

PERENCANAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH DI DESA TONDEI II KECAMATAN MOTOLING BARAT KABUPATEN MINAHASA SELATAN

Febry Ellia Lepa

Muhammad I. Jasin, Cindy J. Supit

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: lepafebry@gmail.com

ABSTRAK

Desa Tondei II, terletak di Kecamatan Motoling Barat Kabupaten Minahasa Selatan. Penduduk Desa Tondei II pada tahun 2020 berjumlah 1121 jiwa. Desa Tondei II memiliki potensi mata air, namun belum dimanfaatkan dengan baik. Oleh karena itu perlu direncanakan suatu sistem penyediaan air bersih agar dapat memenuhi kebutuhan air penduduk. Sistem penyediaan air bersih di Desa Tondei II direncanakan untuk memenuhi kebutuhan hingga tahun 2030. Untuk memprediksi jumlah kebutuhan air bersih maka digunakan proyeksi jumlah penduduk dengan analisis regresi. Hasil survey dan analisis menunjukkan bahwa jumlah pertumbuhan penduduk Desa Tondei II hingga tahun rencana 2030 adalah 1252 jiwa, dengan jumlah kebutuhan air bersih sebesar 1,280 liter/detik. Sumber air yang digunakan berasal dari mata air dengan debit sebesar 2,1 liter/detik, lebih besar dari kebutuhan air total. Karena elevasi mata air lebih tinggi dari Lokasi Desa maka digunakan sistem pengaliran gravitasi. Dalam perencanaan ini untuk menangkap air dari mata air dibuat bronkaptering dan kemudian air dialirkan melalu pipa transmisi ke Bak Pelepas Tekan. Perpipaan dihitung dengan menggunakan persamaan Hazen-Williams dan menggunakan pipa HDPE. Untuk melayani kebutuhan air bersih penduduk Desa Tondei II sampai tahun 2030, dibutuhkan 13 Keran Umum.

Kata Kunci: *Desa Tondei II, Air Bersih, Sistem Penyediaan, Pengaliran Gravitasi.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok bagi manusia sehingga ketersediaan air bersih sangat penting untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Penyediaan air bersih tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, tetapi juga sangat berkaitan dengan kebutuhan air untuk sarana-sarana umum, sosial dan ekonomi sesuai dengan pertambahan jumlah penduduk. Semakin banyak jumlah penduduk maka semakin besar pula kebutuhan akan air bersih. Di daerah pedesaan banyak pelayanan air bersih yang belum dapat memenuhi tingkat kebutuhan air bersih, sehingga sangat diperlukan adanya sistem penyediaan air bersih.

Desa Tondei II, terletak di Kecamatan Motoling Barat Kabupaten Minahasa Selatan, Berbatasan dengan Desa Tondei I sebelah Barat, Desa Raanan Baru II sebelah Timur, Desa Toyopon sebelah Selatan dan Desa Tiniawangko

sebelah Utara. Penduduk Desa Tondey II pada tahun 2020 berjumlah 1121 jiwa. Berdasarkan situasi dan kondisi, kebutuhan air bersih di Desa Tondei II cukup besar. Disebagian kecil desa sudah pernah ada jaringan air bersih, akan tetapi jaringan tersebut sudah rusak dan tidak berfungsi lagi. Untuk dapat memperoleh air bersih, masyarakat kemudian memanfaatkan air yang diperoleh dari sumur-sumur galian. Berdasarkan kebutuhan penduduk, ketersediaan air dari sumur galian tidak dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari.

Dari pemukiman desa, \pm 2,5 km terdapat mata air yang belum difungsikan untuk penyediaan air bersih. Mata air ini akan digunakan sebagai sumber air dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih di Desa Tondei II.

Rumusan Masalah

Pemanfaatan air dari sumur oleh masyarakat Desa Tondei II saat ini tidak dapat memenuhi kebutuhan penduduk. Berdasarkan hal tersebut,

maka diperlukan adanya sistem penyediaan air bersih di Desa Tondei II.

