

## PENGEMBANGAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH DI KELURAHAN LAHENDONG KECAMATAN TOMOHON SELATAN KOTA TOMOHON

**Kelvin Bryan Chrystino Wuisan  
Eveline M. Wuisan, Alex Binilang**

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [kelvinwuisan@gmail.com](mailto:kelvinwuisan@gmail.com)

### ABSTRAK

*Sistem penyediaan air bersih di kelurahan Lahendong belum tertata dengan baik. Pada musim hujan air sumur di wilayah kelurahan Lahendong menjadi keruh dan pada musim kemarau mengalami kekeringan. sehingga kegiatan sehari-hari masyarakat untuk mencuci baju, mck, dan lain-lain lebih memanfaatkan mata air karimenga.*

*Perencanaan sistem penyediaan air bersih di kelurahan tersebut untuk 20 tahun kedepan. Proyeksi jumlah penduduk menggunakan analisis regresi linier, dengan jumlah penduduk sebanyak 3128 jiwa dan kebutuhan air 1,311 l/detik. Sistem penyediaan air bersih pada zona 1 dilakukan dengan cara menangkap air dari mata air Toulankow kemudian dialirkan dengan sistem gravitasi (gravity system) menuju reservoir distribusi dengan ukuran (4×3×2,5)m dan diteruskan ke 11 hidran umum yang direncanakan. Pada zona 2 mata air Karimenga menggunakan bangunan penangkap mata air (broncaptering) air yang langsung dialirkan ke 5 hidran umum yang tersedia.*

*Dalam perencanaan sistem air bersih di kelurahan Lahendong digunakan jenis pipa HDPE. Untuk menganalisis sistem perpipaan distribusi, menggunakan perhitungan Hazen-William. Perencanaan ini sesuai dengan tujuan yaitu dapat menyediakan dan memenuhi kebutuhan air bersih di kelurahan Lahendong*

**Kata kunci : Kelurahan Lahendong, Hidran Umum, Sistem Penyediaan Air Bersih, Hazen-William.**

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Air merupakan sumber daya yang sangat diperlukan oleh mahluk hidup untuk memenuhi kebutuhannya. Ketersediaan dan kebutuhan air sangat penting dan harus seimbang untuk menjamin keberlanjutan sumber daya air. Semakin tinggi taraf kehidupan seseorang, maka kebutuhan air pun akan meningkat. Kebutuhan terhadap air bersih pada suatu daerah akan semakin bertambah dengan adanya peningkatan jumlah penduduk serta kemajuan pembangunan suatu daerah atau pemukiman.

Kelurahan Lahendong yang berada di selatan kota Tomohon dan berbatasan langsung dengan desa Leilem kabupaten Minahasa memiliki 7 lingkungan dengan luas daerah 6650 Ha<sup>2</sup> dan memiliki jumlah penduduk 2488 jiwa pada tahun 2015. Pertumbuhan penduduk yang begitu cepat di kelurahan ini membuat ketersediaan air sudah tidak memenuhi sejak 2 tahun terakhir. Pada tahun 2004 pemerintah kelurahan Lahendong membuat sebuah bak penampungan untuk mempermudah masyarakat memperoleh air bersih dimana jumlah penduduk

saat itu sebanyak 2276 Jiwa. Secara otomatis, akan meningkatkan kebutuhan air bersih untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari mereka.

Di kelurahan Lahendong terdapat dua mata air yang dimanfaatkan warga yaitu mata air Karimenga dan mata air Toulankow. Saat ini warga lebih memilih menggunakan mata air Karimenga yang berada di dekat pemukiman untuk melakukan aktivitas sehari-hari seperti mencuci baju, MCK, dan lain sebagainya. Aktivitas masyarakat kebanyakan langsung dilakukan pada mata air Karimenga. Selain itu ada juga mata air Toulankow yang dimanfaatkan dengan dibuat bak penampung untuk dialiri melalui pipa transmisi dan disuplai hanya sebatas kran-kran umum. Namun saat ini kondisi dari bak penampung sudah tidak lagi dapat memenuhi kebutuhan air masyarakat kelurahan Lahendong.

Ada juga beberapa warga yang mempunyai sumur di dekat rumah mereka, namun saat musim kemarau sebagian besar sumur warga mengalami kekeringan dan saat hujan air sumur warga menjadi keruh. Oleh sebab itu masyarakat

kelurahan Lahendong lebih memanfaatkan mata air yang ada untuk melakukan aktivitas.

Sistem distribusi air bersih saat ini di kelurahan Lahendong sudah tidak lagi terlayani secara merata. Hal ini dikarenakan debit yang ada tidak dapat mencukupi kebutuhan air bersih masyarakat kelurahan Lahendong. Untuk itu perlu dilakukan pengembangan dalam pelayanan distribusi air bersih sehingga pelayanan air bersih di kelurahan Lahendong dapat terpenuhi secara merata.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan bahwa Sistem penyediaan air bersih yang ada, belum dapat memenuhi kebutuhan air bersih penduduk kelurahan Lahendong.

