

PERENCANAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH DI DESA TULAP KECAMATAN KOMBI KABUPATEN MINAHASA

Joel Jordan Kalumata

Cindy J. Supit, Jeffry D. Mamoto

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: jkalumata12@gmail.com

ABSTRAK

Air adalah unsur penting dalam kelangsungan hidup semua makhluk hidup. Di Desa Tulap Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa sudah pernah direncanakan sumber penyediaan air bersih, namun belum tersalurkan sesuai kebutuhan masyarakat yang ada.

Sistem penyediaan air bersih di Desa Tulap direncanakan untuk memenuhi kebutuhan hingga tahun 2028. Untuk memprediksi jumlah kebutuhan air bersih maka digunakan proyeksi dengan analisis regresi. Hasil survey dan analisis menunjukkan bahwa jumlah pertumbuhan penduduk Desa Tulap hingga tahun rencana 2028 adalah 2005 jiwa, dengan jumlah kebutuhan air bersih sebesar 1,679 liter/detik. Perpipaan dihitung dengan menggunakan persamaan Hazen-Williams dengan menggunakan pipa HDPE. Sumber air yang digunakan berasal dari mata air dengan debit sesaat sebesar $\pm 2,1$ liter/detik, dan kebutuhan air jam puncak sebesar 2,01549 liter/detik.

Dalam perencanaan ini untuk menangkap air dari mata air dibuat bronkaptering dan kemudian air dialirkan melalui pipa transmisi ke Bak Pelepas Tekan. Untuk melayani kebutuhan air bersih penduduk Desa Tulap sampai tahun 2028, dibutuhkan 21 Keran Umum. Untuk pipa yang digunakan baik pipa transmisi dan distribusi menggunakan pipa berdiameter 2,5 inch.

Kata Kunci: *Desa Tulap, Sistem Penyediaan, Kebutuhan Air*

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia. Dalam kehidupan sehari-hari semua kegiatan manusia mulai dari kebutuhan pangan sampai pada kebutuhan industri memerlukan air dalam jumlah yang cukup dengan kualitas yang sesuai kebutuhan. Untuk memenuhi kebutuhannya manusia dapat menentukan jenis dan jumlah air bersih yang berguna bagi kehidupan sehari-hari.

Sampai pada saat ini, penyediaan air bersih untuk kebutuhan masyarakat masih diperhadapkan dengan berbagai macam masalah yang cukup rumit dan juga belum dapat diatasi sepenuhnya. Salah satu masalah yang masih dialami oleh masyarakat sekarang ini adalah rendahnya tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat, terutama di daerah pedesaan. (Supit, C, 2013) mengidentifikasi beberapa masalah ketersediaan air di beberapa daerah.

Tulap adalah salah satu desa yang berada di Kecamatan Kombi, Kabupaten Minahasa. Di daerah ini penyediaan air tidak tersalurkan secara baik ke masyarakat yang ada, sehingga

kebutuhan masyarakat akan air bersih menjadi terganggu. Sistem pengalirannya hanya dibuat menggunakan selang oleh penduduk sekitar, sehingga proses pendistribusian air bersih tidak merata.

Mengingat peran air bersih yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia maka perlu upaya pengadaan perencanaan sistem penyediaan air bersih yang sumber air bakunya adalah mata air yang berlokasi di perbukitan yang jarak tempuh ± 1 km dari Desa Tulap.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada maka dapat dirumuskan permasalahannya yakni tidak adanya sistem penyediaan air bersih di Desa Tulap.

Batasan Masalah

Dalam penulisan ini masalah dibatasi pada:

- Sistem penyediaan air bersih yang direncanakan mulai dari penyadapan di mata air sampai dengan jalur pipa distribusi utama yang akan menuju ke keran umum selama 10 tahun

- Perencanaan prasarana sistem penyediaan air bersih hanya sampai pada dimensi hidrolisnnya, dan tidak sampai pada perhitungan strukturnya.
- Pemeriksaan kualitas air dan kemungkinan pengelolannya tidak dibahas.
- Sistem pelayanan air bersih sebatas Kran Umum (KU)

Tujuan Penelitian

- Menganalisis kebutuhan air bersih di Desa Tulap sampai pada tahun 2028.
- Menganalisis ketersediaan air di Desa Tulap sampai pada tahun 2028.
- Mendesain perencanaan sistem penyediaan air bersih yang mampu melayani kebutuhan sampai pada tahun 2028.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan menjadi bahan kajian terutama bagi instansi terkait untuk merencanakan distribusi air bersih yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat di Desa Tulap.

LANDASAN TEORI

Definisi dan Pengelolaan Air Bersih

Air mengandung molekul-molekul yang dibentuk oleh dua atom hidrogen dan satu atom oksigen (H₂O) (*Model, Ukuran, Konstruksi dan Pemeliharaan Sistem jaringan Air Minum dengan Sistem Perpipaan di Daerah Pedesaan, 2008*). Air merupakan kebutuhan bagi semua makhluk. Semua makhluk membutuhkan air dalam kehidupannya sehingga tanpa air dapat dipastikan tidak ada kehidupan. Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. (Triatmadja, 2008; Dasir FR, Halim F, Kawet L, Jasin MI).

Persyaratan Penyediaan Air Bersih

- Persyaratan Kualitatif
Menggambarkan mutu dari air baku air bersih.
- Persyaratan Kuantitatif (Debit)
Banyaknya air baku yang tersedia yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan.
- Persyaratan Kontinuitas

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap.

Kebutuhan Air Domestik dan Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih bagi keperluan rumah tangga yang dilakukan melalui Sambungan Rumah (SR) dan kebutuhan umum yang disediakan melalui fasilitas Keran Umum (Tanudjaja, 2011; Supit, 2016).

Rumusnya

$$Qd = Y \times Sd \tag{1}$$

dimana:

Qd = Debit kebutuhan air domestik (liter/hari)

Sd = Standart kebutuhan air domestik (liter/hari)

Y = Jumlah penduduk (orang)

Tabel 1. Kriteria/Standar Perencanaan Sistem Air Bersih Pedesaan

| No | Uraian | Kriteria |
|----|-------------------------------------|-----------------|
| 1 | Hidran Umum (HU) | 30-60 |
| 2 | Sambungan Rumah (SR) | 1/orang/hari |
| 3 | Lingkup pelayanan | 90 l/orang/hari |
| 4 | Perbandingan HU:SR | 60-80% |
| 5 | Kebutuhan Non-Domestik | 20:80 – 50:50 |
| 6 | Kehilangan Air Akibat Kebocoran | 5 % - 15 % |
| 7 | Faktor puncak untuk harian maksimum | 1,5 <i>Qr</i> |
| 8 | Pelayanan HU | 100 orang/unit |
| 9 | Pelayanan SR | 10 orang/unit |
| 10 | Jam Operasi | 12 jam/hari |
| 11 | Aliran maksimum HU | 3000 l/hari |
| 12 | Aliran maksimum SR | 900 l/hari |
| 13 | Periode Perencanaan | 10 tahun |

Sumber: Petunjuk Praktis Perencanaan Pembangunan Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan, 2008.

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 seperti untuk perhotelan, kantor, restoran dan lain lain. Selain itu juga keperluan industri, pariwisata, pelabuhan, perhubungan dan lain-lain.

Rumusnya

$$Qn = Qd \times Sn \tag{2}$$

dimana:

Q_n = Debit kebutuhan air non domestik (liter/hari)

Q_d = Debit kebutuhan air domestik (liter/hari)

S_n = Standart kebutuhan air non domestik (liter/hari)

Q_d = Debit kebutuhan air domestik (liter/hari)

Q_n = Debit kebutuhan air non domestik (liter/hari)

Q_a = Debit kehilangan air (liter/hari)

Tabel 2. Kriteria Disain Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan

| No | Uraian | Kriteria |
|----|-------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Hidran Umum/Keran Umum (HU)/(KU) | 30 l/orang/hari |
| 2 | Sambungan Rumah (SR) | 90-120 l/orang/hari |
| 3 | Lingkup pelayanan | 60-80% |
| 4 | Perbandingan HU/KU:SR | 20:80 – 50:50 |
| 5 | Kebutuhan Non-Domestik | 5 %d |
| 6 | Kehilangan Air Akibat Kebocoran | 15-20% dari total produksi |
| 7 | Faktor Puncak untuk Harian Maksimum | 1,5 Q_r |
| 8 | Pelayanan HU/KU | 100 orang/unit |
| 9 | Pelayanan SR | 10 orang/unit |
| 10 | Jam Operasi | 12 jam/hari |
| 11 | Aliran Maksimum HU/KU | 3000 l/hari |
| 12 | Aliran Maksimum SR | 900 l/hari |
| 13 | Periode Perencanaan | 10 tahun |

Sumber: Petunjuk Praktis Perencanaan Pembangunan Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan, 2006

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 15 % dari kebutuhan rata-rata dimana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik.

Rumusnya:

$$Q_a = (Q_d + Q_n) \times ra \quad (3)$$

dimana:

Q_a = Debit kehilangan air (liter/hari)

Q_d = Debit kebutuhan air domestik (liter/hari)

Q_n = Debit kebutuhan air non domestik (liter/hari)

ra = Angka presentase kehilangan air (%)

Kebutuhan Air Total

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

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

dimana:

Q_t = Debit kebutuhan air total (liter/hari)

Sistem Distribusi Air Bersih

Sistem distribusi adalah sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen, yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan. Dua hal penting yang harus diperhatikan pada sistem distribusi adalah tersedianya jumlah air yang cukup dan tekanan yang memenuhi (kontinuitas pelayanan), serta menjaga keamanan kualitas air yang berasal dari instalasi pengolahan.