Batasan Masalah

Pada perencanaan sistem penyediaan air bersih ini dibatasi pada:

- Menghitung kebutuhan air bersih sampai tahun 2030 (10 tahun kedepan dari tahun 2020).
- Analisis sistem penyediaan air bersih hanya sampai pada dimensi hidrolisnya, dan tidak sampai pada perhitungan strukturnya.
- Sistem pelayanan air bersih sebatas keran umum.

Tujuan Penelitian

Mendapatkan desain sistem penyediaan air bersih yang dapat memenuhi kebutuhan air bersih di Desa Tondei II untuk 10 tahun kedepan.

Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat memberi informasi dan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan sistem jaringan air bersih untuk memenuhi kebutuhan air bersih penduduk di Desa Tondei II.

LANDASAN TEORI

Definisi dan Pengelolaan Air Bersih

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. Pengelolaan air bersih sangat diperlukan dalam rangka pemenuhan kebutuhan masyarakat dan pencegahan bencana maupun kekurangan air (*Supit C, Ohgushi K, 2012*).

Kebutuhan Air Domestik dan Kebutuhan Air Non Domestik

1. Kebutuhan Air 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 (KU).

Persamaan :

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

dimana :

Qd = Debit kebutuhan air domestik (liter/hari)

Sd = Standart kebutuhan air domestik (liter/hari)

Y = Jumlah penduduk (orang)

2. 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 seperti untuk perhotelan, kantor, restoran dan lainlain. Selain itu juga keperluan industri, pariwisata, pelabuhan, perhubungan dan lainlain. Persamaan :

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

dimana :

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

Qd = Debit kebutuhan air domestik (liter/hari)

Sn = Standart kebutuhan air non domestik (liter/hari).

Tabel 1. Kriteria/Standar Perencanaan Sistem Air Bersih Pedesaan

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

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

Tabel 2. Kriteria Desain Sistem Penyaluran Air Bersih Pedesaan

SPABP	KETERANGAN
Kran Umum atau Hidran Umum	<ul style="list-style-type: none"> • Cakupan pelayanan 60-100% penduduk • Jarak minimum penempatan minimal 200 meter • Pelayanan 30-60L/hari/jiwa • Faktor Kehilangan air 15% dari total kebutuhan air • Faktor hari maksimum 1,1 • Faktor jam puncak 1,2 • Pperiode desain 5-10 Tahun

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

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.

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

Persamaan :

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

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)

r_a = Angka presentase kehilangan air (%)

Kebutuhan Air Total

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

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

Persamaan :

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

dimana :

Q_t = Debit kebutuhan air total (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)

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.

Sistem Pengaliran Air Bersih

Pendistribusian air minum kepada konsumen dengan kuantitas, kualitas dan tekanan yang cukup memerlukan sistem perpipaan yang baik, reservoir, pompa dan peralatan yang lain. Metode dari pendistribusian air tergantung pada kondisi topografi dari sumber air dan posisi para konsumen berada. Sistem pengaliran dalam system 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. Cara ini dianggap cukup ekonomis, karena hanya memanfaatkan beda ketinggian lokasi.

2. Cara Pemompaan

Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari reservoir ke konsumen. Sistem ini digunakan jika elevasi antara sumber air atau instalasi pengolahan dan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan yang cukup.

3. Cara Gabungan

Pada cara gabungan, reservoir digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi dan pada kondisi darurat, misalnya saat terjadi kebakaran, atau tidak adanya energi. Selama periode pemakaian rendah, sisa air dipompa dan disimpan dalam reservoir distribusi. Karena reservoir distribusi digunakan sebagai cadangan air selama periode pemakaian tinggi atau pemakaian puncak, maka pompa dapat dioperasikan pada kapasitas debit rata-rata.