### Pembatasan Masalah

Untuk menghindari adanya kesalahan dalam penelitian, maka dalam penulisan ini perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Analisis ketersediaan air bersih di kelurahan Lahendong untuk 20 tahun ke depan.
2. Sistem pelayanan air bersih sebatas hidran umum (HU)
3. Perhitungan konstruksi struktur bangunan-bangunan jaringan air tidak diperhitungkan.

### Tujuan Penelitian

Mengembangkan sistem penyediaan air bersih di kelurahan Lahendong, agar supaya dapat memenuhi kebutuhan air bersih warga masyarakat kelurahan Lahendong.

### Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini :

1. Menjadi pembelajaran bagi peneliti tentang sistem penyediaan air bersih.
2. Dapat menjadi pedoman untuk pihak-pihak yang berkepentingan dalam hal pengembangan air bersih di kelurahan Lahendong.

## LANDASAN TEORI

### Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses berkelanjutan di mana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi.

### Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Analisis pertumbuhan penduduk dilakukan dengan 3 model analisis, yakni :

1. Analisis regresi linear

2. Analisis regresi logaritma
3. Analisis regresi eksponensial

### Kebutuhan Air

Kebutuhan air yang dimaksud adalah meliputi kebutuhan domestik dan non domestik.

#### 1. Kebutuhan Domestik

Kebutuhan air domestik adalah pemenuhan kegiatan sehari-hari atau rumah tangga seperti : untuk minum, memasak, kesehatan individu (mandi, cuci, dan sebagainya), menyiram tanaman, pengangkutan air buangan (buangan dapur dan toilet).

Kebutuhan Air Domestik:

$$Q_d = y \times S_d$$

Dimana :

$Q_d$  = Debit Kebutuhan Air Domestik (l/hari)

$y$  = Jumlah Penduduk (Jiwa)

$S_d$  = Standar Kebutuhan Air Domestik (l/orang/hari)

#### 2. Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan air non-domestik adalah kebutuhan air bersih untuk sarana dan prasarana berupa kepentingan sosial/umum seperti untuk pendidikan atau sekolah, tempat ibadah, dan lain sebagainya. Kebutuhan Air Non Domestik :

$$Q_n = Q_d \times S_n$$

Dimana :

$Q_n$  = Kebutuhan Air Non Domestik (l/hari)

$Q_d$  = Kebutuhan Air Domestik (l/hari)

$S_n$  = Angka Presentase Non Domestik (%)

### Kehilangan Air

Kehilangan air ditentukan dengan asumsi sebesar 15% dari kebutuhan rata-rata di mana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik.

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

Dimana :

$Q_a$  = Debit Kehilangan Air (l/hari)

$Q_d$  = Kebutuhan Air Domestik (l/hari)

$Q_n$  = Kebutuhan Air Non Domestik (l/hari)

$r_a$  = Angka Presentase Kehilangan Air (%)

### Kebutuhan Air Total

Perhitungan kebutuhan air total berguna untuk menghitung jumlah debit yang dibutuhkan. Kebutuhan air total dihitung dengan cara kebutuhan air domestik, non domestik ditambah kehilangan air.

$$Q_t = Q_d + Q_n + Q_a$$

Dengan :

$Q_t$  = Kebutuhan Air Total (l/hari)

- $Q_d$  = Kebutuhan Air Domestik (l/hari)
- $Q_n$  = Kebutuhan Air Non Domestik (l/hari)
- $Q_a$  = Kehilangan Air (l/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 - 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 x $Q_r$
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

Sumber : Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan,1990

### Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Jam Puncak

Kebutuhan air harian maksimum (*max day*) adalah kebutuhan air pada hari tertentu dalam setiap minggu, bulan, dan tahun di mana kebutuhan airnya sangat tinggi.

Kebutuhan air jam puncak (*peak*) adalah kebutuhan air pada jam-jam tertentu dalam satu hari di mana kebutuhan airnya akan memuncak.

Berdasarkan ketentuan yang sudah ditetapkan oleh Pedoman/Pentunjuk Teknik dan Manual Bagian 6 : Air Minum Perkotaan, NSPM Kimpraswil, 2002, kebutuhan air harian maksimum dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,15-1,25 di kali dengan kebutuhan air total.

$$Q_m = 1,25 \times Q_t$$

Dimana :

$Q_m$  = Kebutuhan Air Harian Maksimum (l/hari)

$Q_t$  = Kebutuhan Air Total (l/Hari)

Dan untuk kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,65-1,75 dikali dengan kebutuhan air total.

$$Q_p = 1,75 \times Q_t$$

Dimana :

$Q_p$  = Kebutuhan Air Jam Puncak (l/hari)

$Q_t$  = Kebutuhan Air Total (l/hari)

### Sistem Transmisi Air Bersih

Sistem transmisi air bersih adalah sistem perpipaan dari bangunan pengambilan air baku ke bangunan pengolahan air bersih.

### Sistem Distribusi

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

### Kehilangan Energi

Besarnya kehilangan energi akibat gesekan pada pipa dapat ditentukan sebagai berikut :

### Persamaan Hazen - Williams

$$H_f = \frac{10,67 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} D^{4,87}} \times L$$

Dimana :

D = Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

$C_{HW}$  = Koefisien Hazen – Williams

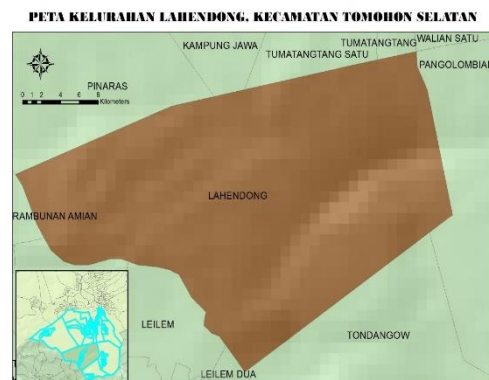
Q = Debit (m<sup>3</sup>/det)

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Daerah yang termasuk dalam lingkup wilayah studi adalah wilayah Kelurahan Lahendong Kecamatan Tomohon Selatan. Luas Kelurahan Lahendong sebesar 6650 Ha dengan jumlah penduduk pada tahun 2015 mencapai 2498 Jiwa. Secara geografis wilayah Kelurahan Lahendong berbatasan langsung dengan :

- Sebelah utara: Kelurahan Tumatangtang
- Sebelah Selatan: Kelurahan Leilem
- Sebelah Timur: Kecamatan Tondangow
- Sebelah Barat: Kelurahan Pinaras



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### Kependudukan

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Tomohon, jumlah penduduk di Kelurahan Lahendong pada Tahun 2006 sampai 2015 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Penduduk Kelurahan Lahendong

No	Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)
1	2006	2224
2	2007	2227
3	2008	2276
4	2009	2349
5	2010	2365
6	2011	2400
7	2012	2411
8	2013	2440
9	2014	2460
10	2015	2498

### Kondisi Sumber Air

Sumber air bersih Kelurahan Lahendong berasal dari mata air, dimana terdapat 2 mata air yang dimanfaatkan oleh masyarakat. Dengan debit dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3. Debit Mata Air

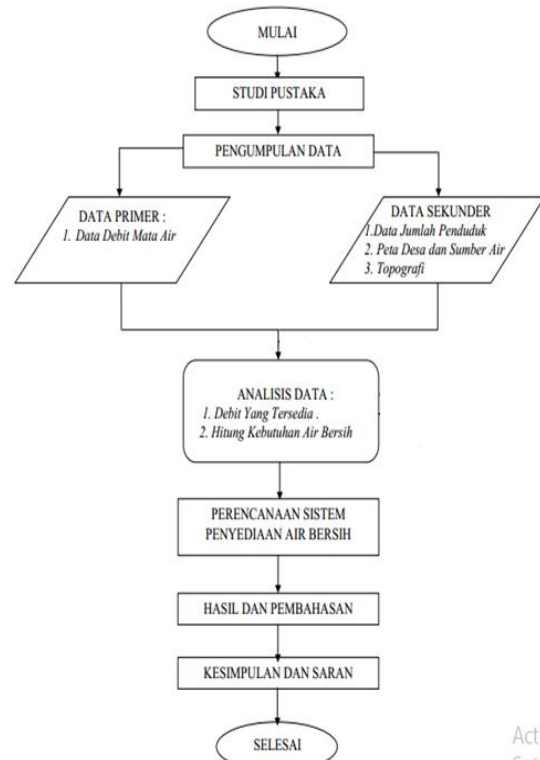
No	Sumber Mata Air	Debit (l/detik)
1	Toulangkow	1,147
2	Karimenga	0,425

Debit pada tabel 3. didapat dari hasil pengukuran langsung dilapangan pada bulan Juli dan Agustus, dengan menggunakan alat bantu berupa ember 8 liter dan *stopwatch*. Air dari mata air ditampung pada ember 8 liter, selanjutnya dihitung berapa waktu yang diperlukan sampai air terisi penuh di ember tersebut.

Untuk hasil pengukuran debitnya, air di ember 8 liter dibagi dengan lama waktu ketika air terisi penuh di ember. Pengukuran ini dilakukan pada kondisi cuaca tidak pada musim kemarau atau penghujan berkepanjangan. Kondisi mata air juga dipastikan tidak akan menurun seiring bertambahnya tahun dikarenakan daerah disekitar masih terlindungi dengan pepohonan yang rimbun dan sampai saat

ini tidak ada pembangunan fasilitas apapun di mata air ataupun daerah sekitar mata air.

### Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### Proyeksi Jumlah Penduduk

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Proyeksi Jumlah Penduduk

No	Metode	y	[r]	[r <sup>2</sup> ]	[Se]
1	Linier	$y = 2193,73 + 31,1x$	0,983	0,991	18,657
2	Logaritma	$y = 2175,239 + 125,633 \cdot \ln(x)$	0,960	0,979	28,403
3	Ekspensial	$y = 1362,305 \cdot e^{0,007675x}$	0,980	0,990	200,615

Berdasarkan hasil analisis di atas, maka didapatkan metode analisis regresi linier yang terbaik dengan perhitungan nilai korelasi (r) yaitu 0,983 dan nilai determinasi (r<sup>2</sup>) yaitu 0,991 dimana kedua nilai ini paling mendekati angka 1 (satu) dan juga memiliki nilai *standard error* (Se) terkecil yaitu 18,657. Sehingga dalam menghitung kebutuhan air bersih domestik digunakan proyeksi pertumbuhan penduduk berdasarkan analisis regresi linier dengan pertumbuhan rata-rata penduduk 0.025% per tahun.

Tabel 5. Proyeksi Jumlah Penduduk Kelurahan Lahendong

Tahun	X	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2016	11	2536
2017	12	2567
2018	13	2599
2019	14	2630
2020	15	2661
2021	16	2692
2022	17	2723
2023	18	2754
2024	19	2785
2025	20	2817
2026	21	2848
2027	22	2879
2028	23	2910
2029	24	2941
2030	25	2972
2031	26	3003
2032	27	3034
2033	28	3066
2034	29	3097
2035	30	3128

**Analisis Kebutuhan Air Domestik**

Kebutuhan air domestik diperkirakan dengan menggunakan angka pemakaian air per kapita per hari dan standart kebutuhan air dari Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan. Perkiraan kebutuhan Air didasarkan pada proyeksi jumlah penduduk 20 tahun ke depan sampai tahun 2035. Menurut Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan kebutuhan air baku untuk pedesaan yaitu 30 liter/orang/hari.

**Analisis Kebutuhan Air Non Domestik**

Kebutuhan non domestik adalah kebutuhan untuk fasilitas pelayanan umum, seperti kantor, sekolah, rumah sakit atau puskesmas, tempat ibadah, terminal, dan lain-lain. Berdasarkan sumber dari Pedoman Teknis Penyediaan Air bersih IKK Pedesaan untuk kebutuhan non domestik angka presentase yang dipakai adalah sebesar 5%.

**Analisis Kehilangan Air**

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter. Berdasarkan sumber dari IKK pedesaan kebocoran/kehilangan air yaitu sebesar 15% dari kebutuhan rata-rata di mana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik

ditambah dengan kebutuhan non domestik dengan pertumbuhan rata-rata 0,025% per tahun.

Tabel 6. Kebutuhan Air Domestik Kelurahan Lahendong

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air	
		(liter/hari)	(liter/detik)
2016	2536	76088	0,881
2017	2567	77022	0,891
2018	2599	77956	0,902
2019	2630	78890	0,913
2020	2661	79824	0,924
2021	2692	80758	0,935
2022	2723	81693	0,946
2023	2754	82627	0,956
2024	2785	83561	0,967
2025	2817	84495	0,978
2026	2848	85429	0,989
2027	2879	86364	1,000
2028	2910	87298	1,010
2029	2941	88232	1,021
2030	2972	89166	1,032
2031	3003	90100	1,043
2032	3034	91034	1,054
2033	3066	91969	1,064
2034	3097	92903	1,075
2035	3128	93837	1,086

Tabel 7. Kebutuhan Air Non Domestik Kelurahan Lahendong

Tahun	Debit Kebutuhan Air Domestik (Qa)		Debit Kebutuhan Air Non Domestik (Qn)	
	liter/hari	liter/detik	liter/hari	liter/detik
2016	76088	0,881	3804	0,0440
2017	77022	0,891	3851	0,0446
2018	77956	0,902	3898	0,0451
2019	78890	0,913	3945	0,0457
2020	79824	0,924	3991	0,0462
2021	80758	0,935	4038	0,0467
2022	81693	0,946	4085	0,0473
2023	82627	0,956	4131	0,0478
2024	83561	0,967	4178	0,0484
2025	84495	0,978	4225	0,0489
2026	85429	0,989	4271	0,0494
2027	86364	1,000	4318	0,0500
2028	87298	1,010	4365	0,0505
2029	88232	1,021	4412	0,0511
2030	89166	1,032	4458	0,0516
2031	90100	1,043	4505	0,0521
2032	91034	1,054	4552	0,0527
2033	91969	1,064	4598	0,0532
2034	92903	1,075	4645	0,0538
2035	93837	1,086	4692	0,0543

Tabel 8. Kehilangan Air

Tahun	Debit Kebutuhan Air Domestik (Q <sub>d</sub> )		Debit Kebutuhan Air Non Domestik (Q <sub>n</sub> )		Kehilangan Air (Q <sub>e</sub> )	
	Q <sub>e</sub> = (Q <sub>d</sub> + Q <sub>n</sub> ) x 0,15					
	l/hari	l/detik	l/hari	l/detik	l/hari	l/detik
2016	76088	0,881	3804	0,0440	11984	0,139
2017	77022	0,891	3851	0,0446	12131	0,140
2018	77956	0,902	3898	0,0451	12278	0,142
2019	78890	0,913	3945	0,0457	12425	0,144
2020	79824	0,924	3991	0,0462	12572	0,146
2021	80758	0,935	4038	0,0467	12720	0,147
2022	81693	0,946	4085	0,0473	12867	0,149
2023	82627	0,956	4131	0,0478	13014	0,151
2024	83561	0,967	4178	0,0484	13161	0,152
2025	84495	0,978	4225	0,0489	13308	0,154
2026	85429	0,989	4271	0,0494	13455	0,156
2027	86364	1,000	4318	0,0500	13602	0,157
2028	87298	1,010	4365	0,0505	13749	0,159
2029	88232	1,021	4412	0,0511	13897	0,161
2030	89166	1,032	4458	0,0516	14044	0,163
2031	90100	1,043	4505	0,0521	14191	0,164
2032	91034	1,054	4552	0,0527	14338	0,166
2033	91969	1,064	4598	0,0532	14485	0,168
2034	92903	1,075	4645	0,0538	14632	0,169
2035	93837	1,086	4692	0,0543	14779	0,171

**Analisis Kebutuhan Air Total**

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

Tabel 9. Kebutuhan Air Total

Tahun	Kebutuhan Air Domestik (Q <sub>d</sub> ) l/detik	Kebutuhan Air Non Domestik (Q <sub>n</sub> ) l/detik	Kehilangan Air (Q <sub>e</sub> ) l/detik	Kebutuhan Air Total (Q <sub>t</sub> ) l/detik
2016	0,881	0,0440	0,139	1,063
2017	0,891	0,0446	0,140	1,076
2018	0,902	0,0451	0,142	1,089
2019	0,913	0,0457	0,144	1,103
2020	0,924	0,0462	0,146	1,116
2021	0,935	0,0467	0,147	1,129
2022	0,946	0,0473	0,149	1,142
2023	0,956	0,0478	0,151	1,155
2024	0,967	0,0484	0,152	1,168
2025	0,978	0,0489	0,154	1,181
2026	0,989	0,0494	0,156	1,194
2027	1,000	0,0500	0,157	1,207
2028	1,010	0,0505	0,159	1,220
2029	1,021	0,0511	0,161	1,233
2030	1,032	0,0516	0,163	1,246
2031	1,043	0,0521	0,164	1,259
2032	1,054	0,0527	0,166	1,272
2033	1,064	0,0532	0,168	1,285
2034	1,075	0,0538	0,169	1,298
2035	1,086	0,0543	0,171	1,311

Berdasarkan perhitungan pada table di atas maka kebutuhan air total tahun 2033 mencapai 1,311 l/detik atau 36,21 l/orang/hari.

**Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Jam Puncak**

Kebutuhan air harian maksimum dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,15-1,25 di kali dengan kebutuhan air total.

Kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,65-1,75 dikali dengan kebutuhan air total.

Tabel 10. Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Jam Puncak

Tahun	Debit Total (Q <sub>t</sub> ) l/detik	Debit Harian Max (Q <sub>m</sub> ) l/detik	Debit Jam Puncak (Q <sub>p</sub> ) l/detik
(1)	(2)	(3) = 1,25 x (2)	(4) = 1,75 x (2)
2016	1,063	1,329	1,861
2017	1,076	1,346	1,884
2018	1,089	1,362	1,907
2019	1,103	1,378	1,929
2020	1,116	1,395	1,952
2021	1,129	1,411	1,975
2022	1,142	1,427	1,998
2023	1,155	1,443	2,021
2024	1,168	1,460	2,044
2025	1,181	1,476	2,067
2026	1,194	1,492	2,089
2027	1,207	1,509	2,112
2028	1,220	1,525	2,135
2029	1,233	1,541	2,158
2030	1,246	1,558	2,181
2031	1,259	1,574	2,204
2032	1,272	1,590	2,226
2033	1,285	1,607	2,249
2034	1,298	1,623	2,272
2035	1,311	1,639	2,295

**Desain Sistem Jaringan Air Bersih**

Sumber mata air di Kelurahan Lahendong Kecamatan Tomhohon Selatan terletak ±100 meter dari pemukiman warga. Tipe pengaliran yang akan digunakan pada sistem transmisi adalah dengan menggunakan sistem gravitasi, karena sumber mata air berada pada elevasi yang lebih tinggi dari daerah distribusi.

Dalam *system plan* ini, jenis pipa yang akan digunakan dalam sistem transmisi sampai distribusi adalah pipa HDPE.

**Desain Hidrolis Hidran Umum**

Berdasarkan ketentuan dari Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan, 1990, untuk perencanaan hidran umum, kriteria pelayanan hidran umum 100-200 Jiwa/unit. Dengan perhitungan sebagai berikut:

- Jumlah penduduk : 3128 Jiwa
- Jumlah hidran : 3128/200 : 15,64 ≈ 16 hidran
- Kebutuhan air jam puncak : 2,295 l/detik
- Kebutuhan air tiap hidran : 2,295/16 : 0,14 l/detik/HU



Gambar 2. Penempatan Hidran Umum

**Desain Jaringan Perpipaan Transmisi dan Distribusi**

Aliran dalam pipa pada suatu jaringan perpipaan umumnya dapat digolongkan sebagai aliran turbulen. Rumus Hazen-Williams adalah salah satu rumus empiris dan sederhana dan sangat umum digunakan dalam industri perpipaan.

Dalam hal ini untuk pipa transmisi dan distribusi dipilih pipa HDPE, mengingat pipa ini lebih ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air, mencapai 100 m tanpa sambungan untuk diameter kecil dan lebih mudah pemasangannya

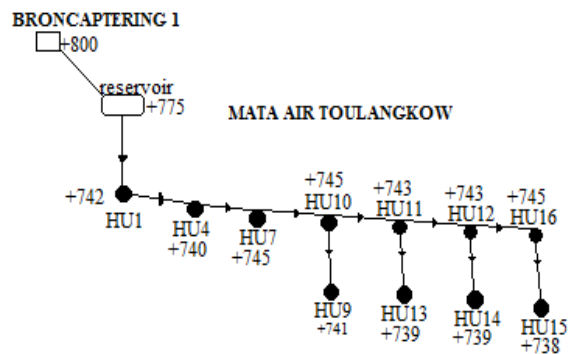


Gambar 3. Skema Perencanaan Sistem Jaringan Perpipaan

Perencanaan ini dibagi dalam 2 zona jaringan. Berdasarkan data dan keterangan dari kantor Kelurahan Lahendong, untuk jumlah penduduk di zona 1 yaitu 70% dan zona 2 30% dari total jumlah penduduk.

**a. Zona 1**

Pada zona 1 ini, mata air berada lebih tinggi dari daerah layanan namun berada di dalam kawasan hutan lindung. Untuk itu air akan dikumpul di broncaptering kemudian disalurkan secara gravitasi ke reservoir distribusi yang berada lebih dekat dengan daerah layanan. Sehingga air dari reservoir akan dialirkan secara gravitasi ke 11 hidran umum.



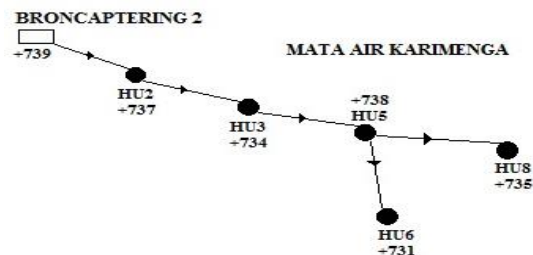
Gambar 4. Skema Perencanaan Sistem Jaringan Perpipaan Zona 1

Tabel 10. Elevasi dan jarak pada node dan link zona 1

ZONA 1		ZONA 1	
Node	Elevasi (m)	Link	Jarak (m)
Bronkaptering 1	800	Bronkaptering1-Res	203,12
Reservoir	775	Reservoir - HU1	188,14
HU1	742	HU1 - HU4	115,68
HU4	740	HU4 - HU7	58,83
HU7	745	HU7 - HU10	92,58
HU9	741	HU10 - HU9	43,58
HU10	745	HU10 - HU11	45,59
HU11	743	HU11 - HU13	41,03
HU12	743	HU11 - HU12	64,34
HU13	739	HU12 - HU14	37,47
HU14	739	HU12 - HU16	56,45
HU15	738	HU16 - HU15	38,79
HU16	745		

**b. Zona 2**

Pada zona 2 ini juga mata air berada lebih tinggi dari daerah layanan dan lebih mudah dijangkau, sehingga air dari mata air ini langsung dikumpulkan di broncaptering kemudian dialirkan secara gravitasi ke 5 hidran umum.



Gambar 5. Skema Perencanaan Sistem Jaringan Perpipaan Zona 2

Tabel 11. Elevasi dan jarak pada *node* dan *link* zona 2

ZONA 1		ZONA 1	
Node	Elevasi (m)	Link	Jarak (m)
Bronkaptering 1	800	Bronkaptering1-Res	203,12
Reservoir	775	Reservoir - HU1	188,14
HU1	742	HU1 - HU4	115,68
HU4	740	HU4 - HU7	58,83
HU7	745	HU7 - HU10	92,58
HU9	741	HU10 - HU9	43,58
HU10	745	HU10 - HU11	45,59
HU11	743	HU11 - HU13	41,03
HU12	743	HU11 - HU12	64,34
HU13	739	HU12 - HU14	37,47
HU14	739	HU12 - HU16	56,45
HU15	738	HU16 - HU15	38,79
HU16	745		

**Desain Bangunan Penangkap Mata Air (Broncaptering)**

*Broncaptering* yaitu bangunan yang digunakan untuk menampung atau menangkap air yang ke luar dari mata air. Titik-titik mata air dibungkus, kemudian dari bangunan air yang dibentuk bak ini, air dialirkan ke bangunan reservoir yang ada.

**a. Zona 1**

Rencana dimensi *broncaptering* pada zona 1

- Panjang = 3 meter
- Lebar = 3 meter
- Tinggi = 3 meter

Jadi, volume *broncaptering* =  $3 \times 3 \times 3 = 27 \text{ m}^3$

**b. Zona 2**

Rencanakan dimensi *broncaptering* pada zona 2

- Panjang = 3 meter
- Lebar = 2 meter
- Tinggi = 2 meter

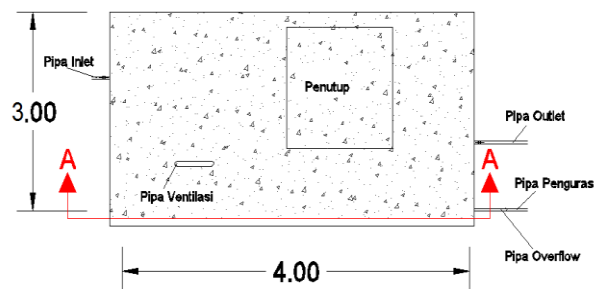
Jadi, volume *broncaptering* =  $3 \times 2 \times 2 = 12 \text{ m}^3$

**Desain Hidrolis Reservoir**

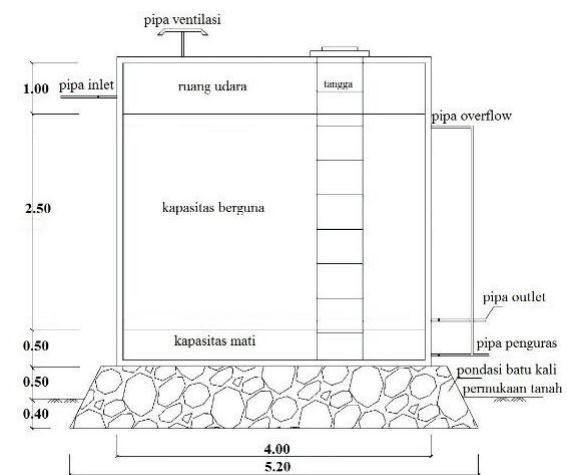
Reservoir direncanakan pada daerah ketinggian yang merupakan elevasi tertinggi dari lokasi ke kelurahan agar bisa dialirkan secara gravitasi dan direncanakan berada dekat dengan daerah layanan agar mudah dikontrol. Perhitungan reservoir sebagai berikut.

- Penduduk zona 1 sebanyak 70% dari total jumlah penduduk dan debit kebutuhan air total sebesar 36,21 ltr/orang/hari
- $70\% \times 3128 = 2190$  orang
- Untuk kebutuhan air bersih =  $2190 \times 36,21 = 79285,41$  ltr/hari =  $79,285 \text{ m}^3/\text{hari} = 3,303 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Suplai air =  $1,14 \text{ l/dtk} = 4104 \text{ l/jam} = 4,10 \text{ m}^3/\text{jam}$

- Kapasitas berguna reservoir diambil sebesar 20% dari total kebutuhan air harian maksimum yaitu 1,639 l/detik  
Kapasitas berguna reservoir =  $0,20 \times 0,001639 \text{ m}^3/\text{detik} \times (24 \times 3600) = 28,32 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Ukuran kapasitas berguna reservoir ditetapkan sebagai berikut :  
 Panjang = 4 m  
 Lebar = 3 m  
 Tinggi = 2,5 m  
 Volume Reservoir =  $(4 \times 3 \times 2,5) \text{ m} = 30 \text{ m}^3 >$  Kapasitas reservoir yang dibutuhkan  
 =  $30 \text{ m}^3 > 28,32 \text{ m}^3$
- Direncanakan pula tinggi ruang udara adalah 1 m dan tinggi kapasitas mati adalah 0,5 m. Sehingga total tinggi dari reservoir adalah  $2,5 \text{ m} + 1 \text{ m} + 0,5 \text{ m} = 4 \text{ m}$   
Maka, dimensi reservoir adalah  $(4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 4 \text{ m})$



Gambar 6. Tampak Atas Reservoir



Gambar 7. Potongan A-A Reservoir

**Desain Jaringan Pipa Distribusi Utama dari Reservoir dan Broncaptering 2 ke Konsumen**

Pipa distribusi utama mulai dari reservoir sampai ke konsumen menggunakan pipa jenis



HDPE (*high density Polyethylene*). Perpipaan dihitung dengan persamaan Hazen – Williams.

- Pipa distribusi utama yakni dari reservoir ke daerah pelayanan terjauh yaitu HU 16

$$Q = 1,606 \text{ ltr/detik} = 0,001606 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$h_1 = 775 \text{ m}$  (Elevasi muka air terendah di reservoir)

$h_2 = 745 \text{ m}$  (Elevasi ujung pipa terjauh)

$$h = 775 \text{ m} - 745 \text{ m} = 30 \text{ m}$$

$$D = 2 \text{ inch} = 0,05 \text{ m}$$

$$L = 782,48 \text{ m} + (782,48 \text{ m} \times 20\%) = 156,49 \text{ m}$$

$$C_{hw} = 140$$

Mengalami kehilangan head :

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

$$h_f = \frac{10,675 \times 0,0016^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,05^{4,8704}} \times 156,49$$

$$h_f = 2,55 \text{ m}$$

Kontrol :  $h_f < h$  (OK)

$$2,55 \text{ m} < 30 \text{ m} \text{ (OK)}$$

Menghitung kecepatan aliran :

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

$$S = \frac{h_f}{L} = \frac{2,55}{156,49} = 0,016$$

$$V = 0,3545 \times 140 \times 0,05^{0,63} \times 0,016^{0,54}$$

$$V = 0,809 \text{ m/det}$$

- Pipa Distribusi Utama yakni dari Broncaptering 2 ke daerah pelayanan terjauh yaitu HU8

$$Q = 0,688 \text{ ltr/detik} = 0,000688 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$h_1 = 739 \text{ m}$  (Elevasi muka air terendah di broncaptering)

$h_2 = 735 \text{ m}$  (Elevasi ujung pipa terjauh)

$$h = 739 \text{ m} - 735 \text{ m} = 4 \text{ m}$$

$$D = 2 \text{ inch} = 0,05 \text{ m}$$

$$L = 219,09 \text{ m} + (219,09 \text{ m} \times 20\%) = 43,818 \text{ m}$$

$$C_{hw} = 140$$

Mengalami kehilangan head :

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

$$h_f = \frac{10,675 \times 0,0016^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,05^{4,8704}} \times 43,818$$

$$h_f = 0,71 \text{ m}$$

Kontrol :  $h_f < h$  (OK)

$$0,71 \text{ m} < 4 \text{ m} \text{ (OK)}$$

Menghitung kecepatan aliran :

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

$$S = \frac{h_f}{L} = \frac{0,71}{43,818} = 0,016$$

$$V = 0,3545 \times 140 \times 0,05^{0,63} \times 0,016^{0,54}$$

$$V = 0,809 \text{ m/det}$$

## Pembahasan

- Proyeksi pertumbuhan penduduk untuk 20 tahun kedepan dihitung menggunakan 3 metode regresi, yaitu metode regresi linier, regresi logaritma dan regresi eksponensial. Namun berdasarkan hasil analisis, trend regresi terbaik dengan  $r^2$  terbesar dan  $Se$  terkecil adalah analisa regresi linier.
- Untuk sistem penyediaan air bersih, menggunakan 16 hidran umum dengan jumlah penduduk 3128 jiwa dan kebutuhan debit tiap hidran sebesar 0,14 liter/detik.
- Jumlah air bersih yang dibutuhkan baik kebutuhan air domestik, non domestik dan kehilangan pada 20 tahun mendatang adalah 1,311 ltr/detik atau 36,21 ltr/orang/hari.
- Dalam pengembangan sistem jaringan air bersih di kelurahan Lahendong, untuk tipe pengalirannya di bagi menjadi 2 zona, zona 1 dan zona 2 menggunakan tipe pengaliran gravitasi (*gravity system*).
- Broncaptering direncanakan dengan fungsi menangkap air dari mata air. Ukuran broncaptering yakni :  
Zona 1 ( $3 \times 3 \times 3$ ) m  
Zona 2 ( $3 \times 2 \times 2$ ) m
- Reservoir direncanakan karena aliran air yang terjadi tidaklah statis. Kapasitas berguna reservoir  $28,32 \text{ m}^3$  sehingga dimensi dari reservoir ( $4 \times 3 \times 2,5$ ) m
- Pipa distribusi utama didapat dari hasil perhitungan dengan rumus Hazen-Williams. Pipa distribusi utama dari reservoir distribusi ke semua Hidran Umum, menggunakan pipa dengan diameter 2”

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil analisis maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk pengembangan sistem penyediaan air bersih di kelurahan Lahendong menggunakan dua mata air sebagai sumber air bersih dengan debit sebesar 1,311 l/det. Atau 36,21 l/orang/hari.
2. Perhitungan proyeksi jumlah penduduk digunakan adalah analisis regresi linier karena memiliki *standart error (Se)* terkecil dan memiliki nilai  $r$  (koefisien korelasi) mendekati 1.
3. Jumlah hidran umum sebanyak 16 hidran dengan kapasitas tiap hidran  $2 \text{ m}^3$ . Dengan kebutuhan tiap hidran 0,14 l/det.

4. Untuk menangkap air dari masing-masing mata air, menggunakan broncapetering dengan ukuran  $(3 \times 3 \times 3)$  m untuk zona 1 dan  $(3 \times 2 \times 2)$  m untuk zona 2.
5. Reservoir distribusi berada di zona 1 dengan ukuran  $(4 \times 3 \times 2,5)$  m
6. Sistem distribusi dari reservoir distribusi menuju ke hidran umum secara gravitasi menggunakan pipa HDPE (*high density polyethylene*) bediameter 2”

#### Saran

Perlu dibuat suatu sistem manajemen untuk operasional pemeliharaan sistem penyediaan air bersih di kelurahan Lahendong.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agus Irianto, 2004, *Statistik Konsep Dasar, Aplikasi dan Pengembangan*, Prenada Media, Jakarta, hal 158;182;186;187.
- Anonimous, 1990, *Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan*, Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen PU, Jakarta.
- Anonimous, 2004, *El Cedro Canal Intake in the CEA Project*, <http://iecca.net/iecca2004/images/experi14.jpg>
- Anonimous, 2011, *Sistem Penyediaan Air Bersih*,. [http://adiprawito.dosen.narotama.ac.id/files/2011/10/BAB\\_VII\\_sistem\\_penyedien\\_air\\_bersih.pdf](http://adiprawito.dosen.narotama.ac.id/files/2011/10/BAB_VII_sistem_penyedien_air_bersih.pdf)
- Anonimous, 2013, *Hidrologi Mempelajari Siklus Air*, <http://www.ilmusipil.com/hidrologi-mempelajari-siklus-air>
- Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset ,Yogyakarta, hal 2-5.
- Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta, hal 51-58.
- Kodoatie, J R, 2008, *Pengelolaan Sumber Air Terpadu*, Andi Offset, Yogyakarta
- NSPM Kimpraswil, 2002, *Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual Bagian 6, Air Minum Perkotaan*, Edisi Pertama, Jakarta.
- Prasetyo D, Zaman N Meisyah, 2013-2014, *Perencanaan Reservoir*
- Radiana Triatmadja, 2007, *Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan*, DRAFT, Yogyakarta, hal 2-17;2-18;2-19;3-37;3-38;3-39;3-62.
- Tanudjaja, L, 2011, *Rekayasa Lingkungan*, Materi Kuliah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado