

## PERENCANAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH DI DESA RINONDORAN KECAMATAN LIKUPANG TIMUR KABUPATEN MINAHASA UTARA

Brainer Sibula

Tiny Mananoma, Lambertus Tanudjaja, Alex Binilang

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email:[br4in\\_r@yahoo.co.id](mailto:br4in_r@yahoo.co.id)

### ABSTRAK

*Desa Rinondoran yang terdiri dari 6 lingkungan belum mendapatkan pelayanan air bersih dari PDAM Kabupaten Minahasa Utara dan selama ini mengandalkan sumur dalam yang dibuat oleh Pemerintah Kabupaten Minahasa Utara. Dari sumur tersebut, air dipompa ke 6 tangki di atas tower setinggi 4 meter kemudian dialirkan secara gravitasi ke 12 kran umum di desa Rinondoran namun hanya melayani sebagian wilayah desa, sehingga ada masyarakat yang tidak mendapatkan air.*

*Di desa Rinondoran akan direncanakan jaringan distribusi air bersih yang baru agar sebagian wilayah desa Rinondoran yang belum terlayani air bersih dari sumur dalam eksisting dapat terlayani dengan baik.*

*Air yang dipompa selama 10 jam dengan debit 1,1104 l/d pada sumur dalam eksisting menghasilkan 39.973 liter dalam satu hari. Dalam perencanaan ini, direncanakan pemakaian air selama 12 jam/hari, sehingga kapasitas air dari sumur dalam eksisting masih mampu melayani kebutuhan air total di desa Rinondoran sampai tahun 2022. Pompa beroperasi dari jam 5.00 sampai 15.00 wita untuk melayani kebutuhan air warga Rinondoran dari jam 5.00 sampai 17.00 wita (selama 12 jam). Air dipompa ke reservoir yang direncanakan terletak di desa Rinondoran pada elevasi 64,484 m. Ukuran reservoir yang direncanakan adalah (1,5 x 1,5 x 1,0 m). Pipa distribusi dari reservoir ke hidran-hidran umum yang disebarkan di desa, menggunakan pipa HDPE SDR-11, S-5 dengan diameter bervariasi dari 12,7 mm sampai 63,5 mm (1/2" – 2 1/2").*

**Kata kunci :** *Desa Rinondoran, sumur, reservoir, debit, kebutuhan air.*

### PENDAHULUAN

Air merupakan hal paling penting dalam kehidupan. Dalam setiap aktivitasnya, manusia mutlak membutuhkan air bersih. Untuk itu diperlukan adanya penyediaan air bersih yang secara kualitas memenuhi standar yang berlaku dan secara kuantitas maupun kontinuitas harus dapat memenuhi kebutuhan masyarakat di suatu wilayah sehingga aktivitas dapat berjalan dengan baik.

Desa Rinondoran belum mendapatkan pelayanan air bersih dari PDAM kabupaten Minahasa Utara dan selama ini mengandalkan sumur air tanah dalam yang dibuat oleh Pemerintah Kabupaten Minahasa Utara. Desa Rinondoran memiliki sumur air tanah dalam yang dipompa ke 6 tangki di atas tower setinggi 4 meter kemudian dialirkan

secara gravitasi ke 12 kran umum di desa Rinondoran yang hanya mencakup sebagian wilayah desa (sebagian masyarakat yang mendapat air dari sumur air tanah dalam tersebut).

Untuk itu perlu adanya upaya perencanaan penyediaan air bersih di wilayah Desa Rinondoran Kecamatan Likupang Timur, Minahasa Utara. Upaya yang direncanakan adalah mendisain jaringan pipa yang baru dan pembuatan reservoir.

### Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari studi ini adalah :

1. Merencanakan alternatif sumur air tanah dalam yang baru jika sumur eksisting tidak mampu memenuhi kebutuhan air bersih di desa Rinondoran sampai tahun 2022.

2. Merencanakan suatu sistem jaringan distribusi air bersih yang baru.

**Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini sendiri adalah:

1. Sebagai acuan bagi peneliti tentang cara merencanakan penyediaan air bersih di Desa Rinondoran, Kecamatan Likupang Timur, kabupaten Minahasa Utara.
2. Sebagai masukan kepada instansi/institusi terkait, alternatif yang dapat dilakukan untuk mengembangkan pelayanan air bersih di wilayah Desa Rinondoran, Kecamatan Likupang Timur, kabupaten Minahasa Utara.

**LANDASAN TEORI**

**Menghitung Data Jumlah Penduduk yang Hilang**

Untuk mencari data penduduk yang hilang, digunakan metode antar sensus

$$Pm = Po + \frac{m}{n}(Pn - Po) \quad (1)$$

dimana:

- Pn = jumlah penduduk pada tahun n
- Po = jumlah penduduk awal
- Pm = jumlah penduduk yang diestimasikan
- m = selisih tahun yang dicari dengan tahun awal
- n = selisih tahun dari 2 sensus yang diketahui

**Menghitung pertumbuhan jumlah penduduk (Sudjana,1982)**

Analisis Regresi Linier

$$Y = a + bX \quad (2)$$

$$a = \frac{n(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (3)$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (4)$$

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (5)$$

dengan:

- Y = Jumlah Penduduk
- X = Jumlah Tahun
- a,b = Koefisien regresi
- n = Jumlah data
- r = Koefisien korelasi

Analisis Regresi Logaritma

$$Y = a + b \ln X \quad (6)$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum \ln X}{n} \quad (7)$$

$$b = \frac{n \sum (\ln X)Y - \sum (\ln X) \sum Y}{n \sum \ln X^2 - (\sum \ln X)^2} \quad (8)$$

$$r = \frac{n \sum (\ln X)Y - \sum (\ln X) \sum Y}{\sqrt{n \sum \ln X^2 - (\sum \ln X)^2} \sqrt{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (9)$$

dengan:

- Y = Jumlah Penduduk
- X = Jumlah Tahun
- a,b = Koefisien regresi
- n = Jumlah data
- r = Koefisien korelasi

Analisis Regresi Eksponensial

$$Y = ae^{bx} \quad (10)$$

$$b = \left( \frac{n \sum X \ln Y - \sum X \sum \ln Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \right) \quad (11)$$

$$a = \text{Exp} \frac{\sum \ln Y - b \sum \ln X}{n} \quad (12)$$

$$r = \frac{n \sum X \ln Y - \sum \ln Y \sum X}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum \ln Y^2 - (\sum \ln Y)^2}} \quad (13)$$

dengan:

