **Tabel 4** digunakan metode eksponensial untuk menghitung prakiraan penduduk untuk wilayah perencanaan kabupaten Melak, karena dalam perhitungan ini

dianggap lebih efisien dari segi perhitungan dan nilai korelasinya mendekati 1. Diambil contoh perhitungan ditahun 2020 dengan jumlah penduduk adalah 15041 jiwa, maka dengan formula (3) dapat ditulis sebagai berikut.

Diketahui :

Penduduk di tahun 2020 (P_0) = 15041 Jiwa

Laju pertumbuhan penduduk (r) = 2,20 %

Periode (t) = 0

Maka, $P_t = P_0 e^{rt}$

$P_{2020} = 15041 \cdot e^{(2,20\% \cdot 0)}$

$P_{2020} = 15041$ Jiwa

Tabel 5 Pertumbuhan Penduduk Kec. Melak dengan Metode Eksponensial

No	Tahun	n	Metode Eksponensial $P_t = P_0 e^{rt}$
1	2020	0	15041,00
2	2021	1	15374,13
3	2022	2	15714,64
4	2023	3	16062,70
5	2024	4	16418,46
6	2025	5	16782,10
7	2026	6	17153,79
8	2027	7	17533,72
9	2028	8	17922,06
10	2029	9	18319,01
11	2030	10	18724,74

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Gambar 2 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Melak Tahun 2020 – 2030

2. Menghitung Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Analisis kebutuhan air bersih dalam studi perencanaan pengembangan jaringan distribusi utama sistem penyediaan air minum Kecamatan Melak, Kabupaten Kutai Barat dihitung berdasarkan **Tabel 1** Kriteria Perencanaan Air Bersih Ditjen Cipta Karya PU, 1996.

- Perhitungan pelayanan air domestik didasarkan pada proyeksi jumlah penduduk pada tahun perencanaan, sehingga dapat digolongkan sebagai kota kecil dengan kebutuhan air bersih

120 liter per orang per hari. Rata-rata jumlah orang per rumah tangga atau sambungan (SR) adalah 4 jiwa. Konsumsi air untuk hidran umum (HU) adalah 30 liter per orang per hari dengan jumlah 100 jiwa/HU.

- Kebutuhan air non domestik sebesar 20% dari kebutuhan domestik untuk kategori kota kecil.
- Cakupan pelayanan teknis dengan jumlah penduduk 15041 di tahun 2020 sebesar 80,15% (Data PDAM Kutai Barat)
- Kebocoran sebesar 30%.
- Faktor hari maksimum sebesar 1.1 dan besarnya faktor jam puncak adalah 1.5.

Diambil contoh perhitungan pada tahun 2020 dengan jumlah penduduk 15041 jiwa.

- Sambungan Rumah (SR) tahun 2020 adalah : $12.055 / 4 = 3014$ unit SR
- Presentase layanan tahun 2020 direncanakan sebesar 80,15 %, sehingga jumlah penduduk yang dilayani adalah:
 $= 15.041 \times 80,15 \%$
 $= 12.055$ jiwa
- Target pelayanan air bersih pada tahun 2030

$$= \frac{\text{Target \% Proyeksi Layanan Tahun 2030} - \text{Target \% actual 2020}}{\text{jumlah tahun proyeksi} - 1}$$

$$= \frac{90\% - 80,15\%}{10}$$

$$= 0.98\%$$

Tabel 5 Persentase Target Penambahan Jumlah Pelanggan PDAM

Tahun	Persentase awal (%)	Rata-rata persentase(%)	Persentase Actual akhir tahun (%)
2020	80,15	0	80,15
2021	80,15	0,98	81,13
2022	81,13	0,98	82,11
2023	82,11	0,98	83,09
2024	83,09	0,98	84,07
2025	84,07	0,98	85,05
2026	85,05	0,98	86,03
2027	86,03	0,98	87,01
2028	87,01	0,98	87,99
2029	87,99	0,98	88,97
2030	88,97	0,98	90

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan perhitungan di atas, maka target persentase layanan tiap tahun ditetapkan sebesar 0.98 % sehingga tahun 2030 target presentase proyeksi layanan tercapai.

