

## PENGEMBANGAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH DI DESA MALIAMBEO KECAMATAN LIKUPANG BARAT KABUPATEN MINAHASA UTARA

Chrisiansen Dirk Kaunang

Lingkan Kawet, F. Halim

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email:[chrisiansenkaunang@yahoo.com](mailto:chrisiansenkaunang@yahoo.com)

### ABSTRAK

*Desa Maliambao di Kec. Likupang Barat terdiri dari 5 jaga. Desa ini belum mendapatkan pelayanan air bersih dari PDAM Kabupaten Minahasa Utara dan selama ini mengandalkan jaringan pipa yang dibuat oleh PEMKAB Minahasa Utara dengan memanfaatkan sumber air yang ada. Desa Maliambao memiliki jaringan pipa dari sumber mata air yang dialirkan secara gravitasi ke 2 reservoir kemudian dialirkan ke 17 kran umum, namun hanya melayani sebagian wilayah desa, sehingga ada masyarakat yang tidak mendapat air.*

*Perencanaan jaringan distribusi air bersih yang baru dibuat di desa Maliambao agar sebagian wilayah desa Maliambao yang belum terlayani air bersih dapat terlayani dengan baik.*

*Air dari sumber mata air beroperasi dengan debit 0,33 l/d, pada mata air eksisting menghasilkan 28512 liter dalam satu hari. Dalam perencanaan ini, dibuat sistem jaringan yang baru dengan debit yang dipakai 1 liter/detik. Debit mata air tersebut masih mampu melayani kebutuhan air total Desa Maliambao sampai tahun 2022. Air dialirkan secara gravitasi dari mata air ke reservoir yang direncanakan terletak di desa Maliambao pada elevasi 56,285 m. Ukuran reservoir yang direncanakan adalah (3 x 3 x 2,1 m). Pipa distribusi dari reservoir ke hidran-hidran umum yang disebarkan di desa, menggunakan pipa HDPE SDR-11, S-5 dengan diameter bervariasi dari ½" – 2".*

**Kata kunci:** *Desa Maliambao, Mata Air, Reservoir*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Dalam segala kegiatan yang dilakukannya manusia membutuhkan ketersediaan air terutama air bersih. Untuk itu sangat penting adanya penyediaan air bersih, sehingga adalah hal yang wajar jika sektor air bersih mendapatkan prioritas penanganan utama karena menyangkut kehidupan orang banyak.

Desa Maliambao merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Likupang Barat, Minahasa Utara. Secara administrasi, Desa Maliambao terdiri dari 5 jaga. Desa Maliambao belum mendapatkan pelayanan air bersih dari PDAM Kabupaten Minahasa Utara dan selama ini mengandalkan jaringan pipa yang dibuat pada tahun 2008 oleh PEMKAB Minahasa Utara dengan memanfaatkan sumber air yang ada.

Desa Maliambao memiliki jaringan pipa dari sumber mata air yang dialirkan secara gravitasi ke 2 reservoir kemudian dialirkan ke kran umum. Jaringan distribusi yang ada hanya mencakup

sebagian wilayah desa dan tidak mencukupi kebutuhan air bersih warga di Desa Maliambao.

Dengan demikian untuk mengantisipasi masalah air bersih di Desa Maliambao, maka diperlukan langkah-langkah yang membantu dalam menyediakan air bersih di desa tersebut, seperti mencari dan memanfaatkan sumber air yang potensial untuk memenuhi kebutuhan air bersih dan merencanakan sistem penyediaan air bersih yang lebih baik.

#### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada maka perlu adanya pengembangan sumber air baru yang potensial dari salah satu sumber mata air yang belum dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air di Desa Maliambao dan merencanakan sistem jaringan penyediaan air bersih.

#### Batasan Masalah

1. Proyeksi pengembangan sistem penyediaan air bersih untuk memenuhi kebutuhan air di Desa Maliambao sampai 10 tahun ke depan.
2. Sistem pengolahan air bersih dan desain struktur bangunan air tidak dibahas.

3. Sistem jaringan yang diperhitungkan menggunakan software EPANET 2.0.
4. Sistem pendistribusian air bersih dimulai dari titik tangkapan kemudian berakhir pada hidran umum.

#### **Tujuan Penelitian.**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mencari alternatif sumber air yang memungkinkan untuk dijadikan sebagai sumber air bersih di Desa Maliambao.
2. Menghitung kebutuhan air bersih di Desa Maliambao Kecamatan Likupang Barat sampai 10 tahun ke depan.
3. Merencanakan suatu sistem jaringan distribusi air bersih yang baru.

#### **Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- Sebagai acuan bagi penulis tentang cara merencanakan penyediaan air bersih di Desa Maliambao kecamatan Likupang Barat kabupaten Minahasa Utara.
- Diharapkan dapat menjadi solusi teknis kepada pihak-pihak yang terkait, alternatif yang dapat dilakukan untuk mengembangkan pelayanan air bersih di Desa Maliambao kecamatan Likupang Barat kabupaten Minahasa Utara.

#### **Metode Penelitian**

Adapun metode penelitian yang dilakukan melalui tahap-tahap sebagai berikut :

1. Identifikasi Masalah  
Dilakukan identifikasi masalah, sehingga timbul ide atau solusi untuk penanggulangan. Solusi tersebut yang dibahas dalam penulisan skripsi ini.
2. Studi Pustaka (Literatur)  
Dilakukan untuk mendapat pengetahuan dan landasan teori yang berguna dalam mendukung proses penulisan skripsi ini.
3. Pengumpulan data  
Dilakukan untuk mengetahui kondisi umum di lapangan serta mengidentifikasi masalah yang terjadi yaitu kurang tercukupinya kebutuhan air yang ada di Desa Maliambao. Mencari dan mengumpulkan data-data apa saja yang menunjang dalam menyelesaikan solusi untuk menanggulangi masalah tersebut.
4. Analisis dan pembahasan terhadap data yang diperoleh.

## **LANDASAN TEORI**

### **Kebutuhan Air Bersih**

Air merupakan kebutuhan bagi kehidupan. Semua makhluk membutuhkan air dalam kehidupannya, sehingga tanpa air dapat dipastikan tidak ada kehidupan. Keberadaan air di setiap lokasi dipengaruhi oleh adanya siklus air. Manusia membutuhkan air selain untuk kebutuhan langsung, air juga dibutuhkan oleh manusia melalui berbagai makhluk hidup lain. Secara umum air dibutuhkan oleh makhluk hidup dengan tingkat kebutuhan yang berbeda-beda.