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 :

$$Q = 0.2785 C_{HW} D^{2.63} i^{0.54}$$

dimana :

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

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

D = Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

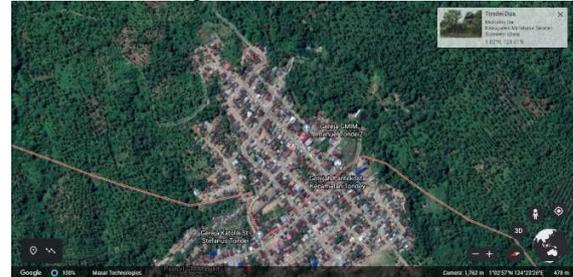
C_{HW} = Koefisien kehilangan energi Hazen Williams

Harga CHW berkisar antara 110 hingga 140 untuk pipa baru. Untuk pipa lama yang sudah keropos (tuberculoted), harga CHW 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 Tondei II Kecamatan Motoling Barat Kabupaten Minahasa Selatan.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Sumber: Google earth

Secara geografis Desa Tondei II terletak pada $1^{\circ}02'57''$ Lintang Utara dan $124^{\circ}23'26''$ Bujur Timur.

Survey Dan Analisis Ketersediaan Air Bersih

Direncanakan sumber air bersih di Desa Lansa menggunakan mata air yang terletak $\pm 2,5$ km dari desa. Pengukuran debit di sumber air di Desa Tondei II, menggunakan pengukuran debit langsung, dengan 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 diperoleh besar debit.

Survei Dan Analisis Perkembangan Jumlah Penduduk

Dari tahun ke tahun pertumbuhan penduduk semakin meningkat. Jumlah penduduk di suatu 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 2030. Perhitungan jumlah penduduk Desa Tondei II sampai 10 Tahun ke depan, dibuat dalam 3 proyeksi :

- a. Analisis Regresi Linear
- b. Analisis Regresi Logaritma
- c. Analisis Regresi Eksponensial

Analisis Kebutuhan Air Bersih

Menganalisa kebutuhan air bersih baik domestik, non domestik ditambah kehilangan air maka diperoleh kebutuhan air total. Dapat dilihat debit sumber air bisa mencukupi kebutuhan air total atau tidak.

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 biasanya terdapat 2 s/d 4 unit Keran.

Bagan Alir



ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Potensi Sumber

Dari hasil survey sumber air yang terletak \pm 2,5 km dari Desa Tondei II diperoleh debit mata air 2,1 liter/detik. Pengukuran debit mata air langsung dari lokasi sumber air dengan menggunakan *Volumetrical Method*. Cara pengukuran debit yaitu dengan menggunakan wadah berupa ember plastik dengan volume 8 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 dengan masyarakat setempat mengenai kondisi mata air. Hasil wawancara menurut masyarakat mata air ini tidak pernah mengalami kekeringan.

Selanjutnya dilakukan survey dibagian hulu mata air untuk melihat kondisi di daerah yang diperkirakan sebagai daerah imbuhan (recharge) dari mata air tersebut. Dengan demikian diperkirakan dalam 10 tahun kedepan debit mata air di Desa Tondei II belum akan mengalami penurunan.

Tabel 3. Perhitungan Debit di Lapangan

Jumlah Pengukuran	Waktu (Detik)	Volume (liter)	Debit (Liter/detik)
1	3.66	8	2.185792
2	3.74	8	2.139037
3	4.07	8	1.965602
4	4.06	8	1.970443
5	3.45	8	2.318841
Σ	18.98		10.57972
Rata-Rata			2.115943

sumber : Data Perhitungan di Lapangan, 16-Agustus-2020.

Analisis Pertumbuhan Penduduk

Jumlah penduduk sangat berpengaruh terhadap kebutuhan air di masyarakat. Dalam menganalisa kebutuhan air bersih penduduk, maka perlu untuk memproyeksikan jumlah penduduk untuk 10 tahun kedepan sesuai dengan perencanaan dalam penelitian ini.

Tabel 4. Data Penduduk

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Y)
1	2011	1292
2	2012	1310
3	2013	1375
4	2014	1337
5	2015	1335
6	2016	1348
7	2017	1305
8	2018	1304
9	2019	1289
10	2020	1121

Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Minahasa Selatan & Kantor Desa Tondei II Kecamatan Motoling Barat Kabupaten Minahasa Selatan.