- Kebutuhan air domestik (Qd) tahun 2020 di Kecamatan melak
 $Qd = \text{jumlah penduduk} \times \text{persentase penduduk yang terlayani} \times \text{kebutuhan air /orang /liter/hari}$
 $= 15041 \times 80,15\% \times 120 \text{ /orang/liter/hari}$

- $= 1.446.643 \text{ liter/hari}$
 $= 1.446.643 / 86400$
 $= 16,743 \text{ liter/detik}$
- e. Kebutuhan air non domestik (Q_{nd}) tahun 2020 di Kecamatan Melak, kebutuhan air domestik x 20%
- $= 1.446.643 \times 20\%$
 $= 289.328,6 \text{ liter/hari}$
 $= 289.328,6 / 86.400$
 $= 3,35 \text{ liter/detik}$
- f. Total kehilangan air 30%
- $= 30 \% \times \text{Total kebutuhan Air}$
 $= 30 \% \times 20,929$
 $= 6,03 \text{ liter/detik}$
- g. Kebutuhan air bersih rata-rata
- $= \text{total kebutuhan air} + \text{kehilangan air}$
 $= 20,09 + 6,03$
 $= 26,12 \text{ liter /detik}$
- h. Kebutuhan air harian maksimum (Q_{max})
- $= 1,1 \times \text{Kebutuhan air bersih rata-rata}$
 $= 1,1 \times 26,12 \text{ liter/detik}$
 $= 28,73 \text{ liter /detik}$
- i. Kebutuhan air jam puncak (Q_{peak})
- $= 1,5 \times \text{Kebutuhan air bersih rata-rata}$
 $= 1,5 \times 26,12$
 $= 39,18 \text{ liter /detik}$

Untuk lebih detail analisis proyeksi kebutuhan air di Kecamatan Melak dapat dilihat pada Tabel 5a dan Tabel 5b.

Tabel 5a Proyeksi kebutuhan air bersih di Kecamatan Melak Tahun 2020 - 2030

No	Uraian	Satuan	Tahun				
			2020	2021	2022	2023	2024
1	Jumlah Penduduk	jiwa	15041	15374	15715	16063	16418
3	Prosentase Cakupan Pelayanan	%	80,2%	81,1%	82,1%	83,1%	84,1%
2	Jumlah Penduduk Terlayani	jiwa	12055	12473	12903	13346	13803
4	Jumlah Jiwa (Rumah)	jiwa	4	4	4	4	4
5	Jumlah Sambungan Rumah (SR)	unit	3013,8	3118,3	3225,8	3336,6	3450,7
6	Kebutuhan air/orang	Liter/orang/hari	120	120	120	120	120
7	Kebutuhan air domestik	Liter/detik	16,7	17,3	17,9	18,5	19,2
8	Kebutuhan air non domestik (20%)	Liter/detik	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8
9	Total kebutuhan air	Liter/detik	20,1	20,8	21,5	22,2	23,0
10	Kehilangan air 30%	Liter/detik	6,0	6,2	6,5	6,7	6,9
11	Kebutuhan air rata-rata	Liter/detik	26,1	27,0	28,0	28,9	29,9
12	Kebutuhan harian maksimum 1,1	Liter/detik	28,7	29,7	30,8	31,8	32,9
13	Kebutuhan air pada jam puncak 1,5	Liter/detik	39,2	40,5	41,9	43,4	44,9

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 5b Lanjutan Proyeksi kebutuhan air bersih di Kecamatan Melak Tahun 2020 - 2030

No	Uraian	Satuan	Tahun					
			2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	Jumlah Penduduk	jiwa	16782	17154	17534	17922	18319	18725
3	Prosentase Cakupan Pelayanan	%	85,1%	86,0%	87,0%	88,0%	89,0%	90,0%
2	Jumlah Penduduk Terlayani	jiwa	14273	14757	15256	15770	16298	16843
4	Jumlah Jiwa (Rumah)	jiwa	4	4	4	4	4	4
5	Jumlah Sambungan Rumah (SR)	unit	3568,3	3689,4	3814	3942,4	4074,6	4210,7
6	Kebutuhan air/orang	Liter/orang/hari	120	120	120	120	120	120
7	Kebutuhan air domestik	Liter/detik	19,8	20,5	21,2	21,9	22,6	23,4
8	Kebutuhan air non domestik (20%)	Liter/detik	4,0	4,1	4,2	4,4	4,5	4,7
9	Total kebutuhan air	Liter/detik	23,8	24,6	25,4	26,3	27,2	28,1
10	Kehilangan air 30%	Liter/detik	7,1	7,4	7,6	7,9	8,1	8,4
11	Kebutuhan air rata-rata	Liter/detik	30,9	32,0	33,1	34,2	35,3	36,5
12	Kebutuhan harian maksimum 1,1	Liter/detik	34,0	35,2	36,4	37,6	38,8	40,1
13	pancak 1,5	Liter/detik	46,4	48,0	49,6	51,3	53,0	54,7