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. (Mananoma T, Tanudjaja L, Jansen T,2016)

Sistem Pengaliran Air Bersih

Pendistribusian air minum kepada konsumen dengan kuantitas, kualitas dan tekanan yang cukup memerlukan sistem perpipaan yang baik, reservoir, pompa dan dan peralatan yang lain. Metode dari pendistribusian air tergantung pada kondisi topografi dari sumber air dan posisi para konsumen berada. Sistem pengaliran dalam sistem distribusi air bersih dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Cara Gravitasi

Cara pengaliran gravitasi digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan. Dalam sistem perpipaan gravitasi adapun elemen-elemen yang ada antara lain:

- Bak Penangkap/Bronkaptering
- Bak Pengumpul/Tangki Hider
- Jaringan Pipa Transmisi
- Bak Penampung/Reservoir
Ukuran reservoir biasanya diambil 20% dari kebutuhan air maksimum. (F Mokoginta, F Halim, L Kawet, M. I. Jasin, 2014)
- Bak Pelepas Tekan (BPT)
- Pipa Distribusi
- Tugu Kran Umum/Hidran Umum

2. Cara Pemompaan

Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari reservoir distribusi ke konsumen.

3. Cara Gabungan

Pada cara gabungan, reservoir digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi dan pada kondisi darurat. Selama periode pemakaian rendah, sisa air dipompa dan disimpan dalam reservoir distribusi.

Jaringan Transmisi Air Bersih

Jaringan transmisi adalah suatu jaringan yang berfungsi untuk menyalurkan air bersih dari sumber air ke *resevoir*. Cara penyaluran air bersih tergantung pada lokasi sumber air berada. Transmisi air dapat dilakukan secara gravitasi, pemompaan, maupun kombinasi antara gravitasi dan pemompaan. (Dasir FR, Halim F, Kawet L, Jasin MI, 2014)

Kehilangan Energi Utama (Major)

Kehilangan energi utama disebabkan oleh gesekan atau friksi dengan dinding pipa. Kehilangan energi oleh gesekan disebabkan karena cairan atau fluida mempunyai kekentalan, dan dinding pipa tidak licin sempurna. Pada dinding yang mendekati licin sempurna, masih terjadi kehilangan energi walaupun sangat kecil. Jika dinding licin sempurna, maka tidak ada kehilangan energi, yaitu saat diameter kekasaran nol.

Besarnya kehilangan energi pada pipa menurut Hazen Williams dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$h_f = \frac{10,675 \times Q^{1,852}}{C_{hw}^{1,852} \times D^{4,8704}} \times L \quad (5)$$

dimana:

h_f = Kehilangan energi atau tekanan (*major* atau utama) (m)

Q = Debit air dalam pipa (m^3/s)

D = Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

C_{HW} = Koefisien kehilangan energi Hazen Williams

Harga C_{HW} berkisar antara 110 hingga 140 untuk pipa baru. Untuk pipa lama yang sudah keropos (*tuberculoted*), harga C_{HW} turun mencapai 90 atau 80 atau bahkan dibawah 50 untuk pipa baja dengan lapisan.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

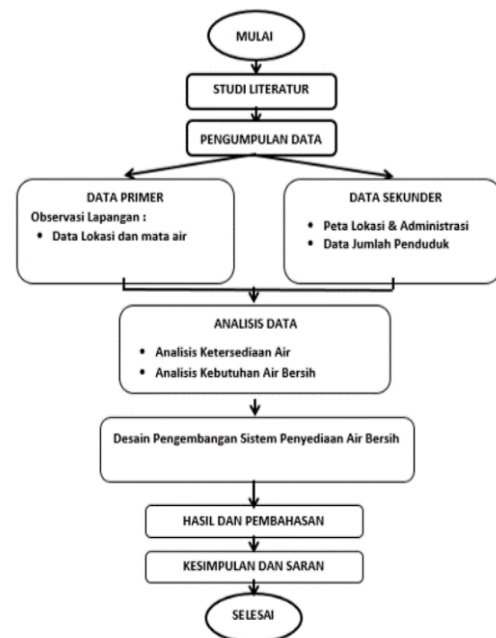
Perencanaan sistem penyediaan air bersih dilakukan di Desa Tulap Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Secara geografis Desa Tulap terletak pada $1^{\circ}12'05''$ Lintang Utara dan $124^{\circ}59'0''$ Bujur Timur.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Survey dan Analisis Ketersediaan Air Bersih

Pengukuran debit di sumber air di desa Tulap, menggunakan pengukuran debit langsung, dengan metode *Volumetric Method*,

yaitu pengukuran debit dengan stopwatch dan wadah penampung air. Dalam satuan waktu tertentu, volume air yang tertampung akan dihitung kemudian dibagi dengan waktu maka didapat besar debit. Sumber air bersih Desa Tulap dengan debit mata air hasil pengukuran 2,1 liter/detik.

