

## DESAIN SISTEM JARINGAN DAN DISTRIBUSI AIR BERSIH PEDESAAN (STUDI KASUS DESA WAREMBUNGAN)

Tiny Mananoma, Lambertus Tanudjaja, Tommy Jansen  
Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado  
email: tmananoma@yahoo.com

### ABSTRAK

*Desa Warembungan dikenal memiliki banyak sumber air bersih, namun ketersediaan air bersih ini belum terdistribusi merata ke seluruh wilayah desa, sehingga diperlukan suatu penelitian untuk mendesain sistem jaringan dan distribusi untuk menjamin ketersediaan air bersih di desa tersebut. Penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi potensi air bersih yang ada, kemudian melakukan analisis untuk memprediksi kebutuhan air bersih sampai 20 tahun kedepan. Setelah itu dilakukan desain sistem penyediaan air bersih yang handal. Berangkat dari proyeksi pertumbuhan penduduk desa Warembungan sampai tahun rencana yaitu tahun 2036 maka diperoleh prediksi besaran kebutuhan air bersih total mencapai 6,23 liter/det, sedangkan kebutuhan harian maksimum mencapai 6,86 liter/det. Debit sesaat yang tersedia di mata air Kumahukur adalah sebesar 10 liter/det.*

**Kata kunci:** air bersih, system jaringan, kebutuhan air, debit

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Air adalah kebutuhan vital bagi kehidupan. Seiring dengan peningkatan pertumbuhan penduduk maka kebutuhan air pun semakin meningkat. Desa Warembungan dikenal memiliki banyak sumber air bersih, namun ketersediaan air bersih ini belum terdistribusi merata ke seluruh wilayah desa.

Masih terdapat beberapa kawasan yang belum terjangkau. Dengan demikian untuk kebutuhan air bersih, masih ada sebagian penduduk desa yang belum terlayani sehingga diperlukan suatu desain sistem jaringan dan distribusi yang handal untuk menjamin kuantitas, kualitas, dan kontinuitas ketersediaan air bersih bagi masyarakat di desa Warembungan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



### Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Identifikasi dan analisis potensi / ketersediaan air bersih,
2. Analisis prediksi kebutuhan air bersih sampai dengan 20 tahun ke depan,
3. Desain sistem penyediaan air bersih yang handal.

### Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pemerintah maupun masyarakat Desa Warembungan sebagai informasi dalam menetapkan langkah dan upaya untuk pemenuhan kebutuhan air bersih yang kontinu baik dari sisi kualitas maupun kuantitas.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah, dan akhirnya mengalir ke laut kembali.

### Sumber-Sumber Air

#### 1). Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin karena mengandung senyawa garam (NaCl) yang

cukup tinggi. Kadar garam air laut 3% dari jumlah total keseluruhan air laut. Air laut bisa dijadikan sumber air bersih dengan melalui proses dan persyaratan.

#### 2). Air Hujan

Air hujan merupakan hasil proses penguapan air dipermukaan akibat pemanasan oleh sinar matahari. Dalam keadaan ideal (tanpa pencemaran air), air hujan merupakan air bersih dan dapat langsung dikonsumsi oleh manusia. Namun pada saat penguapan berlangsung, air menguap sudah tercemar.