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 5. Hasil Rekapitulasi Analisa Regresi

No	Metode Analisa Regresi	Koefisien Korelasi (r)	Koefisien Determinasi (r ²)	Standart Error (Se)
1	Linear	-0.564740804	0.318932176	60.40857104
2	Logaritma	-0.350319607	0.122723827	65.26248991
3	Eksponensial	-0.564543735	0.318709629	85.83281055

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 diperoleh **Analisa Regresi Logaritma** memiliki nilai *r* (koefisien korelasi) yang paling mendekati 1 yaitu -0,350 dan yang memiliki *standart error* (*Se*) yang paling kecil yaitu 65,626. Sehingga dalam menghitung kebutuhan air bersih digunakan proyeksi pertumbuhan penduduk berdasarkan Analisa Regresi Logaritma.

Tabel 6. Proyeksi Jumlah Penduduk Desa Tondei II dengan Analisa Regresi Logaritma

Tahun	X	Jumlah Penduduk (Y)
2021	11	1272.330
2022	12	1269.460
2023	13	1266.820
2024	14	1264.376
2025	15	1262.101
2026	16	1259.972
2027	17	1257.973
2028	18	1256.088
2029	19	1254.304
2030	20	1252.613

Analisa kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih bagi keperluan rumah tangga. Layananan air bersih untuk masyarakat Desa Tondei II adalah melalui Keran Umum. Kebutuhan air domestik diambil 60 liter/orang/hari dari standar petunjuk praktis perencanaan air bersih pedesaan tahun 2008 yaitu 30-60 liter/orang/hari. Perkiraan kebutuhan air didasarkan pada proyeksi jumlah penduduk 10 tahun kedepan sampai tahun 2030.

Tabel 7. Kebutuhan Air Domestik Desa Palelon

Tahun <i>X</i>	Jumlah Penduduk (jiwa) <i>Y</i>	Kebutuhan air domestik (Liter/ Detik) $Q_d = (Y \times (60 \text{ liter/org/hari})) / (24 \times 3600)$
2021	1272	0.884
2022	1269	0.882
2023	1267	0.880
2024	1264	0.878
2025	1262	0.876
2026	1260	0.875
2027	1258	0.874
2028	1256	0.872
2029	1254	0.871
2030	1253	0.870

Analisa Kebutuhan Air Non Domestik

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 tahun 2008 yaitu 5 % dari kebutuhan air domestik.

Tabel 8. Kebutuhan Air Non Domestik Desa Palelon

Tahun <i>X</i>	Jumlah Penduduk (jiwa) <i>Y</i>	Kebutuhan air domestik (Liter/ Detik) $Q_d = (Y \times (60 \text{ liter/org/hari})) / (24 \times 3600)$	Kebutuhan air non domestik (Liter/ Detik) $Q_n = Q_d \times 5\%$
2021	1272	0.884	0.0442
2022	1269	0.882	0.0441
2023	1267	0.880	0.0440
2024	1264	0.878	0.0439
2025	1262	0.876	0.0438
2026	1260	0.875	0.0437
2027	1258	0.874	0.0437
2028	1256	0.872	0.0436
2029	1254	0.871	0.0436
2030	1253	0.870	0.0435

Analisa Kehilangan Air

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter. Berdasarkan standar perencanaan air bersih pedesaan tahun 2008 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.

Tabel 9. Kehilangan Air Desa Palelon

Tahun <i>X</i>	Jumlah Penduduk (jiwa) <i>Y</i>	Kehilangan air (Liter/ Detik) $Q_a = (Q_d + Q_n) \times 15\%$
2021	1272	0.1392
2022	1269	0.1388
2023	1267	0.1386
2024	1264	0.1383
2025	1262	0.1380
2026	1260	0.1378
2027	1258	0.1376
2028	1256	0.1374
2029	1254	0.1372
2030	1253	0.1370