Survey dan analisis perkembangan jumlah penduduk

Dari tahun ke tahun pertumbuhan penduduk semakin meningkat. Jumlah penduduk disuatu wilayah sangat berpengaruh pada jumlah kebutuhan air di wilayah tersebut sehingga perlu dilakukan pengambilan data jumlah penduduk yang akan digunakan untuk proyeksi jumlah penduduk sampai tahun rencana (2028). Perhitungan jumlah penduduk desa Tulap sampai 10 Tahun ke depan (Tahun 2028), dibuat dalam 3 proyeksi:

1. Analisis Regresi Linear
2. Analisis Regresi Logaritma
3. Analisis Regresi Eksponensial

Survey dan Investigasi Kebutuhan Air Baku untuk Air Bersih

Survey dan investigasi dilakukan dengan cara wawancara dengan masyarakat, dan pemerintah desa. Berdasarkan hasil survey dapat diketahui karakteristik desa serta taraf hidup masyarakat sehingga besar kebutuhan air bersih rata-rata perkapita dapat diprediksi.

Desain Sistem Penyediaan Air Bersih

Dalam perencanaan sistem penyediaan air baku untuk air bersih, perlu diketahui pola atau skema penyaluran air bersih dari sumber air ke daerah pemukiman penduduk. Dalam tahap ini ditentukan sistem penangkapan air, serta bangunan-bangunan pengolahan air lainnya. Tahapan penyaluran air dari sumber air ke daerah pemukiman penduduk dapat dilihat sebagai berikut:

1. Sumber mata air
Pemilihan sumber air harus dilakukan survey langsung dilapangan. Mencari sumber air yang layak dan dapat memenuhi jumlah kebutuhan air yang direncanakan. Debit dari sumber air harus lebih besar dari jumlah kebutuhan air penduduk yang telah direncanakan.
2. Bangunan penangkap air

Bronkaptering adalah bangunan penangkap mata air, bisa juga berguna untuk melindungi mata air.

3. Bak Pelepas Tekan (BPT)
Dibuat untuk melepas tekanan agar tidak mengakibatkan kerusakan pada pipa, kemudian didistribusikan ke daerah pelayanan melalui jaringan pipa distribusi.
4. Desain sistem jaringan pipa (transmisi dan distribusi)
Desain sistem jaringan pipa dapat dilakukan dengan cara manual atau menggunakan rumus Hazen-Williams.
5. Keran Umum
Tempat pengambilan air diletakkan di area pelayanan yang dapat mudah dijangkau penduduk. Keran umum berbentuk tugu beton yang dilengkapi Keran buka-tutup air.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Potensi Sumber

Dari hasil survey sumber air di Desa Tulap yang terletak ± 1 km dari Desa Tulap diperoleh debit mata air 2,1L/det. Pengukuran debit mata air langsung dari lokasi sumber air. Cara pengukuran debit yaitu dengan menggunakan wadah (ember plastik dengan volume 10 liter) dan *stopwatch*. Wadah tersebut di gunakan untuk menampung air dari mata air, dan dengan menggunakan *stopwatch* maka dapat diketahui berapa lama wadah terisi penuh dengan air, pengukuran debit dilakukan beberapa kali untuk memperoleh nilai rata-rata.

Dilakukan wawancara kepada perangkat desa seperti kumtua dan sekertaris desa dan masyarakat setempat mengenai kondisi mata air. Hasil wawancara ternyata mata air ini tidak pernah mengalami kekeringan pada waktu – waktu yang lalu, dan selama kurang lebih 10 tahun terakhir tidak pernah debitnya lebih kecil dari debit saat pengukuran.

Selanjutnya dilakukan survey dibagian mata air untuk melihat kondisi yang ada di sana. Ternyata di daerah tersebut merupakan daerah Hutan. Dengan demikian diperkirakan dalam 10 tahun ke depan debit mata air di Desa Tulap belum akan mengalami penurunan.

Analisis Pertumbuhan Penduduk

Jumlah penduduk sangat berpengaruh terhadap kebutuhan air di masyarakat. Dalam menganalisis kebutuhan air bersih penduduk,

maka perlu untuk memproyeksikan jumlah penduduk untuk 10 tahun ke depan sesuai dengan perencanaan dalam penelitian ini.

Tabel 3. Data Penduduk Desa Tulap

| No | Tahun | Jumlah Penduduk (Y) |
|----|-------|---------------------|
| 1 | 2015 | 1225 |
| 2 | 2016 | 1366 |
| 3 | 2017 | 1378 |
| 4 | 2018 | 1384 |

Sumber: Kantor Balai Desa Tulap

Perhitungan proyeksi penduduk menggunakan analisa regresi. Analisis regresi yang digunakan yaitu analisis regresi linear, analisis regresi logaritma, dan analisis regresi eksponensial. Syarat korelasi : $-1 \leq r \leq 1$. Dari hasil analisis regresi linear, analisis regresi logaritma, dan analisis regresi eksponensial, akan dibandingkan analisa regresi yang memiliki nilai korelasi paling mendekati.