- Y = Jumlah penduduk
- a,b = Koefisien regresi
- X = Tahun yang ditinjau
- n = Jumlah data
- r = Koefisien korelasi
- r<sup>2</sup> = Koefisien determinasi

Dalam memilih trend mana yang paling cocok untuk pertumbuhan jumlah penduduk yang dianalisis maka diambil nilai r (koefisien korelasi) yang paling mendekati 1, atau yang memiliki standar error (Se) yang paling kecil (Supangat, 2010) .

$$Se = \sqrt{\frac{\sum Y^2 - a \sum Y - b \sum XY}{n - 2}} \quad (14)$$

dimana :

- Se = Standar error
- Y = Jumlah penduduk
- X = Tahun yang ditinjau
- n = Jumlah data
- a,b = Koefisien regresi

**Kebutuhan air domestik dan non-domestik**

Tabel 1. Kriteria Perencanaan dan Standar Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan

No	Uraian	Kriteria
1	Pemakaian rata-rata air bersih melalui Hidran umum/kran umum (HU/KU)	30 l/org/hari
2	Pemakaian rata-rata air bersih melalui sambungan rumah (SR)	90 l/org/hari
3	Lingkup pelayanan	60% -100%
4	Perbandingan HU/KU : SR	20:80 - 50:50
5	Kebutuhan air non-domestik	5%
6	Kehilangan air akibat kebocoran	15%
7	Faktor puncak untuk harian maksimum	1,5 x qr
8	Pelayanan HU/KU	100 org/unit
9	Pelayanan sambungan rumah	10 org/unit
10	Jam operasi	12 jam
11	Aliran maksimum HU/KU	3000 l/hr
12	Aliran maksimum SR	900 l/hr
13	Periode perencanaan	10 tahun

Sumber: Pedoman teknis air bersih IKK Pedesaan, 1990

Tabel 2. Kriteria Disain Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan

SPABP	Keterangan
Kran Umum atau Hidran Umum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cakupan pelayanan 60 - 100% jumlah penduduk</li> <li>• Jarak minimum penempatan minimal 200 meter</li> <li>• Pelayanan 30–60 l/hari/jiwa</li> <li>• Faktor Kehilangan air 20% dari total kebutuhan air</li> <li>• Faktor hari maksimum 1,1</li> <li>• Faktor jam puncak 1,2</li> <li>• Periode disain 5 – 10 tahun</li> </ul>

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

### Kehilangan Air

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter. Penentuan kebocoran/ kehilangan air dilakukan dengan asumsi yaitu sebesar 15% dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non-domestik.

### Kebutuhan Total Air Bersih

Kebutuhan air total merupakan penjumlahan dari kebutuhan air domestik, non domestik ditambah kehilangan air. Kebutuhan air harian maksimum adalah

kebutuhan air pada hari tertentu dalam setiap minggu, bulan dan tahun sehingga kebutuhan airnya sangat tinggi. (Triatmadja, 2008)

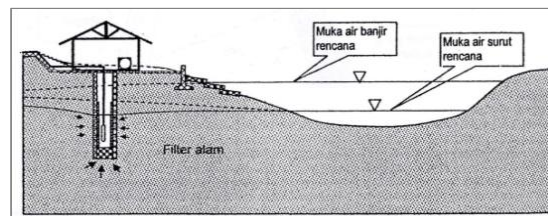
### Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan

Komponen jaringan air minum secara makro adalah :

1. Sumber Air dan PMA
2. Instalasi pengolahan air (IPA),
3. Jaringan Transmisi
4. Jaringan Distribusi.

### Sumber air dan Penangkap Mata Air (Broncapturing)

PMA yang berupa sumur dekat sungai dapat dibuat seperti pada gambar 1.



Gambar 1. PMA yang berupa sumur  
Sumber : Triatmadja, 2008

### Instalasi Pengolahan Air (IPA)

Instalasi Pengolahan Air kadang-kadang hampir tidak dibutuhkan, jika air sumber sudah sangat dekat dengan persyaratan air minum baik dilihat dari sudut fisis, kimia maupun biologi. (Triatmadja, 2008)

### Jenis Pipa

Tabel 3. Beberapa jenis pipa, keuntungan dan kerugiannya secara sepintas

No.	Jenis Pipa	Keuntungan	Kerugian
1.	Bambu	murah, terdapat di pelosok	Cepat rusak , banyak bocor
2.	PVC	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air	Tekanan rendah
3.	HDPE	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air, panjang mencapai 100 m tanpa sambungan untuk diameter kecil	Tekanan rendah
4.	Baja, Galvanize d iron	Tekanan tinggi	Berat, transportasi dan instalasi lebih mahal

Sumber : Triatmadja, 2008

### Jalur Pipa Transmisi dan Distribusi

Pipa merupakan komponen utama dalam jaringan perpipaan meliputi transmisi dan distribusi. Pipa yang digunakan dalam jaringan berbagai macam jenisnya, misalnya pipa tanah liat bakar, bambu, pipa PVC, besi galvanisir (Galvanized Iron), baja, beton dan sebagainya. (Triatmadja, 2008)

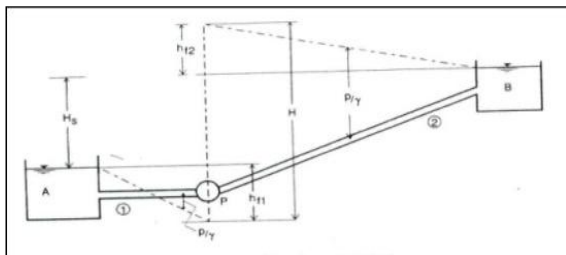
### Reservoir

Reservoir distribusi merupakan bangunan penampungan air minum sebelum dilakukan pendistribusian ke pelanggan/ masyarakat, yang dapat ditempatkan di atas permukaan tanah maupun di bawah permukaan tanah. (Tri Joko, 2010)