Sumber : Hasil Pengolahan Data

3. Analisis Jaringan Perpipaan dengan *Software* EPANET 2.0

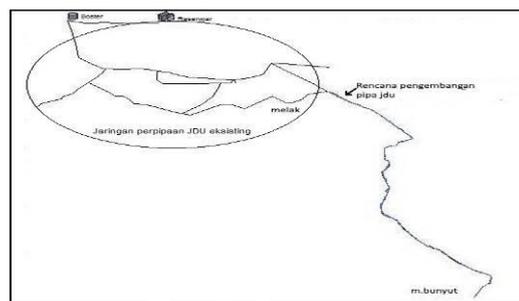
Analisis jaringan pipa memerlukan pemeriksaan yang cermat dari aliran fluida melalui jaringan hidrolis yang berisi beberapa pipa bercabang dan *loop* yang saling berhubungan. Dalam desain sistem distribusi, analisis jaringan pipa menggunakan gravitasi yaitu berdasar beda elevasi (*slope*) antara tank (*booster*) dengan daerah pelayanan, sehingga memberikan dasar untuk memilih diameter pipa. Panjang pipa dari boster ke jalur pipa terakhir (*tapping*) pada junction 10 dengan panjang 5572 m dengan debit aliran 0,023 m³/detik, diambil contoh perhitungan manual dengan rumus Hazen-Williams sebagai berikut.

$$D = 1.6258 (C_{hw}^{-0,38} \cdot Q^{0,38} H^{-0,205} L^{0,205})$$

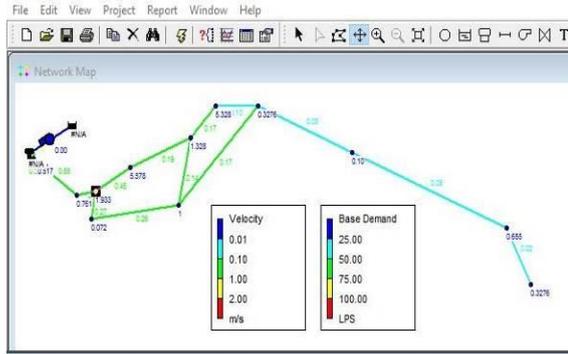
$$= 1.6258 \times (150^{-0,38} \times 0,023^{0,38} \times 63^{-0,205} \times 5572^{0,205})$$

$$= 0,15 \text{ m atau diambil } 160 \text{ mm}$$

Penelitian ini dilakukan di wilayah Zona I PDAM Tirta Sendawar khususnya wilayah Kecamatan Melak seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. Adapun pengumpulan dan pengolahan data yang diperoleh kemudian melalui proses simulasi menggunakan *software* EPANET 2.0.

**Gambar 4** Peta Jaringan Pipa JDU Kecamatan Melak

Peningkatan cakupan pelayanan dilakukan dengan penambahan unit yang dilayani pada jalur pipa eksisting yaitu pada Kampung Empakuq dan Kampung Muara Bunyut. Hasil analisis EPANET terlihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Peta Jaringan Pipa JDU Kecamatan Melak
 Dari hasil simulasi EPANET 2.0 dapat terlihat pada **Gambar 6** dan **Gambar 7**.

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J1	60	0.256	0.26	572.81	512.81
Junc J2	19	0.517	0.52	94.00	75.00
Junc J3	40	0.761	0.76	92.66	52.66
Junc J4	34	1.933	1.93	91.24	57.24
Junc J5	34	5.578	5.58	90.20	56.20
Junc J6	33	1.328	1.33	89.89	56.89
Junc J7	43	0.072	0.07	91.01	48.01
Junc J8	33	1	1.00	90.21	57.21
Junc J9	10	5.328	5.33	89.70	79.70
Junc J10	8	0.3276	0.33	89.72	81.72
Junc J11	23	0.10	0.10	89.70	66.70
Junc J12	12	0.655	0.65	89.62	77.62
Junc J13	27	0.3276	0.33	89.61	62.61
Resvr R1	0	#N/A	-599998.60	0.00	0.00
Tank T1	73	#N/A	599980.40	573.00	500.00

Gambar 6 Hasil *Running* untuk Perpipaan JDU Simulasi EPANET (1)

Berdasarkan **Gambar 6** diatas dapat diketahui bahwa tekanan pada hasil *running* EPANET perpipaan JDU Kecamatan Melak telah memenuhi standar yang ditetapkan berdasarkan PERMEN PU NO.18 tahun 2007 yaitu berkisar 10-80 m sehingga air dapat mengalir dengan baik.

Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km
Pipe P1	123.73	200	18.18	0.58	1.51
Pipe P2	961.10	200	17.41	0.55	1.39
Pipe P3	371.94	160	16.65	0.83	3.81
Pipe P4	805.36	160	9.30	0.46	1.30
Pipe P5	1293.63	160	3.72	0.19	0.24
Pipe P6	484.41	160	5.42	0.27	0.48
Pipe P7	1733.34	160	5.34	0.27	0.46
Pipe P8	1183.23	90	0.87	0.14	0.27
Pipe P10	2330	160	3.47	0.17	0.21
Pipe P9	1050	160	3.27	0.16	0.19
Pipe P11	904	200	-2.06	0.07	0.03
Pipe P12	3018	200	1.08	0.03	0.01
Pipe P13	4000	160	0.98	0.05	0.02
Pipe P14	1202	160	0.33	0.02	0.00
Pump 1	#N/A	#N/A	599998.60	0.00	-573.00
Valve 2	#N/A	200	17.93	0.57	478.81

Gambar 7 Hasil *Running* untuk Perpipaan JDU Simulasi EPANET (2)

Dari hasil simulasi Epanet seperti pada pada Juntion 1 base demand didapat 16,74 liter/hari atau dapat dihitung :

Juntion Terdapat 46 SR
 = 46 SR x 4 jiwa x 120 Liter
 =22.080 liter /hari atau 0,256 liter/detik

Sebagian kecepatan air dalam pipa mempunyai nilai yang kecil yang mana masih belum memenuhi kriteria kecepatan yaitu antara 0,3 m/detik – 3 m/detik sehingga perlu menambahkan pompa untuk menambah tekanan. Dari hasil *running* diatas, sisa tekan pada nodes tidak ada yang negatif, hal ini menandakan bahwa air dapat sampai ke pelanggan.

Maka, dari analisis EPANET dapat direncanakan diameter pipa sebagai berikut.

Tabel 6 Diameter Pipa Hasil EPANET

No	Rencana Node		Rencana Panjang Pipa (m)	Rencana Diameter Pipa (mm)
	dari	ke		
1	J10	J11	3018	200
2	J11	J12	4000	160
3	J12	J13	1208	160

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Material pipa yang digunakan adalah pipa jenis HDPE dikarenakan telah memenuhi kriteria perencanaan dan ketahanan yang baik.

D. Penutup

Berdasarkan dari pembahasan diatas maka didapatkan simpulan dan saran sebagai berikut,

1. Pengembangan jaringan distribusi selama 10 tahun dapat meningkatkan persentase pelayanan dari 80,15 % pada 2020 menjadi 90% ditahun 2030.
2. Kebutuhan air minum rata-rata Kecamatan Melak di tahun 2030 sebesar 36,5 liter/detik.
3. Dari hasil *Running EPANET 2.0* kebutuhan pipa jaringan distribusi utama HDPE berdiameter 200 mm sepanjang 3018 m dan pipa HDPE dengan diameter 160 mm sepanjang 5208 m.
4. Diperlukan cara gabungan gravitasi dengan pompa untuk meningkatkan tekanan, sehingga kecepatan dapat sesuai dengan kriteria yaitu diantara 0,3 m/detik sampai dengan 3 m/detik.

Daftar Pustaka

- Adioetomo, Sri M & Samosir, O B. (2010). *Dasar-dasar Demografi*. Jakarta: LDFEUI, Salemba Empat.
- Anang, Z., Padli, J., Alipiah, R. M., & Musa, H. (2019). Factors Affecting Water Demand : Macro Evidence in Malaysia . *Jurnal Ekonomi Malaysia* 53(1), 17-25.
- Badan Pusat Statistik. (2017). *Kutai Barat Dalam Angka 2017*. Badan Pusat Statistik
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Kutai Barat Dalam Angka 2018*. Badan Pusat Statistik
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Kutai Barat Dalam Angka 2019*. Badan Pusat Statistik
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Kutai Barat Dalam Angka 2020*. Badan Pusat Statistik
- Bambang Triatmodjo. (1996). *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta.
- BPS, S. (2010). *Pedoman Penghitungan Proyeksi Penduduk Dan Angkatan Kerja*. Badan Pusat Statistik.
- Dirjen Cipta Karya. (1996). *Kriteria Perencanaan Air Bersih*. PUPR
- Hasan, J., Soleman, R., & Hadady, H. (2021). Analisis Kinerja Keuangan Pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Pulau Marotai. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan* 7(6), 287.
- Institute, P. P. (2005) *design and Engineering Guide for Polyethylene Piping*.
- Rossman, L., Woo, H., Tryby, M., Shang, F., Janke, R., & Haxton., T. (2020). EPANET 2.2 User Manual. *Environmental Protection Agency Cincinnati*.
- Salim, N. (2021). Kajian Teknis Jaringan Air Bersih Pada Desa Pinggiran (Studi Kasus : Desa Karang Melok, Kecamatan Tamanan, Kabupaten Bondowoso). *Jurnal Konstruksia* 12(2), 60