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Analisis Regresi

| No | Metode Analisis Regresi | Koefisien korelasi (r) | Koefisien Determinasi (r ²) | Standart Error (Se) |
|----|-------------------------|------------------------|---|---------------------|
| 1 | Linear | 0,985 | 0,970 | 31,3982 |
| 2 | Logaritma | 0,923 | 0,852 | 35,7351 |
| 3 | Eksponensial | 0,829 | 0,687 | 135,1572 |

Tabel 5. Proyeksi Jumlah Penduduk Desa Tulap dengan Analisa Regresi Linear

| Tahun | Nomor | | x2 | y2 | xy |
|-------|-------|-------------------|----|---------|-------|
| | X | Jumlah Penduduk Y | | | |
| 2015 | 1 | 1225 | 1 | 1500625 | 1225 |
| 2016 | 2 | 1366 | 4 | 1865956 | 2732 |
| 2017 | 3 | 1378 | 9 | 1898884 | 4134 |
| 2018 | 4 | 1384 | 16 | 1915456 | 5536 |
| Σ | 10 | 5353 | 30 | 7180921 | 13627 |

Untuk pertumbuhan jumlah penduduk yang dianalisis maka diambil nilai *r* (koefisien korelasi) yang paling mendekati 1, atau yang memiliki *standart error (Se)* yang paling kecil. Berdasarkan hasil analisa didapat **Analisa Regresi Linear** memiliki nilai *r* (koefisien korelasi) yang paling mendekati 1 yaitu 0,985 dan yang memiliki *standart error(Se)* yang paling kecil yaitu 31,3982. Sehingga dalam menghitung kebutuhan air bersih digunakan proyeksi pertumbuhan penduduk berdasarkan Analisa Regresi Linear.

Analisis Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih untuk pemenuhan kegiatan sehari-hari atau rumah tangga, seperti untuk minum, memasak, kesehatan individu (mandi, cuci dan sebagainya), menyiram tanaman, halaman, pengangkutan air buangan (buangan dapur dan toilet). Layanan air bersih untuk masyarakat Desa Tulap adalah melalui Kran Umum. Kebutuhan air domestik diambil 60 liter/orang/hari. Diambil dari Kriteria Disain Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan(tabel 2.3). Perkiraan kebutuhan air didasarkan pada proyeksi jumlah penduduk 10 tahun kedepan sampai tahun 2028.

Tabel 6. Kebutuhan Air Domestik Desa Tulap

| Tahun | Jumlah Penduduk Y | Kebutuhan air domestik (Liter/detik) Qd=(Y x (60 liter/orang/hari)) / (24 x 3600) |
|-------|-------------------|---|
| 2019 | 1483 | 1,029 |
| 2020 | 1541 | 1,070 |
| 2021 | 1599 | 1.110 |
| 2022 | 1657 | 1,150 |
| 2023 | 1715 | 1,190 |
| 2024 | 1773 | 1,230 |
| 2025 | 1831 | 1,271 |
| 2026 | 1889 | 1,311 |
| 2027 | 1947 | 1,351 |
| 2028 | 2005 | 1,391 |

Analisa Kebutuhan Air Non Domestik

Analisa kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih untuk fasilitas pelayanan umum, seperti untuk pendidikan, tempat ibadah, kesehatan, dan juga untuk kepentingan komersil seperti untuk perhotelan, kantor, restoran, dan lain-lain. Dalam analisis kebutuhan air non domestik, diambil berdasarkan standar perencanaan air bersih pedesaan yaitu 5 % dari kebutuhan air domestik.

Tabel 7. Kebutuhan Air Non Domestik Desa Tulap

| Tahun | Jumlah Penduduk Y | Kebutuhan air domestik (Liter/detik) Qd=(y x (60liter/orang/hari)) / (24 x 3600) | Kebutuhan air Non domestik (Liter/hari) Qn = Qd x 5% |
|-------|-------------------|--|--|
| 2019 | 834 | 1.029 | 0.0514 |
| 2020 | 855 | 1.070 | 0.0535 |
| 2021 | 873 | 1.110 | 0.0555 |
| 2022 | 888 | 1.150 | 0.0575 |
| 2023 | 902 | 1.190 | 0.0595 |
| 2024 | 914 | 1.230 | 0.0615 |
| 2025 | 926 | 1.271 | 0.0635 |
| 2026 | 936 | 1.311 | 0.0655 |
| 2027 | 945 | 1.351 | 0.0675 |
| 2028 | 954 | 1.391 | 0.0695 |

Analisa 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 15% dari kebutuhan rata-rata dimana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik. (Pedoman Teknis Air Bersih IKK Pedesaan, 1990)

Tabel 8. Kehilangan Air Desa Tulap

| Tahun | Jumlah Penduduk Y | Kehilangan Air (Liter/detik) $Q_a = (Q_d + Q_n) \times 15\%$ |
|-------|-------------------|---|
| 2019 | 1483 | 0,162 |
| 2020 | 1541 | 0,168 |
| 2021 | 1599 | 0,174 |
| 2022 | 1657 | 0,181 |
| 2023 | 1715 | 0,187 |
| 2024 | 1773 | 0,193 |
| 2025 | 1831 | 0,200 |
| 2026 | 1889 | 0,206 |
| 2027 | 1947 | 0,212 |
| 2028 | 2005 | 0,219 |

Analisa Kebutuhan Air Total

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

Tabel 9. Kebutuhan Air Total Desa Tulap

| Tahun | Jumlah Penduduk Y | Kebutuhan Air Total (Liter/detik) $Q_t = Q_d + Q_n + Q_a$ |
|-------|-------------------|--|
| 2019 | 1483 | 1.242 |
| 2020 | 1541 | 1.292 |
| 2021 | 1599 | 1.340 |
| 2022 | 1657 | 1.388 |
| 2023 | 1715 | 1.436 |
| 2024 | 1773 | 1.485 |
| 2025 | 1831 | 1.534 |
| 2026 | 1889 | 1.582 |
| 2027 | 1947 | 1.631 |
| 2028 | 2005 | 1.679 |

Analisa 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 jamjam tertentu dalam satu hari dimana kebutuhan airnya akan memuncak. Kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan kebutuhan air total dikali faktor

pengali yaitu 1,2. (Petunjuk Praktis Perencanaan Pembangunan Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan, 2006)

Tabel 10. Kebutuhan Air Maksimum Dan Jam Puncak Desa Tulap

| Tahun | Jumlah Penduduk Y | Kebutuhan air harian maksimum (liter/detik) $Q_p = 1,1 \times Q_t$ | Kebutuhan air jam puncak (liter/detik) $Q_{jp} = 1,2 \times Q_t$ |
|-------|-------------------|---|---|
| 2019 | 1483 | 1.36671 | 1.49095 |
| 2020 | 1541 | 1.42123 | 1.55043 |
| 2021 | 1599 | 1.47436 | 1.60839 |
| 2022 | 1657 | 1.52749 | 1.66635 |
| 2023 | 1715 | 1.58062 | 1.72431 |
| 2024 | 1773 | 1.63375 | 1.78227 |
| 2025 | 1831 | 1.68814 | 1.84161 |
| 2026 | 1889 | 1.74127 | 1.89957 |
| 2027 | 1947 | 1.7944 | 1.95753 |
| 2028 | 2005 | 1.84753 | 2.01549 |

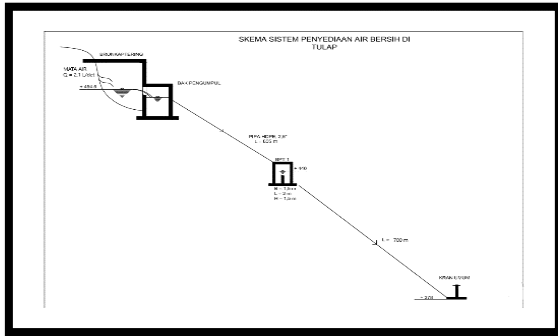
Sistem Plan Penyediaan Air Bersih

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air total pada tahun 2028 sebesar 1,679 liter/detik, dan kebutuhan air jam puncak adalah sebesar 2,01549 liter/detik dengan jumlah penduduk pada tahun 2028 mencapai 2005 jiwa. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Desa Tulap maka dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih akan digunakan mata air dengan debit 2,1 liter/detik. Karena debit sumber lebih besar daripada kebutuhan air jam puncak maka pada penelitian ini tidak digunakan Hidran Umum melainkan digunakan Keran umum untuk distribusi air ke Desa.

Untuk trase atau jalur pipa dari sumber air ke Desa mengikuti kemiringan medan (kontur). Mata air itu sendiri terletak pada jarak ± 1 km dari Desa Tulap, pada koordinat 1° 12'42" Lintang Utara dan 124°58'29" Bujur Timur, dengan elevasi + 495 m dari permukaan laut. Sedangkan untuk lokasi Desa berada pada koordinat 1° 12'05" Lintang Utara dan 124°59'0" Bujur Timur. Untuk layanan terjauh yang akan dialiri berada pada elevasi + 375 m, karena beda tinggi antara Mata Air dan Desa + 120 m, maka harus ada Bak Pelepas Tekan (BPT) untuk menghindari terjadinya kerusakan pada pipa.