Analisa Kebutuhan Air Total

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

Tabel 10. Kebutuhan Air Total Desa Palelon

Tahun X	Jumlah Penduduk (jiwa) Y	Kebutuhan Air Total (Liter/ Detik) $Q_t = Q_d + Q_n + Q_a$
2021	1272	1.0669
2022	1269	1.0645
2023	1267	1.0623
2024	1264	1.0602
2025	1262	1.0583
2026	1260	1.0565
2027	1258	1.0549
2028	1256	1.0533
2029	1254	1.0518
2030	1253	1.0504

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 jam-jam tertentu dalam satu hari dimana kebutuhan airnya akan memuncak. Kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan kebutuhan air total dikali faktor pengali yaitu 1,2. (*Petunjuk Praktis Perencanaan Pembangunan Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan, 2006*)

Tabel 11. Kebutuhan Air Harian Maksimum Desa Palelon

Tahun X	Jumlah Penduduk (jiwa) Y	Kebutuhan air harian maksimum (Liter/ Detik) $Q_m = 1,1 \times Q_t$	Kebutuhan air jam puncak (Liter/ Detik) $Q_p = 1,2 \times Q_t$
2021	1272	1.174	1.280
2022	1269	1.171	1.277
2023	1267	1.169	1.275
2024	1264	1.166	1.272
2025	1262	1.164	1.270
2026	1260	1.162	1.268
2027	1258	1.160	1.266
2028	1256	1.159	1.264
2029	1254	1.157	1.262
2030	1253	1.155	1.260

Sistem Plan Penyediaan Air Bersih

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air total pada tahun 2030 sebesar 1,0504 liter/detik. Untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih di Desa Tondei II maka dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih akan digunakan mata air dengan debit 2,1 liter/detik. Mata air ini terletak pada jarak ± 2,5 km dari pemukiman warga desa Desa Tondei II, pada koordinat 1°02'57" Lintang Utara dan 124°23'26" Bujur Timur, dengan elevasi + 863 m dari permukaan laut. Karena debit sesaat lebih besar daripada kebutuhan air jam puncak maka pada penelitian ini tidak digunakan Hidran Umum melainkan digunakan Keran umum untuk distribusi air ke Desa.

Kawasan sekitar mata air belum ada kegiatan berupa pertanian atau pengolahan lahan / kayu sehingga masih terjaga kelestariannya. Untuk layanan terjauh yang akan dialiri berada pada elevasi +462 m, karena beda tinggi antara Mata Air dan Desa lebih dari 100 m, maka harus ada Bak Pelepas Tekan (BPT) untuk menghindari terjadinya kerusakan pada pipa.

Rencana sistem penyediaan air bersih di Desa Tondei II yang bersumber dari mata air adalah sebagai berikut:

- a. Bronkaptering dari Mata Air

Bronkaptering adalah bangunan atau konstruksi yang dibangun pada suatu lokasi sumber air dan digunakan untuk menangkap dan mengambil air, untuk penyediaan air bersih.

- b. Pipa Transmisi air baku dari Bronkaptering ke Bak Pelepas Tekan (BPT1)

Pipa transmisi air bersih dari Bronkaptering ke Bak Pelepas Tekan 1 (BPT1) menggunakan pipa jenis HDPE. Dikarenakan pipa jenis ini lebih ringan, memiliki fleksibilitas tinggi serta memiliki kemampuan dalam menahan benturan. Perhitungan pipa transmisi dilakukan secara manual dengan rumus Hazen-Williams.

- c. Pipa distribusi dari Bak Pelepas Tekan 1 (BPT1) ke Bak Pelepas Tekan 2 (BPT2)