### **Pertumbuhan Jumlah Penduduk**

Dalam menentukan jumlah penduduk suatu daerah sampai pada tahun tertentu dapat dihitung dengan menggunakan empat metode analisis regresi. Analisis regresi ini dihitung berdasarkan pola/trend kecenderungan perkembangan penduduk di masa lalu. Selanjutnya untuk menghitung jumlah pertambahan penduduk terdapat banyak metode, antara lain:

- a. Analisa Regresi Linier
- b. Analisa Regresi Logaritma
- c. Analisa Regresi Eksponensial

### **Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik**

Kebutuhan air domestik sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air, budaya dan iklim setempat, dan sebagainya.

Kebutuhan air non-domestik adalah kebutuhan air bersih yang digunakan untuk beberapa kegiatan seperti:

- a. Kebutuhan komersial dan industri  
Adalah kebutuhan air bersih untuk kegiatan pertokoan, hotel, pasar, rumah sakit, sekolah, tempat ibadah, stasiun kereta api, stasiun bus dan lain lain.
- b. Kebutuhan Fasilitas umum  
Adalah kebutuhan air bersih untuk kegiatan tempat fasilitas umum, kebun, dan lain-lain.
- c. Kebutuhan untuk Pemadaman kebakaran  
Kebutuhan untuk Pemadaman kebakaran pada umumnya dibutuhkan di lokasi yang padat populasinya, dan banyak terdapat bangunan industrinya.

### **Kehilangan Air**

Jumlah kehilangan air sangat tergantung pada sistem distribusi yang dipakai dan juga pemeliharaan dari sistem tersebut. Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi juga kesalahan dalam pembacaan meter. Tapi

kehilangan air berikut ini dihitung berdasarkan besarnya jumlah dari kebutuhan domestik dan nondomestik dikali dengan angka persentase kehilangan air sebesar 15%.

### **Kebutuhan Air Total**

Kebutuhan air total adalah penjumlahan dari kebutuhan air domestik, non domestik dan ditambah dengan kehilangan air.

### **Kebutuhan Air Maksimum dan Jam Puncak**

Kebutuhan air maksimum adalah kebutuhan air pada hari tertentu dalam setiap minggu, bulan, dan tahun di mana kebutuhan airnya sangat tinggi. Kebutuhan air harian maksimum dihitung berdasarkan kebutuhan air rata-rata dikali faktor pengali yaitu 1,1.

Kebutuhan air jam puncak adalah kebutuhan air pada jam-jam tertentu dalam satu hari di mana kebutuhan airnya akan memuncak. Kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan kebutuhan air rata-rata dikali faktor pengali yaitu 1,2.

### **Ketersediaan Air**

Ketersediaan air di bumi secara total sangat melimpah. Lautan, danau dan sungai – sungai adalah sumber air yang segera tampak menjanjikan akan ketersediaan air. Namun demikian, ternyata air yang dapat digunakan untuk kehidupan manusia mempunyai berbagai macam syarat sehingga air laut tidak serta merta dianggap sebagai air yang tersedia bagi kehidupan. Hal ini karena air laut perlu diproses dengan biaya yang mahal untuk dapat digunakan sebagai air minum.

Sumber Airbakunya berasal dari:

- a. Air Hujan
- b. Air Tanah
- c. Air Permukaan

### **Sistem Penyediaan Air Bersih**

#### ***Unit Air Baku***

#### **Bangunan Penangkap Mata Air**

Sumber air adalah bagian terpenting dari jaringan air minum. Sumur bor dan mata air biasanya lebih mudah dilindungi, karena air yang keluar dari tanah langsung ditampung oleh PMA (Penangkap Mata Air) sebagai jaringan air minum. PMA dari mata air biasanya berupa tampungan dan diberi pagar keliling untuk pengamanan. Kolam dengan ukuran secukupnya dibuat untuk menaikkan air sehingga dapat dengan mudah diambil atau dialirkan melalui pipa pengambilan (intake).

#### ***Unit Produksi***

#### **Instalasi Pengolahan Air (IPA)**

Instalasi pengolahan air sering menjadi komponen yang sangat penting bagi jaringan air minum. Namun demikian Instalasi Pengolahan Air kadang-kadang hampir tidak dibutuhkan, jika air sumber sudah sangat dekat dengan persyaratan air minum baik dilihat dari sudut fisik, kimia maupun biologi. Air pegunungan yang belum terkena polusi banyak yang mempunyai standar air minum. Mungkin perlu adalah menambah klorin, untuk memastikan bahwa air yang diterima masyarakat masih dalam keadaan sehat walau sudah melalui pipa transmisi dan distribusi.

#### ***Unit Distribusi dan Pelayanan***

Distribusi air bersih dapat dilakukan dengan cara yakni cara gravitasi dan pemompaan tergantung pada kondisi topografi daerah pengaliran. Sistem distribusi air dapat diklasifikasikan dalam 3 bagian yaitu (Tri Joko, 2010) :

#### **Sistem Gravitasi (*Gravity System*)**

Cara gravitasi dapat digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan. Cara ini dianggap cukup ekonomis, karena hanya memanfaatkan beda ketinggian lokasi.

#### **Sistem Pemompaan (*Pumping System*)**

Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari bak penampung ke pipa distribusi. Cara ini digunakan jika daerah pelayanan merupakan daerah yang datar, dan tidak ada daerah yang berbukit.

#### **Sistem Kombinasi atau Gabungan (*Dual System*)**

Pada sistem ini, pompa dihubungkan ke pipa distribusi dan juga ke bak penampung yang lebih tinggi. Ketika kebutuhan air sedikit, air disimpan atau mengalir ke bak penampung, dan ketika kebutuhan air bertambah aliran air di dalam sistem distribusi ini disuplai dari pompa dan bak penampung. Jadi, air disuplai dari dua sumber, pertama dari pemompaan dan kedua dari bak penampung itu sendiri dengan memanfaatkan ketinggian tempat (dengan gravitasi), sehingga sistem ini disebut dengan *dual system*.

#### ***Jenis Pipa***

Jenis pipa sangat besar pengaruhnya pada layanan jaringan, keawetan, dan biaya investasi maupun operasinya. Selain itu jenis pipa juga akan menentukan tekanan air dalam pipa yang

dapat ditahan. Penggunaan berbagai jenis pipa sangat tergantung kepada kebutuhan misalnya terkait dengan tekanan, kualitas air, reaksi kimia, pengaruh sinar matahari, pencurian, keamanan terhadap tekanan air dari luar. Beberapa jenis pipa yang ada di pasaran dan umum digunakan di Indonesia dapat dilihat pada tabel dibawah yang juga dilengkapi dengan sepintas keuntungan dan kerugiannya.

Tabel 1. Keuntungan dan Kerugian beberapa jenis pipa

No.	Jenis Pipa	Keuntungan	Kerugian
1.	Besi Tuang	Pipa ini murah, mudah disambung, tahan karat	Berat, biaya transportasi
2.	PVC	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air	Tekanan rendah
3.	HDPE	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air, mencapai 100 m tanpa sambungan untuk diameter kecil	Tekanan rendah
4.	Besi Galvanis	Tekanan tinggi	Berat, transportasi dan instalasi lebih mahal

### Kehilangan Energi

Kehilangan energi dapat dibedakan menjadi:

1. *Mayor losses*. Kehilangan energi utama/primer ( $h_f$ ) adalah kehilangan energi karena gesekan air dengan dinding pipa.
2. *Minor losses*. Kehilangan energi akibat sambungan dan *fitting* ( $h_e$ ) adalah kehilangan energi karena gesekan dengan dinding pipa, selama pengalirannya, air kehilangan energi karena harus membelok sehingga terjadi turbulensi.

Kehilangan energy mayor dan minor dapat ditentukan sebagai berikut:

$$h_f = \frac{10.675 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,87}} \times L$$

$$h_e = k \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

dimana:

- D = diameter pipa (m)
- L = Panjang Pipa (m)
- v = kecepatan aliran (m/det)
- $C_{HW}$  = Koefisien Hazen-Wiliams
- S = Gradien Hidrolik (  $S = H_f/L$  )
- Q = Debit (m<sup>3</sup>/det)
- $h_f$  = kehilangan energi mayor (m)
- $h_e$  = kehilangan energi minor (m)
- g = percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)
- k = koefisien kehilangan energi minor

## METODOLOGI PENELITIAN

### Gambaran Geografis Lokasi Penelitian

Secara administrasi Desa Maliambao termasuk dalam Kecamatan Likupang Barat, Kabupaten Minahasa Utara. Desa ini terdiri dari lima jaga. Berdasarkan letak geografis, desa Maliambao berada pada posisi antara 1°40'54" LU dan 124°58'55" BT. Secara administrasi desa Maliambao terletak di Kabupaten Minahasa Utara tepatnya Kecamatan Likupang Barat. Desa Maliambao memiliki luas kurang lebih 500 Ha.



Gambar 1. Gambar Peta Administratif Kecamatan Likupang Barat  
Sumber: [www.google.com](http://www.google.com)

Desa Maliambao berbatasan dengan :

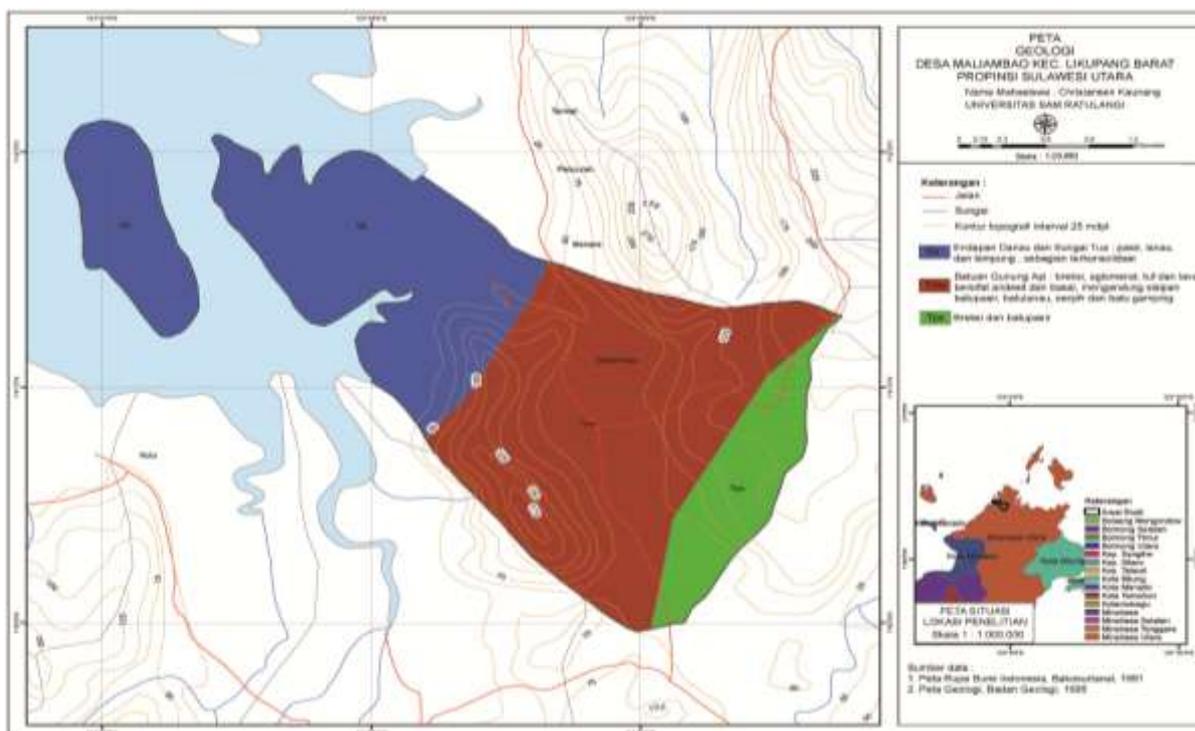
- Sebelah Utara : Desa Termaal
- Sebelah Timur : Desa Werot
- Sebelah Selatan : Desa Munte
- Sebelah Barat : Laut Sulawesi

### Kependudukan

Sebagian besar penduduk Desa Maliambao adalah petani. Sedangkan lainnya bekerja sebagai PNS/ karyawan, dagang/wiraswasta, tukang/ buruh dan nelayan. Dan sesuai data yang didapat dari BPS Provinsi Sulawesi Utara, jumlah penduduk di desa Maliambao pada tahun 2012 adalah 896 jiwa.

Tabel 2. Jumlah Penduduk Desa Maliambao tahun 2007-2012

Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)
2007	877
2008	852
2009	826
2010	848
2011	839
2012	896



Gambar 2. Peta Geologi Desa Maliambao  
Sumber: BP DAS

### Sarana dan Prasarana Umum

Fasilitas-fasilitas umum yang ada antara lain untuk sarana pendidikan terdapat 1 Taman Kanak – kanak (TK), 1 Sekolah Dasar (SD), dan 1 Sekolah Menengah Pertama (SMP) serta 4 buah gereja untuk tempat peribadatan. Prasarana jalan yang ada di desa Maliambao sudah baik, dengan jalan perkerasan akses dapat dilalui oleh kendaraan roda dua maupun roda empat.

Di Desa Maliambao sudah semua masyarakat telah mendapat pasokan listrik dari PLN. Untuk sarana telekomunikasi, di Desa Maliambao sudah terdapat jaringan telepon seluler sebagai alat telekomunikasi.

### Hidrologi dan Klimatologi

Berdasarkan pengamatan di lapangan, terdapat 2 sumber mata air yang berada pada ketinggian 120 – 130 m di atas permukaan laut, yang salah satu mata airnya sudah dimanfaatkan. Juga terdapat 3 sumur dangkal yang penggunaannya terbatas pada tiap-tiap warga yang memiliki sumur dangkal tersebut. Letak sumur tersebut berjarak 2 - 3 m dari rumah warga.

### Topografi

Sebagian wilayah Desa Maliambao terletak pada daerah hamparan yang datar sebagian juga dikelilingi bukit dan sebagian wilayah juga

terletak pada daerah pesisir pantai. Daerah yang berbukit bukit berada di bagian timur Desa Maliambao sedangkan daerah pesisir pantai berada di bagian barat desa tersebut. Ketinggian daerah yang dekat dengan pemukiman berkisar pada ketinggian 0 – 50 meter di atas permukaan laut.

### Geologi

Wilayah Desa Maliambao memiliki 3 bagian material batuan tanah. Di bagian tengah desa memiliki material batuan Gunung api muda: breksi, aglomerat, turf, dan lava, mengandung juga batu pasir, lanau, serpih dan gamping. Di bagian barat dari desa, memiliki material endapan danau dan sungai tua: pasir, lanau dan lempung. Sedangkan di bagian timur desa memiliki material breksi dan batu pasir. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.

### Kondisi Eksisting dan Ketersediaan Air

Desa Maliambao belum mendapatkan pelayanan air bersih dari PDAM Kabupaten Minahasa Utara. Jaringan distribusi yang ada hanya mencakup sebagian wilayah desa dan tidak mencukupi kebutuhan air bersih warga di desa Maliambao. Sumber air yang digunakan adalah sumber mata air dengan ketinggian  $\pm 100$  m. Mata air ini merupakan proyek dari PEMKAB Minahasa Utara pada tahun 2008.

Terdapat bangunan penangkap air, jaringan pipa dan 2 reservoir dengan ukuran (2,5m x 2,5m x 1,8m) dan (3m x 3m x 2m). Kedua reservoir terletak dekat dari rumah warga. Debit pada mata air tersebut adalah sekitar 0,33 liter/ detik. Dan air dialirkan secara gravitasi pada 17 kran umum yang disebar di dalam desa. Sumber air tersebut melayani sebagian penduduk desa.

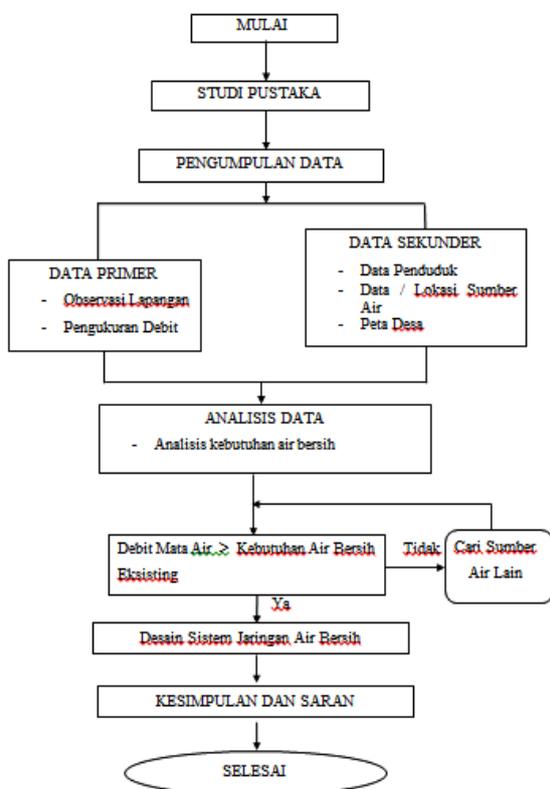
Sumber air yang digunakan untuk penambahan jaringan baru, yaitu dengan memanfaatkan mata air lain yang ada didesa tersebut. Debit mata air ini adalah sebesar 1,45 liter/detik, dan terletak pada ketinggian 133,285 m diatas permukaan laut.

**Peralatan Penelitian**

Alat-alat yang digunakan dalam pengambilan data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Stopwatch
2. Ember plastik atau wadah penampung
3. Alat tulis menulis untuk mencatat data penelitian.
4. Kamera untuk dokumentasi
5. GPS

**Prosedur Penelitian**



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

**Pengumpulan Data**

Tabel 3. Pencatatan Waktu Tangkap Air

No	Percobaan	Volume (liter)	Waktu (detik)
1	Pengamatan ke 1	3,2676	2,15
2	Pengamatan ke 2	3,2676	2,02
3	Pengamatan ke 3	3,2676	2,3
4	Pengamatan ke 4	3,2676	2,3
5	Pengamatan ke 5	3,2676	2,15
6	Pengamatan ke 6	3,2676	2,2
7	Pengamatan ke 7	3,2676	2,3
8	Pengamatan ke 8	3,2676	2,1
9	Pengamatan ke 9	3,2676	2,4
10	Pengamatan ke 10	3,2676	2,32
11	Pengamatan ke 11	3,2676	2,17
12	Pengamatan ke 12	3,2676	2,22
13	Pengamatan ke 13	3,2676	2,24
14	Pengamatan ke 14	3,2676	2,63
15	Pengamatan ke 15	3,2676	2,15
16	Pengamatan ke 16	3,2676	2
17	Pengamatan ke 17	3,2676	2,3
18	Pengamatan ke 18	3,2676	2,22
19	Pengamatan ke 19	3,2676	2,34
20	Pengamatan ke 20	3,2676	2,62

Data debit mata air dihitung dengan menggunakan metode volumetrik. Air ditampung menggunakan ember berbentuk tabung yang bervolume 3,2676 liter. Data pada waktu saat kaleng penuh dengan air tersebut dicatat. Pengamatan ini dilakukan sebanyak 20 kali. Berikut ini adalah tabel pencatatan waktu tangkap air.

Data debit yang dihasilkan dari 20 tangkap air tersebut akan dihitung rata-ratanya. Debit dihitung berdasarkan rumus volume per waktu. Kemudian untuk mencari rata-rata diperoleh dari rumus total keseluruhan dibagi jumlah debit (20).

Langkah selanjutnya akan menganalisis proyeksi jumlah penduduk sampai 10 tahun ke depan, dan menganalisis kebutuhan dan kecukupan air bersih di desa Maliambao. Langkah yang terakhir dibuat perencanaan meliputi desain reservoir, dan desain sistem jaringan air bersih.

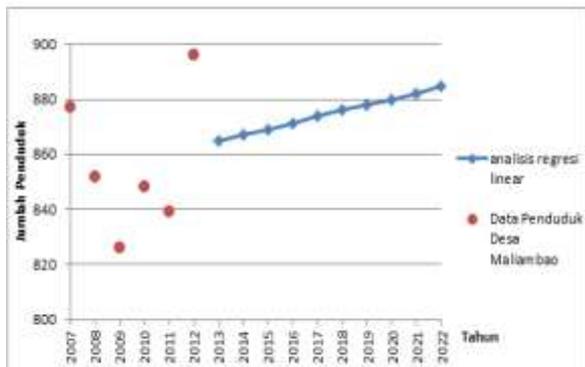
**ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Proyeksi Penduduk**

Perencanaan analisis kebutuhan air bersih di suatu daerah, memerlukan perhitungan proyeksi jumlah penduduk. Perhitungan proyeksi

penduduk ini dihitung dengan menggunakan data penduduk yang ada selama beberapa tahun (dari hasil sensus) lalu diproyeksikan dengan menggunakan beberapa metode yang ada. Beberapa metode yang digunakan adalah :

1. Analisis Regresi Linier

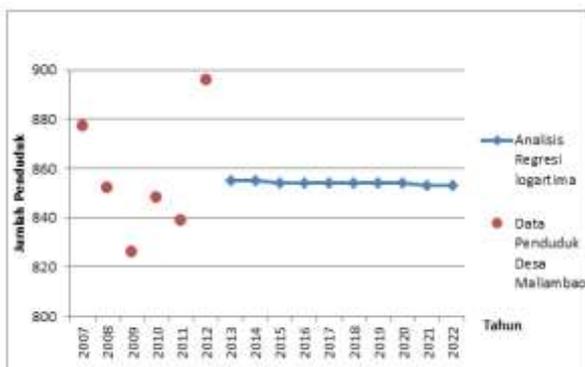


Gambar 4. Proyeksi Penduduk Desa Maliambao dengan regresi Linier

Tabel 4. Hasil Perhitungan Pertumbuhan Penduduk metode regresi linier

Tahun	X	Jumlah Penduduk (jiwa)
2007	1	877
2008	2	852
2009	3	826
2010	4	848
2011	5	839
2012	6	896
2013	7	865
2014	8	867
2015	9	869
2016	10	871
2017	11	874
2018	12	876
2019	13	878
2020	14	880
2021	15	882
2022	16	885

2. Analisis Regresi Logaritma

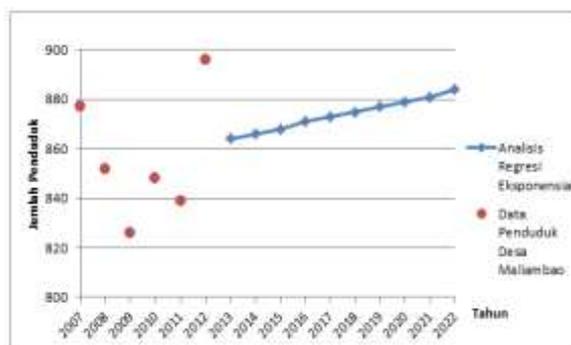


Gambar 5. Proyeksi Penduduk Desa Maliambao dengan regresi Logaritma

Tabel 5. Hasil Perhitungan Pertumbuhan Penduduk metode regresi Logaritma

Tahun	X	Jumlah Penduduk (jiwa)
2007	1	877
2008	2	852
2009	3	826
2010	4	848
2011	5	839
2012	6	896
2013	7	855
2014	8	855
2015	9	854
2016	10	854
2017	11	854
2018	12	854
2019	13	854
2020	14	854
2021	15	853
2022	16	853

3. Analisis Regresi Eksponensial



Gambar 6. Proyeksi Penduduk Desa Maliambao dengan regresi Eksponensial

Tabel 6. Hasil Perhitungan Pertumbuhan Penduduk metode regresi Logaritma

Tahun	X	Jumlah Penduduk (jiwa)
2007	1	877
2008	2	852
2009	3	826
2010	4	848
2011	5	839
2012	6	896
2013	7	864
2014	8	866
2015	9	868
2016	10	871
2017	11	873
2018	12	875
2019	13	877
2020	14	879
2021	15	881
2022	16	884

Berikut ini adalah rekapitulasi koefisien korelasi dan determinasi, serta *standard error* masing-masing metode analisis regresi yang digunakan di atas.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Analisis Regresi Desa Maliambao

No.	Metode Analisis Regresi	Desa Maliambao		
		R	r <sup>2</sup>	Se
1.	Linier	0,162	0,026	28,383
2.	Logaritma	0,055	0,003	28,72
<b>3.</b>	<b>Eksponensial</b>	<b>0,156</b>	<b>0,028</b>	<b>28,35</b>

Berdasarkan hasil analisis di atas diketahui trend regresi terbaik dengan nilai koefisien korelasi dan determinasi yang hampir mendekati 1 dan *standard error* terkecil. Maka untuk menghitung kebutuhan air bersih di Desa Maliambao digunakan proyeksi penduduk berdasarkan Analisis Regresi Eksponensial.

### Analisis Kebutuhan Air

Analisis jumlah Kebutuhan Air Domestik, Non Domestik, Kehilangan Air, dan Kebutuhan Air Total diperlihatkan pada Tabel 8.

### Desain Sistem Jaringan Air Bersih

Dalam perencanaan di desa Maliambao, dilakukan penambahan jaringan, sehingga kapasitas air masih mampu melayani kebutuhan air total sampai tahun 2022. Penambahan jaringan ini dilakukan dengan memanfaatkan sumber mata air lain yang ada.

Desain sistem jaringan air bersih di desa Maliambao, dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu desain jaringan perpipaan dan desain

hidraulis bangunan-bangunan yang ada pada sistem jaringan air bersih.