### Pompa

Kehilangan tenaga adalah ekivalen dengan penambahan tinggi elevasi, sehingga efeknya sama dengan jika pompa menaikkan zat cair setinggi:

$$H = H_s + \sum H_f \quad (15)$$

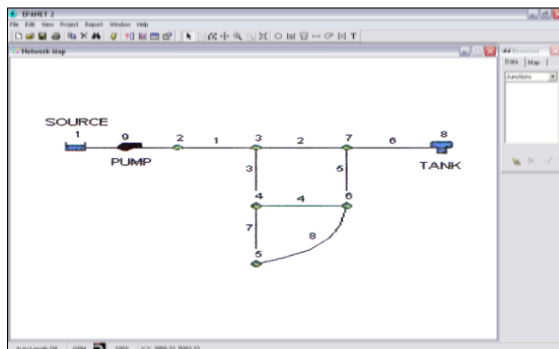


Gambar 2. Kehilangan tenaga akibat pompa  
Sumber : Triatmodjo, 1993

### Perencanaan Sistem Jaringan Pipa Dengan EPANET



#### Langkah-langkah

Dalam menjelaskan cara menggunakan secara langkah demi langkah akan digunakan sebuah contoh kasus seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh jaringan distribusi air  
Sumber : [EPANET](#)

### Menggambar Map Jaringan

1. Pertama-tama tempatkan reservoir dengan mengklik tombol pada *toolbar* (jika *toolbar* ini tidak terlihat maka tampilkan dengan memilih **View/ Toolbar / Map**). Kemudian klik pada map di mana lokasi reservoir berada seperti pada gambar contoh jaringan di atas.
2. Berikutnya kita akan menambahkan *node-node* pada *map*. Klik tombol  pada *toolbar* kemudian sampai *node 7* berada.
3. Berikutnya tambahkan *tank* dengan mengklik tombol pada *toolbar* kemudian klik *map* di posisi *tank* tersebut berada.
4. Berikutnya kita akan menambahkan pipa-pipa ke dalam *map*.
  - a. Kita mulai dengan pipa 1 yang menghubungkan *node 2* ke 3. Klik  pada *toolbar*.
  - b. Klik pada *node 2* di *map* dan kemudian pada *node 3*.
  - c. Perhatikan bagaimana sebuah outline pipa muncul ketika kita menggerakkan *mouse* dari *node 2* ke 3. Ulangi prosedur di atas untuk pipa 2 sampai 7.
  - d. Perhatikan pipa 8 berbentuk kurva. Untuk menggambarinya, klik dulu pada *node 5*, kemudian ketika kita menggerakkan *mouse* menuju *node 6*, klik pada titik-titik di mana pipa 8 itu berbelok. Jaga agar bentuk yang diharapkan tetap terjaga. Lengkapi proses ini dengan klik pada *node 6*.
5. Akhirnya tambahkan *pump* dengan mengklik tombol. Klik pada *node 1* kemudian klik pada *node 2*.

### METODOLOGI PENELITIAN

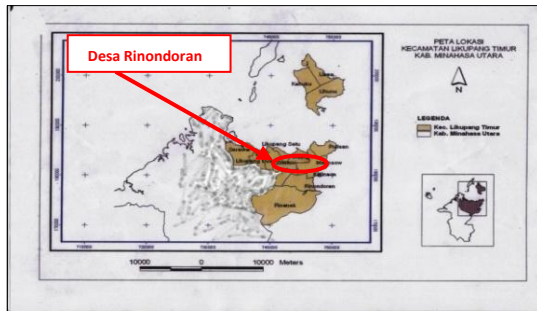
#### Gambaran umum lokasi penelitian

##### Geografi

Wilayah desa Rinondoran secara geografis terletak pada antara 1°35'58,42" hingga 1°37'11,57" Lintang Utara dan antara 125°6' 29,87" hingga 125°8' 5,60" Bujur Timur.

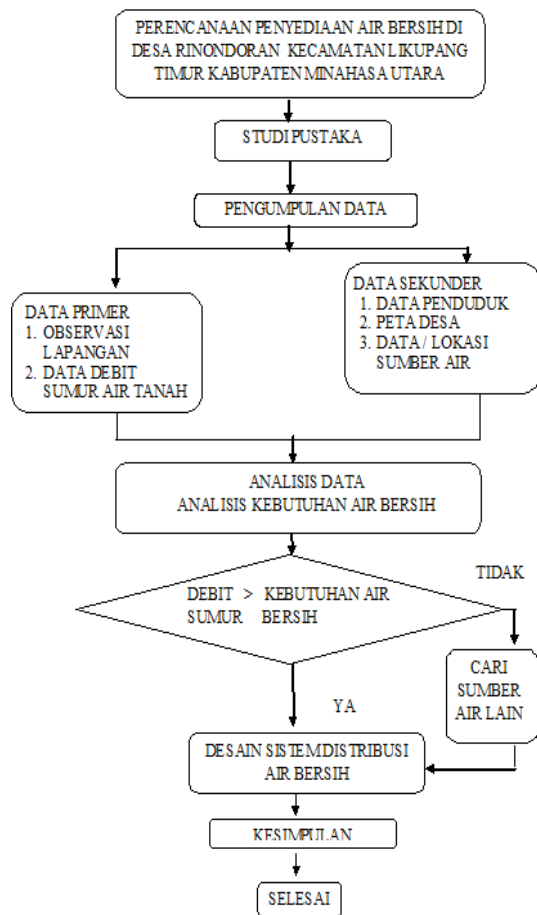
- Sebelah utara berbatasan dengan Desa Kalinaon
- Sebelah barat berbatasan dengan Desa Winuri
- Sebelah timur berbatasan dengan Laut

- Sulawesi
- Sebelah selatan berbatasan dengan Desa Pinenek



Gambar 4. Peta Administrasi Kecamatan Likupang Timur  
Sumber : Kecamatan Likupang Timur

### Prosedur Penelitian



### Pengumpulan Data

Data Primer yang diperlukan adalah data debit air pompa dari sumur dalam dengan menggunakan cara metode volumetrik. Saat pompa beroperasi, air yang keluar dari pipa transmisi yang sudah terhubung langsung

dengan pompa submersible, ditampung dalam kaleng berbentuk tabung yang bervolume 1,1618 liter. Data waktu saat kaleng penuh dengan air tersebut dicatat. Percobaan ini dilakukan sebanyak 20 kali.