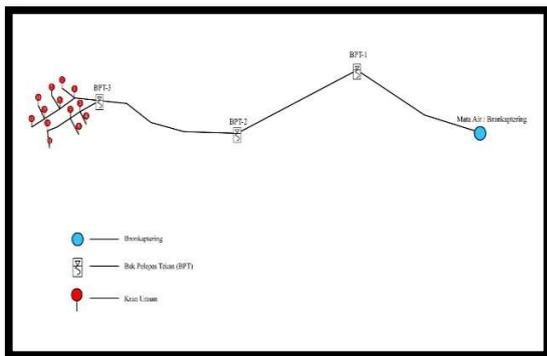
Pipa distribusi dari Bak Pelepas Tekan 1 (BPT1) ke Bak Pelepas Tekan 2 (BPT2) menggunakan pipa jenis HDPE. Dikarenakan pipa jenis ini lebih ringan, memiliki fleksibilitas tinggi serta memiliki kemampuan dalam menahan benturan. Perhitungan pipa transmisi dilakukan secara manual dengan rumus Hazen-Williams.

d. Pipa distribusi dari Bak Pelepas Tekan 2 (BPT1) ke Bak Pelepas Tekan 3 (BPT3)

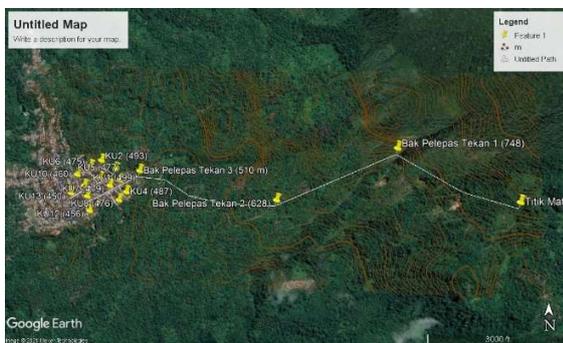
Pipa distribusi dari Bak Pelepas Tekan 2 (BPT2) ke Bak Pelepas Tekan 3 (BPT3) menggunakan pipa jenis HDPE. Dikarenakan pipa jenis ini lebih ringan, memiliki fleksibilitas tinggi serta memiliki kemampuan dalam menahan benturan. Perhitungan pipa transmisi dilakukan secara manual dengan rumus Hazen-Williams.

e. Pipa distribusi dari Bak Pelepas Tekan 3 (BPT3) ke Daerah Pelayanan / Konsumen (Keran Umum)

Pipa distribusi dari Bak Pelepas Tekan menuju ke wilayah pelayanan keran umum menggunakan pipa jenis HDPE. Dikarenakan pipa jenis ini lebih ringan, memiliki fleksibilitas tinggi serta memiliki kemampuan dalam menahan benturan. Perhitungan pipa transmisi dilakukan secara manual dengan rumus Hazen-Williams.



Gambar 2. Skema Sistem Penyediaan Air Bersih



Gambar 3. Penempatan Kran Umum

Sistem Pengambilan Air Baku

Pada perencanaan ini, bangunan pengambilan air baku menggunakan bronkaptering dengan debit mata air sebesar 2,1 liter/detik, yang terletak pada jarak ± 2,5 km dari desa Tondei II, pada elevasi + 863 m dari permukaan laut. Bronkaptering berfungsi untuk menangkap dan menampung titik-titik mata air, kemudian dari bak penampung, air dialirkan ke bangunan BPT. Direncanakan dimensi bak pengambilan air adalah sebagai berikut

Panjang : 2 meter

Lebar : 1,5 meter

Tinggi : 1,5 meter

Volume bak pengambilan air

$$= 2 \times 1,5 \times 1,5 = 4,5 \text{ m}^3$$

Dengan Volume bak pengambilan air 4,5 m³ sudah mencukupi untuk menampung mata air dan di distribusikan ke Bak Pelepas Tekan (BPT)

Desain Pipa Transmisi dari Bronkaptering ke Bak Pelepas Tekan

Pipa transmisi air baku mulai dari Bronkaptering sampai ke Bak Pelepas Tekan (BPT) menggunakan pipa jenis HDPE. Penggunaan pipa HDPE dikarenakan pipa transmisi air baku mulai dari bronkaptering sampai ke bak pelepas tekan harus melewati hutan, dan jalan yang berbelok-belok. Dipakai pipa HDPE karena sifatnya lentur. Perpipaan dihitung dengan persamaan Hazen – Williams.