Pekerjaan desain hidraulis bangunan-bangunan meliputi desain hidraulis bronkaptering dan reservoir, serta desain hidrolis hidran umum. Sedangkan desain sistem jaringan perpipaan merupakan pekerjaan mendesain jaringan perpipaan yang ekonomis namun memiliki kapasitas yang cukup untuk melayani seluruh kebutuhan air bersih. Dengan menggunakan mata air sebagai sumber air, maka disusun suatu rencana sistem (*sistem plan*) penyediaan air bersih di Desa Maliambao.

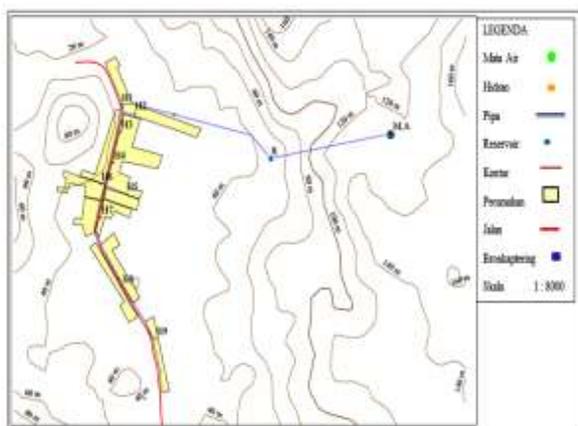
*Sistem plan* tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Agar bisa mencukupi kebutuhan air di Desa Maliambao, dibuat bronkaptering dari mata air dengan elevasi 133,285 m dan dialirkan langsung ke reservoir yang memiliki elevasi 56,536 m.
2. Air yang telah dikumpulkan dalam reservoir dialirkan secara gravitasi ke hidran umum 1 dengan elevasi 34,54 m dan kemudian dialirkan ke hidran umum 2 dengan elevasi 34,52 m.
3. Selanjutnya juga dialirkan ke hidram umum 3 dengan elevasi 34,5 m, kemudian dialirkan melalui jaringan pipa sampai hidran umum 9 yang berada pada elevasi 30.

Untuk lebih jelasnya, rencana sistem (*system plan*) penyediaan air bersih di Desa Maliambao ditunjukkan pada Gambar 7.

Tabel 8. Jumlah Kebutuhan Air Domestik, Non Domestik, Kehilangan Air, dan Kebutuhan Air Total

Tahun	Jumlah Penduduk ( jiwa )	Kebutuhan air domestik ( Liter/ Detik)	Kebutuhan air non domestik ( Liter/ Detik)	Kehilangan air ( Liter/Detik)	Total kebutuhan air bersih ( liter/detik )	Kebutuhan Air Harian Maksimum ( liter / detik )	Kebutuhan Air jam Puncak ( liter / detik )
x	y	$Q_d = (y \times (60 \text{ liter/org/hari})) / (24 \times 3600)$	$Q_n = Q_d \times 5\%$	$Q_a = (Q_d + Q_n) \times 15\%$	$Q_r = Q_d + Q_n + Q_a$	$Q_m = 1,1 \times Q_r$	$Q_p = 1,2 \times Q_r$
2013	864	0,600	0,030	0,095	0,725	0,797	0,869
2014	866	0,601	0,030	0,095	0,726	0,799	0,871
2015	868	0,603	0,030	0,095	0,728	0,801	0,873
2016	871	0,605	0,030	0,095	0,730	0,803	0,876
2017	873	0,606	0,030	0,095	0,732	0,805	0,878
2018	875	0,608	0,030	0,096	0,734	0,807	0,880
2019	877	0,609	0,030	0,096	0,735	0,809	0,882
2020	879	0,610	0,031	0,096	0,737	0,811	0,884
2021	881	0,612	0,031	0,096	0,739	0,813	0,887
2022	884	0,614	0,031	0,097	0,741	0,815	0,890



Gambar 7. Sistem Plan Penyediaan Air Bersih di Desa Maliambao

### Desain Bangunan Penangkap Mata Air (Bronkaptering)

Bronkaptering yaitu bangunan yang digunakan untuk menampung atau menangkap air yang keluar dari mata air. Bangunan penangkap (bronkaptering) strukturnya direncanakan terbuat dari pasangan batu kali yang menahan air yang mengalir dari mata air, kemudian dialirkan melalui pipa penyalur menuju ke reservoir. Ukuran bangunan selalu disesuaikan dengan kondisi penyebaran keluaran mata air.

Bronkaptering direncanakan berukuran persegi panjang dengan ukuran panjang 2 – 3 m, dan lebar 3 m dengan pipa penyalur menuju ke reservoir.

Kelengkapan pada bronkaptering berupa:

1. Pipa *outlet* berdiameter
2. Pipa *overflow* berdiameter
3. Pipa drainase berdiameter
4. Pipa ventilasi berdiameter
5. *Manhole* dengan tutup besi pelat
6. Tangga pipa berdiameter
7. *Valve* dengan ukuran, sesuai dengan ukuran pipa.

### Desain Hidraulis Hidran Umum

Hidran umum direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air dari seluruh penduduk. Hal yang terpenting dalam perencanaan hidran umum yaitu jumlah hidran umum dan tata letaknya, agar supaya efisien dan efektif. Dalam perencanaan ini, jumlah jiwa per hidran umum direncanakan 100 jiwa/HU. Jumlah hidran umum daerah layanan sistem jaringan air bersih dihitung sebagai berikut:

Data Desa Maliambao

Jumlah penduduk tahun 2022 = 884 jiwa

$$\begin{aligned} \text{Jumlah hidran} &= 884 / 100 \\ &= 8,84 \\ &\approx 9 \text{ hidran} \end{aligned}$$

Kebutuhan air jam puncak = 0,890 liter/detik.

Dengan demikian, setiap hidran direncanakan dapat melayani 100 jiwa dengan kebutuhan rata-rata air di tiap hidran sebesar 0,1 liter/detik.