#### 3). Air Permukaan

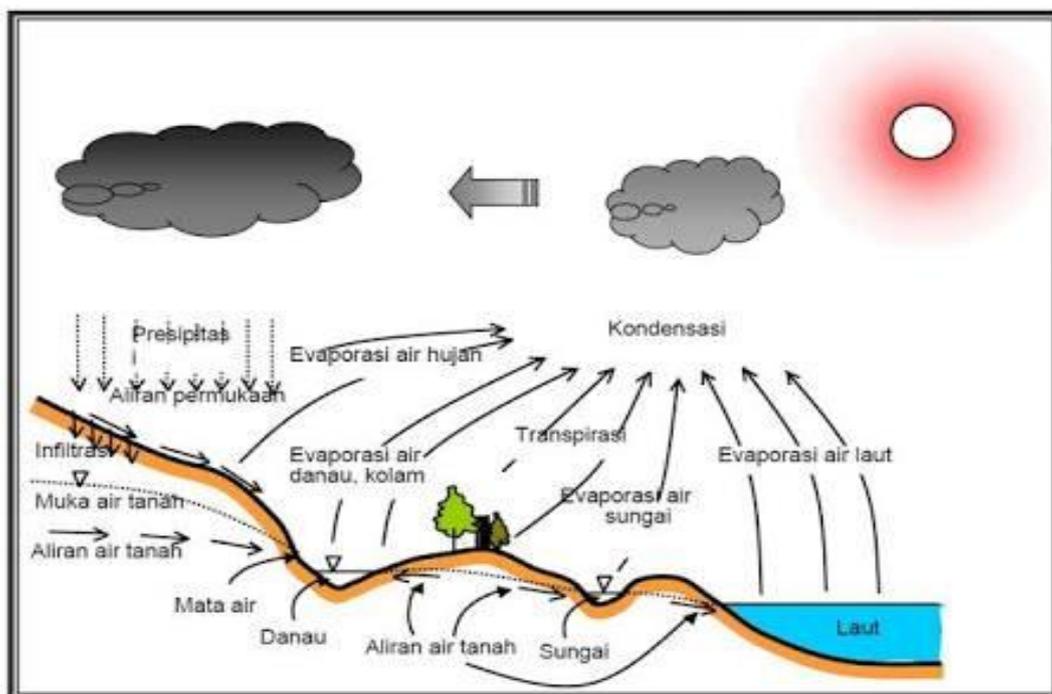
Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan tampak lebih kotor dan berwarna.

#### 4). Air Tanah

Sebagian air hujan yang mencapai permukaan bumi akan menyerap kedalam tanah dan akan menjadi air tanah. Air tanah terbagi atas 2 yaitu : Air tanah dangkal dan air tanah dalam.

#### 5). Mata Air

Mata air adalah air tanah yang ke luar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari dalam tanah, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan air tanah dalam.



Gambar 2. Siklus Hidrologi  
Sumber : <https://poetraffic.wordpress.com>

### Persyaratan Dalam Penyediaan Air Bersih

Ada beberapa persyaratan utama yang harus dipenuhi dalam sistem penyediaan air bersih. Persyaratan tersebut antara lain sebagai berikut :

1). Persyaratan kualitatif

Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku.

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.

2). Persyaratan Kuantitatif

Persyaratan kuantitatif dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya, air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan jumlah penduduk yang akan dilayani.

3). Persyaratan Kontinuitas

Persyaratan kontinuitas untuk penyediaan air bersih sangat erat hubungannya dengan kualitas air yang tersedia yaitu air baku yang ada di alam. Arti kontinuitas disini adalah bahwa air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap.

### Ketersediaan Air

Dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih, informasi mengenai ketersediaan air sangat diperlukan untuk melihat apakah debit yang ada mampu melayani konsumsi air dari masyarakat.

### Kebutuhan Air

- Kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari.
- Kebutuhan air non domestik yaitu kebutuhan air di luar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik antara lain: Penggunaan komersil dan industri yaitu penggunaan air oleh badan-badan komersil dan industri. Penggunaan umum yaitu penggunaan air untuk bangunan-bangunan pemerintah, rumah sakit, sekolah, dan tempat ibadah.

### Menghitung Jumlah Penduduk

Pertumbuhan penduduk pada suatu daerah sangat bergantung pada beberapa faktor seperti kelahiran, kematian, urbanisasi, imigrasi serta perluasan kota. Untuk memproyeksikan

pertumbuhan penduduk, maka digunakan analisis regresi. Analisis regresi yang dapat digunakan antara lain Regresi Linear

$$Y = (a + b \cdot x) \quad (1)$$

### 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 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_d = Y_n \cdot r_k \quad (2)$$

dengan :

$Q_d$  = Kebutuhan air domestik (l/hari)

$Y_n$  = Proyeksi pertumbuhan penduduk tahun ke-n (jiwa)

$r_k$  = Angka konsumsi air bersih berdasarkan kategori kota (l/org/hari).

### 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. Sarana dan prasarana berupa kepentingan sosial/umum seperti untuk pendidikan, tempat ibadah, kesehatan dan juga untuk kepentingan komersil.

### Kehilangan Air

Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih tidak menutup kemungkinan terjadi kebocoran atau kehilangan air. Kehilangan air didefinisikan sebagai jumlah air yang hilang akibat :

- Pemasangan sambungan yang tidak tepat
- Terkena tekanan dari luar sehingga menyebabkan pipa retak atau pecah.
- Penyambungan liar

Penentuan kebocoran atau kehilangan air dilakukan dengan asumsi yaitu sebesar 20% dari kebutuhan rata-rata dimana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik. Kehilangan air dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_a = (Q_d + Q_n) \cdot r_a \quad (3)$$

dengan :

$Q_a$  = Kehilangan air (l/dtk)

$Q_d$  = Kebutuhan air domestik (l/dtk)

$Q_n$  = Kebutuhan air non-domestik (l/dtk)  
 $r_a$  = angka presentase kehilangan air (%)

**Kebutuhan Air Total**

Kebutuhan air total adalah kebutuhan air domestik, non domestik ditambah dengan kehilangan air. Kebutuhan air total air dihitung dengan persamaan berikut

$$Q_t = Q_d + Q_n + Q_a \quad (4)$$

dengan :

$Q_t$  = Kebutuhan air total (l/dtk)  
 $Q_a$  = Kehilangan air (l/dtk)  
 $Q_d$  = Kebutuhan air domestik (l/dtk)  
 $Q_n$  = Kebutuhan air non-domestik (l/dtk)

**Unit-unit Sistem Penyediaan Air Bersih**

**Bangunan Pengambilan**

Bangunan pengambilan air baku untuk penyediaan air bersih berupa bangunan penangkap air (*broncaptering*) dan *intake*. Kapasitas *intake* ini dibuat sesuai dengan debit yang diperlukan untuk pengolahan.

**Sistem Transmisi**

Sistem transmisi adalah salah satu komponen sistem penyediaan air bersih yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sumber air ke reservoir dan instalasi pengolahan air, serta dari reservoir ke reservoir lainnya.

**Sistem Distribusi**

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari penampungan air (reservoir) ke daerah pelayanan (konsumen).

**Tipe Pengaliran**

1 *Gravity System*

Sistem ini digunakan bila reservoir terletak di daerah yang cukup tinggi sehingga tanpa menggunakan pompa, air dapat mengalir dengan gaya gravitasi.

2 *Pumping System*

Sistem ini digunakan bila reservoir terletak di daerah yang rendah sehingga “*head*” (tinggi energy) tidak memungkinkan terjadinya suplai air berdasarkan gaya gravitasi. Dengan pemasangan pompa berarti dilakukan penambahan “*head*” sehingga air dapat disuplai ke pemakai dan masih memiliki “*head*” yang cukup pada akhir jaringan pipa.