Data-data waktu dari 20 tangkap air akan dianalisis untuk mendapatkan data debit air pompa dari sumur dalam yang diteliti. Data debit yang dihasilkan dari 20 tangkap air tersebut akan dihitung debit rata-rata. Debit dihitung berdasarkan rumus volume per waktu. Kemudian untuk mencari debit rata-rata diperoleh dari rumus total debit keseluruhan dibagi 20 (jumlah data debit). Berikut ini adalah tabel pencatatan waktu tangkap air.

Tabel 4. Pencatatan waktu tangkap air

No	Percobaan	Volume (liter)	Waktu (detik)
1	Tangkap 1	1,1618	1,14
2	Tangkap 2	1,1618	1,04
3	Tangkap 3	1,1618	1,08
4	Tangkap 4	1,1618	1,03
5	Tangkap 5	1,1618	1,15
6	Tangkap 6	1,1618	1,00
7	Tangkap 7	1,1618	1,08
8	Tangkap 8	1,1618	1,06
9	Tangkap 9	1,1618	1,08
10	Tangkap 10	1,1618	1,00
11	Tangkap 11	1,1618	1,06
12	Tangkap 12	1,1618	0,91
13	Tangkap 13	1,1618	1,01
14	Tangkap 14	1,1618	1,09
15	Tangkap 15	1,1618	1,08
16	Tangkap 16	1,1618	1,07
17	Tangkap 17	1,1618	1,16
18	Tangkap 18	1,1618	1,01
19	Tangkap 19	1,1618	0,96
20	Tangkap 20	1,1618	0,99

Sumber : Hasil Percobaan

### ANALISIS DATA

#### Analisis Data Penduduk yang Hilang

Tabel 5. Data Penduduk Wilayah Desa Rinondoran Tahun 2007-2012

Tahun	Jumlah penduduk ( jiwa )
2007	1105
2008	-
2009	-
2010	1197
2011	1229
2012	1429

Sumber : BPS Provinsi Sulawesi Utara

- Analisis jumlah penduduk tahun 2008 dengan Persamaan 1 :

$$P_m = P_o + \frac{m}{n} (P_n - P_o)$$

$$P_{2008} = 1105 + \left( \frac{2008 - 2007}{2010 - 2007} \right) x (1197 - 1105)$$

$$P_{2008} = 1136 \text{ jiwa}$$

$$P_{2009} = 1105 + \left( \frac{2009 - 2007}{2010 - 2007} \right) x (1197 - 1105)$$

$$P_{2009} = 1167 \text{ jiwa}$$

Tabel 6. Data Penduduk Wilayah Desa Rinondoran Tahun 2007-2012 (Setelah dicari data penduduk yang hilang)

Tahun	Jumlah penduduk ( jiwa )
2007	1105
2008	1136
2009	1167
2010	1197
2011	1229
2012	1429

Sumber : Hasil Analisis

**Analisis Proyeksi Penduduk**

**Analisis Regresi Eksponensial**

Analisis regresi eksponensial diperlihatkan pada Tabel 7.

- Analisis koefisien regresi :

$$b = \left( \frac{n \sum X \ln Y - (\sum \ln Y)(\sum X)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \right)$$

$$b = \frac{(6 \times 149,77317) - (42,57132 \times 21)}{((6 \times 91) - (21^2))}$$

$$a = \text{Exp} \frac{\sum \ln Y - b \sum \ln X}{n}$$

$$a = \text{Exp} \frac{42,57132 - (0,044 \times 6,579251)}{6}$$

$$= 1033$$

$$Y = a \cdot e^{bx}$$

$$Y = 1033 \cdot e^{0,044x}$$

- Analisis koefisien korelasi :

$$r = \frac{n \sum X \ln Y - \sum \ln Y \sum X}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum \ln Y^2 - (\sum \ln Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 149,77317) - ((302,0943984) \times (21))}{\sqrt{((6 \times 91) - (21^2))} \sqrt{(6 \times 302,0943984) - (42,57132^2)}}$$

$$r = 0.907643$$

- Analisis koefisien regresi :

$$b = \left( \frac{n \sum X \ln Y - (\sum \ln Y)(\sum X)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \right)$$

$$b = \frac{(6 \times 149,77317) - (42,57132 \times 21)}{((6 \times 91) - (21^2))}$$

$$a = \text{Exp} \frac{\sum \ln Y - b \sum \ln X}{n}$$

$$a = \text{Exp} \frac{42,57132 - (0,044 \times 6,579251)}{6}$$

$$= 1033$$

$$Y = a \cdot e^{bx}$$

$$Y = 1033 \cdot e^{0,044x}$$

- Analisis koefisien korelasi :

$$r = \frac{n \sum X \ln Y - \sum \ln Y \sum X}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum \ln Y^2 - (\sum \ln Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 149,77317) - ((302,0943984) \times (21))}{\sqrt{((6 \times 91) - (21^2))} \sqrt{(6 \times 302,0943984) - (42,57132^2)}}$$

$$r = 0.907643$$

- Analisis Standar Error :

$$Se = \sqrt{\frac{\sum \ln Y^2 - a \sum \ln Y - b \sum X \ln Y}{n - 2}}$$

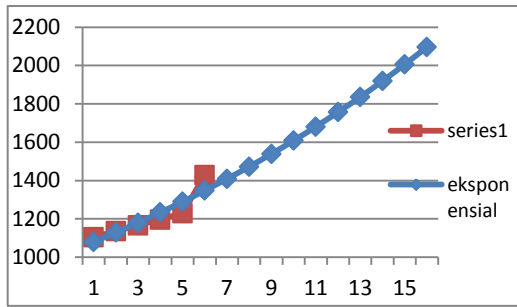
$$Se = \sqrt{\frac{302,094398 - (1033 \times 42,57132) - (0,044 \times 149,77317)}{6 - 2}}$$

$$Se = 0,042757$$

Tabel 7. Analisis Regresi Eksponensial

No	X	Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY	ln X	ln Y	X ln Y	Y ln X	{ln X} <sup>2</sup>	{ln Y} <sup>2</sup>
1	1	1105	1	1221025	1105	0	7.007601	7.007601	0	0	49.10646636
2	2	1136	4	1290496	2272	0.693147	7.035269	14.07054	787.4152	0.480453014	49.49500426
3	3	1167	9	1361889	3501	1.098612	7.062192	21.18657	1282.081	1.206948961	49.87455065
4	4	1197	16	1432809	4788	1.386294	7.087574	28.35029	1659.394	1.921812056	50.23370103
5	5	1229	25	1510441	6145	1.609438	7.113956	35.56978	1977.999	2.590290394	50.60837153
6	6	1429	36	2042041	8574	1.791759	7.26473	43.58838	2560.424	3.210401996	52.77630456
Σ	21	7263	91	8858701	26385	6.579251	42.57132	149.7732	8267.314	9.40990642	302.0943984