Rencana sistem penyediaan air bersih di Desa Tulap adalah sebagai berikut :

- Bronkaptering dari mata air Tulap
- Pipa Transmisi air baku dari Bronkaptering ke Bak Pelepas Tekan (BPT)
- Pipa distribusi dari BPT ke daerah pelayanan/konsumen (Kran Umum)



Gambar 2. Skema Sistem Penyediaan Air Bersih



Gambar 3. Penempatan Kran Umum

Sistem Pengambilan Air Baku

Pada perencanaan ini, bangunan pengambilan air baku (bronkaptering) yang akan digunakan yaitu bronkapter dari mata air dengan debit sesaat 2,1 liter/detik, yang terletak pada jarak ± 1 km dari Desa Tulap, pada elevasi 495m dari permukaan laut. Direncanakan bronkaptering sekaligus bak penampung yang berfungsi sebagai reservoir transmisi. Direncanakan dimensi bak pengambilan air sebagai berikut:

- Panjang : 2 meter
- Lebar : 1,5 meter
- Tinggi : 1,5 meter
- Volume bak pengambilan air = 2 x 1,5 x 1,5 = 4,5 m³

Desain Pipa Transmisi dari Bronkaptering ke Bak Pelepas Tekan (BPT)

Pipa transmisi air baku mulai dari bronkaptering sampai ke BPT menggunakan pipa jenis HDPE. Penggunaan pipa HDPE dikarenakan pipa transmisi air baku mulai dari bronkaptering sampai reservoir harus melewati hutan, dan jalan yang berbelok – belok. Dipakai pipa HDPE karena sifatnya lentur. Perpipaan

dihitung dengan persamaan Hazen –Williams. Air dialirkan secara gravitasi.

Pipa Transmisi dari Bronkaptering ke Bak Pelepas Tekan

Mengalami kehilangan head :

$h_1 = 494,5$ m (Elevasi muka air di dalam bronkaptering)

$h_2 = 440$ m (Elevasi ujung pipa keluarnya air di BPT 1)

$h = 494,5$ m – 440m = 54,5 m

$Q = 2,1$ liter/detik = 0,0021 m³/detik

$D = 2,5$ inch = 0,0635 m

$L = 805$ m + (805 m × 20%) = 966 m (Karena pipa harus melewati hutan dengan jalan yang berbelok–belok maka panjang pipa harus ditambah 20% dari panjang pipa yang ada di peta)

$C_{hw} = 140$

Mengalami kehilangan head :

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

$$h_f = \frac{10,675 \times 0,0021^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,0635^{4,8704}} \times 966$$

$h_f = 8,136$ m

Kontrol : $h_f = 8,136$ m $h_f < h$ (OK)
 $8,136$ m < 54,5m (OK)

Menghitung Kecepatan Aliran

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

$S = \frac{h_f}{L} = \frac{8,136}{966} = 0,0084$

$V = 0,3545 \times 140 \times 0,0635^{0,63} \times 0,0084$
 = 0,073 m/det

Pipa Transmisi dari Bak Pelepas Tekan (BPT) ke Daerah Pelayanan/Konsumen

$h_1 = 439,8$ m (Elevasi muka air di BPT)

$h_2 = 375$ m (Elevasi ujung air di Kran Umum)

$h = 439,8$ m – 375 m = 64,8m

$Q = 2,1$ liter/detik = 0,0021 m³/detik

$D = 2,5$ inch = 0,0635 m

$L = 700$ m + (700 m × 20%) = 840 m

$C_{hw} = 140$

Mengalami head loss (Kehilangan energi) :

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

$$h_f = \frac{10,675 \times 0,0021^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,0635^{4,8704}} \times 840$$

$$h_f = 11,504 \text{ m}$$

$$\text{Kontrol : } h_f = 1,819 \text{ m } \quad h_f < h \text{ (OK)}$$

$$1,819 \text{ m} < 47 \text{ m (OK)}$$

Hitung Kecepatan Aliran:

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

$$S = \frac{h_f}{L} = \frac{7,075}{840} = 0,0084$$

$$V = 0,3545 \times 140 \times 0,0635^{0,63} \times 0,0084 = 0,073 \text{ m/det}$$

Pipa distribusi dari Reservoir Distribusi ke daerah pelayanan/konsumen (Kran Umum)

Kran umum direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air dari seluruh penduduk. Perencanaan Kran Umum menggunakan Kriteria/ Standar Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan, dengan jumlah perkran umum adalah 100 orang/unit.

Jumlah penduduk : 2005 Jiwa

Jumlah Kran : 2005 / 100
= 20,05 = 21

Pipa distribusi utama mulai dari Bak Pelepas Tekan sampai ke konsumen menggunakan pipa jenis HDPE. Perpipaian dihitung dengan persamaan Hazen – Williams.

Pembahasan

- Proyeksi pertumbuhan penduduk sampai tahun 2028 di hitung menggunakan 3 metode regresi, yaitu metode regresi linear, regresi logaritma dan regresi eksponensial. Dan berdasarkan hasil analisa, digunakan regresi dengan r (koefisien korelasi) yang paling mendekati 1 dan *standart error* (Se) terkecil, dengan demikian dipilih analisa regresi linier dengan jumlah penduduk pada tahun 2028 mencapai 2005 orang.
- Jumlah air bersih yang dibutuhkan baik kebutuhan air domestik, non domestik, dan kehilangan sampai tahun 2028 adalah 1,679 liter/detik.
- Dalam perencanaan penyediaan air bersih, memanfaatkan mata air dengan debit sesaat 2,1 liter/detik. Debit mata air ini mampu melayani kebutuhan air bersih Desa Tulap dengan total kebutuhan 1,679 liter/detik.
- Untuk menangkap air dari mata air, dibuat bronkaptering beton bertulang yang dilengkapi bak pengumpul berukuran 2,0 m x

1,5 m x 1,5 m dan selanjutnya air dialirkan melalui pipa transmisi jenis HDPE ke Bak Pelepas Tekan, dengan sistem gravitasi. Ukuran BPT yaitu 1,5 m x 1,5 m x 1,5 m.

- Pipa transmisi didapat dari hasil perhitungan dengan rumus Hazen-Williams. Pipa transmisi dari bronkaptering sampai BPT menggunakan pipa HDPE dengan diameter 2,5”.
- Pipa distribusi utama didapat dari hasil perhitungan dengan rumus Hazen-Williams. Pipa distribusi utama dari Bak Pelepas Tekan ke semua Kran Umum, menggunakan pipa HDPE dengan diameter 2,5”.
- Untuk melayani kebutuhan air bersih penduduk Desa Tulap sampai tahun 2028, dibutuhkan 21 Kran umum.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Perencanaan sistem penyediaan air bersih di Desa Tulap Kecamatan Minahasa, memanfaatkan mata air dan mampu melayani kebutuhan air bersih sampai tahun 2028.
- Perhitungan proyeksi jumlah penduduk yang digunakan adalah analisis regresi linear
- Untuk menangkap air dari mata air, menggunakan bronkaptering yang dilengkapi dengan bak pengumpul, kemudian air dialirkan secara gravitasi ke BPT menggunakan pipa transmisi HDPE 2,5 inch.
- Air bersih didistribusikan ke penduduk secara gravitasi dari BPT melalui pipa distribusi utama HDPE 2,5 inch dan berakhir pada 21 buah tugu kran umum.

Saran

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

- a. Perlu dilakukan konservasi atau perlindungan di daerah imbuhan (*recharge*) melalui sosialisasi dan edukasi kepada masyarakat.
- b. Perlu diadakan lembaga pengelola sistem penyediaan air baku untuk air bersih dan kepada pengurusnya diberi pelatihan manajemen dan teknik operasi dan pemeliharaan instalasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dasir F. R., Halim F., Kawet L., Jasin M. I., 2014. *Perencanaan Penyediaan Air Bersih Desa Lobong, Desa Mutoi, Dan Desa Inuai Kec. Passi Barat Kab. Bolaang Mongondow*, Jurnal Sipil Statik 2 (4), Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2006. *Petunjuk Praktis Perencanaan Pembangunan Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan*, Modul: 1, Direktorat Jendral Cipta Karya.
- Kalesun H., Kawet L., Halim F., *Perencanaan Sistem jaringan distribusi Air Bersih di Kelurahan Pangalombian Kecamatan Tomohon Selatan*, Jurnal Sipil Statik 4 (2), 2016
- Karim I., Supit C. J., Hendrata L. A., 2016, *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Motongkad Utara Kabupaten Bolaang Mongondow Timur*, skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado.
- Leke Sharon Grace, 2016. *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Poopo Kecamatan Ranoyapo Barat Kabupaten Minahasa Selatan*, skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado.
- Mananoma T., Tanudjaja L., Jansen T., 2016. *Desain Sistem Jaringan dan Distribusi Air Bersih Pedesaan (Studi kasus Desa Warembungan)*, Jurnal Sipil Statik 4 (11), Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Radiana Triatmadja 2008. *Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan*, DRAFT, Yogyakarta.
- Rivaldy D. R., Jansen T., Sumarauw J., 2018. *Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Tugurara Kota Ternate terhadap Debit Banjir*, Jurnal Sipil Statik 6 (6), Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Rompies W. C., Kawet L., Halim F., Mamoto J. D., 2018. *Analisis Potensi Sumber daya air Sungai Kayuwatu Wangko untuk Perencanaan Pembangkit Listrik di Desa Karor Kec. Lembean Timur Kab. Minahasa*, Jurnal Sipil Statik 6 (12), Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Supit C. J., Mamoto J., 2016. *Prediksi Perubahan Karakteristik Hidrologi akibat perubahan penggunaan lahan sebagai usaha Mitigasi Banjir di Manado*, Tekno, Vol.14 2016 Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Tanudjaja, L., 2011. *Rekayasa Lingkungan* Bagian – I, Materi Kuliah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado.
- Tanudjaja, L., 2011. *Rekayasa Lingkungan*, Buku – III , Materi Kuliah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado.
- Yassin M. O., Kawet L., Halim F, Jasin M. I., 2013. *Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih untuk Zona Pelayanan IPA Pilolodaa Kota Gorontalo*, Jurnal Sipil Statik 1 (12), Universitas Sam Ratulangi, Manado.