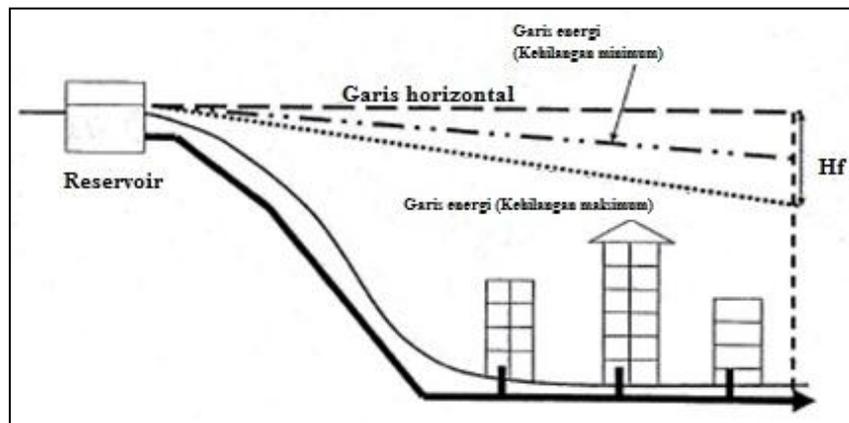
3 *Dual System*

Cara kerja sama seperti *Pumping System*, namun apabila pemakaian air di kota kecil, maka sebagian air akan tertampung pada “*service reservoir*”. Air pada “*service reservoir*” digunakan pada waktu pemakaian air maksimum (untuk mengurangi beban pompa), atau pada waktu pompa diistirahatkan/diperbaiki.

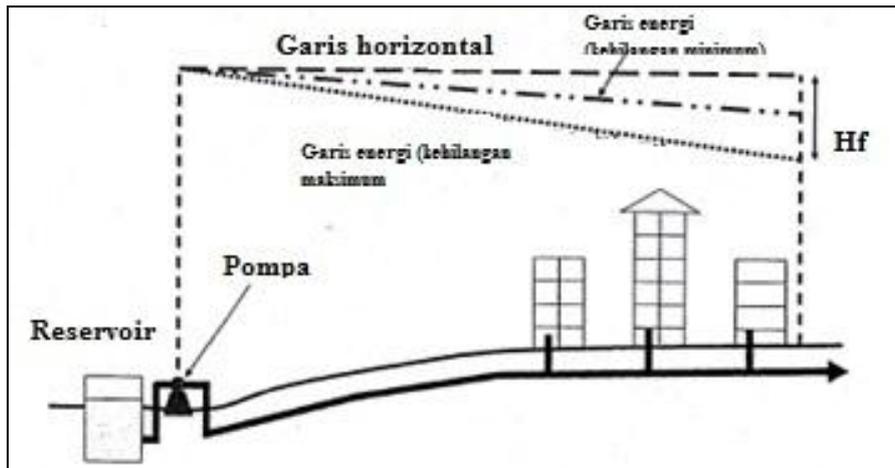
**Reservoir**

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. Elevasi tinggi adalah baik untuk pemakai, tapi butuh perhitungan yang cermat mengenai pengaliran memasuki reservoir dan mungkin memerlukan pompa dengan daya yang besar.

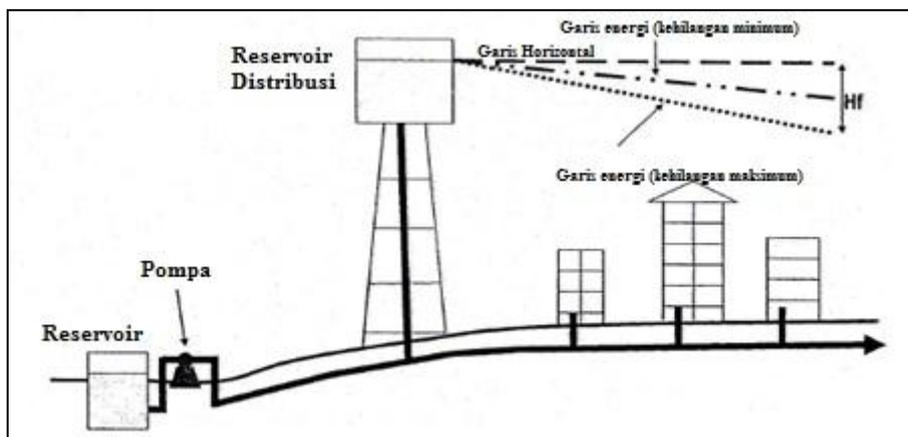
Reservoir distribusi bisa berupa menara reservoir/tangki atau ground reservoir. Reservoir distribusi umumnya berbentuk kotak. Daerah pelayanan bisa dibagi dalam beberapa zona tekanan dengan masing-masing punya reservoir sendiri.



Gambar 3. Gravity System  
 Sumber : Tanudjaja, L. 2011.



Gambar 4. Pumping System  
Sumber : Tanudjaja, L. 2011



Gambar 5. Dual System  
Sumber : Tanudjaja, L. 2011

## METODOLOGI PENELITIAN

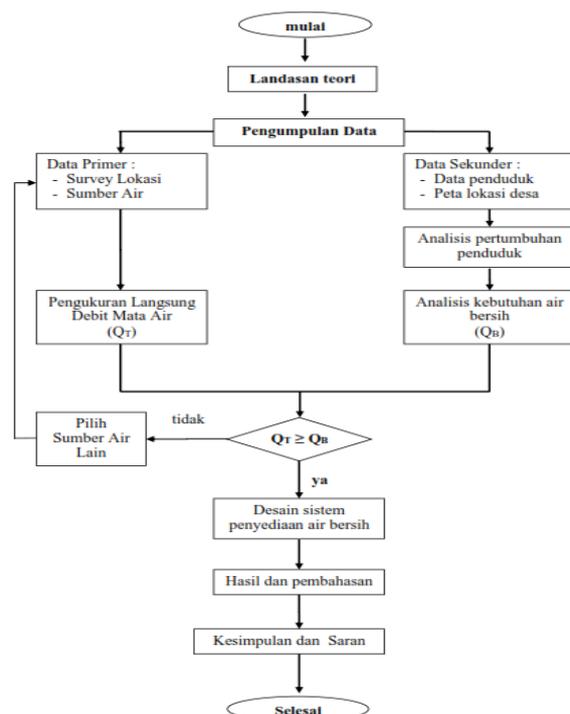
### Metode Penelitian

Metode penelitian meliputi pengumpulan data *primer* dan *sekunder* antara lain berupa : pengukuran langsung di lapangan yang meliputi pengukuran potensi debit, potensi energi potensial (beda ketinggian/topografi), dan trase jaringan air serta pemetaan daerah penelitian.

### Survey dan identifikasi sumber air

Survey dan identifikasi sumber air dimaksudkan untuk memperoleh data sumber air yang memungkinkan dikembangkan untuk keperluan penyediaan air bersih desa Warembungan.

### Bagan Alir Penelitian



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

## HASIL PENELITIAN

### Analisis Pertumbuhan Penduduk

Dalam menganalisis kebutuhan air bersih di desa Warembungan, perlu adanya analisis proyeksi pertumbuhan penduduk untuk 20 tahun ke depan. Dari hasil proyeksi pertumbuhan penduduk maka dapat diprediksikan kebutuhan air dari penduduk Kelurahan Tinoor untuk 20 tahun yang akan datang.

Tabel 1. Proyeksi Jumlah penduduk desa Warembungan

Tahun	Jumlah Penduduk	Jlh. Penduduk (pembulatan)
	(jiwa)	(jiwa)
2016	5325.5	5326
2017	5430.8	5431
2018	5536.1	5536
2019	5641.4	5641
2020	5746.7	5747
2021	5852	5852
2022	5957.3	5957
2023	6062.6	6063
2024	6167.9	6168
2025	6273.2	6273
2026	6378.5	6379
2027	6483.8	6484
2028	6589.1	6589
2029	6694.4	6694
2030	6799.7	6800
2031	6905	6905
2032	7010.3	7010
2033	7115.6	7116
2034	7220.9	7221
2035	7326.2	7326
2036	7431.5	7432

Sumber: Hasil Penelitian

### Analisis Kebutuhan Air Harian Maksimum

Kebutuhan air harian maksimum dihitung berdasarkan kebutuhan air total dikalikan dengan faktor pengali yaitu 1,1.

Yang dimaksud dengan kebutuhan air jam puncak yaitu kebutuhan air pada jam-jam tertentu dalam satu hari dimana kebutuhan akan air sangat tinggi. Kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan kebutuhan air total dikalikan dengan faktor pengali yaitu 1,5.

Kebutuhan air total diambil dari tahun perencanaan yaitu Tahun 2036 sebesar 6,23 liter/det. Sehingga diperoleh kebutuhan air harian maksimum =  $1,15 \times 6,23 \text{ liter/det} = 6,86 \text{ liter/det} \approx 7 \text{ liter/det}$

### Desain Sistem Penyediaan Air Bersih

Lokasi mata air Kumahukur terletak pada elevasi +440 m dpl mempunyai debit sesaat 10 l/det. Posisi reservoir terletak elevasi di bawah mata air / bronkaptering namun tertinggi dari kontur tertinggi di kompleks pemukiman adalah + 355 m dpl.

Untuk perencanaan pipa dalam studi ini dilakukan cara manual yaitu analisis menggunakan metode Hazen-Williams untuk pipa transmisi, sedangkan untuk pipa distribusi digunakan program Epanet 2.0.

Berangkat dari proyeksi pertumbuhan penduduk desa Warembungan sampai tahun rencana yaitu tahun 2036 maka diperoleh prediksi besaran kebutuhan air bersih total mencapai 6,23 liter/det, sedangkan kebutuhan harian maksimum mencapai 6,86 liter/det. Debit sesaat yang tersedia di mata air Kumahukur adalah sebesar 10 liter/det.

Untuk mengalirkan air dari sumber air ke wilayah pemukiman penduduk, dilakukan dengan beberapa tahap penyaluran yaitu :

- 1) Air dari sumber air di bendung dengan membuat bronkaptering atau bangunan penangkap air berbentuk pondasi jalur yang di konstruksi dari pasangan batu kali. Kemudian dipasang pipa intake untuk mengambil air sebesar 7 liter/det sesuai yang direncanakan.
- 2) Air dari bronkaptering kemudian disalurkan Reservoir distribusi yang berjarak kurang lebih 1500 m. Dengan menggunakan rumus Hazen-Williams diperoleh ukuran pipa yaitu 4 inch.
- 3) Air dari reservoir distribusi ke HU (Hidran Umum) yang berada di pemukiman penduduk disalurkan melalui pipa distribusi dengan ukuran bervariasi yaitu 1-3 inch.

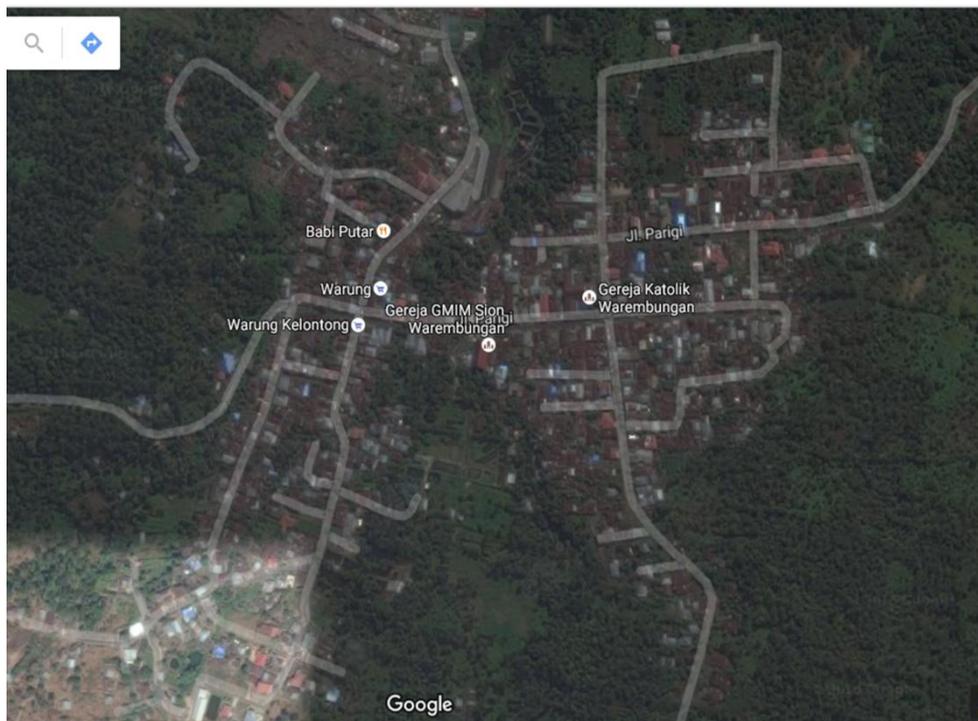
## KESIMPULAN

Dari hasil analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Potensi ketersediaan air yang terdapat di desa Warembungan yaitu mata air Kumahukur dengan debit sesaat sebesar 10 liter/det, sedangkan kebutuhan hingga tahun 2036 adalah 6.86 atau sama dengan 7 liter/det.
2. Ukuran pipa utama dari sumber air /bronkaptering ke reservoir adalah 4 inch, sedangkan untuk pipa distribusi dari reservoir ukurannya bervariasi antara 1-3 inch.

Tabel 2.. Proyeksi Kebutuhan Air Maksimum dan Jam Puncak

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa )	Kebutuhan Air Total (Liter/ Detik)	Kebutuhan air harian maksimum (Liter/ Detik)	Kebutuhan air jam puncak (Liter/ Detik)
X	Y	$Q_t = Q_d + Q_n + Q_a$	$Q_m = 1,1 \times Q_t$	$Q_p = 1,5 \times Q_t$
2016	5326	4.465654	4.912219	6.69848
2017	5431	4.553952	5.009347	6.830928
2018	5536	4.642251	5.106476	6.963376
2019	5641	4.730549	5.203604	7.095823
2020	5747	4.818847	5.300732	7.228271
2021	5852	4.907146	5.39786	7.360719
2022	5957	4.995444	5.494989	7.493166
2023	6063	5.083743	5.592117	7.625614
2024	6168	5.172041	5.689245	7.758062
2025	6273	5.26034	5.786374	7.890509
2026	6379	5.348638	5.883502	8.022957
2027	6484	5.436936	5.98063	8.155405
2028	6589	5.525235	6.077758	8.287852
2029	6694	5.613533	6.174887	8.4203
2030	6800	5.701832	6.272015	8.552748
2031	6905	5.79013	6.369143	8.685195
2032	7010	5.878429	6.466272	8.817643
2033	7116	5.966727	6.5634	8.950091
2034	7221	6.055026	6.660528	9.082538
2035	7326	6.143324	6.757656	9.214986
2036	7432	6.231622	6.854785	9.347434



Gambar 7. Daerah layanan untuk jalur pipa transmisi dan distribusi

### REKOMENDASI

Sistem penyediaan air bersih yang direncanakan akan dapat berfungsi dengan baik bilamana operasi dan pemeliharaan instalasi dilakukan dengan baik. Untuk itu perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan perlindungan terhadap sumber air melalui upaya konservasi di kawasan *catchment area* dari sumber air tersebut.
2. Perlu adanya lembaga pengelola sistem penyediaan air baku untuk air bersih, yang dibekali dengan pelatihan manajemen dan teknik operasi serta pemeliharaan instalasi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2006. *SNI 19-6728.1-2002* (Penyusunan neraca sumber daya – Bagian 1: Sumber daya air spasial). Hal 10-14
- Rossman, L. 2000. “*EPANET 2.0 User Manual (Versi Bahasa Indonesia)*”. EKAMITRA Engineering.
- Soewarno. 1991. Hidrologi (Pengukuran Dan Pengolahan data Aliran sungai). Nova. Bandung. Hal. 283-296
- Sutrisno.dkk. 1987. Teknologi Penyediaan Air Bersih.Bina Aksara. JakartaHal. 12-20
- Tanudjaja, L. 2010. Diktat Aliran Melalui Ambang Ukur, Lobang, Dan Pipa (Bagian Dari Materi Perkuliahan Mekanika Fluida Program Studi S1 Teknik Sipil). Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Manado.Hal. (11-1)-(11-7)
- Triatmadja, R. 2008. DRAFT-Sistem Jaringan Air Minum. Yogyakarta.