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 5. Proyeksi Eksponensial Penduduk Desa Rinondoran

Tabel 8. Hasil Analisis Pertumbuhan Penduduk metode regresi Eksponensial

Tahun	X	Jumlah Penduduk ( jiwa )
2007	1	1080
2008	2	1129
2009	3	1180
2010	4	1234
2011	5	1289
2012	6	1348
2013	7	1409
2014	8	1472
2015	9	1539
2016	10	1608
2017	11	1681
2018	12	1757
2019	13	1836
2020	14	1919
2021	15	2006
2022	16	2096

### Analisis Kebutuhan Air

#### Analisis Kebutuhan Air Domestik

Untuk analisis kebutuhan air domestik ini digunakan standar kebutuhan air domestik yaitu 30 liter/jiwa/hari.

Tabel 9. Kebutuhan Air Domestik di Desa Rinondoran

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kebutuhan air domestik (Liter/Detik)
x	y	$qd = (y \times (30 \text{ liter/org/hari})) / (24 \times 3600)$
2013	1409	0,489
2014	1472	0,511
2015	1539	0,534
2016	1608	0,558
2017	1681	0,584
2018	1757	0,610
2019	1836	0,638
2020	1919	0,666
2021	2006	0,697
2022	2096	0,728

Sumber : Hasil Analisis

#### Analisis Kebutuhan Air Non-Domestik

Dalam analisis kebutuhan air non domestik, diambil 5% dari kebutuhan air domestik.

Tabel 10. Kebutuhan Air Non-domestik di Desa Rinondoran

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa )	Kebutuhan air domestik (Liter/ Detik)	Kebutuhan air non domestik (Liter/ Detik)
x	y	$qd = (y \times (30 \text{ liter/org/hari})) / (24 \times 3600)$	$qn = qd \times 5\%$
2013	1409	0,489	0,024
2014	1472	0,511	0,026
2015	1539	0,534	0,027
2016	1608	0,558	0,028
2017	1681	0,584	0,029
2018	1757	0,610	0,031
2019	1836	0,638	0,032
2020	1919	0,666	0,033
2021	2006	0,697	0,035
2022	2096	0,728	0,036

Sumber : Hasil Analisis

#### Analisis Kehilangan Air

Tabel 11. Kehilangan Air

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kehilangan air (Liter/Detik)
	y	$qa = (qd + qn) \times 15\%$
2013	1409	0,077
2014	1472	0,081
2015	1539	0,084
2016	1608	0,088
2017	1681	0,092
2018	1757	0,096
2019	1836	0,100
2020	1919	0,105
2021	2006	0,110
2022	2096	0,115

Sumber : Hasil Analisis

#### Analisis Kebutuhan Air Total

Tabel 12. Kebutuhan air total

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Total kebutuhan air bersih (liter/detik)
x	y	$qr = qd + qn + qa$
2013	1409	0,591
2014	1472	0,617
2015	1539	0,645
2016	1608	0,674
2017	1681	0,705
2018	1757	0,737
2019	1836	0,770
2020	1919	0,805
2021	2006	0,841
2022	2096	0,879

Sumber : Hasil Analisis

**Analisis kebutuhan air harian maksimum dan jam puncak**

Kebutuhan air harian maksimum dihitung berdasarkan kebutuhan air rata-rata dikali faktor pengali yaitu 1,1 (110 % x kebutuhan air total).

Kebutuhan air jam puncak adalah kebutuhan air pada jam-jam tertentu dalam satu hari dimana kebutuhan airnya akan memuncak (Tabel 13). Kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan kebutuhan air rata-rata dikali faktor pengali yaitu 1,2 (120% x kebutuhan air total).

**Analisis Ketersediaan Air**

Analisis Ketersediaan Air Sumur Dalam yang dipompa Selama 10 jam/hari dengan Kebutuhan Air Total selama 12-15 jam/ hari sampai Tahun 2022 ditunjukkan pada Tabel 14. Tabel 15. Menunjukkan Analisis Ketersediaan Air Sumur Dalam yang Dipompa selama 10 jam/hari dengan

Kebutuhan Air Total selama 16-19 jam/hari sampai Tahun 2022

Tabel 13. Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Kebutuhan Air Jam Puncak di Desa Rinondoran

Tahun	Jumlah Penduduk ( jiwa )	Kebutuhan Air Harian Maksimum ( liter / detik)	Kebutuhan Air jam Puncak (liter / detik)
x	y	$qm = 1.1 \times qr$	$qp = 1.2 \times qr$
2013	1409	0,650	0,709
2014	1472	0,679	0,741
2015	1539	0,710	0,774
2016	1608	0,742	0,809
2017	1681	0,775	0,846
2018	1757	0,810	0,884
2019	1836	0,847	0,924
2020	1919	0,885	0,965
2021	2006	0,925	1,009
2022	2096	0,967	1,055

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 14. Analisis Ketersediaan Air Sumur Dalam yang dipompa Selama 10 jam/hari dengan Kebutuhan Air Total selama 12-15 jam/ hari sampai Tahun 2022

Tahun	Kebutuhan air total (liter / 12 jam)	Ketersediaan air dari sumur tanah dalam selama 10 jam (liter / 10 jam)	Ket	Kebutuhan air total (liter / 13 jam)	Ket	Kebutuhan air total (liter / 14 jam)	Ket	Kebutuhan air total (liter / 15 jam)	Ket
	$qr \times 3600 \times 12 \text{ jam}$	$1,1104 \times 3600 \times 10 \text{ jam}$		$qr \times 3600 \times 13 \text{ jam}$		$qr \times 3600 \times 14 \text{ jam}$		$qr \times 3600 \times 15 \text{ jam}$	
2013	25521	39973	cukup	27647	cukup	29774	cukup	31901	cukup
2014	26662	39973	cukup	28883	cukup	31105	cukup	33327	cukup
2015	27875	39973	cukup	30198	cukup	32521	cukup	34844	cukup
2016	29125	39973	cukup	31552	cukup	33979	cukup	36406	cukup
2017	30447	39973	cukup	32984	cukup	35222	cukup	38059	cukup
2018	31824	39973	cukup	34476	cukup	37128	cukup	39780	cukup
2019	33255	39973	cukup	36026	cukup	38797	cukup	41568	tidakcukup
2020	34758	39973	cukup	37654	cukup	40551	tidakcukup	43447	tidakcukup
2021	36334	39973	cukup	39361	cukup	42389	tidakcukup	45417	tidakcukup
2022	37964	39973	cukup	41127	tidakcukup	44291	tidakcukup	47455	tidakcukup

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 15. Analisis Ketersediaan Air Sumur Dalam yang Dipompa selama 10 jam/hari dengan Kebutuhan Air Total selama 16-19 jam/hari sampai Tahun 2022

Tahun	Ketersediaan air dari sumur tanah dalam selama 10 jam (liter / 10 jam)	Kebutuhan air total (liter / 16 jam)	Ket	Kebutuhan air total (liter / 17 jam)	Ket	Kebutuhan air total (liter / 18 jam)	Ket	Kebutuhan air total (liter / 19 jam)
	$1,1104 \times 3600 \times 10 \text{ jam}$	$qr \times 3600 \times 16 \text{ jam}$		$qr \times 3600 \times 17 \text{ jam}$		$qr \times 3600 \times 18 \text{ jam}$		$qr \times 3600 \times 19 \text{ jam}$
2013	39973	34027	cukup	36154	cukup	38281	cukup	40407
2014	39973	35549	cukup	37771	cukup	39992	tidakcukup	42214
2015	39973	37167	cukup	39490	cukup	41813	tidakcukup	44136
2016	39973	38833	cukup	41260	tidakcukup	43687	tidakcukup	46114
2017	39973	40596	tidakcukup	43133	tidakcukup	45671	tidakcukup	48208
2018	39973	42432	tidakcukup	45084	tidakcukup	47735	tidakcukup	50387
2019	39973	44339	tidakcukup	47111	tidakcukup	49882	tidakcukup	52653
2020	39973	46344	tidakcukup	49240	tidakcukup	52137	tidakcukup	55033
2021	39973	48445	tidakcukup	51473	tidakcukup	54501	tidakcukup	57528
2022	39973	50618	tidakcukup	53782	tidakcukup	56946	tidakcukup	60109

Sumber : Hasil Analisis



Apabila mencari alternatif satu sumur dalam baru dengan asumsi debit air sama dengan debit air pompa pada sumur dalam eksisting, maka analisis ketersediaan air dengan kebutuhan air total selama 24 jam dalam satu hari sampai tahun 2022 dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 16. Analisis Ketersediaan Air pada 2 Sumur Dalam yang Dipompa selama 10 jam/hari dengan Kebutuhan Air Total selama 24 jam/hari sampai Tahun 2022

Tahun	Kebutuhan air total (liter / 24 jam)	Ketersediaan air dari 2 sumur dalam yang dipompa (liter / 10 jam)	Perbandingan antara ketersediaan
	qr x 3600 x 24 jam	2x 1,1104 x 3600 x 10 jam	ketersed
2013	51041	79946	cukup
2014	53323	79946	cukup
2015	55750	79946	cukup
2016	58250	79946	cukup
2017	60894	79946	cukup
2018	63647	79946	cukup
2019	66509	79946	cukup
2020	69516	79946	cukup
2021	72667	79946	cukup
2022	75928	79946	cukup

Sumber : Hasil Analisis

## PEMBAHASAN

### Perencanaan Pemakaian air Per Jam dengan Kapasitas Sumur Dalam di Desa Rinondoran

Air dipompa selama 10 jam dengan debit 1,1104 liter/detik dari sumur dalam, menghasilkan 39973 liter dalam satu hari. Kapasitas air ini dapat mencukupi kebutuhan total air selama 12 jam/hari, sampai tahun 2022 yaitu sebesar 37964 liter. Jika kebutuhan total air selama 13 jam/hari, maka kapasitas air yang tersedia hanya mampu mencukupi kebutuhan air total sampai tahun 2021 sebesar 39361 liter. Jika kebutuhan total air selama 14 jam/hari, maka kapasitas air hanya mampu mencukupi kebutuhan air total sampai tahun 2020. Jika kebutuhan total air selama 15 jam/ hari, maka kapasitas air hanya mampu mencukupi kebutuhan air total sampai tahun 2018.

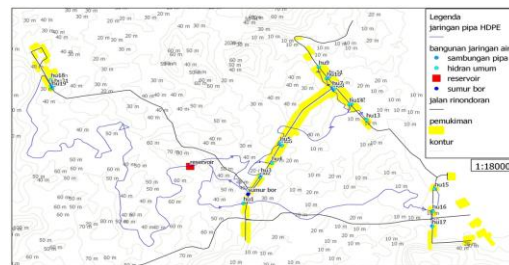
Dengan demikian perlu mencari alternatif satu sumur dalam baru dengan asumsi debit air yang dipompa sama dengan yang ada pada sumur eksisting, untuk mencukupi pemakaian air selama 24 jam terus menerus. Namun dalam perencanaan ini, digunakan pemakaian air selama 12 jam/hari, sehingga

kapasitas air dari sumur dalam eksisting masih mampu melayani kebutuhan air total sampai tahun 2022 di desa Rinondoran.

### Disain Sistem Jaringan Air Bersih

Sistem plan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Air dari sumur tanah dalam dipompa ke reservoir pada elevasi 65,342 m.
2. Selanjutnya air yang telah dikumpulkan dalam reservoir mengalir secara gravitasi melalui hidran umum 1 dengan elevasi 33,225 m, hidran umum 20 dengan elevasi 33,428 m, hidran umum 2 dengan elavasi 36,145 m, kemudian ke hidran umum yang lainnya.

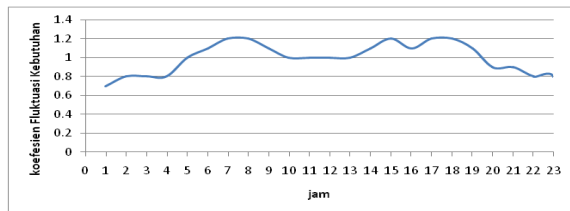


Gambar 6. Sistem Plan Penyediaan Air Bersih di Desa Rinondoran

Sumber : Peta DEM

### Disain Hidraulis Reservoir

Untuk menentukan dimensi reservoir, maka perlu didisain fluktuasi pemakaian air jam-jaman selama sehari di Desa Rinondoran. Disain koefisien fluktuasi tersebut berdasarkan koefesien fluktuasi layanan air dari Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) pada kondisi tekanan air terbatas seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Koefisien Fluktuasi Layanan Air atau Layanan Air dari SPAM pada Kondisi Tekanan Air Terbatas.

Sumber : Triatmadja (2008)

Pemakaian air per jam di Desa Rinondoran dari jam 5.00 sampai 17.00 wita, sedangkan pompa beroperasi dari jam 5.00 sampai 15.00 wita seperti pada Tabel 17.

Tabel 17. Pemakaian Air per Jam di Desa Rinondoran

jam	kapasitas reservoir saat kosong	Koefisien fluktuasi layanan air di desa Rinondoran	kebutuhan air bersih ( liter / detik ) qr x koef. Fluktuasi	suplay air yang pompa selama 10 jam ( liter / detik )	selisih antara suplay dan kebutuhan air ( liter / detik )	volume air tiap hidran ( liter / jam )	Kapasitas tiap hidran ( liter )	Keterangan
00.00-1.00	0	0	0	0	0	0	1100	
1.00-2.00	0	0	0	0	0	0	1100	
2.00-3.00	0	0	0	0	0	0	1100	
3.00-4.00	0	0	0	0	0	0	1100	
4.00-5.00	0	0	0	0	0	0	1100	
5.00-6.00	0	1	0.879	1.1104	0.2316	39.70	1100	tertampung
6.00-7.00	0	1.1	0.967	1.1104	0.3753	64.33	1100	tertampung
7.00-8.00	0	1.2	1.055	1.1104	0.4311	73.90	1100	tertampung
8.00-9.00	0	1.2	1.055	1.1104	0.4869	83.47	1100	tertampung
9.00-10.00	0	1.1	0.967	1.1104	0.6306	108.10	1100	tertampung
10.00-11.00	0	1	0.879	1.1104	0.8622	147.80	1100	tertampung
11.00-12.00	0	1	0.879	1.1104	1.0938	187.50	1100	tertampung
12.00-13.00	0	1	0.879	1.1104	1.3253	227.20	1100	tertampung
13.00-14.00	0	1	0.879	1.1104	1.5569	266.90	1100	tertampung
14.00-15.00	0	1.1	0.967	1.1104	1.7006	291.53	1100	tertampung
15.00-16.00	0	1.2	1.055	0.0000	0.6461	110.75	1100	tertampung
16.00-17.00	0	0.74	0.646	0.0000	0.0000	0	1100	tertampung
17.00-18.00	0	0	0	0	0	0	1100	
18.00-19.00	0	0	0	0	0	0	1100	
19.00-20.00	0	0	0	0	0	0	1100	
20.00-21.00	0	0	0	0	0	0	1100	
21.00-22.00	0	0	0	0	0	0	1100	
22.00-23.00	0	0	0	0	0	0	1100	
23.00-24.00	0	0	0	0	0	0	1100	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dengan adanya hidran umum yang mampu menampung air tiap jam dari pompa yang beroperasi tersebut, maka reservoir diperlukan hanya untuk mengumpulkan air saja sehingga didisain ukuran reservoir sebagai berikut :

- Panjang = 150 cm
- Lebar = 150 cm
- Tinggi air = 70 cm
- Tinggi kapasitas mati = 10 cm

**Disain Perhitungan Kebutuhan Air Bersih pada Hidran Umum**

Dalam perencanaan ini, jumlah jiwa per hidran umum direncanakan 100 jiwa/HU. Jumlah hidran umum daerah layanan sistem jaringan air bersih dihitung sebagai berikut:

*Desa Rinondoran*

- Jumlah penduduk thn 2022 = 2096 jiwa
- Jumlah hidran = 2096/100 = 20,966
- ≈ 21 hidran
- Kebutuhan air jam puncak = 1,055 l/d.
- Kebutuhan air tiap hidran = 1,055 /21 = 0,05 l/d/HU
- Kapasitas hidran = 1100 liter

Dengan demikian, setiap hidran direncanakan dapat melayani 100 jiwa dengan kebutuhan rata-rata air di tiap hidran sebesar 0,05 liter/detik.

**Disain Jaringan Perpipa**

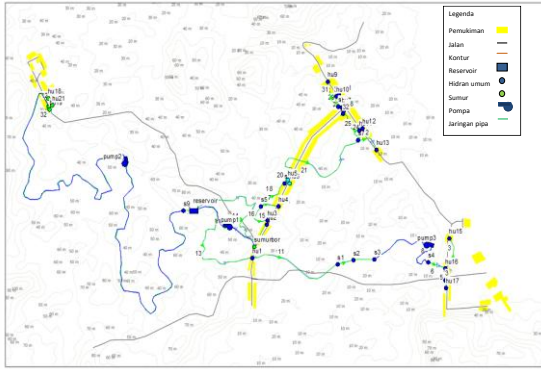
Pipa yang digunakan adalah pipa HDPE SDR-11, S-5 yang berukuran diameter dari 12,7-63,5mm (1"-2 1/2"). Untuk mempercepat dan memperkecil kesalahan dalam proses analisis sistem jaringan perpipa

digunakan software program Epanet 2.0. Hasil analisis dengan software Epanet 2.0 ditunjukkan dalam gambar dan tabel berikut.

