

## PERENCANAAN PENGEMBANGAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DESA NGBEL KECAMATAN NGBEL KABUPATEN PONOROGO

Ridwan Nur Arifianto<sup>1</sup>, Kustamar<sup>2</sup>, I Wayan Mudra<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang  
Email : [ridwannurarifianto@gmail.com](mailto:ridwannurarifianto@gmail.com)<sup>1</sup>

### ABSTRACT

In line with the population growth which continues to increase, it results in an increase in demand for water needs. Likewise, in Ngebel Village, the demand for clean water continues to increase, but there are still many residents who have not been served by clean water distribution pipelines, so that residents who have not been served have difficulty getting clean water. This study aims to obtain the amount of clean water demand in the Ngebel Village area for the next 20 years and to obtain the best clean water distribution network plan (smallest pipe diameter) from a review of water pressure and velocity with the help of the WaterCAD V8i program. The population projection results in 2040 use the geometric method of 3,861 people, the total need for clean water at the maximum hour is 5.08 liters / second, hydraulic analysis on distribution pipelines uses pressure, velocity, and head loss gradient controls based on PUPR Minister Regulation No: 27 Years 2016. Hydraulic simulation of piping using the WaterCAD V8i program, and choosing the Hazen-William formula, and making a comparison of pipe diameters based on the three alternatives available, alternative 2 is the best, because it has the smallest value with a pressure of 3 - 7.1 atm, velocity 0.10 - 0.74 m / sec, and a head loss gradient of 0.24 - 11.49 m / km. The pipe that is selected is the type of PVC with a diameter of 1.5 inches, 2 inches, and 2.5 inches.

Keywords: *Clean water distribution, Hazen-William, WaterCAD V8i.*

### ABSTRAK

Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat mengakibatkan adanya penambahan permintaan kebutuhan air. Demikian pula di Desa Ngebel permintaan air bersih terus meningkat, namun masih banyak penduduk belum terlayani jaringan perpipaan distribusi air bersih, sehingga penduduk yang belum terlayani kesulitan mendapatkan air bersih. Studi ini bertujuan untuk mendapatkan besar kebutuhan air bersih di wilayah Desa Ngebel hingga 20 tahun mendatang dan mendapatkan rencana jaringan distribusi air bersih yang terbaik (diameter pipa terkecil) dari tinjauan tekanan dan kecepatan air dengan bantuan program WaterCAD V8i. Hasil proyeksi penduduk tahun 2040 menggunakan metode geometrik sebesar 3.861 jiwa, total kebutuhan air bersih pada jam maksimum sebesar 5,08 liter/detik, analisis hidraulika pada jaringan pipa distribusi menggunakan kontrol tekanan, kecepatan, dan head loss gradient berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No:27 Tahun 2016. Simulasi hidraulika perpipaan dengan menggunakan program WaterCAD V8i, dan memilih rumus Hazen-William, serta membuat perbandingan diameter pipa berdasarkan tiga alternatif yang ada, maka alternatif 2 merupakan yang terbaik, karena mempunyai nilai terkecil dengan tekanan 3 - 7,1 atm, kecepatan 0,10 - 0.74 m/detik, dan head loss gradient 0,24 - 11,49 m/km. Pipa yang di pilih jenis PVC diameter 1.5 inci, 2 inci, dan 2.5 inci.

Kata Kunci: *Distribusi air bersih, Hazen-William, WaterCAD V8i.*

## 1. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan pokok manusia yang meliputi air yang di konsumsi untuk mandi, mencuci, dan berbagai bentuk kegiatan kebersihan lingkungan lainnya. Kesehatan lingkungan dapat terwujud jika didukung oleh kesehatan air di

lingkungan tersebut. Oleh karena itu air benar-benar menjadi faktor yang penting dalam kehidupan yang sehat (Radianta Triatmadja, 2019:2).

Jaringan perpipaan air bersih di Desa Ngebel dikelola oleh Pemerintah Desa Ngebel melalui HIPPAM (Himpunan Penduduk Pemakai Air Minum). Sumber air baku yang dimanfaatkan berasal

dari mata air pegunungan yaitu sumber Deram1, dan sumber Deram 2. Adapun masalah dalam pemenuhan kebutuhan air bersih di Desa Ngebel, yaitu: pada jaringan pipa distribusi yang ada saat ini sering mengalami kerusakan yang disebabkan oleh umur pipa yang sudah tua, sehingga mudah pecah dan tidak mampu menahan tekanan air. Masalah lainnya, penyaluran jaringan pipa distribusi dari HIPPAM belum merata ke seluruh wilayah dan baru mencapai 62% atau 420 SR (sambungan rumah) dari total jumlah penduduk Desa sebesar 689 SR. Selama ini wilayah yang belum terlayani mengandalkan sumber air pegunungan yang tersebar di beberapa wilayah dan di kelola secara mandiri atau swadaya masyarakat, namun seiring bertambahnya penduduk dan debit air yang terus menyusut menyebabkan warga kesulitan mendapatkan air bersih.

Upaya untuk memenuhi kebutuhan air bersih di desa ngebel adalah dengan memanfaatkan sumber Deram 1 dengan debit sebesar 12 liter/detik dan Sumber Deram 2 sebesar 7 liter/detik. Harapannya debit yang ada masih mampu memenuhi kebutuhan air penduduk hingga 20 tahun ke depan. Dalam laporan ini memanfaatkan program WaterCAD v8i.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk adalah suatu metode yang dipakai untuk memperkirakan jumlah penduduk di masa yang akan datang dengan dasar kondisi perkembangan penduduk dari tahun ke tahun.

#### 1. Metode Aritmatik

Bentuk rumus metode aritmatik adalah :

$$P_n = P_0 (1+r.n)$$

Dengan :

- $P_n$  = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n
- $P_0$  = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau
- $r$  = angka pertambahan penduduk per tahun
- $n$  = jumlah tahun proyeksi (tahun)

#### 2. Metode Geometrik

Bentuk rumus metode geometrik adalah :

$$P_n = P_0 (1+r)^n$$

Dengan :

- $P_n$  = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n
- $P_0$  = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau
- $r$  = angka pertambahan penduduk per tahun
- $n$  = jumlah tahun proyeksi (tahun)

#### 3. Metode Eksponensial

Perkiraan jumlah penduduk berdasarkan metode eksponensial dapat didekati dengan persamaan berikut Adioetomo dan Samosir (dalam Badan Pusat Statistik. 2010:6):

$$P = P_0 . e^{r.n}$$

Dengan :

- $P_n$  = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n

- $P_0$  = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau
- $r$  = angka pertambahan penduduk per tahun
- $n$  = jumlah tahun yang ditinjau (tahun)
- $e$  = bilangan logaritma natural (2,7182818)

### Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Untuk melakukan uji kesesuaian metode proyeksi jumlah penduduk metode yang dipakai adalah yang memiliki koefisien korelasi terbesar mendekati +1, dan memiliki nilai standar deviasi terkecil.

#### a. Standar Deviasi

Berikut merupakan rumusan dari perhitungan standar deviasi (Soewarno, 1995:75):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Dimana :

- $S$  = standar deviasi
- $X_i$  = nilai varian (penduduk proyeksi)
- $\bar{X}$  = nilai rata-rata
- $n$  = jumlah data

#### b. Koefisien Korelasi

Adapun rumusan untuk menentukan besarnya koefisien korelasi adalah sebagai berikut Dajan (Dalam Sutikno, 2017:19):

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{((n\sum x^2) - (\sum x)^2) ((n\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

Dengan :

- $r$  = koefisien korelasi
- $x$  = jumlah penduduk data (jiwa)
- $y$  = jumlah penduduk hasil proyeksi (jiwa)

### Kebutuhan Air Bersih

- a. Domestik  
Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air untuk kebutuhan pribadi atau rumah tangga.
- b. Non Domestik  
Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air untuk kebutuhan umum.

Tabel 2.2 Kebutuhan Air Per Orang Per Hari Menurut Kategori Kota

| No | Kategori Kab.           | Jumlah Penduduk (jiwa) | Kebutuhan Air (ltr/org/hari) |
|----|-------------------------|------------------------|------------------------------|
| 1  | Metropolitan            | >1.000.000             | 150 – 200                    |
| 2  | Kota Besar              | 500.000 - 1.000.000    | 120 – 150                    |
| 3  | Kota Sedang             | 100.000 – 500.000      | 100 – 125                    |
| 4  | Kota Kecil              | 20.000 – 100.000       | 90 – 110                     |
| 5  | Semi urban (IKK / Desa) | <20.000                | 60 – 90                      |

Sumber: Sumber: BSNI, (2015:8)

## Hidrolika Jaringan Perpipaan

### A. Kecepatan Aliran

Menghitung kecepatan aliran dapat menggunakan Persamaan 2-9 (BSNI, 2011:16):

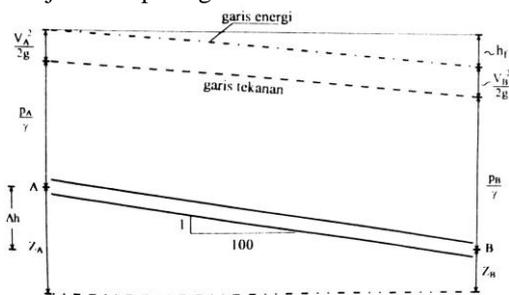
$$V = 0,849 \cdot C \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54}$$

Dengan :

- $V$  = kecepatan aliran, dalam (m/detik)
- $C$  = koefisien Hazen William untuk pipa
- $R$  = jari-jari pipa, dalam (m)
- $S$  = slope/kemiringan hidraulik, dalam (m/m)

### B. Hukum Bernoulli

Persamaan Bernoulli digunakan dalam perhitungan aliran fluida dengan menganggap fluida ideal dan fluida riil. Hal tersebut dapat dijelaskan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.2 Gradien Hidrolika  
Sumber : Triatmodjo (1995:9)

$$Z_A + \frac{p_A}{\gamma_w} + \frac{V_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma_w} + \frac{V_B^2}{2g} + H_f$$

Dengan :

- $p$  = tekanan (kg/m<sup>2</sup>)
- $V$  = kecepatan (m/detik)
- $h$  = ketinggian
- $g$  = percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)
- $\gamma_w$  = berat jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

### C. Hukum Kontinuitas

Dalam persamaan Hukum Kontinuitas dinyatakan bahwa debit yang masuk ke dalam pipa sama dengan debit yang keluar. Bentuk rumusnya sebagai berikut:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

Atau

$$A_1 \cdot V_1 = (A_2 \cdot V_2) + (A_3 \cdot V_3)$$

dengan:

- $Q_1, Q_2, Q_3$  = debit pada potongan 1, 2 dan 3 (m<sup>3</sup>/detik)
- $V_1, V_2, V_3$  = kecepatan pada potongan 1, 2 dan 3 (m/ detik)
- $A_1, A_2, A_3$  = luas penampang pada potongan 1, 2 dan 3 (m<sup>2</sup>)

### D. Kehilangan Tinggi Tekan (Head Loss)

Kehilangan tinggi tekan dalam pipa dapat dibedakan menjadi:

- *Major Losses*

Kehilangan energi karena gesekan sepanjang pipa. Bentuk rumusnya sebagai berikut:

$$h_f = \frac{10,675L \cdot Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,87}}$$

Dengan:

- $h_f$  = kehilangan tinggi
- $Q$  = debit aliran dalam pipa (m<sup>3</sup>/detik)
- $D$  = diameter pipa (m)
- $L$  = panjang pipa (m)
- $C$  = koefisien gesekan Hazen Williams

- *Minor Losses*

Kehilangan yang disebabkan oleh adanya perubahan mendadak dari ukuran penampang pipa. Bentuk rumusnya sebagai berikut:

$$h_m = k_c \frac{Q}{2A^2g}$$

Dengan :

- $h_m$  = kehilangan minor (m)
- $v$  = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/ detik)
- $g$  = percepatan gravitasi (m/ detik<sup>2</sup>)
- $K_c$  = koefisien kehilangan tinggi tekan minor
- $Q$  = debit aliran pada pipa (m<sup>3</sup>/detik)

## Perencanaan Teknik Unit Distribusi Air Bersih

Tabel 2.6 Kriteria Jaringan Pipa Distribusi

| No |  | Notasi                           | Kriteria  |
|----|--|----------------------------------|---|
| 1  | Debit perencanaan  | Q puncak                         | Kebutuhan air jam puncak<br>$Q_{\text{peak}} = F_{\text{peak}} \times Q_{\text{rata-rata}}$ |
| 2  | Faktor jam puncak  | F puncak                         | 1,15 – 3  |
| 3  | Kecepatan aliran air dalam pipa<br>a) Kecepatan Minimum  | V min                            | 0,3 - 0,6 m/detik   |
|    | b) Kecepatan Maksimum<br>- Pipa PVC atau ACP<br>- Pipa Baja atau DICP                                | V max<br>V max                   | 3,0 - 4,5 m/detik<br>6,0 m/detik  |
| 4  | Tekanan air dalam pipa<br>a) Tekanan Minimum   | h min                            | (0,5 - 1,0) atm, pada titik jangkauan pelayanan terjauh                                     |
|    | b) Tekanan Maksimum<br>- Pipa PVC atau ACP<br>- Pipa Baja atau DICP<br>- Pipa PE 100<br>- Pipa PE 80 | h max<br>h max<br>h max<br>h max | 6 - 8 atm<br>10 atm<br>12,4 Mpa<br>9,0 Mpa  |

Sumber : Peraturan Menteri PUPR No :27 (2016:67-68)

### 3. METODE PENELITIAN

#### Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dalam menganalisis permasalahan yang diteliti. Studi literatur dapat diperoleh dari publikasi ilmiah, jurnal, dan buku-buku yang menerangkan tentang aspek yang terkait.

#### Pengumpulan Data

Pengumpulan data sangat diperlukan dalam pengembangan jaringan, yaitu meliputi:

##### a. Data primer

Adapun data-data yang dibutuhkan sebagai berikut:

- Analisis kondisi geografis dan Dokumentasi Lapangan.  
 Data di diperoleh dengan cara pengamatan langsung di lapangan untuk mengetahui kondisi wilayah perencanaan yang akan dilakukan penelitian berupa kondisi bangunan sistem penyediaan air bersih, dan elevasi wilayah perencanaan.

##### b. Data sekunder

Adapun data-data yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Data Jumlah Penduduk  
 Data ini diperlukan untuk menghitung proyeksi penduduk selama 20 tahun mendatang dan data penduduk yang didapatkan dari tahun 2015-2019.
2. Peta Wilayah.  
 Peta ini diperlukan untuk menentukan letak dan batas sistem jaringan distribusi air bersih.
3. Data ketersediaan air.  
 Data ini dibutuhkan untuk mengetahui kemampuan sumber air dalam menyediakan total kapasitas kebutuhan air bersih yang direncanakan.
4. Peta topografi.  
 Peta ini digunakan untuk menentukan letak pipa yang akan digunakan untuk mendistribusi air bersih.

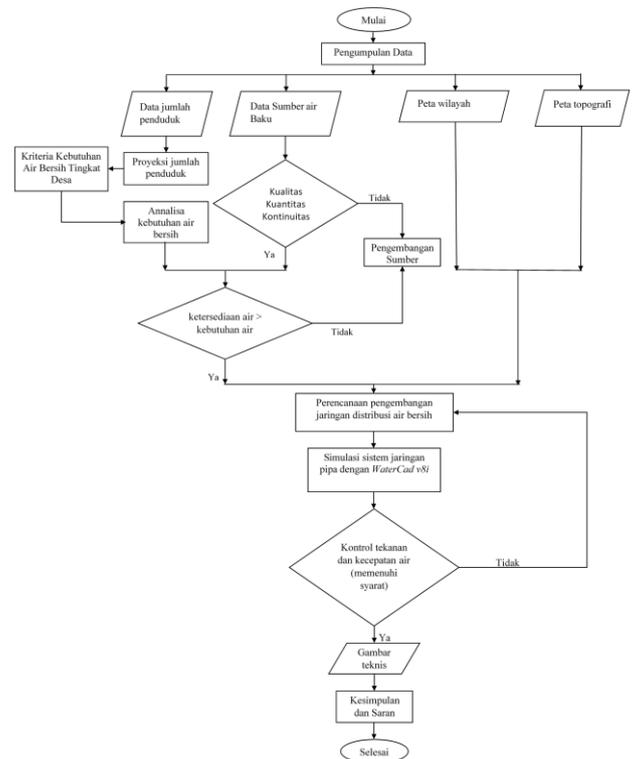
#### Analisis Pengolahan Data

proses pengolahan data meliputi:

1. Perhitungan Proyeksi Jumlah penduduk  
 Proyeksi Jumlah penduduk hingga tahun 2040, dengan menggunakan 3 metode yaitu, metode geometrik, aritmatik, dan eksponensial.
2. Perhitungan kebutuhan air bersih  
 Kebutuhan air bersih hingga tahun 2040 menggunakan standar kebutuhan air tingkat desa dengan menghitung:
  - Kebutuhan air domestik
  - Kebutuhan air non domestik
  - Kebutuhan total

- Kehilangan air
- Kebutuhan air rata-rata
- Kebutuhan air harian maksimum
- Kebutuhan air jam puncak

4. Menentukan perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih yang sesuai dengan kebutuhan dengan cara memasukkan data jumlah layanan pada suatu daerah dan memasukkan data kebutuhan air pada masing-masing titik simpul (*junction*).
- 4.5 Melakukan simulasi jaringan pipa pada WaterCAD dengan memasukkan data panjang pipa, diameter pipa, jenis pipa, kekasaran pipa, dan elevasi reservoir. tahap pembuatan simulasi sistem jaringan pipa adalah:
  - Metode yang dipilih adalah Hazen-Williams.
  - Metode penggambaran pipa dengan metode penggambaran pipa secara skala WaterCAD dengan latar belakang gambar pipa berupa peta wilayah.
  - Memodelkan komponen sistem jaringan distribusi air bersih berupa reservoir, Tank, jaringan pipa, dan titik simpul.
5. Pengujian hidraulika perpipaan menggunakan standar Peraturan Menteri PUPR No:27 2016 sebagai acuan untuk kontrol nilai minimum dan maksimum.
6. Output aplikasi WaterCAD berupa gambar teknis, tabel *pipe*, dan tabel *junction*.
7. Membuat kesimpulan dan saran.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## 4. PEMBAHASAN

### Perhitungan Proyeksi Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk merupakan dasar dari analisis kebutuhan air bersih. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah penduduk antara lain metode geometrik, aritmetika, dan eksponensial.

Tabel 4.13 Proyeksi Jumlah Penduduk Tahun 2020-2040

| No | Tahun | Aritmatika | Geometrik | Eksponensial |
|----|-------|------------|-----------|--------------|
| 1  | 2020  | 3.444      | 3.444     | 3444         |
| 2  | 2021  | 3.465      | 3.465     | 3465         |
| 3  | 2022  | 3.486      | 3.486     | 3486         |
| 4  | 2023  | 3.507      | 3.506     | 3507         |
| 5  | 2024  | 3.529      | 3.527     | 3529         |
| 6  | 2025  | 3.550      | 3.548     | 3550         |
| 7  | 2026  | 3.572      | 3.569     | 3572         |
| 8  | 2027  | 3.593      | 3.590     | 3594         |
| 9  | 2028  | 3.615      | 3.611     | 3616         |
| 10 | 2029  | 3.637      | 3.632     | 3638         |
| 11 | 2030  | 3.660      | 3.652     | 3660         |
| 12 | 2031  | 3.682      | 3.673     | 3683         |
| 13 | 2032  | 3.704      | 3.694     | 3705         |
| 14 | 2033  | 3.727      | 3.715     | 3728         |
| 15 | 2034  | 3.750      | 3.736     | 3751         |
| 16 | 2035  | 3.772      | 3.757     | 3774         |
| 17 | 2036  | 3.795      | 3.778     | 3797         |
| 18 | 2037  | 3.819      | 3.798     | 3820         |
| 19 | 2038  | 3.842      | 3.819     | 3843         |
| 20 | 2039  | 3.865      | 3.840     | 3867         |
| 21 | 2040  | 3.889      | 3.861     | 3890         |

Sumber: Hasil Perhitungan

### Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Tabel 4.12 Hasil Uji Kesesuaian Proyeksi Penduduk

| No | Uji Kesesuaian     | Metode     |           |              |
|----|--------------------|------------|-----------|--------------|
|    |                    | Aritmatika | Geometrik | Eksponensial |
| 1  | Standar Deviasi    | 12,5906    | 12,5425   | 12,5590      |
| 2  | Koefisien Korelasi | 0,9570     | 0,9574    | 0,9574       |

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk melakukan kesesuaian metode proyeksi jumlah penduduk, maka diproyeksikan terlebih dahulu dari tahun 2015–2019 dengan menggunakan metode geometrik, aritmatika, dan eksponensial. Setelah itu dilakukan perhitungan koefisien korelasi untuk menentukan perhitungan mana yang digunakan sebagai acuan dalam merencanakan jaringan distribusi air bersih.

### Analisis Sumber Air Baku

- Berdasarkan data dari HIPPAM, sumber air Deram 1 dan Deram 2, secara kualitas air baku yang telah di uji, tergolong baik dan memenuhi standar kualitas air baku sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492 tahun 2010.
- Secara kuantitas air baku yang di ambil berpotensi mencukupi kebutuhan air bersih Desa Ngebel hingga 20 tahun mendatang. Berdasarkan data sekunder kapasitas produksi sumber air Deram 1 dan Deram 2 sebesar 27 liter/detik.
- Secara kontinuitas air baku yang di ambil memenuhi syarat karena terus mengalir selama 24 jam, serta tidak mengering pada musim kemarau.

### Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Berikut adalah perhitungan kebutuhan air bersih pada Desa Ngebel :

1. Kebutuhan air domestik ( $Q_d$ ) tahun 2040
 
$$Q_d = \text{jumlah pelayanan} * \text{Pemakaian air bersih daerah layanan}$$

$$= \frac{3.861 \text{ jiwa} \times 60 \text{ liter/oran g/hari}}{86400 \text{ detik}}$$

$$= 2,36 \text{ liter/detik}$$
2. Kebutuhan non domestik ( $Q_{nd}$ ) tahun 2040
 
$$Q_{nd} = 15 \% \times Q_d$$

$$= 0,15 \times 2,36$$

$$= 0,35 \text{ liter/detik}$$
3. Kebutuhan air total tahun 2040
 
$$Q_{total} = Q_d + Q_{nd}$$

$$= 2,36 \text{ liter/detik} + 0,35 \text{ liter/detik}$$

$$= 2,71 \text{ liter/detik}$$
4. Kehilangan air akibat kebocoran tahun 2040
 
$$= 20\% \times Q_{total}$$

$$= 0,2 \times (2,71)$$

$$= 0,54 \text{ liter/detik}$$
5. Kebutuhan air rata-rata (dengan kebocoran 20%) tahun 2040
 
$$Q_r = Q_d + Q_{nd} + \text{kehilangan air}$$

$$= 2,36 + 0,35 + 0,54$$

$$= 3,26 \text{ liter/detik}$$
6. Kebutuhan harian maksimum tahun 2040
 
$$Q_{max} = Q_r \times 1,15$$

$$= 3,26 \times 1,15$$

$$= 3,74 \text{ liter/detik}$$
7. Kebutuhan jam puncak tahun 2040
 
$$Q_{peak} = Q_r \times 1,56$$

$$= 3,26 \times 1,56$$

$$= 5,08 \text{ liter/detik}$$

Berdasarkan perhitungan terhadap kebutuhan air bersih tersebut, maka sumber air baku yang di gunakan yaitu sumber Deram 1 sebesar 20 liter/detik dan sumber Deram 2 sebesar 7 liter/detik masih mampu memenuhi kebutuhan air bersih Desa Ngebel hingga 20 tahun mendatang.

**Analisa Kapasitas Tandon**

Dalam perencanaan distribusi air minum, air dari Instalasi pengolahan ataupun tanpa instalasi pengolahan disimpan dulu dalam tandon sebelum didistribusikan hal ini dilakukan agar pengeluaran air dapat konstan. Berikut adalah perhitungan kapasitas tandon.

Tabel 4.15 Fluktuasi Isi Tandon Zona 1 Tahun 2040

| Jam   | Load Factor | Pemakaian m <sup>3</sup> /jam |               |         |                      |
|-------|-------------|-------------------------------|---------------|---------|----------------------|
|       |             | Produksi Air                  | Kebutuhan air | Selisih | Kumulatif Isi Tandon |
|       |             | 1                             | 2             | 3=(1*2) | 4=(2-3)              |
| 00-01 | 0,30        | 7,42                          | 2,225         | 5,19    | 5,19                 |
| 01-02 | 0,37        | 7,42                          | 2,745         | 4,67    | 9,87                 |
| 02-03 | 0,45        | 7,42                          | 3,338         | 4,08    | 13,95                |
| 03-04 | 0,64        | 7,42                          | 4,748         | 2,67    | 16,62                |
| 04-05 | 1,15        | 7,42                          | 8,532         | -1,11   | 15,51                |
| 05-06 | 1,40        | 7,42                          | 10,38         | -2,97   | 12,54                |
| 06-07 | 1,53        | 7,42                          | 11,35         | -3,93   | 8,61                 |
| 07-08 | 1,56        | 7,42                          | 11,57         | -4,15   | 4,45                 |
| 08-09 | 1,41        | 7,42                          | 10,46         | -3,04   | 1,41                 |
| 09-10 | 1,38        | 7,42                          | 10,23         | -2,82   | -1,41                |
| 10-11 | 1,27        | 7,42                          | 9,422         | -2,00   | -3,41                |
| 11-12 | 1,20        | 7,42                          | 8,903         | -1,48   | -4,90                |
| 12-13 | 1,14        | 7,42                          | 8,458         | -1,04   | -5,94                |
| 13-14 | 1,17        | 7,42                          | 8,680         | -1,26   | -7,20                |
| 14-15 | 1,18        | 7,42                          | 8,754         | -1,34   | -8,53                |
| 15-16 | 1,22        | 7,42                          | 9,051         | -1,63   | -10,16               |
| 16-17 | 1,31        | 7,42                          | 9,719         | -2,30   | -12,46               |
| 17-18 | 1,38        | 7,42                          | 10,23         | -2,82   | -15,28               |
| 18-19 | 1,25        | 7,42                          | 9,274         | -1,85   | -17,14               |
| 19-20 | 0,98        | 7,42                          | 7,271         | 0,15    | -16,99               |
| 20-21 | 0,62        | 7,42                          | 4,60          | 2,82    | -14,17               |
| 21-22 | 0,45        | 7,42                          | 3,338         | 4,08    | -10,09               |
| 22-23 | 0,37        | 7,42                          | 2,745         | 4,67    | -5,42                |
| 23-24 | 0,25        | 7,42                          | 1,854         | 5,56    | 0,15                 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

(2) = produksi air 2,06 liter/detik = 7,41 m<sup>3</sup>/jam

(3) = Kebutuhan air = (1)×(2)

(4) = selisih pemakaian (2) – (3)

(5) = kumulatif isi (5 + 4)

Kapasitas tandon yang diperlukan = 16,62-(-17,14) = 33,76 m<sup>3</sup>

Tabel 4.16 Fluktuasi Isi Tandon Zona 2 Tahun 2040

| Jam   | Load Factor | Pemakaian m <sup>3</sup> /jam |               |         |                      |
|-------|-------------|-------------------------------|---------------|---------|----------------------|
|       |             | Produksi Air                  | Kebutuhan air | Selisih | Kumulatif Isi Tandon |
|       |             | 1                             | 2             | 3=(1*2) | 4=(2-3)              |
| 00-01 | 0,30        | 4,30                          | 1,29079157    | 3,01    | 3,01                 |
| 01-02 | 0,37        | 4,30                          | 1,59197627    | 2,71    | 5,72                 |
| 02-03 | 0,45        | 4,30                          | 1,93618735    | 2,37    | 8,09                 |
| 03-04 | 0,64        | 4,30                          | 2,75368867    | 1,55    | 9,64                 |
| 04-05 | 1,15        | 4,30                          | 4,94803434    | -0,65   | 8,99                 |
| 05-06 | 1,40        | 4,30                          | 6,02369398    | -1,72   | 7,27                 |
| 06-07 | 1,53        | 4,30                          | 6,58303699    | -2,28   | 4,99                 |
| 07-08 | 1,56        | 4,30                          | 6,71211615    | -2,41   | 2,58                 |
| 08-09 | 1,41        | 4,30                          | 6,06672036    | -1,76   | 0,82                 |
| 09-10 | 1,38        | 4,30                          | 5,93764121    | -1,64   | -0,82                |
| 10-11 | 1,27        | 4,30                          | 5,46435096    | -1,16   | -1,98                |
| 11-12 | 1,20        | 4,30                          | 5,16316627    | -0,86   | -2,84                |
| 12-13 | 1,14        | 4,30                          | 4,90500795    | -0,60   | -3,44                |
| 13-14 | 1,17        | 4,30                          | 5,03408711    | -0,73   | -4,17                |
| 14-15 | 1,18        | 4,30                          | 5,07711349    | -0,77   | -4,95                |
| 15-16 | 1,22        | 4,30                          | 5,24921904    | -0,95   | -5,89                |
| 16-17 | 1,31        | 4,30                          | 5,63645651    | -1,33   | -7,23                |
| 17-18 | 1,38        | 4,30                          | 5,93764121    | -1,64   | -8,86                |
| 18-19 | 1,25        | 4,30                          | 5,37829819    | -1,08   | -9,94                |
| 19-20 | 0,98        | 4,30                          | 4,21658578    | 0,09    | -9,85                |
| 20-21 | 0,62        | 4,30                          | 2,6676359     | 1,64    | -8,22                |
| 21-22 | 0,45        | 4,30                          | 1,93618735    | 2,37    | -5,85                |
| 22-23 | 0,37        | 4,30                          | 1,59197627    | 2,71    | -3,14                |
| 23-24 | 0,25        | 4,30                          | 1,07565964    | 3,23    | 0,09                 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

(2) = produksi air 1,20 liter/detik = 4,30 m<sup>3</sup> /jam

(3) = Kebutuhan air = (1) ×(2)

(4) = selisih pemakaian (2) – (3)

(5) = kumulatif isi (5 + 4)

Kapasitas tandon yang diperlukan = 9,64-(-9,94) = 19,5 m<sup>3</sup>

Pada hasil perhitungan kumulatif isi tandon terlihat pada tandon zona 1 tahun 2040 adalah 33,76 m<sup>3</sup> dan kapasitas tandon eksisting saat ini adalah 10 m<sup>3</sup>, maka perlu penambahan kapasitas tandon sebesar 23,76 m<sup>3</sup>. Pada hasil perhitungan kumulatif isi tandon zona 2 tahun 2040 adalah sebesar 19,5 m<sup>3</sup>, dan kapasitas tandon eksisting sebesar 20 m<sup>3</sup>, sehingga tidak memerlukan penambahan kapasitas tandon.

Untuk penambahan kapasitas tampungan efektif pada zona 1 direncanakan tandon berbentuk persegi empat dengan dimensi panjang 4 m, lebar 3 m, tinggi 2 m kapasitas mati tandon 0,1 m, dan tinggi ruang udara 0,4 m.

**Kebutuhan Air Bersih Tiap Titik Simpul**

Berikut ini adalah langkah-langkah dan asumsi yang diambil dalam menghitung kebutuhan air di tiap titik simpul yaitu sebagai berikut:

1. Kebutuhan air bersih hanya dihitung pada titik simpul di pipa utama
2. Nilai kebutuhan air setiap titik simpul berdasarkan total kebutuhan air domestik.

kebutuhan air tiap titik simpul selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah:

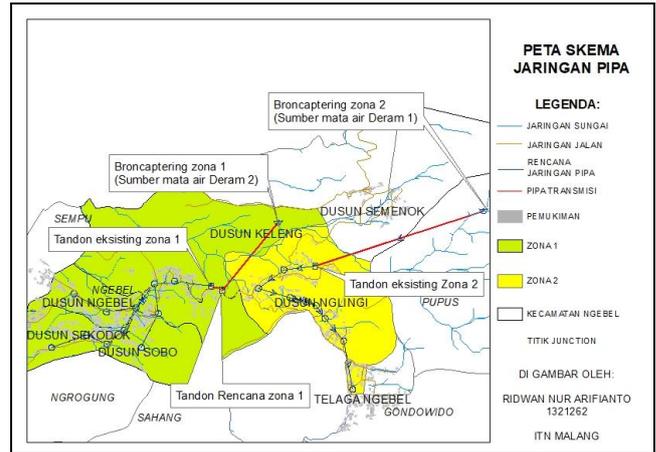
Tabel 4.17 Perhitungan Kebutuhan Air Pada Tiap Simpul Tahun 2040

| Label   | Nama Dusun | Zona | Kebutuhan air Standar Pedesaan | Jumlah Penghuni tiap rumah | Jumlah Kebutuhan air | Jumlah Rumah terlayani | Kebutuhan air/ Titik Junction |
|---------|------------|------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------|
|         |            |      | (L/org/hari)                   | (Jiwa)                     | (liter/dtk)          |                        | (Liter/dtk)                   |
|         |            |      | 1                              | 2                          | 3= (1x2)/86400       |                        | 4                             |
| j1      | Keleng     | 1    | 60                             | 5                          | 0,0035               | 52                     | 0,1806                        |
| J4      | Sobo       |      | 60                             | 5                          | 0,0035               | 128                    | 0,4444                        |
| J7      | Ngebel     |      | 60                             | 5                          | 0,0035               | 125                    | 0,4340                        |
| j11     | Sekodok    |      | 60                             | 5                          | 0,0035               | 127                    | 0,4410                        |
| J2      | Nglingi    | 2    | 60                             | 5                          | 0,0035               | 15                     | 0,0521                        |
| J3      |            |      | 60                             | 5                          | 0,0035               | 6                      | 0,0208                        |
| J7      |            |      | 60                             | 5                          | 0,0035               | 228                    | 0,7917                        |
| Total = |            |      |                                |                            |                      | 680                    | 2,3646                        |

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

1. Kebutuhan air standar pedesaan sebesar 60 liter/orang/hari
2. Jumlah penghuni tiap rumah sebesar 5 jiwa
3. Jumlah kebutuhan air = Kebutuhan air standar pedesaan (liter/orang/hari) × Jumlah penghuni tiap rumah (jiwa)
4. Jumlah rumah terlayani = Jumlah rumah yang akan dilayani (unit)
5. Kebutuhan air / Titik Junction = Jumlah Kebutuhan air tiap titik junction (liter/detik) × jumlah kebutuhan



Gambar 4.1 Peta skema perencanaan jaringan distribusi  
 Sumber: ArcMap 10.3

**Analisa Hidraulika Jaringan Pipa Air Bersih Dengan WaterCAD V8i**

Dalam studi ini jenis simulasi yang digunakan pada jaringan pipa distribusi air bersih dengan program WaterCAD V8i, untuk menganalisis kondisi hidraulika pada pipa jaringan distribusi. Hasil simulasi pada jaringan distribusi akan ditampilkan dalam bentuk tabel, dimana tabel yang ditampilkan berdasarkan elevasi, *velocity* (kecepatan aliran air dalam pipa), *pressure* (tekanan pada tiap titik simpul), dan *head loss gradient* (kemiringan hidraulis)

Adapun data-data yang harus di masukkan kedalam program WaterCAD V8i adalah sebagai berikut:

1. Diameter Pipa
2. Jenis Pipa
3. Panjang Pipa
4. Elevasi tiap titik simpul
5. Elevasi Reservoir
6. Kapasitas Reservoir
7. Debit kebutuhan air tiap junction

**Perbandingan Tiga Alternatif**

Untuk memilih alternatif yang tepat dapat di cari dengan cara melihat kontrol Tekanan yang di izinkan yaitu berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No: 27, 2016:67-68.

Adapun perhitungan pada alternatif 1 yaitu menggunakan diameter pipa 1,5 inci, di seluruh jaringan distribusi, perhitungan pada alternatif 2 menggunakan diameter pipa 1,5 inch, 2 inci, dan 2,5 inci, dan perhitungan pada alternatif 3 menggunakan diameter pipa 1,5 inci, 2 inci, dan 2,5 inci. Berikut tabel dibawah merupakan perbandingan Tekanan pada pukul 08.00 dan pukul 00.00, serta perbandingan kecepatan pada pukul 08.00 dan pukul 00.00.

Tabel 4.30 Perbandingan Tekanan (Junction) Pukul 00.00

| Label | Zona | Tekanan (atm)                     |   |   |
|-------|------|-----------------------------------|---|---|
|       |      | Alternatif 1<br>(Ø pipa inci) 1.5 | Alternatif 2<br>(Ø pipa inci) 1.5, 2, 2.5 | Alternatif 3<br>(Ø pipa inci) 1.5, 2, 2.5 |
|       |      | J-1                               | 1   | 4,8                                       |
| J-2   | 1    | 6,3                               | 6,5                                       | 6,5                                       |
| J-3   | 1    | 6,9                               | 7,1                                       | 7,1                                       |
| J-4   | 1    | 5,5                               | 5,7                                       | 5,7                                       |
| J-7   | 1    | 3,8                               | 3,8                                       | 3,8                                       |
| J-11  | 1    | 6,1                               | 6,1                                       | 6,1                                       |
| J-2   | 2    | 3,4                               | 3,5                                       | 3,5                                       |
| J-3   | 2    | 4,6                               | 4,7                                       | 4,7                                       |
| J-4   | 2    | 4,1                               | 4,2                                       | 4,2                                       |
| J-5   | 2    | 6,1                               | 6,1                                       | 6,1                                       |
| J-6   | 2    | 4,6                               | 4,7                                       | 4,7                                       |
| J-7   | 2    | 6,7                               | 6,8                                       | 6,8                                       |

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.31 Perbandingan Tekanan (Junction) Pukul 08.00

| Label | Zona | Tekanan (atm)                     |   |   |
|-------|------|-----------------------------------|---|---|
|       |      | Alternatif 1<br>(Ø pipa inci) 1.5 | Alternatif 2<br>(Ø pipa inci) 1.5, 2, 2.5 | Alternatif 3<br>(Ø pipa inci) 1.5, 2, 2.5 |
|       |      | J-1                               | 1   | 1,6                                       |
| J-2   | 1    | 1,6                               | 6,1                                       | 6,1                                       |
| J-3   | 1    | 1,9                               | 6,4                                       | 6,6                                       |
| J-4   | 1    | 0,2                               | 4,7                                       | 4,9                                       |
| J-7   | 1    | 2,8                               | 3,1                                       | 3,4                                       |
| J-11  | 1    | 4,7                               | 5   | 5,5                                       |
| J-2   | 2    | 1,4                               | 3   | 3,2                                       |
| J-3   | 2    | 1,6                               | 4   | 4,3                                       |
| J-4   | 2    | 3,7                               | 4,1                                       | 4,1                                       |
| J-5   | 2    | 5,3                               | 5,9                                       | 6   |
| J-6   | 2    | 3                                 | 4,3                                       | 4,5                                       |
| J-7   | 2    | 3,7                               | 6,1                                       | 6,3                                       |

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.32 Perbandingan Kecepatan Dan Headloss Gradient Pukul 00.00

| Label | Zona | Alternatif 1<br>(Ø pipa inci) 1.5 |                          | Alternatif 2<br>(Ø pipa inci) 1.5, 2, 2.5 |                          | Alternatif 3<br>(Ø pipa inci) 1.5, 2, 2.5 |                          |
|-------|------|-----------------------------------|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|
|       |      | Kecepatan Air (m/s)               | Headloss Gradient (m/km) | Kecepatan Air (m/s)                       | Headloss Gradient (m/km) | Kecepatan Air (m/s)                       | Headloss Gradient (m/km) |
|       |      | P-2                               | 1                        | 0,33                                      | 3,676                    | 0,12                                      | 0,305                    |
| P-3   | 1    | 0,29                              | 2,898                    | 0,1                                       | 0,241                    | 0,1                                       | 0,241                    |
| P-4   | 1    | 0,1                               | 0,387                    | 0,1                                       | 0,387                    | 0,05                                      | 0,095                    |
| P-5   | 1    | 0,1                               | 0,386                    | 0,1                                       | 0,386                    | 0,1                                       | 0,386                    |
| P-9   | 1    | 0,1                               | 0,37                     | 0,1                                       | 0,37                     | 0,05                                      | 0,091                    |
| P-13  | 1    | 0,1                               | 0,381                    | 0,1                                       | 0,381                    | 0,1                                       | 0,381                    |

|     |   |      |       |      |       |      |       |
|-----|---|------|-------|------|-------|------|-------|
| P-3 | 2 | 0,19 | 1,325 | 0,11 | 0,326 | 0,11 | 0,326 |
| P-4 | 2 | 0,18 | 1,181 | 0,1  | 0,291 | 0,06 | 0,098 |
| P-5 | 2 | 0,17 | 1,125 | 0,1  | 0,277 | 0,06 | 0,094 |
| P-6 | 2 | 0,17 | 1,125 | 0,1  | 0,277 | 0,1  | 0,277 |
| P-7 | 2 | 0,17 | 1,125 | 0,1  | 0,278 | 0,06 | 0,093 |
| P-9 | 2 | 0,17 | 1,125 | 0,1  | 0,277 | 0,1  | 0,277 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.33 Perbandingan Kecepatan Dan Headloss Gradient Pukul 08.00

| Label | Zona | Alternatif 1        |                          | Alternatif 2        |                          | Alternatif 3        |                          |
|-------|------|---------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|
|       |      | Kecepatan Air (m/s) | Headloss Gradient (m/km) | Kecepatan Air (m/s) | Headloss Gradient (m/km) | Kecepatan Air (m/s) | Headloss Gradient (m/km) |
|       |      | P-2                 | 1                        | 2,05                | 109,148                  | 0,74                | 9,065                    |
| P-3   | 1    | 1,81                | 86,071                   | 0,65                | 7,149                    | 0,65                | 7,149                    |
| P-4   | 1    | 0,61                | 11,499                   | 0,61                | 11,499                   | 0,34                | 2,834                    |
| P-5   | 1    | 0,61                | 11,475                   | 0,61                | 11,475                   | 0,61                | 11,475                   |
| P-9   | 1    | 0,59                | 10,99                    | 0,59                | 10,99                    | 0,33                | 2,708                    |
| P-13  | 1    | 0,6                 | 11,31                    | 0,6                 | 11,31                    | 0,6                 | 11,31                    |
| P-3   | 2    | 1,18                | 39,345                   | 0,67                | 9,69                     | 0,67                | 9,69                     |
| P-4   | 2    | 1,11                | 35,069                   | 0,63                | 8,637                    | 0,4                 | 2,913                    |
| P-5   | 2    | 1,08                | 33,421                   | 0,61                | 8,231                    | 0,39                | 2,776                    |
| P-6   | 2    | 1,08                | 33,421                   | 0,61                | 8,231                    | 0,61                | 8,231                    |
| P-7   | 2    | 1,08                | 33,422                   | 0,61                | 8,231                    | 0,39                | 2,776                    |
| P-9   | 2    | 1,08                | 33,422                   | 0,61                | 8,231                    | 0,61                | 8,231                    |

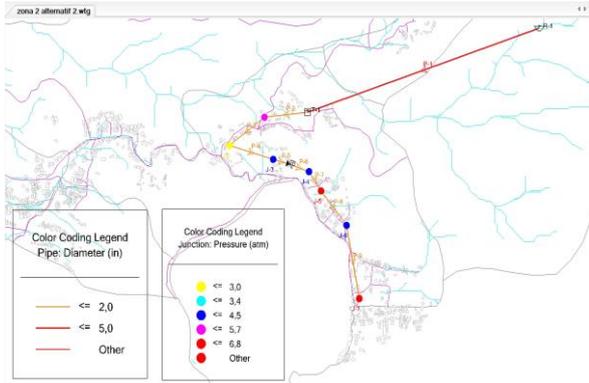
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.35 Perbandingan Panjang Pipa Berdasarkan Diameter

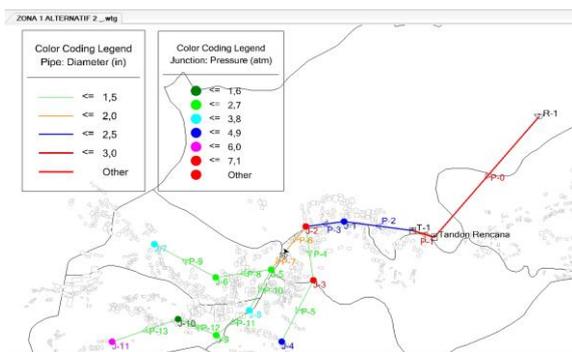
| Diameter Pipa PVC (inci) | Perbandingan Panjang Pipa |                  |                  |
|--------------------------|---------------------------|------------------|------------------|
|                          | Alternatif 1              | Alternatif 2     | Alternatif 3     |
|                          | Panjang pipa (m)          | Panjang pipa (m) | Panjang pipa (m) |
| Ø 1,5                    | 4829                      | 2138             | 927              |
| Ø 2                      | -                         | 2187             | 2099             |
| Ø 2,5                    | -                         | 504              | 1803             |
| Panjang total            | 4829                      | 4829             | 4829             |

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan perbandingan tabel-tabel tersebut maka di ketahui alternatif 1 memiliki tekanan 0,2-6,9 atm, kecepatan 0,1-2,0 m/s, headloss gradien 0,37-109 m/km. Alternatif 2 memiliki tekanan antara 3-7,1 atm, kecepatan 0,1-0,74 m/s, serta headloss gradien 0,24-11,49 m/km. Alternatif 3 memiliki tekanan antara 3,4-6,8 atm, kecepatan 0,05-0,74 headloss gradien 0,09-11,47 m/km. maka alternatif yang terbaik adalah alternatif 2 karena mempunyai nilai tekanan, kecepatan dan headloss gradient terbaik dari ketiga alternatif yang ada.



Gambar 4.2 Kondisi Jaringan Pipa Alternatif 2 di Zona 2 pukul (08.00)  
 Sumber: WaterCAD V8i



Gambar 4.3 Kondisi Jaringan Pipa Alternatif 2 di Zona 1 pukul (08.00)  
 Sumber: WaterCAD V8i

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perencanaan Pengembangan jaringan distribusi air bersih di Desa Ngebel hingga tahun 2040, beberapa kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan data jumlah penduduk Desa Ngebel tahun 2019 sebesar 3423 jiwa, pada hasil analisis menggunakan metode aritmatka, geometrik dan eksponensial maka yang di pilih adalah metode geometrik karena mendekati perhitungan data sebenarnya, sehingga diperoleh jumlah penduduk tahun 2040 sebesar 3.861 jiwa.
2. Berdasarkan data eksisting tahun 2019 tingkat pelayanan distribusi air bersih dari HIPPAM masih 49%, maka dalam perencanaan ditargetkan tahun 2040 meningkat menjadi 88%. Perhitungan kebutuhan air bersih adalah sebagai berikut:
  - Kebutuhan rata-rata: 3,26 liter/detik
  - Kebutuhan harian maksimum: 3,74 liter/detik
  - Kebutuhan jam puncak: 5,08 liter/detik

Ketersediaan kapasitas produksi sumber air baku yaitu pada Deram 1 dan Deram 2 masih mencukupi karena lebih besar dari kebutuhan air ( $27 > 5,08$  liter/detik).

Sedangkan kapasitas tandon eksisting zona 1 sebesar  $10 \text{ m}^3$  tidak mampu mencukupi kebutuhan tampungan sampai tahun 2040 sebesar  $33,76 \text{ m}^3$ , maka perlu dibangun kapasitas tandon sebesar  $23,76 \text{ m}^3$ . Untuk penambahan kapasitas tampungan pada zona 1 direncanakan penambahan tandon berbentuk persegi empat dengan dimensi panjang 4 m, lebar 3 m, tinggi 2 m, kapasitas mati tandon 0,1 m, dan tinggi ruang udara 0,4 m.

3. Pada analisa hidraulika khususnya di jaringan pipa distribusi menggunakan kontrol tekanan, kecepatan, dan head loss gradient, berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No:27 Tahun 2016 yaitu untuk pipa PVC tekanan berkisar 0,5 – 8 atm, head loss Gradient 0-15 m/km dan kecepatan aliran air dalam pipa 0,3 - 4,5 m/detik. Pada uji coba menggunakan 3 alteratif pilihan pipa dengan panjang dan diameter yang berbeda-beda, guna mendapat nilai tekanan, kecepatan, dan head loss gradient terkecil. Berdasarkan simulasi WaterCAD, maka di pilih alternatif 2 yang menggunakan Pipa PVC ( $\varnothing$  1,5 inch sepanjang 2138 m,  $\varnothing$  2 inch sepanjang 2187 m dan pipa  $\varnothing$  2,5 inch sepanjang 504 m) karena merupakan alternatif yang terbaik dari ketiga alternatif yang ada, dengan hasil simulasi nilai tekanan antara 3-7,1 atm, kecepatan 0,10-0,74 m/detik, dan *head loss gradient* 0,24-11,49 m/km.

## Saran

Dalam Studi ini ada beberapa saran yang dapat direkomendasikan yaitu sebagai berikut:

1. Data harus lengkap supaya dalam menganalisis perencanaan jaringan perpipaan air bersih lebih akurat.
2. Dalam sebuah pengembangan maupun perencanaan sistem distribusi perpipaan yang baru harus memperhatikan perbedaan setiap kontur atau elevasi pada tiap titik *junction* karena mempengaruhi *pressure* (tekanan pipa).

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, Irfan. 2017. Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Bambang Kecamatan Wajak. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. 2018. Perencanaan Jaringan Pipa Transmisi Dan Distribusi Air Minum. Jakarta: BPSDM.

- Badan Pusat Statistik. 2019. Kecamatan Ngebel Dalam Angka 2019. Ponorogo: BPS Kabupaten Ponorogo.
- Badan Pusat Statistik. 2010. Pedoman Penghitungan Proyeksi Penduduk Dan Angkatan Kerja. Jakarta: Badan Pusat Statistik
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 7509:2011. Tata cara perencanaan teknik jaringan distribusi dan unit pelayanan sistem penyediaan air minum. Jakarta: BSNI
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. SNI 6728.1:2015 Tentang Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam – Bagian 1 Sumber Daya Air. Jakarta: BSNI
- Heastad Methods, inc. 2003. WaterCAD User's Guide Water Distribution Modeling Software Waterbuy. USA: Heastad Methods.com.
- Hidayatullah, Syarif. 2019. Evaluasi Pelayanan Jaringan Distribusi Air Bersih Di Kecamatan Woja Kabupaten Dompu. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Ibrahim, M., Masrevaniah, A., & Dermawan, V. 2012. Analisa Hidrolis Pada Komponen Sistem Distribusi Air Bersih Dengan Waternet Dan WaterCAD Versi 8 (Studi Kasus Kampung Digiouwa, Kampung Mawa Dan Kampung Ikebo, Distrik Kamu, Kabupaten Dogiyai). Jurnal Teknik Sipil Universitas Brawijaya. 2(2):1-2
- JDIH Kementerian PUPR. 2016. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No:27/PRT/M/2016 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Jakarta: JDIH Kementerian PUPR.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. 2016. Buku 4 Panduan Pendampingan Sistem Penyediaan Air Minum (Spam) Perpipaan Berbasis Masyarakat. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum.
- Rizky, Try. 2019. Pengembangan Jaringan Pelayanan PDAM Kota Palu di Kecamatan Palu Timur Provinsi Sulawesi Tengah. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Rohmaningsih, E., Sholichin, M., & Haribowo, R. 2017. Kajian Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Pada Daerah Rawan Air Di Desa Sumbersih Kecamatan Panggungrejo Kabupaten Blitar. Jurnal Teknik Sipil Universitas Brawijaya, 8(1), 48.
- Soewarno. 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data. Bandung: Nova.
- Sutikno. 2016. Proyeksi Ketersediaan Air Tahun 2036 Terhadap Sumber Air Junrejo Pada Hipam Kelurahan Dadapreja Kecamatan Junrejo Kota Batu. Malang: Politeknik Negeri Malang. 2(1), 20
- Triatmadja, Radiana. 2019. Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Triatmodjo, Bambang. 1993. Hidraulika I Cetakan Pertama. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. 1993. Hidraulika II Edisi Kedua. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. 1995. Soal - Penyelesaian Hidraulika II Cetakan ke-13. Yogyakarta: Beta Offset.