

## PENINGKATAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH DI KELURAHAN WOLOAN SATU UTARA KECAMATAN TOMOHON BARAT KOTA TOMOHON

Glandi Deivie Kambey

Jeffry S. F. Sumarauw, Lambertus Tanudjaja

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [deiviekambey@gmail.com](mailto:deiviekambey@gmail.com)

### ABSTRAK

Masyarakat kelurahan Woloan Satu Utara saat ini memanfaatkan tiga mata air untuk melakukan aktivitas sehari-hari seperti mencuci baju, MCK, dan lain sebagainya. Aktivitas masyarakat tersebut langsung dilakukan pada mata air. Lokasi mata air ada yang berada di sekitar daerah pemukiman, ada juga yang agak jauh dari daerah pemukiman sehingga menyulitkan bagi masyarakat untuk beraktifitas. Perlu dilakukan peningkatan sistem penyediaan air bersih untuk memenuhi kebutuhan masyarakat kelurahan Woloan Satu Utara.

Dalam menganalisis kebutuhan air, jumlah penduduk sangatlah berpengaruh. Untuk menentukan pertumbuhan jumlah penduduk digunakan beberapa model analisis antara lain analisis regresi linear, analisis regresi logaritma, dan analisis regresi eksponensial. Analisis ketersediaan air dilakukan dengan mengukur debit tiap mata air. Sistem distribusi perpipaan menggunakan rumus Hazen-Williams. Sistem jaringan air bersih didesain, dari mata air dialirkan secara gravitasi ke bak penampung kemudian dari bak penampung dipompa ke reservoir, kemudian dari reservoir didistribusikan ke hidran umum secara gravitasi.

Total kebutuhan air untuk memenuhi kebutuhan air hingga 10 tahun ke depan sebesar 0.724 l/det. Jenis pipa yang digunakan adalah HDPE (high density polyethylene). Sistem transmisi dari bak penampung ke reservoir distribusi menggunakan pompa ( $Q \geq 12 \text{ m}^3/\text{jam} = 200 \text{ l/menit} = 3,33 \text{ l/dtk}$ , memiliki suction head  $\geq 1,43 \text{ m}$ , dan memiliki discharge head  $\geq 86,87 \text{ m}$ ). Diameter pipa transmisi dan distribusi digunakan sebesar 4". Jumlah hidran umum 9 unit dengan kapasitas tiap hidran  $1,5 \text{ m}^3$ .

**Kata Kunci :** Kelurahan Woloan Satu Utara, Kebutuhan Air Bersih, Hazen Williams.

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Penyediaan air bersih untuk masyarakat mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Sampai saat ini, penyediaan air bersih untuk masyarakat masih dihadapkan pada beberapa permasalahan yang cukup kompleks dan sampai saat ini belum dapat diatasi sepenuhnya. Salah satu masalah yang masih dihadapi sampai saat ini yakni masih rendahnya tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat, terutama di daerah pedesaan.

Masyarakat kelurahan Woloan Satu Utara saat ini memanfaatkan tiga mata air. Mereka memanfaatkan mata air untuk melakukan aktivitas sehari-hari seperti mencuci baju, MCK, dan lain sebagainya. Aktivitas masyarakat tersebut langsung dilakukan pada mata air. Mata air tersebut ada yang berada di sekitar daerah pemukiman, ada juga yang agak jauh dari daerah pemukiman. Ada beberapa warga yang

mempunyai sumur di area rumah mereka, namun pada musim kemarau sebagian besar sumur warga mengalami kekeringan dan pada musim penghujan air menjadi keruh bercampur tanah.

#### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan bahwa Sistem penyediaan air bersih yang ada, belum dapat memenuhi kebutuhan air bersih penduduk Kelurahan Woloan Satu Utara, sehingga perlu adanya peningkatan layanan distribusi air bersih.

#### Pembatasan Masalah

Dalam penulisan ini masalah dibatasi pada:

1. Sumber air baku yang ditinjau berasal dari mata air.
2. Analisis Kebutuhan air sampai 10 tahun kedepan.
3. Rencana sistem penyediaan air bersih mulai dari sistem pengambilan air sampai keran umum.

4. Menghitung dimensi hidrolis bangunan air, tapi tidak memperhitungkan struktur bangunan air.
5. Analisis dan perencanaan sistem perpipaan transmisi dan distribusi utama.

**Tujuan Penelitian**

Untuk mendapatkan desain sistem jaringan air bersih yang dapat memenuhi kebutuhan air bersih di Kelurahan Woloan Satu Utara.

**Manfaat Penelitian**

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk pihak-pihak yang berkepentingan mengenai kebutuhan air bersih di Kelurahan Woloan Satu Utara guna menunjang aktivitas sehari-hari masyarakat.

**Metode Penelitian**

1. Studi lapangan  
Meninjau langsung lapangan/observasi lapangan untuk kondisi lokasi mata air, dan lokasi perancangan reservoir.
2. Studi literatur  
Mengumpulkan dan mempelajari materi referensi yang berhubungan dengan penelitian serta mencari data-data sekunder dari sumber-sumber di sekitar daerah penelitian

**LANDASAN TEORI**

**Sumber Air**

**Air Hujan**

Pada umumnya air hujan jarang digunakan sebagai sumber air secara langsung. Tetapi besarnya curah hujan sangat berpengaruh terhadap sumber air permukaan ataupun air tanah.

**Air Permukaan**

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengairannya. Misalnya oleh lumpur, batang kayu, daun-daun, kotoran industri, dan seluruhnya. Air permukaan terbagi atas dua bagian yaitu sungai dan danau.