- **Pipa Transmisi dari Bronkaptering ke Bak Pelepas Tekan 1**

h_1 = 863 m (Elevasi muka air di dalam bronkaptering)

h_2 = 748 m (Elevasi di BPT)

h = 863 m – 748 m = 115 m

Q = 2,1 liter/detik = 0,0021 m³/detik

D = 2,5 inch = 0,635 m

L = 809 m + (809 m × 20%) = 970,8 m (Karena pipa harus melewati hutan dengan jalan yang berbelok-belok maka panjang pipa harus ditambah 20% dari panjang pipa yang ada di peta)

Chw = 140

Mengalami kehilangan head :

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

$$h_f = \frac{10,675 \times 0,0021^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,0635^{4,8704}} \times 970,8$$

$$h_f = 8,163 \text{ m}$$

Kontrol : $h_f = 8,163 \text{ m} \dots\dots\dots h_f < h$ (OK)
 $8,163 \text{ m} < 115 \text{ m}$ (OK)

Menghitung Kecepatan Aliran

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

$$S = \frac{\text{elevasi}}{L} = \frac{748}{970,8} = 0,492$$

$$V = 0,3545 \times 140 \times 0,0635^{0,63} \times 0,492^{0,54}$$

$$V = 5,958 \text{ m/det}$$

• **Pipa Transmisi dari Bak Pelepas Tekan 1 ke Bak Pelepas Tekan 2**

$$h_1 = 748 \text{ m (Elevasi muka air terendah di BPT 1)}$$

$$h_2 = 628 \text{ m (Elevasi ujung pipa keluarannya air di BPT 2)}$$

$$h = 748 \text{ m} - 628 \text{ m} = 120 \text{ m}$$

$$Q = 2,1 \text{ liter/detik} = 0,0021 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$D = 2,5 \text{ inch} = 0,0635 \text{ m}$$

$L = 853 \text{ m}$ (karena dalam perencanaan pipa transmisi dari Bak Pelepas Tekan 1 ke Bak Pelepas Tekan 2 lurus, maka panjang pipa tidak perlu ditambah)

$$C_{hw} = 140$$

Mengalami kehilangan head :

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

$$h_f = \frac{10,675 \times 0,0021^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,0635^{4,8704}} \times 853$$

$$h_f = 7,184 \text{ m}$$

Kontrol : $h_f = 7,184 \dots\dots\dots h_f < h$ (OK)
 $7,184 \text{ m} < 120 \text{ m}$ (OK)

Menghitung Kecepatan Aliran

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

$$S = \frac{\text{elevasi}}{L} = \frac{120}{853} = 0,1406$$

$$V = 0,3545 \times 140 \times 0,0635^{0,63} \times 0,1406^{0,54}$$

$$V = 3,029 \text{ m/det}$$

• **Pipa Transmisi dari Bak Pelepas Tekan 2 ke Bak Pelepas Tekan 3**

$$h_1 = 628 \text{ m (Elevasi muka air terendah di BPT 2)}$$

$$h_2 = 510 \text{ m (Elevasi ujung pipa keluarannya air di BPT 3)}$$

$$h = 628 \text{ m} - 510 \text{ m} = 118 \text{ m}$$

$$Q = 2,1 \text{ liter/detik} = 0,0021 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$D = 2,5 \text{ inch} = 0,0635 \text{ m}$$

$$L = 992 \text{ m} + (992 \text{ m} \times 20\%) = 1190,4 \text{ m}$$

$$C_{hw} = 140$$

Mengalami kehilangan head :

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

$$h_f = \frac{10,675 \times 0,0021^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,0635^{4,8704}} \times 1190,4$$

$$h_f = 10,026 \text{ m}$$

Kontrol : $h_f = 10,026 \dots\dots\dots h_f < h$ (OK)
 $10,026 \text{ m} < 118 \text{ m}$ (OK)

