

PERENCANAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH DI DESA TANDENGAN, KECAMATAN ERIS, KABUPATEN MINAHASA

Priskila Perez Mosesa

Liany A. Hendratta, Tiny Mananoma

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email : priskila.mosesa@yahoo.com

ABSTRAK

Desa Tandengan, Kecamatan Eris, Kabupaten Minahasa belum memiliki sistem penyediaan air bersih dari PDAM yang saat ini masih kekurangan air bersih untuk keperluan sehari-hari karena air sumur berwarna kuning dan bau sehingga tidak digunakan untuk konsumsi sehari-hari.

Desa Tandengan memiliki empat sumber mata air dan memiliki potensi dimanfaatkan warga untuk memenuhi kebutuhan air bersih setiap hari.

Sistem penyediaan air bersih direncanakan dapat memenuhi kebutuhan air bersih di Desa Tandengan sampai tahun 2035. Berdasarkan hasil proyeksi pertumbuhan penduduk menggunakan metode aritmatik di dapat jumlah penduduk pada tahun 2035 adalah 3808 jiwa dan untuk kebutuhan air bersih mencapai 1,597 liter/detik. Kebutuhan air bersih ini tidak cukup jika hanya memanfaatkan sumber mata air, maka perencanaannya memanfaatkan satu sumber mata air dengan debit 0,16 liter/detik dan 1,437 liter/detik menggunakan air danau Tondano. Perencanaan sistem penyediaan air bersih menggunakan sistem gravitasi dan juga menggunakan pompa air yang akan dialirkan ke reservoir distribusi. Selanjutnya dari reservoir akan didistribusikan ke penduduk melalui 39 hidran umum dengan sistem gravitasi. Jenis pipa yang digunakan adalah pipa HDPE. Untuk mendesain sistem penyediaan air bersih perpipaan menggunakan software Epanet 2.0.

Kata kunci : Desa Tandengan, Air Bersih, Perencanaan Sistem Penyediaan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebutuhan air bersih adalah hal yang sangat penting bagi kebutuhan dasar untuk kehidupan makhluk hidup terutama manusia. Manusia menggunakan air untuk berbagai keperluan dalam kehidupan sehari-hari. Di dalam suatu kota/desa, air akan mempengaruhi berbagai aspek yang meliputi kesehatan masyarakat, ekonomi, sosial dan peningkatan tata kehidupan kota/desa itu sendiri.

Desa Tandengan, Kecamatan Eris, Kabupaten Minahasa dengan luas desa kurang lebih 128 Ha (1.280.000 m²), memiliki 5 jaga dan jumlah penduduk 1.267 jiwa. Penduduk menggunakan sumur untuk kelangsungan hidup mereka. Namun sampai saat ini masih kekurangan air bersih untuk keperluan sehari-hari. Karena, air sumur berwarna kuning dan berbau, sehingga air tersebut tidak digunakan untuk konsumsi sehari-hari. Sebagian besar masyarakat pergi ke mata air untuk mengambil air bersih.

Berdasarkan survey, di desa Tandengan mempunyai potensi sumber air bersih berupa 4 mata air.

Mata air ini tidak memiliki nama, sehingga peneliti memberikan nama mata air A, B, C dan D. Pengukuran debit mata air dilaksanakan dua kali yaitu pada musim hujan dan musim kemarau. Debit mata air dapat di lihat di lampiran Pengukuran Debit Mata Air.

Untuk itu peneliti memilih Desa Tandengan, Kecamatan Eris, Kabupaten Minahasa untuk menganalisis dan merencanakan sistem penyediaan air bersih.

Rumusan Masalah

Ketersediaan air bersih belum memadai di Desa Tandengan, Kecamatan Eris, Kabupaten Minahasa

Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini :

1. Analisis ketersediaan dan kebutuhan air bersih hingga 20 tahun ke depan (tahun 2035).

2. Merencanakan sistem penyediaan air bersih untuk 20 tahun ke depan (tahun 2035).
3. Tidak menghitung struktur bangunan dan anggaran biaya.
4. Analisis sistem pengolahan air bersih tidak direncanakan.
5. Tidak menghitung kapasitas pompa.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini :

Merencanakan sistem jaringan penyediaan air bersih sampai pada tahun 2035.

Manfaat Penelitian

1. Sebagai acuan bagi peneliti tentang cara merencanakan penyediaan air bersih di Desa Tandengan, Kecamatan Eris, Kabupaten Minahasa.
2. Sebagai masukan dan bahan pertimbangan bagi pemangku kepentingan untuk perencanaan pelayanan air bersih Desa Tandengan, Kecamatan Eris, Kabupaten Minahasa.

Metode Penelitian

Pada bagian ini akan dibahas mengenai metode penelitian untuk mengkaji sistem penyediaan air bersih pada daerah layanan. Pada penelitian ini diperlukan tahapan yakni mengumpulkan data-data teknis dan data-data pendukung.

Adapun data-data yang diperlukan sebagai berikut :

- Data geografis
- Data Jumlah penduduk daerah layanan
- Letak dan kapasitas sumber air

Selanjutnya data yang terkumpul digunakan untuk menghitung dan melakukan perencanaan sistem penyediaan air bersih pada daerah kajian.

LANDASAN TEORI

Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air dihitung berdasarkan presentase yang ditetapkan untuk suatu daerah terhadap besarnya jumlah penduduk pelayanan dengan tingkat kebutuhan air perkapita.

Pertumbuhan Penduduk

Model analisis yang dilakukan :

- a. Metode Aritmatik
- b. Metode Geometrik
- c. Metode *Least Square*

Kebutuhan Air Bersih Domestik dan Non Domestik

1. Kebutuhan Air Domestik
2. Kebutuhan Air Non Domestik

Kehilangan Air

Pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter.

Tabel 1. Kriteria teknis penyediaan air bersih

No	Uraian	Kriteria
1	Hidran Umum (HU)	30 l/orang/hari
2	Sambungan Rumah (SR)	90 l/orang/hari
3	Lingkup Pelayanan	60-100 %
4	Perbandingan HU : SR	20:80 – 50:50
5	Kebutuhan non domestik	5 %
6	Kehilangan air akibat kebocoran	15 %
7	Faktor puncak untuk harian maksimum	1,5 Qr
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 : Pedoman teknik air bersih IKK Pedesaan, 1990

Sistem Penyediaan Air Bersih

Bangunan pengambilan air baku untuk penyediaan air bersih disebut dengan bangunan penangkap air atau intake. Kapasitas intake ini dibuat sesuai dengan debit yang diperlukan untuk pengolahan. Fungsi utama bangunan intake adalah untuk menangkap air dari sumber air untuk diolah dalam instalasi pengolahan air bersih.

Pompa

Dalam suatu perencanaan sistem jaringan air bersih, salah satu alat yang penting adalah pompa. Pompa dapat digunakan atau dipandang sebagai alat menambah debit dan tekanan. Pada sistem transmisi atau distribusi, perlu menggunakan pompa jika kondisi daerah yang direncanakan memiliki elevasi sumber air yang lebih rendah dari pemukiman.

Sistem Distribusi

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

Kehilangan Energi

Air yang didistribusikan ke konsumen akan mengalami kehilangan energi. Untuk menghitung kehilangan energi dalam pipa distribusi digunakan persamaan *Hazen – Williams* sebagai berikut :

Persamaan *Hazen – Williams* :

$$Q = 0,2784 C_1 D^{0,63} S^{0,54} \quad (1)$$

atau :

$$H_f = \frac{10,675 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,8704}} \times L \quad (2)$$

Keterangan :

- Q = Debit (m³/det)
- C_{HW} = koefisien kekasaran *Hazen - Williams*
- S = Gradien hidrolis (S = H_f / L)
- H_f = Kehilangan tenaga (m)
- L = Panjang pipa (m)

Nilai C_{HW} tergantung pada kekasaran, dan diberikan pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Nilai koefisien kekasaran (C_{HW}) *Hazen – Williams*

Nilai C _{HW}	Jenis Pipa
140	Pipa sangat halus
130	Pipa halus, semen, besi tuang baru
	Pipa baja dilas baru
120	Pipa baja dikeling baru
110	Pipa besi tuang tua
100	Pipa baja dikeling tua
95	Pipa tua
60-80	

Sumber : *Triatmodjo Bambang, 2008*

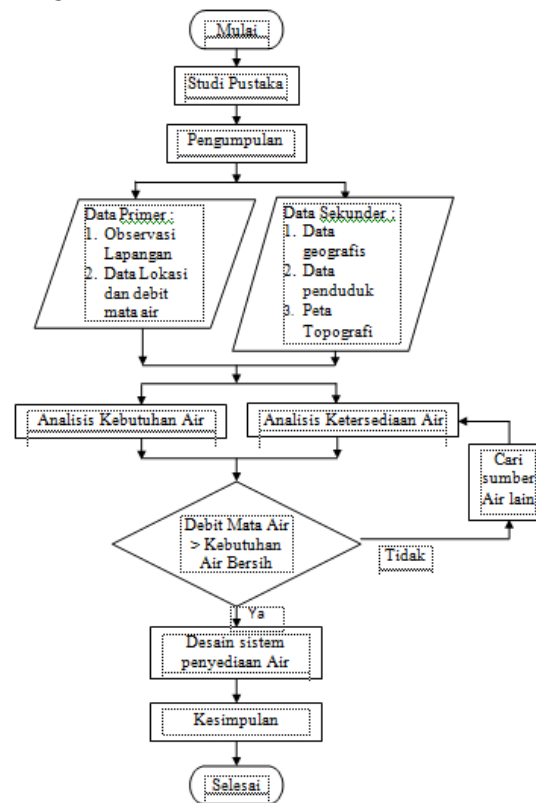
Software EPANET 2.0

EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Kelebihan metode ini adalah aplikasinya *under windows* sehingga untuk simulasi visualnya bisa cukup jelas dan mudah dihubungkan (*link*) dengan perangkat lunak lainnya. Kelebihannya di samping itu untuk kepentingan jaringan pipa secara hidrolis juga dapat memodel kualitas air.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Penelitian (Bagan Alir)

Tahapan penelitian yang dilakukan secara skematik diperlihatkan pada diagram alir berikut



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian mengambil desa Tandengan yang memiliki wilayah 40% daratan dan 60% perbukitan. Berada di Kecamatan Eris, Kabupaten Minahasa dengan luas desa ± 128 Ha dan merupakan daerah hasil pemekaran yang terhitung sejak tahun 2011.



Gambar 2. Peta Desa Tandengan
Sumber : *Google Earth*

Kependudukan Demografi

Data kependudukan desa Tandengan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Data penduduk desa Tandengan

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)		
	Laki-Laki	Perempuan	Total
2011	572	541	1113
2012	593	557	1150
2013	614	573	1187
2014	621	596	1217
2015	744	523	1267

Sumber : Data desa Tandengan

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Ketersediaan Air Bersih

Dari hasil pengukuran, sumber air bersih yang digunakan adalah mata air D dengan debit ±0,24 liter/detik berada pada elevasi ±722 m.

Proyeksi Jumlah Penduduk

Tabel 4. Rekapitulasi hasil perhitungan standar deviasi

No.	Metode Analisis	Standar Deviasi
1.	Aritmatik	54.52
2.	Geometrik	60.15
3.	Least Square	64.95

Dari hasil perhitungan standar deviasi yang paling kecil, maka untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk 20 tahun digunakan metode Aritmatik.

Tabel 5. Proyeksi jumlah penduduk dengan metode Aritmatik

Tahun	Nomor (x)	Penduduk (y)
2011	1	1113
2012	2	1150
2013	3	1187
2014	4	1217
2015	5	1267
2016	6	1306
2017	7	1381
2018	8	1457
2019	9	1525
2020	10	1614
2021	11	1691
2022	12	1805
2023	13	1919
2024	14	2026
2025	15	2153
2026	16	2268
2027	17	2421
2028	18	2573
2029	19	2719
2030	20	2884
2031	21	3038
2032	22	3229
2033	23	3420
2034	24	3604
2035	25	3808

Analisis Kebutuhan Air Domestik

Berdasarkan pedoman Teknis penyediaan air bersih IKK Pedesaan, 1990, kebutuhan air domestik adalah 30 ltr/orang/hari. Berikut ini kebutuhan air pedesaan untuk tahun 2035.

Tabel 6. Kebutuhan air domestik desa Tandengan

Tahun	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Penduduk (Liter/hari)
	Jiwa	(Jumlah penduduk x 30)
2015	1267	38010
2016	1306	39180
2017	1381	41430
2018	1457	43710
2019	1525	45750
2020	1614	48420
2021	1691	50730
2022	1805	54150
2023	1919	57555
2024	2026	60780
2025	2153	64590
2026	2268	68040
2027	2421	72630
2028	2573	77190
2029	2719	81570
2030	2884	86520
2031	3038	91140
2032	3229	96870
2033	3420	102600
2034	3604	108120
2035	3808	114240

Sumber: Hasil Penelitian

Analisis Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan non domestik dihitung berdasarkan besarnya kebutuhan air domestik dikali dengan angka presentase adalah 5%.

Tabel 7. Kebutuhan air non domestik desa Tandengan

Tahun	Debit kebutuhan air domestik (Qd)		Debit Kebutuhan Air Non Domestik Qn = (Qd x 0,05)	
	Liter/Hari	Liter/detik	Liter/Hari	Liter/Detik
2015	38010	0,440	1900,5	0,022
2016	39180	0,453	1959	0,023
2017	41430	0,480	2071,5	0,024
2018	43710	0,506	2185,5	0,025
2019	45750	0,530	2287,5	0,026
2020	48420	0,560	2421	0,028
2021	50730	0,587	2536,5	0,029
2022	54150	0,627	2707,5	0,031
2023	57555	0,666	2877,75	0,033
2024	60780	0,703	3039	0,035
2025	64590	0,748	3229,5	0,037
2026	68040	0,788	3402	0,039
2027	72630	0,841	3631,5	0,042
2028	77190	0,893	3859,5	0,045
2029	81570	0,944	4078,5	0,047
2030	86520	1,001	4326	0,050
2031	91140	1,055	4557	0,053
2032	96870	1,121	4843,5	0,056
2033	102600	1,188	5130	0,059
2034	108120	1,251	5406	0,063
2035	114240	1,322	5712	0,066

Sumber: Hasil Penelitian

Analisis Kehilangan Air

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter. Berdasarkan sumber dari IKK pedesaan kehilangan air yaitu sebesar 15% dari kebutuhan rata-rata dimana kebutuhan rata-rata adalah jumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik.

Kehilangan air diperlihatkan pada Tabel 8 di bawah ini

Tabel 8. Kehilangan air

Tahun	Debit kebutuhan air domestik (Qd)		Debit Kebutuhan Air Non Domestik Qn = (Qd x 0,05)		Kehilangan Air (Qn) Qn = (Qd + Qn) x 0,15	
	Liter/Hari	Liter/detik	Liter/Hari	Liter/Detik	Liter/Hari	Liter/Detik
2015	38010	0,440	1900,5	0,022	5986,575	0,069
2016	39180	0,453	1959	0,023	6170,85	0,071
2017	41430	0,480	2071,5	0,024	6525,225	0,076
2018	43710	0,506	2185,5	0,025	6884,325	0,080
2019	45750	0,530	2287,5	0,026	7205,625	0,083
2020	48420	0,560	2421	0,028	7626,15	0,088
2021	50730	0,587	2536,5	0,029	7989,975	0,092
2022	54150	0,627	2707,5	0,031	8528,625	0,099
2023	57555	0,666	2877,75	0,033	9064,913	0,105
2024	60780	0,703	3039	0,035	9572,85	0,111
2025	64590	0,748	3229,5	0,037	10172,93	0,118
2026	68040	0,788	3402	0,039	10716,3	0,124
2027	72630	0,841	3631,5	0,042	11439,23	0,132
2028	77190	0,893	3859,5	0,045	12157,43	0,141
2029	81570	0,944	4078,5	0,047	12847,28	0,149
2030	86520	1,001	4326	0,050	13626,9	0,158
2031	91140	1,055	4557	0,053	14354,55	0,166
2032	96870	1,121	4843,5	0,056	15257,03	0,177
2033	102600	1,188	5130	0,059	16159,5	0,187
2034	108120	1,251	5406	0,063	17028,9	0,197
2035	114240	1,322	5712	0,066	17992,8	0,208

Sumber: Hasil Penelitian

Analisis Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total ditunjukkan pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Kebutuhan total

Tahun	Debit kebutuhan air domestik (Qd) (liter/detik)	Debit Kebutuhan Air non domestik (Qn) (Liter/Detik)	Kehilangan air (Qn) (Liter/detik)	Debit Total (Qd) Qd = Qd + Qn + Qn (Liter/detik)
2015	0,440	0,022	0,069	0,531
2016	0,453	0,023	0,071	0,548
2017	0,480	0,024	0,076	0,579
2018	0,506	0,025	0,080	0,611
2019	0,530	0,026	0,083	0,639
2020	0,560	0,028	0,088	0,677
2021	0,587	0,029	0,092	0,709
2022	0,627	0,031	0,099	0,757
2023	0,666	0,033	0,105	0,804
2024	0,703	0,035	0,111	0,849
2025	0,748	0,037	0,118	0,903
2026	0,788	0,039	0,124	0,951
2027	0,841	0,042	0,132	1,015
2028	0,893	0,045	0,141	1,079
2029	0,944	0,047	0,149	1,140
2030	1,001	0,050	0,158	1,209
2031	1,055	0,053	0,166	1,274
2032	1,121	0,056	0,177	1,354
2033	1,188	0,059	0,187	1,434
2034	1,251	0,063	0,197	1,511
2035	1,322	0,066	0,208	1,597

Sumber: Hasil Penelitian

Sistem Jaringan Air Bersih

Desain Hidrolis Hidran Umum

Berdasarkan ketentuan dari Pedoman Teknis Penyediaan Bersih IKK Pedesaan, 1990, untuk perencanaan hidran umum, kriteria pelayanan hidran umum 100 jiwa/unit. Dengan perhitungan sebagai berikut :

- Jumlah penduduk = 3808 jiwa
- Jumlah hidran umum = 3808/100 = 38,08 = 39 hidran
- Kebutuhan air total 1,597 liter/detik

Sistem Planning

Mata air yang digunakan adalah mata air D dengan debit 0,24 liter/detik. Sedangkan kebutuhan total adalah 1,597 liter/detik. Maka disimpulkan ketersediaan mata air tidak cukup untuk menyuplai kebutuhan air bersih. Sebagai solusi, ditambah air danau Tondano untuk digunakan sebagai air bersih.

Desain Jaringan Perpipaan

Jaringan Transmisi dan Distribusi



Gambar 3. Skema Perencanaan sistem jaringan perpipaan desa Tandengan

Dibagi 2 zona, karena menggunakan mata air D dan air danau. Direncanakan mata air D melayani kebutuhan air bersih pada zona 1 yang terbagi atas 4 hidran umum dan air danau direncanakan untuk melayani kebutuhan air bersih pada zona 2 yang terbagi atas 35 hidran umum.

Pada zona 1, air akan ditampung di *Broncaptering* dan dialirkan secara gravitasi ke 4 hidran umum karena mata air D berada di daerah lebih tinggi sedangkan zona 2 yang menggunakan air danau lebih rendah dari daerah layanan sehingga air akan ditampung, disalurkan

ke bak penyang (WTP), setelah itu dengan pipa transmisi air di pompa ke reservoir distribusi. Reservoir distribusi berada pada daerah yang lebih tinggi sehingga air akan langsung dialirkan secara gravitasi ke 35 hidran umum dengan jenis pipa yang akan digunakan adalah pipa HDPE.

Desain Broncaptering

Untuk mengatasi kebutuhan air pada zona 1, air akan ditampung dari mata air dengan debit 0,24 liter/detik atau 0,864 m³/jam atau 20,736 m³/hari. Air dialirkan secara gravitasi ke bangunan reservoir.

Ukuran bak penampung (*Broncaptering*) ditetapkan sebagai berikut :

Setiap jam harus menampung 0,864 m³.

Ukuran broncaptering ditetapkan sebagai berikut:

Panjang = 0,7 m

Lebar = 1 m

Tinggi = 1,4 m

(kapasitas mati 0,1 m dan ruang udara 0,5 m)

Volume broncaptering = (0,7 x 1 x 2) m

Pompa dan Pipa Transmisi

Untuk menaikkan air dari intake ke reservoir pada zona 2 diperlukan pompa. Presentase jumlah penduduk zona 2 yaitu sebanyak 90% dengan debit kebutuhan total 36,2345 l/org/hari. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa centrifugal.

Pada zona 2 dibuat 2 reservoir untuk meminimalisir besarnya head total dan bangunan reservoir.

Perhitungan Kapasitas Pompa

Kapasitas Pompa ke Reservoir 2a

90% x 3808 = 3427 jiwa

30% x 3422 = 1027 jiwa

Kebutuhan air harian :

= 1027 x 36,2345 l/org/hari

= 37212,8315 liter/hari

= 0,4307 liter/detik

Waktu pemompaan ke reservoir :

= 3 jam = 10800 detik

Maka debit yang dipompa :

= 37212,8315/10800

= 3,446 liter/detik

Debit yang akan dialirkan ke reservoir distribusi sebesar 3,446 liter/detik dalam waktu pemompaan selama 3 jam. Kapasitas pompa yang akan digunakan yaitu dengan ukuran 3”.

Perhitungan head pompa centrifugal

a. *Suction Head*

- Beda Tinggi (ΔH) = 10 m
(Antara ujung pipa outlet di bak penampung dan pompa)

- Panjang Pipa (L) = 60 m
(Dari ujung pipa outlet di bak penampung ke pompa)

- Debit (Q) = 3,446 ltr/detik
= 0,003446 m³/dtk

- Diameter (D) = 3” = 0,0762 m

- Koefisien *Hazen-William* (C_{HW}) = 130

Maka nilai H_f :

$$H_f = \frac{10,675 \times 0,003446^{1,852}}{130^{1,852} \times 0,0762^{4,8704}} \times 60$$

$$H_f = 0,597 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } \textit{suction head} &= \Delta H + H_f \\ &= 10 + 0,597 \\ &= 10,597 \text{ m} \end{aligned}$$

b. *Discharge Head*

- Beda Tinggi (ΔH) = 20 m
(Beda tinggi antara pompa dan ujung pipa yang keluar air di Reservoir)

- Panjang Pipa (L) = 431,44 m
(Dari pompa ke ujung pipa inlet di reservoir)

- Debit (Q) = 3,446 ltr/detik
= 0,003446 m³/dtk

- Diameter (D) = 3” = 0,0762 m

- Koefisien *Hazen-William* (C_{HW}) = 130

Maka nilai H_f :

$$H_f = \frac{10,675 \times 0,003446^{1,852}}{130^{1,852} \times 0,0762^{4,8704}} \times 431,44$$

$$H_f = 4,292 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } \textit{discharge head} &= \Delta H + H_f \\ &= 20 + 4,292 \\ &= 24,292 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Akibat belokan diabaikan karena memiliki pengaruh yang sangat kecil

d. *Total Head* = $H_{\text{section}} + H_{\text{discharge}}$
= 9,386 + 19,4113
= 28,7973 m

Dengan efisiensi pompa diambil 70% dari head yang akan digunakan.

Kapasitas Pompa ke Reservoir 2b

90% x 3808 = 3427 jiwa

70% x 3422 = 2395 jiwa

Kebutuhan air harian :

= 2395 x 36,2345 l/org/hari

= 86781,6275 liter/hari

= 1,004 liter/detik

Waktu pemompaan ke reservoir :

= 3 jam = 10800 detik

Maka debit yang dipompa :
 $= 86781,6275/10800 = 8,035$ liter/detik

Debit yang akan dialirkan ke reservoir distribusi sebesar 8,035 liter/detik dalam waktu pemompaan selama 3 jam. Kapasitas pompa yang akan digunakan yaitu dengan ukuran 3”.

Perhitungan head pompa centrifugal

a. *Suction Head*

- Beda Tinggi (ΔH) = 10 m
(Antara ujung pipa outlet di bak penampung dan pompa)
- Panjang Pipa (L) = 60 m
(Dari ujung pipa outlet di bak penampung ke pompa)
- Debit (Q) = 8,035 ltr/detik
= 0,008035 m³/dtk
- Diameter (D) = 3” = 0,0762 m
- Koefisien *Hazen-William* (C_{HW})= 130
Maka nilai H_f :
Perhitungan sama dengan kapasitas pompa zona 2a.
 $H_f = 2,863$ m
Kebutuhan *suction head*= 12,863 m

b. *Discharge Head*

- Beda Tinggi (ΔH) = 14 m
- Panjang Pipa (L) = 322,274 m
- Debit (Q) = 8,035 ltr/detik
= 0,008035 m³/dtk
- Diameter (D) = 3” = 0,0762 m
- Koefisien *Hazen-William* (C_{HW})= 130
Maka nilai H_f :
 $H_f = 15,379$ m
Kebutuhan *discharge head*= 29,379 m

c. Akibat belokan diabaikan karena memiliki pengaruh yang sangat kecil

d. Total Head = 42,242 m
 Dengan efisiensi pompa diambil 70% dari head yang akan digunakan.

Desain Hidrolis Reservoir Distribusi

a. Zona 1

10% x 3808 = 381 orang
 Kebutuhan air harian :
 $= 381 \times 36,2345$ l/org/hari
 $= 13805,3445$ liter/hari
 $= 13,8053$ m³/hari
 $= 0,575$ m³/jam
 $= 0,16$ liter/detik

Berdasarkan grafik fluktuasi kebutuhan air bersih dari DPU Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih didapat nilai *load factor* pada Tabel 10 berikut :

Tabel 10. Fluktuasi pemakaian air untuk Zona 1

Jam	Load Factor	Rekapitulasi Presentase pemakaian Air (%)	Pemakaian Air bersih tahun 2035 (m ³ /hari)
00.00 - 01.00	0,3	1,251	0,173
01.00 - 02.00	0,37	1,543	0,213
02.00 - 03.00	0,45	1,877	0,259
03.00 - 04.00	0,64	2,669	0,368
04.00 - 05.00	1,15	4,796	0,662
05.00 - 06.00	1,4	5,838	0,806
06.00 - 07.00	1,53	6,380	0,881
07.00 - 08.00	1,56	6,505	0,898
08.00 - 09.00	1,41	5,880	0,812
09.00 - 10.00	1,38	5,755	0,794
10.00 - 11.00	1,27	5,296	0,731
11.00 - 12.00	1,2	5,004	0,691
12.00 - 13.00	1,14	4,754	0,656
13.00 - 14.00	1,17	4,879	0,674
14.00 - 15.00	1,18	4,921	0,679
15.00 - 16.00	1,22	5,088	0,702
16.00 - 17.00	1,31	5,463	0,754
17.00 - 18.00	1,38	5,755	0,794
18.00 - 19.00	1,25	5,213	0,720
19.00 - 20.00	0,98	4,087	0,564
20.00 - 21.00	0,62	2,586	0,357
21.00 - 22.00	0,45	1,877	0,259
22.00 - 23.00	0,37	1,543	0,213
23.00 - 24.00	0,25	1,043	0,144
	23,98	100	13,805

Sumber: Hasil perhitungan

Maka perhitungan untuk kapasitas berguna pada reservoir 1 dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Kapasitas berguna dari reservoir Zona 1

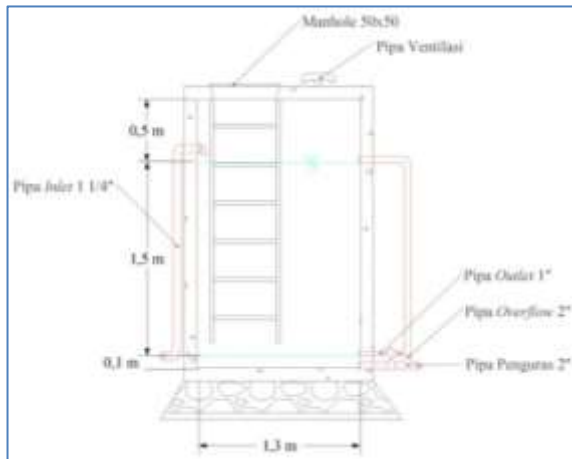
Jam	Suplai (m ³)	Pemakaian Air (m ³)	Volume Air Di Reservoir (m ³)
00.00 - 01.00	0,575	0,173	X + 0,402
01.00 - 02.00	0,575	0,213	X + 0,765
02.00 - 03.00	0,575	0,259	X + 1,081
03.00 - 04.00	0,575	0,368	X + 1,288
04.00 - 05.00	0,575	0,662	X + 1,201
05.00 - 06.00	0,575	0,806	X + 0,970
06.00 - 07.00	0,575	0,881	X + 0,664
07.00 - 08.00	0,575	0,898	X + 0,342
08.00 - 09.00	0,575	0,812	X + 0,105
09.00 - 10.00	0,575	0,794	X - 0,114
10.00 - 11.00	0,575	0,731	X - 0,270
11.00 - 12.00	0,575	0,691	X - 0,386
12.00 - 13.00	0,575	0,656	X - 0,467
13.00 - 14.00	0,575	0,674	X - 0,565
14.00 - 15.00	0,575	0,679	X - 0,669
15.00 - 16.00	0,575	0,702	X - 0,797
16.00 - 17.00	0,575	0,754	X - 0,975
17.00 - 18.00	0,575	0,794	X - 1,195
18.00 - 19.00	0,575	0,720	X - 1,339
19.00 - 20.00	0,575	0,564	X - 1,328
20.00 - 21.00	0,575	0,357	X - 1,110
21.00 - 22.00	0,575	0,259	X - 0,794
22.00 - 23.00	0,575	0,213	X - 0,431
23.00 - 24.00	0,575	0,144	X - 0,000
		13,805	

Sumber: Hasil perhitungan

Volume minimal = x - 1,339
 Pada volume minimal bak tepat kosong
 $= x - 1,339$
 Volume maksimum= x + 1,287
 Kapasitas berguna reservoir minimal
 $= 1,339 + 1,287$
 $= 2,627$ m³
 Diambil ukuran:
 • Panjang dan lebar = 1,3 m x 1,3 m

- Tinggi kapasitas berguna = 1,6 m
- Kapasitas berguna yang disiapkan
 $= 1,3 \times 1,3 \times 1,6$
 $= 2,704 \text{ m}^3$

(dengan kapasitas mati 0,1 m dan ruang udara 0,5 m), jadi ukuran reservoir distribusi (1,3 x 1,3 x 2,2) m.



Gambar 4. Reservoir distribusi zona 1

b. Zona 2

❖ Reservoir Zona 2a

90% x 3808 = 3422 jiwa

30% x 3422 = 1027 jiwa

Kebutuhan air harian

= 1027 x 36,2345 l/org/hari

= 37212,8315 liter/hari

= 37,213 m³/hari

= 1,5505 m³/jam

= 0,4307 liter/detik

Pemompaan direncanakan 3 jam

dengan total debit = 37,213 m³/hari

Suplai air yang masuk tiap jam

= 12,404 m³/hari

Berdasarkan grafik fluktuasi kebutuhan air bersih dari DPU Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih didapat nilai *load factor* pada Tabel 12.

Suplai air merata dalam 24 jam di mana total suplai air dalam satu hari sama dengan total pemakaian dalam satu hari yaitu 37,213 m³/hari.

Volume minimal = X - 6,688

Pada Volume minimal reservoir tepat kosong, X = 6,688

Volume maksimum = X + 23,540

Kapasitas berguna reservoir minimal

= 6,6884 + 23,541 = 30,229 m³

Diambil ukuran :

- Panjang dan lebar = 3 m x 3 m

- Tinggi kapasitas berguna = 3,5 m
- Kapasitas berguna yang disiapkan
 $= 3 \times 3 \times 3,5$
 $= 31,5 \text{ m}^3$

(dengan kapasitas mati 0,15 m dan ruang udara 0,85 m), jadi ukuran reservoir distribusi (3 x 3 x 4,5) m.

Tabel 12. Fluktuasi pemakaian air untuk zona 2a

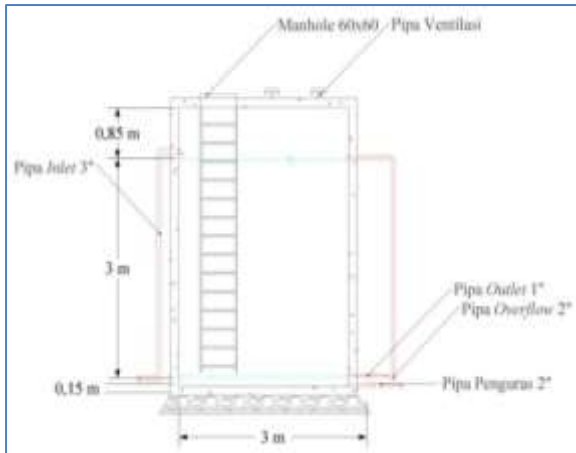
Jam	Load Factor	Rekapitulasi Presentase pemakaian Air (%)	Pemakaian Air bersih tahun 2035 (m ³ /hari)
00.00 - 01.00	0,3	1,251	0,466
01.00 - 02.00	0,37	1,543	0,574
02.00 - 03.00	0,45	1,877	0,698
03.00 - 04.00	0,64	2,669	0,993
04.00 - 05.00	1,15	4,796	1,785
05.00 - 06.00	1,4	5,838	2,173
06.00 - 07.00	1,53	6,380	2,374
07.00 - 08.00	1,56	6,505	2,421
08.00 - 09.00	1,41	5,880	2,188
09.00 - 10.00	1,38	5,755	2,142
10.00 - 11.00	1,27	5,296	1,971
11.00 - 12.00	1,2	5,004	1,862
12.00 - 13.00	1,14	4,754	1,769
13.00 - 14.00	1,17	4,879	1,816
14.00 - 15.00	1,18	4,921	1,831
15.00 - 16.00	1,22	5,088	1,893
16.00 - 17.00	1,31	5,463	2,033
17.00 - 18.00	1,38	5,755	2,142
18.00 - 19.00	1,25	5,213	1,940
19.00 - 20.00	0,98	4,087	1,521
20.00 - 21.00	0,62	2,586	0,962
21.00 - 22.00	0,45	1,877	0,698
22.00 - 23.00	0,37	1,543	0,574
23.00 - 24.00	0,25	1,043	0,388
	23,98	100	37,213

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 13. Kapasitas berguna dari reservoir Zona 2a

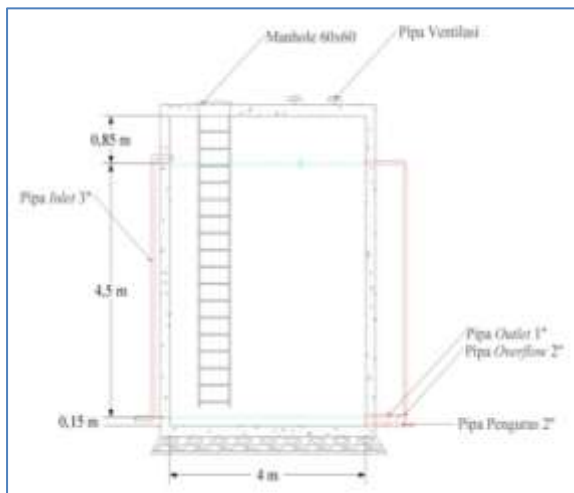
Jam	Pemompaan (m ³)	Pemakaian Air (m ³)	Volume Air Di Reservoir (m ³)
00.00 - 01.00	0	0,466	X - 0,466
01.00 - 02.00	0	0,574	X - 1,040
02.00 - 03.00	0	0,698	X - 1,738
03.00 - 04.00	0	0,993	X - 2,731
04.00 - 05.00	0	1,785	X - 4,516
05.00 - 06.00	0	2,173	X - 6,688
06.00 - 07.00	12,404	2,374	X + 3,342
07.00 - 08.00	12,404	2,421	X + 13,325
08.00 - 09.00	12,404	2,188	X + 23,541
09.00 - 10.00	0	2,142	X + 21,400
10.00 - 11.00	0	1,971	X + 19,429
11.00 - 12.00	0	1,862	X + 17,567
12.00 - 13.00	0	1,769	X + 15,798
13.00 - 14.00	0	1,816	X + 13,982
14.00 - 15.00	0	1,831	X + 12,151
15.00 - 16.00	0	1,893	X + 10,258
16.00 - 17.00	0	2,033	X + 8,225
17.00 - 18.00	0	2,142	X + 6,083
18.00 - 19.00	0	1,940	X + 4,143
19.00 - 20.00	0	1,521	X + 2,623
20.00 - 21.00	0	0,962	X + 1,660
21.00 - 22.00	0	0,698	X + 0,962
22.00 - 23.00	0	0,574	X + 0,388
23.00 - 24.00	0	0,388	X - 0,000
	37,213		

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 5. Reservoir distribusi zona 2a

- ❖ Reservoir Zona 2b
- 90% x 3803 = 3422 jiwa
- 70% x 3422 = 2395 jiwa
- Kebutuhan air harian = 2395 x 36,2345 l/org/hari = 86781,63 liter/hari = 86,782 m³/hari = 3,616 m³/jam = 1,004 liter/detik
- Pemompaan direncanakan 3 jam dengan total debit = 86,782 m³/hari
- Suplai air yang masuk tiap jam = 28,927 m³/hari
- Proses perhitungan sama seperti reservoir zona 2a, maka di dapat ukuran reservoir distribusi (4 x 4 x 5,5) m.

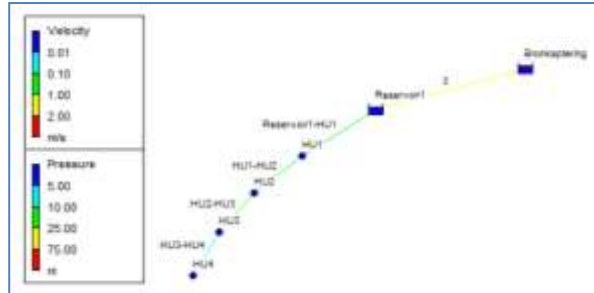


Gambar 6. Reservoir distribusi zona 2b

Sistem Jaringan Pipa menggunakan EPANET 2.0

Hasil analisis perhitungan sistem jaringan pipa desa Tandengan sebagai berikut:

Zona 1



Gambar 7. Skema jaringan desa Tandengan zona 1

Tabel 14. Node Parameter Jaringan Desa Tandengan zona 1

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc H01	686	0.04	686.71	0.71
Junc H02	686	0.04	686.54	0.54
Junc H03	686	0.04	686.47	0.47
Junc H04	686	0.04	686.44	0.44
Resor Borengding	722	88.66	722.00	0.00
Resor Reservoir1	687	88.66	687.00	0.00

Tabel 15. Link Parameter Jaringan Desa Tandengan zona 1

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Friction coef
Pipe 1	120	21.75	130	0.02	1.04	50.14
Pipe Reservoir H01	120	21.75	130	0.16	0.26	2.40
Pipe H01-H02	40	25.4	130	0.12	0.24	4.13
Pipe H02-H03	40	25.4	130	0.08	0.16	1.98
Pipe H03-H04	40	25.4	130	0.04	0.08	0.55

Zona 2a



Gambar 8. Skema jaringan desa Tandengan zona 2a

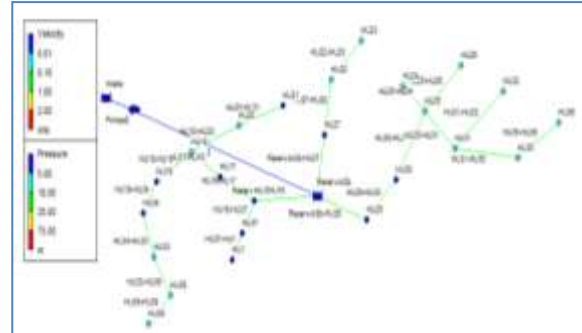
Tabel 16. Node Parameter Jaringan Desa Tandengan zona 2a

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc H05	675	0.04	704.32	12.32
Junc H07	689	0.04	700.67	11.67
Junc H09	687	0.04	699.38	12.38
Junc H05	696	0.04	704.95	6.95
Junc H014	701	0.04	704.91	3.91
Junc H015	698	0.04	704.19	6.19
Junc H018	702	0.04	704.61	2.61
Junc H010	698	0.04	704.29	6.29
Junc H011	692	0.04	704.10	12.10
Junc H012	688	0.04	700.45	12.45
Junc H013	685	0.04	699.37	14.37
Resor Reservoir2a	705	88.66	705.00	0.00
Resor Intake	680	88.66	680.00	0.00

Tabel 17. *Link* Parameter desa Tandengan zona 2a

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km
Pipe Reservoir2a-HU5	10.0	25.4	130	0.16	0.32	7.10
Pipe Reservoir2a-HU9	3.12	25.4	130	0.20	0.38	10.76
Pipe HU5-HU10	45.8	25.4	130	0.16	0.32	7.10
Pipe HU10-HU11	45.4	25.4	130	0.12	0.24	4.19
Pipe HU11-HU12	63.12	12.7	130	0.08	0.40	9.78
Pipe HU12-HU13	57.6	12.7	130	0.04	0.32	16.01
Pipe Reservoir2a-HU14	45.8	25.4	130	0.08	0.16	1.97
Pipe HU14-HU15	45.1	12.7	130	0.04	0.32	16.01
Pipe 1	49.44	76.2	130	4.37	1.80	49.70
Pipe HU15-HU6	54.15	25.4	130	0.12	0.24	4.19
Pipe HU15-HU7	63.07	12.7	130	0.08	0.40	9.78
Pipe HU15-HU8	61.03	12.7	130	0.04	0.32	16.01
Pipe Pompa1	88.8	88.8	88.8	0.07	0.08	-25.00

Zona 2b



Gambar 9. Skema jaringan desa Tandengan zona 2b

Tabel 18. *Node Parameter* Jaringan Desa Tandengan zona 2b

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Head m	Pressure m
June HU16	697	0.04	698.83	1.83
June HU17	694	0.04	698.75	4.75
June HU18	693.2	0.04	698.68	5.48
June HU19	693.1	0.04	697.91	4.81
June HU20	693.1	0.04	698.56	5.46
June HU21	693	0.04	697.69	4.69
June HU22	693	0.04	698.77	5.77
June HU23	691	0.04	697.91	6.91
June HU24	690	0.04	696.39	6.39
June HU25	691.3	0.04	697.40	6.10
June HU30	694	0.04	698.49	4.49
June HU29	698	0.04	698.96	0.96
June HU35	689	0.04	696.86	7.86
June HU36	687.5	0.04	695.85	8.35
June HU37	696	0.04	698.73	2.73
June HU38	689	0.04	695.99	6.99
June HU39	691	0.04	697.00	6.00
June HU31	690	0.04	697.02	7.02
June HU26	688	0.04	696.54	8.54
June HU27	695	0.04	698.90	3.90
June HU32	688	0.04	696.01	8.01
June HU33	692	0.04	697.16	5.16
June HU34	693	0.04	697.46	4.46
June HU1	694	0.04	697.86	3.86
Resvr Reservoir2b	699	HN/A	699.00	0.00
Resvr Intake	680	HN/A	680.00	0.00

Tabel 19. *Link* Parameter desa Tandengan zona 2b

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km
Pipe Reservoir2b-HU16	90.0	50.8	130	0.48	0.24	1.86
Pipe HU16-HU17	72.06	50.8	130	0.36	0.18	1.09
Pipe HU17-HU18	81	50.8	130	0.32	0.16	0.88
Pipe HU18-HU19	72	25.4	130	0.20	0.39	10.78
Pipe HU19-HU20	63	25.4	130	0.08	0.16	1.97
Pipe HU20-HU21	54	12.7	130	0.04	0.32	16.01
Pipe HU22-HU23	54.04	12.7	130	0.04	0.32	16.01
Pipe Reservoir2b-HU29	36.01	50.8	130	0.36	0.18	1.10
Pipe HU29-HU30	54.15	31.75	130	0.32	0.40	8.68
Pipe HU25-HU26	54.1	12.7	130	0.04	0.32	16.01
Pipe HU31-HU32	63.03	12.7	130	0.04	0.32	16.01
Pipe HU31-HU35	81.91	25.4	130	0.08	0.16	1.98
Pipe HU35-HU36	63.02	12.7	130	0.04	0.32	16.01
Pipe 2	382.274	76.2	130	-8.21	1.80	49.70
Pipe Reservoir2b-HU27	72.11	31.75	130	0.12	0.15	1.41
Pipe HU27-HU22	63.03	25.4	130	0.08	0.16	1.98
Pipe HU16-HU37	54	25.4	130	0.08	0.16	1.97
Pipe HU37-HU1	54.04	12.7	130	0.04	0.32	16.01
Pipe HU19-HU34	63	25.4	130	0.16	0.32	7.13
Pipe HU34-HU33	72	25.4	130	0.12	0.24	4.19
Pipe HU33-HU39	81	25.4	130	0.08	0.16	1.97
Pipe HU39-HU38	63.03	12.7	130	0.04	0.32	16.01
Pipe HU30-HU25	54.07	25.4	130	0.28	0.55	20.10
Pipe HU25-HU24	63.01	12.7	130	0.04	0.32	16.01
Pipe HU25-HU31	54.2	25.4	130	0.16	0.32	7.13
Pump Pompa2	HN/A	HN/A	HN/A	1.53	0.00	-19.00

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. kebutuhan air bersih penduduk desa Tandengan meningkat dari tahun 2015 sebesar 0,531 liter/detik dan pada tahun 2035 adalah sebesar 1,597 liter/detik.
2. Sistem pelayanan air bersih dari mata air D dan air danau Tondano ke desa Tandengan direncanakan sebagai berikut :
 - Sistem pengambilan air baku dari mata air berupa *Broncaptering* dan dari air danau Tondano dengan *direct intake* menuju instalasi pengolahan air.
 - Dari *Broncaptering* air dialirkan dengan menggunakan pipa 1¼" ke reservoir distribusi yang berukuran 1,3 m x 1,3 m x 2,2 m. dari WTP (*Water Treatment Plan*) air dipompa ke dua reservoir distribusi yang pertama dengan menggunakan pipa 3" ke

reservoir distribusi yang berukuran 3 m x 3 m x 4,6 m dan yang kedua menggunakan pipa 3" ke reservoir distribusi yang berukuran 4 m x 4 m x 5,5 m.

- Dari reservoir, air dialirkan melalui pipa distribusi dengan ukuran pipa bervariasi mulai dari 2", 1¼", ½" menuju daerah layanan di mana untuk pelayanan bagi masyarakat desa Tandengan dipasang sebanyak 39 buah hidran umum yang ditempatkan sesuai dengan zona yang ditentukan.

Saran

1. Agar sistem perencanaan penyediaan air bersih berfungsi dengan baik maka diperlukan operasi dan pemeliharaan instalasi dengan baik.
2. Melakukan penelitian selanjutnya untuk studi kelayakan pemanfaatan air danau Tondano untuk desa Tandengan
3. Melakukan analisis desain reservoir *intake*.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 1990. *Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Cipta Karya Air Bersih, Jakarta.
- Bambang, Triatmodjo, 2008. *Hidraulika II*, Beta Offset, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. Hal. 43.
- Howard S. Peavy, dkk, (2004). *Environmental Engineering*, Literature, McGraw-Hill International Edition, Singapore. Hal. 104.
- Kodoatie, Robert. J, 2002. *Hidrolika Terapan Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa*, Literatur, ANDI Offset, Yogyakarta. Hal. 272
- Masombe, Novriyan, 2015. *Perencanaan Sistem Pelayanan Air Bersih Di Kelurahan Bonkawir Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat*. Skripsi Program S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Radiana, Triatmadja, 2009. *Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. Hal. 3-50.