### Pipa Transmisi dan Distribusi

#### 1. Pipa Transmisi

Pipa transmisi air baku mulai dari Bronkaptering sampai reservoir adalah pipa jenis HDPE SDR – 11, S-5. Dan perhitungan pipa transmisi dari hasil pengukuran diketahui:

❖ (Bronkaptering - Reservoir)

$$\Delta H = 76,75 \text{ m (elevasi pipa di bronkaptering-elevasi pipa di reservoir)}$$

$$L = 498 \text{ m}$$

$$Q = 1 \text{ l/det} = 0,001 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$D = 63,5 \text{ mm} = 0,0635 \text{ m}$$

$$C_{HW} = 130$$

Mengalami kehilangan head :

$$h_f = \frac{10,675 Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,87}} \times L$$

$$= \frac{10,675 \times 0,001^{1,852}}{130^{1,852} \times 0,0635^{4,87}} \times 498$$

$$= 1,2177 \text{ m}$$

$$h_f = 1,2177 \text{ m} \dots \dots \dots h_f < \Delta H \dots \dots \text{ok}$$

$$1,2177 \text{ m} < 76,75 \text{ m}$$

(beda tinggi Bronkaptering dan Reservoir)

#### 2. Pipa Distribusi

Perhitungan untuk pipa distribusi air bersih disesuaikan dengan menggunakan Epanet 2.0, meliputi:

❖ (Reservoir - Pipa Utama di desa)

$$\Delta H = 21,996 \text{ m}$$

$$L = 630 \text{ m}$$

$$Q = 0,9 \text{ l/det} = 0,0009 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$D = 50,8 \text{ mm} = 0,0508 \text{ m}$$

$$C_{HW} = 130$$

Mengalami kehilangan head :

$$H = \frac{10,675 Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,87}} \times L$$

$$= \frac{10,675 \times 0,0009^{1,852}}{130^{1,852} \times 0,0508^{4,87}} \times 630$$

$$= 3,7611 \text{ m}$$

$$h_f = 3,7611 \text{ m} \dots \dots \dots h_f < \Delta H \dots \dots \text{ok}$$

$$3,7611 \text{ m} < 21,996 \text{ m}$$

(beda tinggi Reservoir dan pipa utama di desa)

### Desain Hidraulis Reservoir

Reservoir pada sistem plan ini berfungsi sebagai pengumpul air bersih dan penampung air bersih. Ukuran reservoir ditentukan dari kebutuhan sistem yang ada. Umumnya kapasitas reservoir diambil 20% dari kebutuhan harian maksimum. Jenis bangunan berupa struktur beton bertulang kedap air.

Perlengkapan reservoir terdiri dari.

- Pipa outlet
- Pipa overflow
- Pipa drainase/penguras
- Pipa ventilasi
- Manhole ukuran 50 x 50 cm
- Tangga
- Valve untuk pipa penguras dan pipa outlet

Perhitungan ukuran kapasitas reservoir :

- Kebutuhan air harian maksimum pada tahun 2022 = 0,890 l/det = 0,000890 m<sup>3</sup>/det.
- Kapasitas berguna reservoir diambil sebesar 20% dari total kebutuhan harian maksimum yaitu 0,890 lt/det atau 0,000890 m<sup>3</sup>/ det.

Kapasitas berguna reservoir:  
 $= 0,20 \times 0,000890 \text{ m}^3/\text{det} \times (24 \times 3600)$   
 $= 15,3792 \text{ m}^3$

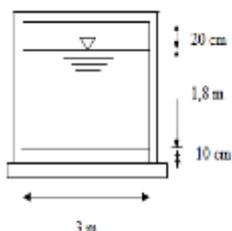
- Ukuran Kapasitas Berguna Reservoir ditetapkan sebagai berikut :  
 Panjang = 3 m ; Lebar = 3 m ; Tinggi Air = 1,8 m

Dalam hal ini tinggi merupakan kedalaman dari kapasitas air berguna. Dimensi kapasitas berguna :

$= (3 \times 3 \times 1,8) \text{ m} > \text{kapasitas reservoir yang dibutuhkan}$   
 $= 16,2\text{m}^3 > 15,3792\text{m}^3 \dots\dots \text{ok!}$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didesain ukuran reservoir sebagai berikut :

- Panjang = 3m
- Lebar = 3m
- Tinggi kapasitas berguna = 1,8m
- Tinggi kapasitas mati = 10cm
- Tinggi ruang udara = 20cm



### Desain Sistem Jaringan Perpipaan

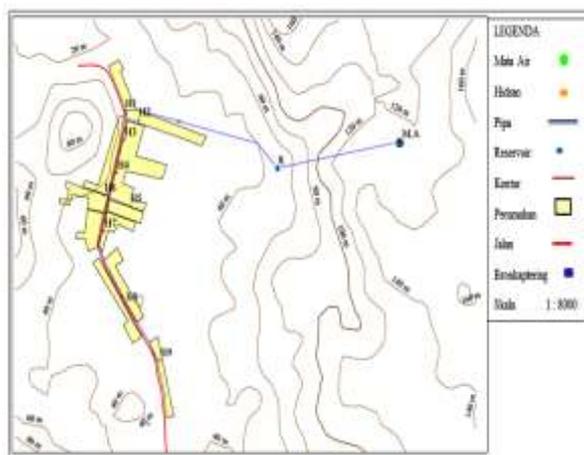
Suatu sistem perpipaan didesain untuk membawa air dengan kapasitas tertentu. Pipa yang digunakan adalah pipa HDPE SDR – 11, S-5 yang berukuran diameter dari ½“ – 2”. Hal-hal

yang perlu diperhatikan dalam perencanaan jaringan perpipaan adalah sebagai berikut.

- Tekanan air dalam pipa:
  - Tekanan maksimum direncanakan sebesar 75 m kolom air
  - Tekanan minimum direncanakan sebesar 5 - 10 m kolom air
- Kecepatan pengaliran dalam pipa
  - Minimum 0,3 m/s
  - Maksimum 4,5 m/s

Untuk mempercepat dan memperkecil kesalahan dalam proses analisis sistem jaringan perpipaan digunakan *software* program Epanet 2.0.

Hasil analisis dengan *software* Epanet 2.0 ditunjukkan dalam gambar dan tabel berikut.



Gambar 8. Model Sistem Jaringan Air Bersih di Desa Maliambao dengan *software* EPANET 2.0

Tabel 9. “Node Parameter” Jaringan Air Bersih Desa Maliambao

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc H1	34.54	0.1	52.77	18.23
Junc H2	34.52	0.1	52.62	18.10
Junc H3	34.50	0.1	52.41	17.91
Junc H4	33.94	0.1	52.08	18.14
Junc H6	33.50	0.1	50.93	17.43
Junc H5	29.80	0.1	51.37	21.57
Junc H7	28.96	0.1	50.57	21.61
Junc H8	31.05	0.1	50.16	19.11
Junc H9	30.0	0.1	50.06	20.06
Resvr R	56.536	##N/A	56.54	0.00
Resvr BR	133.285	##N/A	133.29	0.00

Tabel 10. “Link Parameter” Jaringan Air Bersih Desa Maliambao

Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km
Pipe P2	630	50.8	0.90	0.44	5.97
Pipe P5	120	50.8	0.60	0.30	2.62
Pipe P9	275	38.1	0.20	0.18	1.50
Pipe P10	236	38.1	0.10	0.09	0.41
Pipe P1	498	63.5	9.36	2.96	154.11
Pipe P3	32	50.8	0.80	0.39	4.80
Pipe P4	95	50.8	0.70	0.35	3.75
Pipe P6	87	38.1	0.50	0.44	8.16
Pipe P7	80	38.1	0.40	0.35	5.40
Pipe P8	114	38.1	0.30	0.26	3.17

Hasil *output* perhitungan dengan Epanet untuk *node parameter*, tekanan pada setiap *node* hidran umumsudah memenuhi syarat tekanan minimum (di atas 10 m) dan tekanan maksimum (di bawah 75 m). Sedangkan untuk *link parameter*, kecepatan pengaliran dalam pipa juga sudah memenuhi batas yang diijinkan yaitu di antara 0,3 - 3 m/det.

Berikut ini adalah contoh perhitungan dengan cara manual untuk menghitung nilai kecepatan pengaliran dalam pipa (*v*) dan *headloss* (*H<sub>f</sub>*). Pipa (P2) mengalirkan air dari reservoir dengan elevasi 56,536 m ke hidran umum (H1) dengan elevasi 34,54 m, dengan data-data :

- Panjang pipa l (L) = 630 m = 0,630 km
- Debit (Q) = 0,0009 m<sup>3</sup>/det
- C<sub>hw</sub> = 130

Perhitungan yang dilakukan sebagai berikut:

Coba : D = 50,8 mm = 0,0508 m

- Hitung Luas (A)

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = 0,00202 \text{ m}^2$$

- Hitung *headloss* (*h<sub>f</sub>*)

$$h_f = \frac{10.67 \times Q^{1.852}}{C_{HW}^{1.852} \times D^{4.87}} \times L$$

$$= \frac{10.675 \times 0,0009^{1.852}}{130^{1.852} \times 0,0508^{4.87}} \times 630 = 3,7611 \text{ m}$$

$$\text{Headloss } (h_f) \text{ per km} = \frac{3,7611 \text{ m}}{0,630 \text{ km}} = 5,97 \text{ m/km}$$

- Hitung kecepatan aliran

$$V = Q / A$$

$$= 0,0008 / 0,00202$$

$$= 0,44 \text{ m/det}$$

Dari hasil perhitungan di atas, dengan menggunakan pipa berdiameter 50,8 mm, kecepatan (*v*) berada pada batas yang disyaratkan yaitu di antara 0,3 – 3 m/s. Dapat dilihat bahwa *output* dari Epanet dan perhitungan secara manual menghasilkan nilai yang sama. Hasil perhitungan untuk pipa lainnya dapat dilihat pada Tabel 10.

## Pembahasan

Air dialirkan secara gravitasi dengan debit 0,33 liter/detik dari mata air, menghasilkan 28512 liter dalam satu hari. Kapasitas air ini tidak mampu mencukupi kebutuhan air total sampai tahun 2022.

Dengan demikian perlu mencari alternatif sumber mata air baru. Debit total mata air tersebut adalah sebesar 1,45 liter/detik dan dalam perencanaan ini hanya diambil sebesar 1 liter/detik. Direncanakan untuk dilakukan penambahan jaringan baru dengan debit tersebut, maka kapasitas air dapat menghasilkan 114912 liter dalam pemakaian air selama 24 jam/hari.

Berdasarkan analisis ini pemakaian air di Desa Maliambao mampu melayani kebutuhan air di Desa Maliambao sampai tahun 2022.

Selanjutnya dilakukan disain jaringan air bersih, disain hidraulis reservoir, disain kebutuhan air bersih pada hidran umum, dan disain jaringan pipa di Desa Maliambao dengan menggunakan software EPANET 2.0..

Dalam perencanaan ini, akan dibuat reservoir yang berukuran (3 x 3 x 2,1 m) dan jumlah hidran yang direncanakan sebanyak 9 hidran umum berfungsi untuk menampung air agar dapat memenuhi kebutuhan air bersih di Desa Maliambao.

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Dalam Perencanaan Pengembangan Sistem Penyediaan Air bersih di desa Maliambao, sumber mata air yang dimanfaatkan sebagai sumber air dengan debit sebesar 1,45 liter/detik dapat memenuhi kebutuhan air bersih ditahun 2022 yaitu sebesar 0,741 liter/detik.
2. Sistem distribusi dialirkan menggunakan sistem gravitasi. Sistem ini terdiri dari bronkaptering, pipa transmisi, pipa distribusi, reservoir dan hidran umum yang tersebar didaerah layanan.
3. Reservoir yang direncanakan terletak dekat dari Desa Maliambao pada elevasi 56,536 m. Ukuran reservoir yang direncanakan adalah (3 x 3 x 2,1 m).
4. Pipa distribusi dari reservoir ke hidran – hidran umum yang disebarkan di desa, menggunakan pipa HDPE SDR-11, S-5 dengan diameter bervariasi dari ½ “ – 2“.

## DAFTAR PUSTAKA

- Birdi, G.S., 1979. *Water Supply and Sanitary Engineering*, Dhanpat Rai and Sons, Nai Sarah, Delhi.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2006. *Petunjuk Praktis Perencanaan Pembangunan Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan*, Direktorat Jendral Cipta Karya, Jakarta.
- KSK Likupang Barat., 2009. *Kecamatan Likupang Barat dalam angka 2009*, BPS Kabupaten Minahasa Utara, Minahasa Utara.
- KSK Likupang Barat., 2010. *Kecamatan Likupang Barat dalam angka 2010*, BPS Kabupaten Minahasa Utara, Minahasa Utara.
- KSK Likupang Barat., 2011. *Kecamatan Likupang Barat dalam angka 2011*, BPS Kabupaten Minahasa Utara, Minahasa Utara.
- KSK Likupang Barat., 2012. *Kecamatan Likupang Barat dalam angka 2012*, BPS Kabupaten Minahasa Utara. Minahasa Utara.
- KSK Likupang Barat., 2013. *Kecamatan Likupang Barat dalam angka 2013*, BPS Kabupaten Minahasa Utara. Minahasa Utara.
- Sudjana, 1982. *Metoda Statistika*, Tarsito, Bandung.
- Supangat, Andi., 2010. *Statistika : Dalam Kajian Deskriptif Inferensi dan Nonparametrik*, Kencana, Jakarta.
- Sutrisno, C.T., dkk, 1987. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, PT Bina Aksara, Jakarta.
- Tri Joko, 2010. *Unit Air Baku Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Tri Joko, 2010. *Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Triatmadja, Radianta., 2008. *Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan*, Hoces, Yogyakarta.