**Persyaratan Dalam Penyediaan Air Bersih**

Ada beberapa persyaratan utama yang harus dipenuhi dalam sistem penyediaan air bersih. Persyaratan tersebut meliputi hal-hal sebagai berikut :

Tabel 1. Persyaratan Penyediaan Air Bersih

Sumber	Kualitas	Kuantitas	Kontinuitas	Harga
Air Hujan	Sedikit terpolusi oleh polutan pencemar udara	Tidak memenuhi untuk persediaan umum	Tidak dapat terus- menerus diambil	Murah
Air Permukaan	Tidak baik karena tercemar	mencukupi	Dapat diambil terus - menerus	Relatif mahal
Air Tanah dangkal (<10 m) Air tanah dalam (> 60 m)	Terpolusi Relatif baik	Relatif Cukup	Pengambilan dibatasi, berakibat instruksi air laut	Relatif murah Relatif mahal
Mata Air	Relatif Baik	Sedikit	Tidak dapat diambil secara terus - menerus	Murah

1. Persyaratan kualitatif  
Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Persyatan ini meliputi :  
2. Syarat – syarat fisik  
Secara fisik air minum harus jenis, tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa (tawar). Selain bau,warna, dan rasa, syarat lain yang harus dipenuhi secara fisik adalah suhu.

**Kebutuhan Air**

Air merupakan kebutuhan bagi manusia. Semua makhluk membutuhkan air dalam kehidupannya, sehingga tanpa air dapat dipastikan tidak ada kehidupan. Kebutuhan air yang dimaksud adalah kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia, meliputi air bersih domestik dan non domestik.

**Menghitung Jumlah Penduduk**

Regresi Linear  
$$Y' = (a + b.X) \tag{1}$$

Regresi Logaritma  
$$Y' = (a + b.lnX) \tag{2}$$

Regresi Exponensial  
$$Y' = a.e^{b.x} \tag{3}$$

Standart Error  
$$Se = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y')^2}{n-2}} \tag{4}$$

**Kebutuhan Air Domestik**

Kebutuhan air domestik sangat ditentukan oleh jumlah penduduk dan konsumsi perkapita. Kecenderungan populasi dan sejarah populasi dipakai sebagai dasar perhitungan kebutuhan air domestik terutama dalam penentuan kecenderungan laju pertumbuhan (*Growth Rate Trends*). Besarnya kebutuhan air domestik dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_d = Y_n \cdot r_k \quad (5)$$

### Kebutuhan Air Non domestik

Kebutuhan air non-domestik adalah kebutuhan air bersih untuk sarana dan prasarana daerah yang teridentifikasi ada atau bakal ada berdasarkan rencana tata ruang

Besarnya kebutuhan air non domestik dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_n = Q_d \cdot r_n \quad (6)$$

### Kehilangan Air

Kehilangan Air pada umumnya di sebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi.

$$Q_a = (Q_d + Q_n) \cdot r_a \quad (7)$$

### Kebutuhan Air Total

$$Q_T = Q_d + Q_n + Q_a \quad (8)$$

### Unit-unit Sistem Penyediaan Air Bersih

#### Bangunan Pengambilan

Bangunan pengambilan air baku untuk penyediaan air bersih disebut dengan bangunan penangkap air (bronkaptering) atau intake. Kapasitas intake ini dibuat sesuai dengan debit yang diperlukan untuk pengolahan

#### Reservoir

Reservoir merupakan tempat penampungan air sementara yang menampung air disaat pemakaian lebih sedikit dari suplai dan digunakan untuk menutupi kekurangan disaat pemakaian lebih besar dari suplai.

#### Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi

Pipa merupakan komponen utama dalam jaringan perpipaan meliputi transmisi dan distribusi. Pipa ini berfungsi sebagai sarana untuk mengalirkan air dari sumber air ke reservoir, maupun dari reservoir ke konsumen.

#### Pompa

Pompa dapat digunakan atau dipandang sebagai alat untuk menambah debit dan tekanan. Dengan adanya pompa yang bekerja pada sistem ini, maka persamaan energi dapat ditulis sebagai berikut :

$$z_1 + H_p + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma_w} = z_2 + H_L + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma_w} \quad (9)$$

### Kehilangan Tenaga

Aliran pada fluida nyata (real) akan mengalami gesekan dengan dinding pipa sehingga akan mengalami kehilangan tenaga. Kehilangan tenaga dapat dibedakan menjadi 2 yaitu kehilangan tenaga primer (*major losses*) dan kehilangan tenaga sekunder (*minor losses*). Besarnya kehilangan tenaga primer akibat gesekan pada pipa dapat ditentukan dengan persamaan:

$$H_f = \frac{10,675 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,8704}} \times L \quad (10)$$

### Kebutuhan Keran Umum

Kebutuhan keran umum atau hidran umum dihitung berdasarkan jumlah penduduk hasil proyeksi dibagikan dengan kapasitas pelayanan dari keran umum itu sendiri. Persamaan kebutuhan keran umum dapat ditulis sebagai berikut

$$KU = \frac{\text{Jumlah penduduk}}{\text{jumlah jiwa per keran}} \quad (11)$$

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

#### Geografis

Daerah yang termasuk dalam wilayah penelitian adalah Kelurahan Woloan Satu Utara Kecamatan Tomohon Barat Kota Tomohon. Luas Kelurahan Woloan satu Utara 151,3 Ha dengan jumlah penduduk saat ini adalah 1458 jiwa.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

#### Kependudukan/Demografi

Berdasarkan data dari Kantor Kelurahan Woloan Satu Utara jumlah penduduk di Kelurahan Woloan Satu Utara pada tahun 2010