Menghitung Kecepatan Aliran

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

$$S = \frac{\text{elevasi}}{L} = \frac{118}{1190,4} =$$

$$0,0991$$

$$V = 0,3545 \times 140 \times 0,0635^{0,63} \times 0,0991^{0,54}$$

$$V = 2,508 \text{ m/det}$$

• **Pipa Transmisi dari Bak Pelepas Tekan 3 ke daerah pelayanan Keran Umum terjauh KU 13**

$$h_1 = 510 \text{ m (Elevasi muka air terendah di BPT 3)}$$

$$h_2 = 450 \text{ m (Elevasi ujung pipa keluarannya air di Keran Umum)}$$

$$h = 510 \text{ m} - 450 \text{ m} = 60 \text{ m}$$

$$Q = 2,1 \text{ liter/detik} = 0,0021 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$D = 2,5 \text{ inch} = 0,0635 \text{ m}$$

$$L = 535,86 \text{ m} + (535,86 \text{ m} \times 20\%) = 643,032 \text{ m}$$

$$C_{hw} = 140$$

Mengalami kehilangan head :

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

$$h_f = \frac{10,675 \times 0,0021^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,0635^{4,8704}} \times 535,032$$

$$h_f = 4,5065 \text{ m}$$

Kontrol : $h_f = 4,5065 \text{ m} \dots \dots \dots h_f < h$ (OK)

4,5065 m < 60 m (OK)

Menghitung Kecepatan Aliran

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

$$S = \frac{\text{elevasi}}{L} = \frac{60}{535,032} = 0,1121$$

$$V = 0,3545 \times 140 \times 0,0635^{0,63} \times 0,1121^{0,54}$$

$$V = 2,6808 \text{ m/det}$$

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Perencanaan sistem penyediaan air bersih di Desa Tondei II Kecamatan Motoling Barat, memanfaatkan mata air dan mampu

melayani kebutuhan air bersih sampai tahun 2030.

- Perhitungan proyeksi jumlah penduduk menggunakan analisa regresi logaritma karena memiliki nilai r (koefisien korelasi) yang paling mendekati 1 yaitu 0,350 dan standart error (Se) terkecil yaitu 65,626
- Untuk menangkap air dari mata air, menggunakan bangunan penangkap mata air bronkaptering.
- Air dialirkan melalui pipa transmisi ke Bak Pelepas Tekan dengan sistem gravitasi. Distribusi air menggunakan pipa transmisi 2,5 inch atau 0,0635 m.
- Air bersih didistribusikan ke penduduk secara gravitasi melalui 13 buah Keran Umum.

Saran

Sistem penyediaan air bersih yang direncanakan akan dapat berfungsi dengan baik dan berkelanjutan. Untuk itu perlu dilakukan perlindungan terhadap di daerah imbuhan atau resapan air tanah dari mata air. Perlu dibuat suatu sistem manajemen untuk operasional pemeliharaan sistem penyediaan air bersih di Desa Tondei II.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Cipta Karya, 2008, *Petunjuk Praktis Perencanaan Pembangunan Sistem Penyediaan Air Bersih Perdesaan*, Modul I, Jakarta.
- IANSAs Karim, C Supit, L Hendratta, 2016, *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Motongkad Utara Kecamatan Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur*, Jurnal Sipil Statik, Vol. 4, No. 11.
- Makawimbang Anastasya, 2017, *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Soyowan Kecamatan Ratatotok Kabupaten Minahasa Tenggara*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado.
- Mawey Bryan, 2015, *Perencanaan Pengembangan Sistem Jaringan Air Bersih Di Keluarhan Woloan Tiga Kota Tomohon*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado..
- Supit C, Ohgushi K, 2012, *Dam Construction Impact on Stream Flow and Nutrient Transport in Kase River Basin*, IJCEE-IJENS, Vol. 12.
- Supit C, Ohgushi K, 2012, *Prediction of Dam Construction Impacts on Annual and Peak Flow Rates in Kase River Basin*, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol. 56.
- Tanudjaja, L. 2011, *Rekayasa Lingkungan*, Buku – III, Materi Kuliah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado.

Tanudjaja, L. 2011, *Rekayasa Lingkungan*, Materi Kuliah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado.