



## Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Pinabetengan Utara Kecamatan Tompaso Barat Kabupaten Minahasa

Marcella M. Koilam<sup>#a</sup>, Jeffry S. F. Sumarauw<sup>#b</sup>, Cindy J. Supit<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>koilammarchella@gmail.com; <sup>b</sup>jeffrysumarauw@unsrat.ac.id; <sup>c</sup>cindyjeanesupit@unsrat.ac.id

### Abstrak

Mata air Sinuiyan adalah mata air yang berada di Pegunungan Tonderukan, tepatnya di ujung selatan Desa Pinabetengan. Namun, masyarakat setempat belum mengolah sistem jaringan air bersih dengan baik dan menyeluruh. Oleh karena itu diperlukan perencanaan untuk sistem penyediaan air bersih di Desa Pinabetengan Utara. Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam merencanakan sistem penyediaan air bersih, seperti studi lapangan dan studi literatur. Sistem Penyediaan air bersih di Desa Pinabetengan Utara direncanakan untuk memenuhi kebutuhan hingga tahun 2032. Untuk memprediksi jumlah kebutuhan air bersih, maka digunakan proyeksi dengan Analisis Regresi. Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah pertumbuhan penduduk Desa Pinabetengan Utara hingga tahun rencana 2032 adalah 1622 jiwa, dengan jumlah kebutuhan air bersih sebesar 1,4 liter/detik. Perpipaan dihitung dengan menggunakan persamaan Hazen – Williams dengan menggunakan pipa HDPE (High Density Polythene). Sumber air yang digunakan berasal dari mata air dengan debit sesaat sebesar 2 liter/detik. Dalam perencanaan ini untuk menangkap air dari mata air dibuat bronkaptering dan kemudian air dialirkan melalui pipa distribusi ke Hidran Umum. Untuk melayani kebutuhan air bersih penduduk Desa Pinabetengan Utara sampai tahun 2032, dibutuhkan 17 Hidran Umum.

*Kata kunci: desa Pinabetengan Utara, air bersih, sistem penyediaan, pengaliran gravitasi*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Desa Pinabetengan Utara adalah desa yang berada di Kecamatan Tompaso Barat tepatnya di Kabupaten Minahasa dengan ketinggian kira-kira 770 meter di atas permukaan laut. Sumber air yang digunakan untuk memenuhi air bersih di Desa Pinabetengan Utara berasal dari mata air Sinuiyan yang terletak di perbukitan bagian selatan desa tersebut. Daerah yang terlayani air bersih yang berasal dari sumber mata air tersebut hanya terbatas pada bagian selatan desa menyebabkan masyarakat bagian utara mengalami kesulitan air bersih sehingga mereka lebih memanfaatkan sumur gali atau menimba air di keran-keran umum desa. Dan saat ini belum ada sistem jaringan untuk kebutuhan air bersih oleh PDAM disebabkan karena wilayah tersebut berada pada daerah ketinggian yang secara teknis sulit dilayani dari sumber air yang ada. Disamping itu, masyarakat desa lebih condong untuk menggunakan air yang disediakan oleh Pemerintah Desa atau yang sering disebut “Air Desa” meskipun masyarakat belum terlayani sepenuhnya.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, penyediaan air bersih di Desa Pinabetengan Utara belum memenuhi kebutuhan air bersih di desa tersebut, sehingga perlu adanya penyeimbangan sistem penyediaan air bersih di Desa Pinabetengan Utara.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Identifikasi dan analisis potensi/ketersediaan air bersih.
- Analisis prediksi kebutuhan air bersih sampai dengan 10 tahun ke depan.
- Sistem penyediaan air bersih yang handal.

### 1.4. Manfaat Penelitian

- Bagi penulis  
Untuk memperluas basis pengetahuan, meningkatkan kredibilitas diri, untuk kebermanfaatan kepada masyarakat serta menjadi pengalaman untuk penulis.
- Bagi masyarakat  
Memberikan pertimbangan dalam mengambil kebijakan berdasarkan data dan hasil penelitian. Khususnya memberikan solusi dalam memecahkan masalah tentang air bersih pada masyarakat.
- Bagi peneliti selanjutnya  
Memberikan pertimbangan dalam mengambil kebijakan berdasarkan data dan hasil penelitian sosial. Memberikan solusi dalam memecahkan masalah sosial dalam masyarakat.

### 1.5. Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini sebagai berikut ;

- Analisis kebutuhan air bersih di Desa Pinabetengan Utara untuk 10 tahun kedepan.
- Sistem pelayanan air bersih hanya sebatas Hidran Umum (HU).
- Perhitungan konstruksi struktur bangunan-bangunan jaringan air tidak diperhitungkan.
- Pengolahan dan kualitas air tidak diperhitungkan.

## 2. Metode

### 2.1. Lokasi Penelitian

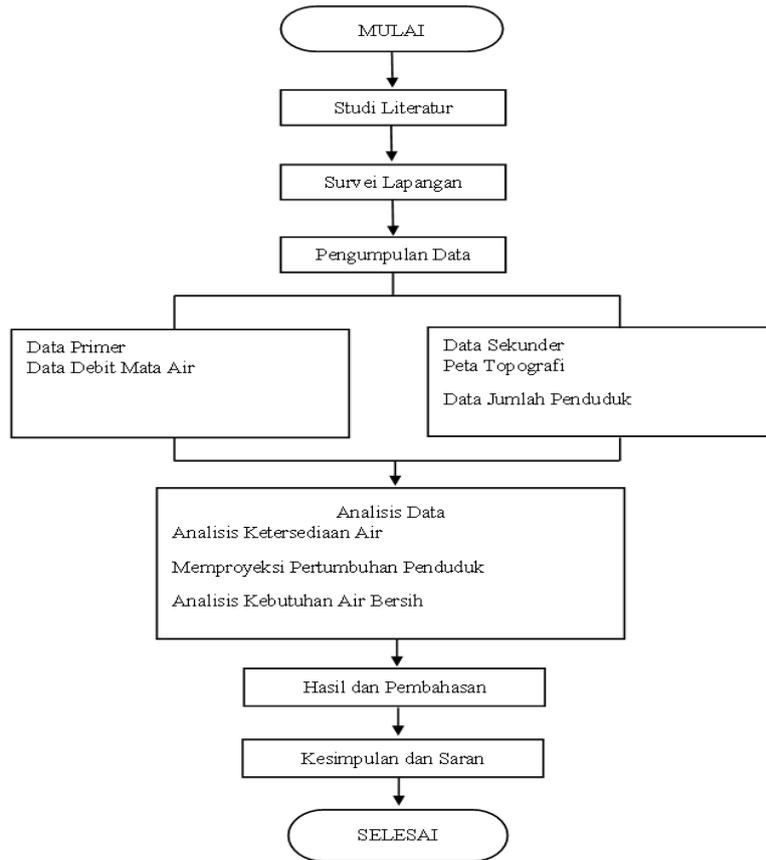
Lokasi penelitian terletak di Desa Pinabetengan Utara Kecamatan Tompaso Barat, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara yang dapat dilihat pada Gambar 1, secara geografis berada pada 1°10'42.6" Lintang Utara dan 124°47'23.9" Bujur Timur.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian (Google Earth)

## 2.2. Bagan Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Bagan Alir

## 3. Kajian Literatur

### 3.1 Definisi Air Bersih

Air bersih adalah air sehat yang dipergunakan untuk kegiatan manusia sehari-hari dan harus bebas dari kuman-kuman penyebab penyakit dan bebas dari bahan-bahan kimia yang dapat mencemari air tersebut.

### 3.2 Sistem Distribusi dan Sistem Penyediaan Air Bersih

Tugas pokok sistem distribusi air bersih adalah menghantarkan air bersih kepada para pelanggan yang akan dilayani, dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas dan tekanan air sesuai dengan perencanaan awal. Faktor yang didambakan oleh para pelanggan adalah ketersediaan air setiap waktu. Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005 tentang Sistem Pengembangan Air Bersih menyebutkan bahwa sistem penyediaan air bersih terdiri dari unit air baku, unit produksi, unit distribusi, dan unit pelayanan.

### 3.3 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih terdiri dari kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik.

### 3.4 Kehilangan Air

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter. Angka presentase kehilangan

air untuk perencanaan sistem penyediaan air bersih pedesaan yaitu sebesar 20 % dari kebutuhan rata-rata dimana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik.

### 3.5 Kebutuhan Total Untuk Air Bersih

Berdasarkan Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996 Kebutuhan air total dihitung berdasarkan jumlah pemakai air yang telah diproyeksikan untuk 5 – 10 tahun mendatang dan kebutuhan rata – rata setiap pemakai setelah ditambahkan 20-30 % sebagai faktor kehilangan air (kebocoran). Kebutuhan total ini dipakai untuk mengecek apakah sumber air yang dipilih dapat digunakan.

### 3.6 Perencanaan Air Bersih

#### 1. Menghitung jumlah penduduk

Untuk memproyeksikan jumlah penduduk pada 10 tahun mendatang, maka dapat dihitung dengan analisis regresi.

##### a. Analisis Regresi Linear

$$Y = a + bX \quad (1)$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum x}{n} \quad (2)$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (3)$$

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (4)$$

##### b. Analisis Regresi Logaritma

$$Y = a + b \ln X \quad (5)$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum \ln X}{n} \quad (6)$$

$$b = \frac{n \sum (\ln X) Y - \sum (\ln X) \sum Y}{n \sum (\ln X)^2 - (\sum \ln X)^2} \quad (7)$$

$$r = \frac{n \sum (\ln X) Y - \sum (\ln X) \sum Y}{\sqrt{n \sum (\ln X)^2 - (\sum \ln X)^2} \sqrt{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (8)$$

##### c. Analisis Regresi Eksponensial

$$Y = ae^{bx} \quad (9)$$

$$a = \text{Exp} \frac{\sum \ln Y - b \sum \ln X}{n} \quad (10)$$

$$b = \frac{n \sum X \ln Y - \sum X \sum \ln Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (11)$$

$$r = \frac{n \sum X \ln Y - \sum \ln Y \sum X}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum (\ln Y)^2 - (\sum \ln Y)^2}} \quad (12)$$

Dimana :

$Y$	= Jumlah Penduduk (Jiwa)
$X$	= Jumlah Tahun
$a, b$	= Koefisien regresi
$n$	= Jumlah data
$r$	= Koefisien korelasi

$$\text{Syarat } -1 \leq r \leq 1$$

### 3.7 Kehilangan Energi

#### 1. Kehilangan Tinggi Tekanan Besar

Dalam aliran pipa, hilang tinggi tekanan besar terutama adalah hilang tinggi tekanan akibat gesekan.

#### 2. Kehilangan Tinggi Tekanan Kecil

Selama pengaliran, air kehilangan energi kerana harus membelok sehingga terjadi turbulensi. Kehilangan energi juga terjadi apabila air harus melalui perubahan arah atau tikungan pipa, sehingga dapat mengganggu aliran atau menghentikan aliran sama sekali.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Ketersediaan Air Bersih

Dari hasil survey mata air berada di elevasi  $\pm 945$  mdan dilakukan pengukuran dengan menggunakan *volumetric method* didapati debit mata air 2 liter/detik.

### 4.2. Kebutuhan Air Bersih

#### 1. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

**Tabel 1.** Hasil Rekapitulasi Analisis Regresi, (Analisa Data 2023)

No	Metode Analisis Regresi	y	Koefisien Korelasi (r)	Koefisien Determinasi (r <sup>2</sup> )	Se
1	Linear	$y = a + bx$	0,962	0,925	14,377
2	Logaritma	$y = a + b \cdot \ln x$	0,997	0,994	4,190
3	Eksponensial	$y = a \cdot e^{(bx)}$	0,958	0,918	15,011

Untuk pertumbuhan penduduk yang di analisis diambil nilai  $r^2$  (koefisien determinasi) yang paling mendekati 1, atau yang memiliki *standard error* (Se) paling kecil. Maka digunakan metode Analisa Regresi Logaritma. Dengan nilai  $r^2 = 0,994$ , dan nilai  $Se = 4,190$  yang merupakan nilai paling kecil diantara nilai Se dua metode lainnya.

**Tabel 2.** Proyeksi Jumlah Penduduk Dengan Analisis Regresi, (Analisa Data, 2023)

Tahun	X	Jumlah Penduduk (Y)
2023	11	1581
2024	12	1587
2025	13	1593
2026	14	1598
2027	15	1602
2028	16	1607
2029	17	1611
2030	18	1614
2031	19	1618
2032	20	1622

## 2. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik diambil 60 liter/orang/hari lebih besar dari standar perencanaan air bersih pedesaan tahun 1990 yaitu 30 liter/orang/hari.

**Tabel 3.** Kebutuhan Air Domestik, (Analisa Data, 2023)

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Domestik (Liter/Detik)
(x)	(y)	$Q_d = Y \times (60 \text{ liter/detik/orang}) / (24 \times 3600)$
2023	1581	1,098
2024	1587	1,102
2025	1593	1,106
2026	1598	1,109
2027	1602	1,113
2028	1607	1,116
2029	1611	1,118
2030	1614	1,121
2031	1618	1,124
2032	1622	1,126

## 3. Kebutuhan Air Non Domestik

Dihitung berdasarkan besarnya kebutuhan domestic dikali dengan angka presentasi adalah 5%.

**Tabel 4.** Kebutuhan Air Non Domestik, (Analisa Data, 2023)

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Non Domestik (Liter/Detik)
(X)	(Y)	$Q_n = Q_d * 5\%$
2023	1581	0,0549
2024	1587	0,0551
2025	1593	0,0553
2026	1598	0,0555
2027	1602	0,0556
2028	1607	0,0558
2029	1611	0,0559
2030	1614	0,0561
2031	1618	0,0562
2032	1622	0,0563

#### 4. Kehilangan Air

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter. Angka presentase kehilangan air untuk perencanaan system penyediaan air bersih pedesaan yaitu sebesar 15% dari kebutuhan rata-rata dimana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik.

**Tabel 5.** Kehilangan Air, (Analisa Data, 2023)

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kehilangan Air (Liter/Detik)
(X)	(Y)	$Qa = Qd + Qn \times 15\%$
2023	1581	0,173
2024	1587	0,174
2025	1593	0,174
2026	1598	0,175
2027	1602	0,175
2028	1607	0,176
2029	1611	0,176
2030	1614	0,177
2031	1618	0,177
2032	1622	0,177

#### 5. Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total adalah kebutuhan air baik domestik, non domestik, ditambah kehilangan air.

**Tabel 6.** Kebutuhan Air Total, (Analisa Data, 2023)

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Total
(X)	(Y)	$Qt = Qd + Qn + Qa$
2023	1581	1,326
2024	1587	1,331
2025	1593	1,335
2026	1598	1,340
2027	1602	1,343
2028	1607	1,347
2029	1611	1,351
2030	1614	1,354
2031	1618	1,357
2032	1622	1,360

#### 6. Analisis Kebutuhan Air Harian Maksimum

Kebutuhan air harian maksimum dihitung berdasarkan kebutuhan air total dikali faktor pengali yaitu 1,1. 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 1,2.

**Tabel 7.** Kebutuhan Air Harian Maksimum, (Analisis Data, 2023)

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Harian Maksimum (Liter/Detik)	Kebutuhan Air Jam Puncak (Liter/Detik)
X	Y	$Q_m = 1,1 \times Q_t$	$Q_p = 1,2 \times Q_t$
2023	1581	1,459	1,591
2024	1587	1,464	1,597
2025	1593	1,469	1,602
2026	1598	1,474	1,608
2027	1602	1,478	1,612
2028	1607	1,482	1,617
2029	1611	1,486	1,621
2030	1614	1,489	1,625
2031	1618	1,493	1,628
2032	1622	1,496	1,632

### 4.3. Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih

#### 1. Sistem Plan Penyediaan Air Bersih

Rencana sistem penyediaan air bersih di Desa Pinabetengan Utara yang bersumber dari mata air adalah sebagai berikut :

- Air dari mata air Sinuiyan ditampung terlebih dahulu pada bak penangkap mata air (bronkaptering).
- Air dari bronkaptering dialirkan secara gravitasi ke reservoir  
Pipa transmisi air bersih dari bronkaptering ke reservoir menggunakan jenis pipa HDPE.
- Selanjutnya air dari reservoir didistribusikan secara gravitasi melalui pipa distribusi menuju hidran-hidran umum yang ada pada daerah layanan.

#### 2. Sistem Pengambilan Air Baku

Pada perencanaan ini, bangunan pengambilan air baku atau bronkaptering yang akan digunakan ialah bronkapter dari mata air yang memiliki debit 2 liter/detik, yang terletak pada jarak ± 3 km dari Desa Pinabetengan Utara, dengan elevasi +945 m dari permukaan laut.

#### 3. Pipa Transmisi dan Pipa Distribusi

- Desain pipa transmisi dari bronkaptering ke reservoir  
 $h_1 = 945 \text{ m}$  (elevasi muka air di dalam bronkaptering)  
 $h_2 = 788 \text{ m}$  (elevasi ujung pipa keluarnya air di Reservoir)  
 $h = 945 \text{ m} - 788 \text{ m} = 157 \text{ m}$   
 $Q = 2 \text{ liter/detik} = 0,002 \text{ m}^3/\text{detik}$   
 $D = 6,4 \text{ inch} = 0,16 \text{ m}$   
 $L = 2939 \text{ m}$   
 $Chw = 130$

Mengalami kehilangan head :

$$hf = \frac{10,675 \times Q^{1,825}}{C_{hw}^{1,852} \times D^{4,8704}} \times L$$

$$hf = \frac{10,675 \times 0,002^{1,825}}{130^{1,852} \times 0,16^{4,8704}} \times 2939$$

$$hf = 0,293 \text{ m}$$

(13)

Kontrol : hf = 0,293 m hf < h (OK)  
 = 0,293 m < 157 m hf < h (OK)

Menghitung kecepatan aliran

$$V = 0,3545 C_{hw} D^{0,63} S^{0,54} \tag{14}$$

$$S = \frac{h}{L} = \frac{157}{2939} = 0,053 \tag{15}$$

$$V = 0,3545 \times 130 \times 0,16^{0,63} \times 0,053^{0,54}$$

$$V = 2,97 \text{ m/det}$$

b. Pipa transmisi dari reservoir ke hidran umum pertama

Jumlah penduduk : 1622 jiwa (2032-Analisis Regresi Logaritma)

Jumlah hidran : 1622/100 = 16,22 = 17 hidran (agar distribusi lebih merata)

Setiap hidran direncanakan dapat melayani 100 jiwa.

$h_1$  = 788 m (elevasi muka air terendah di bak penampung)

$h_2$  = 785 m (elevasi ujung pipa keluaranya hidran umum pertama)

$h$  = 788 m – 785 m = 3 m

$Q$  = 2 liter/detik = 0,002 m<sup>3</sup>/detik

$D$  = 6,2 inch = 0,158 m

$L$  = 128 m

$C_{hw}$  = 130

$$S = \frac{h}{L} = \frac{3}{128} = 0,023 \tag{16}$$

Mengalami kehilangan head :

$$hf = \frac{10,675 \times Q^{1,825}}{C_{hw}^{1,852} \times D^{4,8704}} \times L$$

$$hf = \frac{10,675 \times 0,002^{1,825}}{130^{1,852} \times 0,158^{4,8704}} \times 128$$

$$hf = 0,015 \text{ m} \tag{17}$$

Kontrol : hf = 0,015 m hf < h (OK)

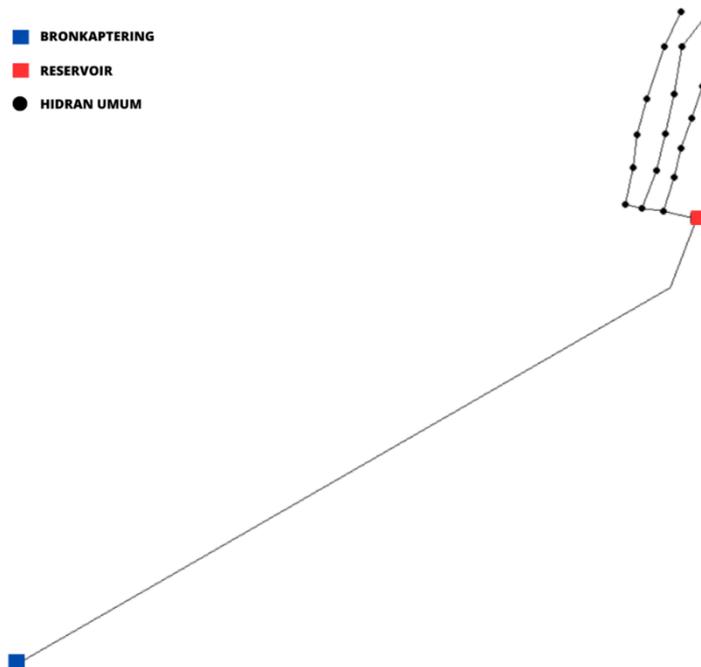
= 0,015 m < 3 m hf < h (OK)

Menghitung kecepatan aliran

$$V = 0,3545 C_{hw} D^{0,63} S^{0,54} \tag{18}$$

$$V = 0,3545 \times 130 \times 0,158^{0,63} \times 0,023^{0,54}$$

$$V = 1,87 \text{ m/det}$$



Gambar 3. Skema Sistem Penyediaan Air Bersih

## 5. Kesimpulan

Dari hasil analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Pengembangan sistem jaringan air bersih di Desa Pinabetengan Utara Kecamatan Tompaso Barat Kabupaten Minahasa, memanfaatkan mata air Sinuiyan dengan debit sesaat sebesar 2 liter/detik. Debit sesaat mata air ini mampu melayani kebutuhan air bersih Desa Pinabetengan Utara sampai pada tahun 2032 dengan total kebutuhan 1,4 liter/detik.
- Perhitungan proyeksi jumlah penduduk yang digunakan adalah analisis regresi logaritma karena memiliki nilai  $r^2$  (koefisien determinasi) yang paling mendekati 1 yaitu 0,994 dan *standard error* (Se) terkecil yaitu 4,190.
- Ukuran pipa utama dari sumber air/bronkaptering ke reservoir adalah ½ inch, sedangkan untuk pipa distribusi dari reservoir ukurannya bervariasi antara 3-6 inch. Air bersih didistribusikan ke penduduk secara gravitasi melalui 17 Hidran Umum.

## 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 Penyediaan Air Minum*. Jakarta.
- Dwidjoseputro, D. (1981). *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Djambatan.
- Lepa, F. E., Jasin, M. I., & Supit, C. J. (2021). *Jurnal Sipil Statik Vol.9 No.4 ISSN: 2337-6732. Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Tondei II Kecamatan Motoling Barat Kabupaten Minahasa Selatan*.
- Mampuk, C. R., Mananoma, T., & Tanudjaja, L. (2014). *Jurnal Sipil Statik Vol. 2, No. 5 ISSN: 2337-6732. Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih di Kecamatan Poso Kota Sulawesi Selatan*.
- Rottie, R. Y., Mananoma, T., & Tangkudung, H. (2015). *Jurnal Sipil Statik, Vol. 3 No. 9 ISSN: 2337-6732. Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Sea Kecamatan Pineleng Kabupaten Minahasa*.
- Tambingon, D. P., Hendratta, L. A., & Sumarauw, J. S. (2016). *Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.9 ISSN: 2337-6732. Perencanaan Pengembangan Sistem Distribusi Air Bersih Di Desa Pakuure Tinanian*.
- Wuisan, K. B., Wuisan, E. M., & Binilang, A. (2017). *Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.4 ISSN: 2337-6732. Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih di Kelurahan Lahendong Kecamatan Tomohon Selatan Kota Tomohon*.