Tabel 2. Jumlah Penduduk

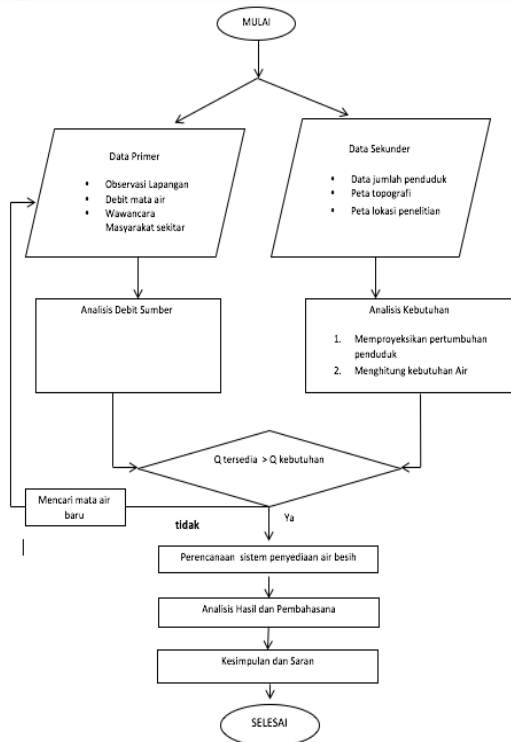
No	Tahun	Jumlah Penduduk
1	2010	1406
2	2011	1427
3	2012	1562
4	2013	1570
5	2014	1593
6	2015	1591

**Prosedur Penelitian**

Penelitian ini merupakan suatu studi kasus yang berisikan tinjauan tentang kondisi di lapangan disertai analisis dengan literatur-literatur yang ada. Langkah-langkah penelitian tersebut sebagai berikut :

1. Survey lokasi dan pengambilan data, baik data primer maupun data sekunder
2. Analisis data
  - a. Analisis pertumbuhan penduduk dengan metode regresi
  - b. Analisis kebutuhan air
3. Perencanaan sistem jaringan air bersih
4. Pembahasan
5. Kesimpulan dan saran
6. Selesai

**Bagan Alir**



**ANALISA DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Proyeksi Kebutuhan Air Bersih  
Analisis Regresi Linear**

Tabel 3. Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Analisis Regresi Linear

Tahun	No.	Jumlah Penduduk	(x),(y)	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	y'	yi - y'	(yi - y') <sup>2</sup>
	(x)	(y)						
2010	1	1406	1406	1	1976836	1422.61	16.62	276.19
2011	2	1427	2854	4	2036329	1463.50	36.50	1332.60
2012	3	1562	4686	9	2439844	1504.39	-57.61	3318.86
2013	4	1570	6280	16	2464900	1545.27	-24.72	611.27
2014	5	1593	7965	25	2537649	1586.16	-6.84	46.76
2015	6	1591	9546	36	2531281	1627.04	36.05	1299.43
<b>total</b>	<b>21</b>	<b>9149</b>	<b>32373</b>	<b>91</b>	<b>13986839</b>			<b>6885.10</b>

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{(6 * 32737) - (21 * 9149)}{(6 * 91) - (21)^2} = 40,885$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n} = \frac{9149 - (40.885 * 21)}{6} = 1381,733$$

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} = \frac{(6 * 32737) - (21 * 9149)}{\sqrt{6 * 91 - 21^2} \cdot \sqrt{6 * 13986839 - 9149^2}} = 0,89$$

$$r^2 = 0.80$$

$$Se = \sqrt{\frac{\sum (Yi - Y')^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{384,128}{10 - 2}} = 6,930$$

Maka Persamaan Jumlah Penduduk adalah :

$$y = a + bx = 1381.733 + 40.885x$$

Maka Proyeksi Jumlah Penduduk untuk Tahun ke 7 (2016) :

$$y = 1381.733 + 40.885 (7)$$

$$y = 1667.928$$

**Analisis Regresi Logaritma**

Tabel 4. Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Analisis Regresi Logaritma

Tahun	No.	Jumlah Penduduk	ln(x),(y)	Ln(x) <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	y'	yi - y'	(yi - y') <sup>2</sup>	
	(x)	(y)							
2010	1	0	1406	0	0	1976836	1393	-13.0	168.26
2011	2	0.69	1427	989.12	0.48045	2036329	1476	49.3	2434.94
2012	3	1.10	1562	1716.03	1.20695	2439844	1525	-36.9	1362.92
2013	4	1.39	1570	2176.48	1.92181	2464900	1560	-10	106.88
2014	5	1.61	1593	2563.83	2.59029	2537649	1585	-7	42.46
2015	6	1.79	1591	2850.68	3.21040	2531281	1608	17	302.71
<b>55</b>	<b>15,10</b>	<b>21930</b>	<b>10296.15</b>	<b>9,410</b>	<b>13986839</b>				<b>4418,18</b>

Dengan Persamaan :

$$a = \frac{\sum y - (b * \sum \ln x)}{10} = \frac{21930 - (40,885 * 15,10)}{10} = 1393,029$$

$$b = \frac{(10 \cdot \sum xy) - (\sum \ln x \cdot \sum y)}{(10 \cdot \sum x^2) - \sum \ln x^2}$$

$$= \frac{(10 \cdot 10296,15) - (15,10 \cdot 21930)}{(10 \cdot 55 - 9,410)} = 120.200$$

$$r = \frac{(10 \cdot \sum xy) - (\sum \ln x \cdot \sum y)}{((10 \cdot \sum x^2) - \sum \ln^2)^{0.5} \cdot ((10 \cdot \sum y^2) - \sum Y^2)^{0.5}} = 0,93687$$

$$Se = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - Y')^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{4418,18}{6-2}} = 33,219$$

Maka didapat persamaan :

$$Y' = (a + b \cdot \ln X)$$

$$= 1393,029 + 120.20 \cdot \ln(x)$$

**Analisis Regresi Eksponensial**

Tabel 5. Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Analisis Regresi Eksponensial

Tahun	No.	Jumlah Penduduk	ln(y)	(x).ln(y)	x <sup>2</sup>	Ln(y) <sup>2</sup>	y'	yi - y'	(yi - y') <sup>2</sup>
	(x)	(y)							
2010	1	1406	7.24	7.24	1	52.54	1473.16	67.16	4511.84
2011	2	1427	7.26	14.52	4	52.75	1514.12	87.12	7590.50
2012	3	1562	7.35	22.06	9	54.07	1555.93	-6.07	36.90
2013	4	1570	7.35	29.43	16	54.15	1598.89	29.89	834.47
2014	5	1593	7.37	36.86	25	54.36	1643.04	50.04	2503.55
2015	6	1591	7.37	36.86	36	54.34	1688.40	97.40	9487.28
55	7558	77	110.13	91	322.24				24.963

Maka didapat :

$$a = \text{Exp} \left( \frac{\sum \ln y - b \cdot \sum x}{10} \right) = 1433.843$$

$$b = \frac{(10 \cdot \sum xy) - (\sum x \cdot \sum \ln y)}{(10 \cdot \sum x^2) - \sum x^2} = 0.027$$

$$r = \frac{(10 \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum \ln y)}{((10 \cdot \sum x^2) - \sum x^2)^{0.5} \cdot ((10 \cdot \sum y^2) - (\sum \ln y^2))^{0.5}}$$

$$= 0.89743$$

$$Se = \left( \frac{\sum y_i - y'}{n-2} \right) = 78.99$$

Untuk persamaan didapat :

$$Y = 1433.843 + e^{0.02724 \cdot x}$$

Tabel 6. Hasil Rekapitulasi Analisis Regresi

Metode Analisis Regresi	koefisien korelasi ( r )	koefisien Determinan (r <sup>2</sup> )	Standart Error (Se)
Linier	0.89	0.80	6.93
Logaritma	0.93	0.87	33.21
Eksponensial	0.89	0.80	78.99

Berdasarkan hasil analisis dengan tiga metode diatas dapat disimpulkan bahwa analisis regresi Logaritma yang memiliki nilai korelasi

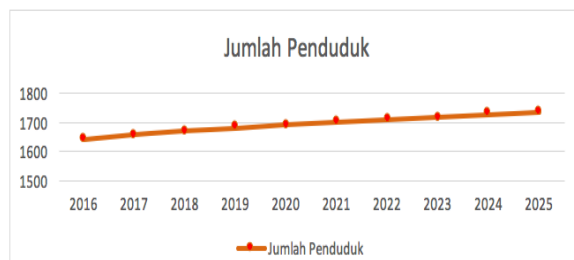
(r) paling mendekati 1. Untuk itu yang akan digunakan sebagai proyeksi jumlah penduduk sampai 10 tahun kedepan atau sampai tahun 2025 adalah metode analisis regresi logaritma.

**Proyeksi Jumlah penduduk sampai tahun 2025**

Tabel 7. Proyeksi Jumlah penduduk sampai tahun 2025

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)
1	2016	1643
2	2017	1657
3	2018	1670
4	2019	1681
5	2020	1692
6	2021	1701
7	2022	1710
8	2023	1719
9	2024	1726
10	2025	1734

Grafik Jumlah Penduduk Kelurahan Woloan Satu Utara



Gambar 2. Grafik Jumlah Penduduk Kelurahan Woloan Satu Utara

**Analisis Kebutuhan Air Bersih**

Dalam perencanaan kebutuhan air bersih di kelurahan Woloan satu Utara direncanakan menggunakan mata air yang berada di kelurahan Woloan Satu Utara. Dengan jumlah debit sementara mata air sebesar 1,690 liter/detik.

**Analisis Kebutuhan Air Domestik**

Desa Woloan Satu Utara termasuk dalam Kota kategori V (Desa) dengan jumlah penduduk 1643 jiwa. Berdasarkan kriteria perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, maka konsumsi unit Keran umum diambil 30 (liter/orang/hari)

Berikut adalah perhitungan Qd untuk tahun 2016

$$Q_d = Y_n \cdot r_k$$

$$= 1643 \cdot 30 \text{ l/hari}$$

$$= 47730 \text{ l/hari}$$

$$= 0,552 \text{ l/det}$$

Tabel 8. Kebutuhan Air Domestik

No.	Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)	Kebutuhan Air Bersih (liter/det)
1.	2016	1643	0,552
2.	2017	1657	0,570
3.	2018	1670	0,575
4.	2019	1681	0,580
5.	2020	1692	0,584
6.	2021	1701	0,588
7.	2022	1710	0,591
8.	2023	1719	0,594
9.	2024	1726	0,597
10.	2025	1734	0,599

**Analisis Kebutuhan Air Non Domestik**

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan untuk fasilitas pelayanan umum, seperti kantor, rumah sakit atau puskesmas, tempat ibadah, dan industri. Dari tabel 8, Kebutuhan air non-domestik Woloan Satu Utara diambil 5% karena hanya memiliki perkantoran, rumah ibadah dan peskesmas.

Berikut adalah perhitungan Qn untuk tahun 2015

$$\begin{aligned}
 Q_n &= Q_d \cdot r_n \\
 &= 0,552 \cdot 5\% \text{ l/det} \\
 &= 0,028 \text{ l/det}
 \end{aligned}$$

Tabel 9. Kebutuhan Air Non Domestik

No.	Tahun	Kebutuhan Air Bersih Domestik (liter/det)	Kebutuhan Air Bersih non domestik (liter/det)
1.	2016	0,552	0,028
2.	2017	0,570	0,029
3.	2018	0,575	0,029
4.	2019	0,580	0,029
5.	2020	0,584	0,029
6.	2021	0,588	0,030
7.	2022	0,591	0,030
8.	2023	0,594	0,030
9.	2024	0,597	0,030
10.	2025	0,599	0,030

**Analisis Kehilangan Air**

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter. Penentuan kebocoran atau kehilangan air berdasarkan kriteria / standar perencanaan sistem air bersih IKK pedesaan kehilangan air sebesar 15% dari kebutuhan air rata-rata dimana kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik.

Berikut adalah perhitungan Qa untuk tahun 2016

$$\begin{aligned}
 Q_a &= (Q_d + Q_n) \cdot r_a \\
 &= ((0,552 + 0,028) \cdot 15\%) \text{ l/det} \\
 &= 0,087 \text{ l/det}
 \end{aligned}$$

Tabel 10. Kehilangan Air

No.	Tahun	Kebutuhan Air Bersih Domestik (liter/det)	Kebutuhan Air Bersih non domestik (liter/det)	Kehilangan Air (liter/det)
1.	2016	0,552	0,028	0,087
2.	2017	0,570	0,029	0,090
3.	2018	0,575	0,029	0,091
4.	2019	0,580	0,029	0,091
5.	2020	0,584	0,029	0,092
6.	2021	0,588	0,030	0,093
7.	2022	0,591	0,030	0,093
8.	2023	0,594	0,030	0,094
9.	2024	0,597	0,030	0,094
10.	2025	0,599	0,030	0,094

**Kebutuhan Air Total**

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

Berikut adalah perhitungan Qt untuk tahun 2016

$$\begin{aligned}
 Q_t &= Q_d + Q_n + Q_a \\
 &= (0,552 + 0,028 + 0,087) \text{ l/dtk} \\
 &= 0,667 \text{ l/dtk}
 \end{aligned}$$

Tabel 11. Kebutuhan Air Total

No.	Tahun	Kebutuhan Air Bersih Domestik (liter/det)	Kebutuhan Air Bersih non domestik (liter/det)	Kehilangan Air (liter/det)	Kebutuhan Air Total (liter/detik)
1.	2016	0,552	0,028	0,087	0,667
2.	2017	0,570	0,029	0,090	0,689
3.	2018	0,575	0,029	0,091	0,695
4.	2019	0,580	0,029	0,091	0,700
5.	2020	0,584	0,029	0,092	0,705
6.	2021	0,588	0,030	0,093	0,709
7.	2022	0,591	0,030	0,093	0,713
8.	2023	0,594	0,030	0,094	0,717
9.	2024	0,597	0,030	0,094	0,721
10.	2025	0,599	0,030	0,094	0,724

**Kebutuhan Air Maksimum dan Jam Puncak**

Kebutuhan air harian maksimum dihitung berdasarkan factor pengali yaitu 1,15-1,25 di kali dengan kebutuhan air total.

Berikut adalah perhitungan Qm dan Qp untuk tahun 2016

$$\begin{aligned}
 Q_m &= 1,25 \cdot Q_t \\
 &= 1,25 \cdot 0,667 \text{ l/det} \\
 &= 0,834 \text{ l/det}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,75 dikali dengan kebutuhan air total.

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 1,75 \cdot Q_t \\
 &= 1,75 \cdot 0,667 \text{ l/det} \\
 &= 1,167 \text{ l/det}
 \end{aligned}$$

Tabel 12. Kebutuhan Air Maksimum dan Jam Puncak

No.	Tahun	Kebutuhan Air Total (liter/detik)	Kebutuhan Air Maksimum (Qm) (l/det)	Kebutuhan Air Jam Puncak (Qp)(l/det)
1.	2016	0,667	0,834	1,167
2.	2017	0,689	0,861	1,206
3.	2018	0,695	0,868	1,225
4.	2019	0,700	0,875	1,233
5.	2020	0,705	0,881	1,241
6.	2021	0,709	0,887	1,248
7.	2022	0,713	0,891	1,255
8.	2023	0,717	0,896	1,261
9.	2024	0,721	0,901	1,266
10.	2025	0,724	0,905	1,272

**Sistem Pengambilan Air Baku**

**Pengambilan Air Baku (Bronkaptering)**

Pada perencanaan ini, bangunan pengambilan air baku (bronkaptering) yang akan digunakan yaitu bronkapter dari tiga mata air dikarenakan debit sesaat dari masing – masing tiga mata air tidak mencukupi kebutuhan penduduk. Bronkaptering berfungsi untuk menangkap dan menampung titik-titik mata air, kemudian dari bak penampung, air dialirkan ke bangunan bak penampung sementara. Ukuran bangunan selalu disesuaikan dengan kondisi penyebaran keluaran mata air.

Tabel 13. Kapasitas Bak Penampung

Jam	Suplai Air (m3)	Pemompaan (m3)	Volume Bak Penampung (m3)
0			X
00.00-01.00	6,08		x + 6,08
01.00-02.00	6,08		x + 12,16
02.00-03.00	6,08		x + 18,24
03.00-04.00	6,08		x + 24,03
04.00-05.00	6,08		x + 30,4
05.00-06.00	6,08	12	x + 24,48
06.00-07.00	6,08	12	x + 18,56
07.00-08.00	6,08	12	x + 6,72
08.00-09.00	6,08	12	x + 0,8
09.00-10.00	6,08	12	x - 5,12
10.00-11.00	6,08	12	x + 0,96
11.00-12.00	6,08		x + 7,04
12.00-13.00	6,08		x + 13,12
13.00-14.00	6,08		x + 19,2
14.00-15.00	6,08		x + 25,28
15.00-16.00	6,08		x + 31,36
16.00-17.00	6,08		x + 37,44
17.00-18.00	6,08		x + 43,52
18.00-19.00	6,08		x + 49,6
19.00-20.00	6,08		x + 55,68
20.00-21.00	6,08		x + 61,76
21.00-22.00	6,08		x + 67,84
22.00-23.00	6,08		x + 73,92
23.00-24.00	6,08		x + 80,00

**Bak Penampung**

Dikarenakan lokasi sumber mata air lebih rendah dari lokasi pengaliran jadi sistem distribusi air yang di pakai adalah sistem pompa. Maka di sediakan bak penampung untuk memompa air ke reservoir yang direncanakan sebagai berikut

Suplai air dari mata air = 1,690, l/dtk  
 $= 6.08 \text{ m}^3/\text{jam}$

- Volume minimal =  $x - 5,12$   
 Pada volume kosong,  $0 = x - 5,12$   
 $x = 5,12$
- Volume Maksimum =  $x + 80,00$
- Kapasitas berguna bak penampung =  $5,12 + 80,00 = 85,12 \text{ m}^3$

Ukuran kapasitas berguna bak penampung sementara di tetapkan sebagai berikut

- Panjang : 5 meter
- Lebar : 4,5 meter
- Tinggi : 4 meter

Volume bak penampung sementara > kapasitas berguna bak penampung  
 $= 5 \times 4,5 \times 4 = 90 \text{ m}^3 > 85,12 \text{ m}^3$

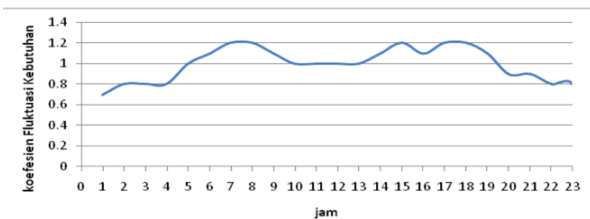
**Pompa dan Pipa Transmisi**

Pada penelitian ini, pompa digunakan untuk menaikkan air dari bak penampung ke reservoir distribusi. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa centrifugal. Berikut adalah perhitungan kapasitas pompa yang akan digunakan.

Suplai air dari mata air = 1,690 l/dtk  
 $= 6.08 \text{ m}^3/\text{jam}$

Waktu pemompaan ke reservoir = 5 jam

**Kebutuhan Harian**



Gambar 3 Koefisien Fluktuasi Kebutuhan Air

Kebutuhan Air Maksimum (Qm) = 0,905 l/det  
 $= 3,25 \text{ m}^3./\text{jam}$

Kebutuhan air jam 05.00 = Qm x

Koefisien fluktuasi layanan air =  $3,25 \times 1,1$

$= 3,57 \text{ m}^3./\text{jam}$

perhitungan jam selanjutnya lihat tabel

Tabel 14. Perhitungan waktu pemompaan dan kebutuhan air

Jam	Pemompaan	Koefisien Fluktuasi Layanan air	Kebutuhan Air
	(m3)		(m3)
00.00-01.00		0	0
01.00-02.00		0	0
02.00-03.00		0	0
03.00-04.00		0	0
04.00-05.00		0,8	2,6
05.00-06.00	12	1,1	3,57
06.00-07.00	12	1,2	3,9
07.00-08.00	12	1,2	3,9
08.00-09.00	12	1,1	3,57
09.00-10.00	12	1	3,25
10.00-11.00	12	1	3,25
11.00-12.00		1	3,25
12.00-13.00		1	3,25
13.00-14.00		1	3,25
14.00-15.00		1,1	3,57
15.00-16.00		1,2	3,9
16.00-17.00		1,1	3,57
17.00-18.00		1,2	3,9
18.00-19.00		1,1	3,57
19.00-20.00		1	3,57
20.00-21.00		0,9	2,92
21.00-22.00		0,9	2,92
22.00-23.00		0,8	2,6
23.00-24.00		0,8	2,6
Total	72		66,13

Volume yang di pompa perhari > volume yang di butuhkan perhari

$$70 \text{ m}^3 > 66,13 \text{ m}^3 \dots\dots\dots \text{ok}$$

Pipa transmisi air baku mulai dari bronkaptering sampai reservoir menggunakan pipa jenis HDPE. Penggunaan pipa HDPE (*high density polyethylene*) dikarenakan pipa transmisi air baku mulai dari bronkaptering sampai reservoir harus melewati hutan, dan jalan yang berbelok-belok. Dipakai pipa HDPE karena sifatnya lentur.

Berikut adalah perhitungan head pompa centrifugal:

a. *Suction head*

Beda Tinggi ( $\Delta H$ ) = 1 m  
(antara ujung pipa outlet di bak penampung dan pompa)

Panjang Pipa (L) = 4,5 m  
(dari ujung pipa outlet di bak penampung ke pompa)

- Debit (Q) = 12 m<sup>3</sup>/jam  
= 0,00333 m<sup>3</sup>/detik
- Diameter (D) = 4" = 0,11 m
  - Koefisien Hazen William (C<sub>hw</sub>) = 140

Maka nilai  $H_f$  :

$$H_f = \frac{10,675 \times 0,00333^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,11^{4,8704}} \times 4,5 = 0,0061 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan suction head} &= \Delta H + H_f \\ &= 1 + 0,0061 \\ &= 1,0061 \text{ m} \end{aligned}$$

b. *Discharge head*

- h<sub>1</sub> = 715 m (Elevasi pompa)
- h<sub>2</sub> = 774,2 m (Elevasi ujung pipa air yang masuk air di resevoir)
- Beda Tinggi ( $\Delta H$ ) = 774,2 m - 715 m = 59,2 m  
(beda tinggi antara pompa dan ujung pipa air yang masuk di Reservoir)
- Panjang Pipa (L) = 990 m + (990 x 20%)  
= 1188 m  
Catatan 20% diambil diambil berdasarkan bentuk jalan dan elevasi (dari pompa ke ujung pipa inlet di reservoir)

- Debit (Q) = 12 m<sup>3</sup>/jam = 0,00333 m<sup>3</sup>/detik
  - Diameter (D) = 4" = 0,11 m
  - Koefisien Hazen William (C<sub>hw</sub>) = 140
- Maka nilai  $H_f$  :

$$H_f = \frac{10,675 \times 0,00333^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,11^{4,8704}} \times 1188 = 1,61 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan discharge head} &= \Delta H + H_f \\ &= 52 + 1,61 \\ &= 53,61 \text{ m} \end{aligned}$$

- ✓ Jadi kapasitas pompa yang akan dibutuhkan mampu mengalirkan Q ≥ 12 m<sup>3</sup>/jam
- ✓ Memiliki *Suction Head*  
Hs ≥  $\frac{100}{70} \times 1,0061 \text{ m}$  (karena efisiensi pompa diambil 70%)  
Hs ≥ 1,43 m
- ✓ Memiliki *Discharge Head*  
Hd ≥  $\frac{100}{70} \times 60,81$  (karena efisiensi pompa diambil 70%)  
Hd ≥ 86,87 m

**Desain Hidrolis Reservoir Distribusi**

Reservoir dibuat karena aliran air yang terjadi tidaklah statis. Pada jam tertentu aliran air



yang dibutuhkan lebih kecil dari debit rata-rata akan tetapi kadang pada jam sibuk aliran air yang dibutuhkan lebih besar dari debit kebutuhan rata-rata. Reservoir sebaiknya dibuat pada daerah ketinggian agar air bisa dialirkan secara gravitasi dan direncanakan sedekat mungkin dengan daerah pelayanan agar mudah dikontrol.

Tabel 15. Kapasitas Reservoir

Jam	Pemompaan (m3)	Kebutuhan Air (m3)	Volume Reservoir (m3)
0			X
00.00-01.00		0	0
01.00-02.00		0	0
02.00-03.00		0	0
03.00-04.00		0	0
04.00-05.00		2,6	x - 2,6
05.00-06.00	12	3,57	x + 5,852
06.00-07.00	12	3,9	x + 13,925
07.00-08.00	12	3,9	x + 22,025
08.00-09.00	12	3,25	x + 30,45
09.00-10.00	12	3,25	x + 39,2
10.00-11.00	12	3,25	x + 47,95
11.00-12.00		3,25	x + 44,7
12.00-13.00		3,25	x + 41,45
13.00-14.00		3,25	x + 37,875
14.00-15.00		3,25	x + 33,975
15.00-16.00		3,9	x + 30,4
16.00-17.00		3,57	x + 26,5
17.00-18.00		3,9	x + 22,925
18.00-19.00		3,57	x + 19,837
19.00-20.00		3,57	x + 16,587
20.00-21.00		2,92	x + 13,662
21.00-22.00		2,92	x + 11,062
22.00-23.00		2,6	x + 8,462
23.00-24.00		2,6	x + 5,862

- Volume minimal = x - 2,6  
Pada volume reservoir kosong 0 = x - 2,6  
x = 2,6

volume maksimal = x + 47,95

kapasitas berguna reservoir minimal = 2,6 + 47,95 = 50,55 m<sup>3</sup>

- Ukuran reservoir ditetapkan sebagai berikut :

Panjang = 4 m

Lebar = 4 m

Tinggi = 3,5 m (dengan kapasitas mati 0,1 dan ruang udara 0,5)

Volume reservoir = (4x4x3.5) m = 56 m<sup>3</sup>

**Desain Hidrolis Keran Umum**

Keran umum direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air untuk seluruh penduduk. Hal terpenting dalam perencanaan keran umum yaitu jumlah keran umum dan tata letaknya, agar supaya efisien dan efektif.

Jumlah keran umum daerah layanan sistem jaringan air bersih dihitung sebagai berikut :

- Jumlah penduduk = 1734 jiwa
- Jumlah keran umum =  $\frac{1734 \text{ jiwa}}{200 \text{ jiwa}} = 8,67 \approx 9 \text{ keran}$

Untuk kebutuhan air 9 keran umum yang melayani 200 jiwa maka tiap keran. Kebutuhan air total 0,724 l/dtk untuk melayani 1734 jiwa.

Maka  $\frac{200 \text{ jiwa}}{1734 \text{ jiwa}} \times 0,724 = 0,084 \text{ l/dtk}$

Diasumsikan pemakaian di tiap keran 7 jam (05.00 - 08.00 dan 16.00 - 19.00) karena kelurahan Woloan Satu Utara di kategorikan kota yang kebanyakan pekerjaannya adalah pegawai.

Maka  $\frac{24 \text{ jam}}{7 \text{ jam}} \times 0,084 \frac{\text{l}}{\text{dtk}} = 0,288 \text{ l/dtk}$

Dengan demikian, setiap keran direncanakan dapat melayani 200 jiwa dengan kebutuhan rata-rata di tiap keran sebesar 0,288 l/det.

**Desain Pipa Distribusi Utama dari Reservoir ke Konsumen**

Pipa disribusi utama mulai dari reservoir sampai ke konsumen menggunakan pipa jenis HDPE (*high density polyethylene*). Perpipaan dihitung dengan persamaan Hazen –Williams.

- Pipa Distribusi Utama yakni dari reservoir ke daerah pelayanan terjauh yaitu HU 9  
Q = 3,9 m<sup>3</sup>/jam = 0,0011 m<sup>3</sup>/detik  
h<sub>1</sub> = 771 m (Elevasi muka air terendah di reservoir)  
h<sub>2</sub> = 747 m (Elevasi ujung pipa terjauh)  
h = 771 m - 747 m = 24 m  
D = 4 inch = 0,11 m  
L = 1116 m + (1116 m × 20%) = 1339,2 m  
C<sub>hw</sub> = 140

Mengalami kehilangan head :

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

$$h_f = \frac{10,675 \times 0,0011^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,11^{4,8704}} \times 1339,2$$

$$h_f = 0,2 \text{ m}$$

Kontrol : h<sub>f</sub> < h (OK)  
0,2876 m < 24 m (OK)

Menghitung Kecepatan Aliran

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

$$S = \frac{h_f}{L} = \frac{0,2876}{1643,2} = 0,00017$$

$$V = 0,3545 \times 140 \times 0,0762^{0,63} \times 0,00017^{0,54}$$

$$V = 0,404 \text{ m/det}$$

## Pembahasan

- Proyeksi jumlah penduduk dengan menggunakan tiga metode yaitu metode regresi linier, metode regresi logaritma dan metode regresi eksponensial. Namun, berdasarkan hasil analisis metode regresi terbaik dengan  $r^2$  (koefisien determinan) terbesar, koefisien korelasi ( $r$ ) paling mendekati satu, dan memiliki standard error (Se) terkecil adalah metode regresi Logaritma dengan proyeksi jumlah penduduk sampai tahun 2025 sebesar 1734 jiwa.
- Total kebutuhan air sampai dengan tahun 2025, sebesar 0.724 liter/det.
- Jumlah hidran yang akan digunakan untuk sistem penyediaan air bersih di kelurahan Woloan Satu Utara sebanyak 9 hidran dengan perencanaan 1 unit hidran umum dapat melayani 200 jiwa.
- Dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih di kelurahan Woloan Satu Utara menggunakan tipe pengaliran secara Pompa, dengan beberapa komponen sebagai berikut.
  1. Bangunan pengambilan air baku (bronkaptering) yang akan digunakan yaitu bronkapter dari tiga mata air dikarenakan debit sesaat dari masing – masing tiga mata air tidak mencukupi kebutuhan penduduk. Ukuran bangunan selalu disesuaikan dengan kondisi penyebaran keluaran mata air.
  2. Bak penampung di gunakan untuk mengumpulkan air dari broncaptering untuk di pompa ke reservoir, struktur bak penampungan terbuat dari beton bertulang kedap air serta pasangan batu kali, dengan kapasitas berguna bak penampungan untuk tiga mata air yaitu  $48,32 \text{ m}^3$  dan dimensi dari bak penampungan yaitu  $P = 5 \text{ m}$ ,  $L = 5 \text{ m}$  dan  $T = 4,5 \text{ m}$ .
  3. Pompa digunakan untuk menaikkan air dari bak penampung ke reservoir distribusi. Dengan pompa yang dibutuhkan mampu mengalirkan  $Q \geq 12 \text{ m}^3/\text{jam}$ , memiliki *suction head*  $H_s \geq 1,43 \text{ m}$ , dan memiliki *discharge head*  $H_d \geq 76,58 \text{ m}$
  4. Reservoir dibuat karena aliran air yang terjadi tidaklah statis. Kapasitas berguna dari reservoir  $50,55 \text{ m}^3$  sehingga dimensi dari pada reservoir yaitu  $P = 4 \text{ m}$ ,  $L = 4 \text{ m}$  dan  $T = 3.5 \text{ m}$ .

5. Pipa distribusi utama didapat dari hasil perhitungan dengan rumus Hazen-Williams. Pipa distribusi utama dari reservoir distribusi ke semua Hidran Umum, menggunakan pipa dengan diameter 4”
6. Jumlah hidran umum yang tersebar di kelurahan Woloan Satu Utara adalah 9 unit hidran umum dengan kebutuhan tiap hidran umum sebesar 0.288 l/det serta memiliki kapasitas sebesar  $2 \text{ m}^3$ .

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil analisis maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk peningkatan sistem penyediaan air bersih di kelurahan Woloan Satu Utara digunakan tiga mata air sebagai sumber air bersih dengan debit sebesar 1,69 l/det.
2. Perhitungan proyeksi jumlah penduduk dengan analisis regresi yaitu analisis regresi linier, analisis regresi logaritma dan analisis regresi eksponensial, maka berdasarkan hasil analisis ini yang akhirnya digunakan adalah metode regresi logaritma dikarenakan metode ini memiliki nilai korelasi paling mendekati 1 dan memiliki standart error terkecil.
3. Sistem transmisi dari bak penampung ke reservoir distribusi menggunakan pompa ( $Q \geq 12 \text{ m}^3/\text{jam} = 200 \text{ l}/\text{menit} = 3,33 \text{ l}/\text{dtk}$ , memiliki *suction head*  $\geq 1,43 \text{ m}$ , dan memiliki *discharge head*  $\geq 86,87 \text{ m}$ )
4. Sistem distribusi dari reservoir distribusi menuju ke hidran umum secara gravitasi menuju ke hidran umum secara gravitasi dengan pipa HDPE (*high density polyethylene*) berdiameter 4”.
5. Jumlah hidran umum 9 unit dengan kapasitas tiap hidran  $2 \text{ m}^3$ .

### Saran

Perlu dilakukan peningkatan dalam pemeliharaan terhadap daerah disekitar mata air, seperti penghijauan agar supaya di masa yang akan datang debit dari mata air yang ada di kelurahan Woloan Satu Utara ini tidak mengalami penurunan dan kebutuhan akan air bersih selalu terpenuhi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 1990. Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan. Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen PU. Jakarta
- Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidrologi Terapan*, Yogyakarta, hal 2-5
- Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta, hal 51;58
- Mokoginta F C, 2015, *Peningkatan Sistem Air Bersih di Kelurahan Pinaras*, Skripsi.
- Radiana Triatmadja 2009, *Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan*, DRAFT, Yogyakarta. Hal. Bab 1 (1 - 39), Bab 2 (1 - 68), Bab 3 (1 - 45), dan Bab 4 (1 - 28).
- Sibula B. 2013, *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Rinondoran, Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara*, Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.11, Oktober 2013. Hal 745 – 757.
- Tanudjaja, L. 2011, *Laporan Penelitian Kajian Sistem Penyediaan Air Bersih di Dusun Rasaan Desa Sarawet Kabupaten Minahasa Utara*, Manado
- Tanudjaja, L. 2011. *Rekayasa Lingkungan*, Buku – III , Materi Kuliah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado. Hal 1 – 18.
- \_\_\_\_\_, Pedoman / Petunjuk Teknik dan Manual, Bagian : 5 (Volume 1) Air Minum Pedesaan (Sistem Penyediaan Air Minum Pedesaan), Edisi Pertama, NSPM KIMPRASWIL, Desember 2002. Hal 20 – 39, 79 – 96, 116 – 179, 206 – 301, 329 – 424.