Tabel 18. "Node Parameter" Jaringan Air Bersih di Desa Rinondoran

	Elevation	Demand	Head	Pressure
Node ID	m	LPS	m	m
Junc hu15	0	0,05	17,37	17,37
Junc hu16	9,434	0,05	23,67	14,24
Junc 3	6,031	0	21,36	15,33
Junc hu17	6,178	0,05	19,81	13,63
Junc s3	11,014	0	21,77	10,75
Junc s4	10	0	27,83	17,83
Junc s2	15,642	0	26,53	10,88
Junc s1	13,489	0	30,16	16,67
Junc hu1	33,225	0,05	52,49	19,27
Junc sumurbor	0	-1,11	63,51	63,51
Junc hu2	36,145	0,05	48,12	11,97
Junc hu3	33,262	0,05	48,05	14,78
Junc s5	29,521	0	45,61	16,09
Junc hu4	21,012	0,05	41,8	20,79
Junc s6	18,72	0	43,14	24,42
Junc hu6	12,369	0,05	42,11	29,74
Junc hu5	15,834	0,05	42,26	26,42
Junc s7	20,33	0	36,98	16,65
Junc hu13	11,269	0,05	31,64	20,37
Junc hu14	17,286	0,05	34,98	17,69
Junc hu12	15,5	0,05	34,56	19,06
Junc hu9	11,942	0,05	24,27	12,32
Junc hu11	13,781	0,05	28,41	14,63
Junc hu10	14,765	0,05	29,02	14,25
Junc s8	20,319	0	30,08	9,76
Junc hu7	19,018	0,05	30,86	11,85
Junc hu8	18,837	0,05	31,52	12,68
Junc 32	19,494	0	31,97	12,48
Junc hu20	32,428	0,05	104,3	71,88
Junc hu18	32,223	0,05	102,34	70,12
Junc hu19	32,743	0,05	103,73	70,98
Junc hu21	33,987	0,05	103,92	69,93
Junc s9	59,342	0	64,36	5,01
reservoir	65,342	0,06	65,34	0

Sumber : Hasil Epanet 2.0



Gambar 8. Model Sistem Jaringan Air Bersih di Desa Rinondoran (Epanet v 2.0)

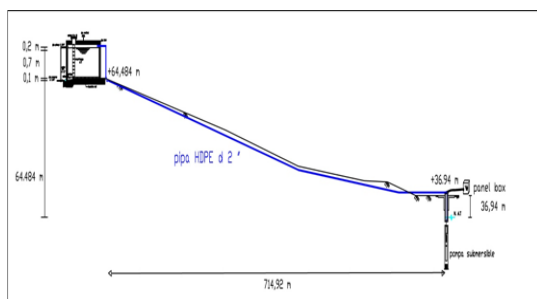
Tabel 19. "link Parameter" Jaringan Air Bersih di Desa Rinondoran

	Length	Diameter	Roughness	Flow	Velocity	Unit Headloss
Link ID	m	mm		LPS	m/s	m/km
Pipe 4	63,893	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 5	95,607	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 6	161,95	19,05	130	0,15	0,53	25,69
Pipe 8	946,29	25,4	130	-0,15	0,3	6,41
Pipe 9	185,24	19,05	130	0,15	0,53	25,69
Pipe 10	141,23	19,05	130	0,15	0,53	25,69
Pipe 11	869,55	19,05	130	0,15	0,53	25,69
Pipe transmisi	715,75	63,5	130	-1,02	0,32	2,55
Pipe 13	1192	25,4	130	0,2	0,39	10,78
Pipe 14	1298	38,1	130	0,65	0,57	13,27
Pipe 15	26,011	50,8	130	0,6	0,3	2,82
Pipe 16	250,3	38,1	130	0,55	0,48	9,74
Pipe 17	157,43	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 18	302,63	38,1	130	0,5	0,44	8,16
Pipe 19	42,609	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 20	36,441	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 21	1141	38,1	130	0,4	0,35	5,4
Pipe 22	220,47	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 23	82,494	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 24	99,981	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 25	307,18	25,4	130	0,25	0,49	16,29
Pipe 26	18,856	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 27	45,798	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 28	73,638	19,05	130	0,15	0,53	25,69
Pipe 29	87,625	19,05	130	0,1	0,35	12,12
Pipe 30	25,215	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 31	240,19	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 3	260,12	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 7	32,065	19,05	130	0,1	0,35	12,12
Pipe 12	65,063	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 32	23,867	12,7	130	0,05	0,39	24,2
Pipe 1	91,448	25,4	130	0,2	0,39	10,78
Pipe 2	5615	25,4	130	-0,16	0,31	7,11

Sumber : Hasil Epanet 2.0

**Pompa**

Pompa ke Reservoir



Gambar 9. Sketsa pompa ke Reservoir

Pompa ke reservoir direncanakan untuk memompa air dari sumur dalam dengan elevasi 0 m ke reservoir dengan elevasi 64,

484 m dan menggunakan pipa transmisi dengan diameter 63,5 mm dan panjang 715,75 m. Pompa direncanakan untuk mengalirkan debit pada pipa transmisi yaitu sebesar 1,1104 liter/detik.

Analisis untuk head pompa *submersible* menggunakan rumus hazen-williams adalah sebagai berikut:

- a. Akibat beda tinggi  $\Delta H$   
= 64,484 m – 0 m = 64,484 m
- b. Akibat gesekan dengan pipa, dihitung:

$$H_f = \frac{10.67 L Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} x D^{4,8704}}$$

dimana:

L = 715,75 m

Q = 1,1104 ltr/det

D = 63,5 mm

C<sub>hw</sub> = 130

Maka nilai  $H_f$  dapat dihitung:

$$H_f = \frac{10.67 x 715,75 x 0,001104^{1,852}}{130^{1,852} x 0,0635^{4,8704}} = 2,09 \text{ m}$$

- c. Akibat Belokan

- Arah vertikal pipa dari pompa ke reservoir.

Dari gambar 9 terlihat ada 2 belokan 90°, 2 belokan 30°. Analisis *head* pompa akibat belokan.

$$h_e = k \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

dengan:

k untuk 30° = 0,10 ;

k untuk 90° = 0,8

v = 0,35 m/s

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$H_{30} = \left[ 0,10 \frac{0,35^2}{2(9,81)} \right] = 0,00062\text{m};$$

$$H_{90} = \left[ 0,8 \frac{0,35^2}{2(9,81)} \right] = 0,00496\text{m}$$

- Arah horizontal pipa dari pompa ke reservoir

Dari gambar 8. terdapat 6 belokan 60°. Analisis *head* pompa akibat belokan.

$$h_e = k \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

dengan:

k untuk 60° = 0,35

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$H_{60} = \left[ 0,35 \frac{0,35^2}{2(9,81)} \right] = 0,00372 \text{ m}$$

Total akibat belokan

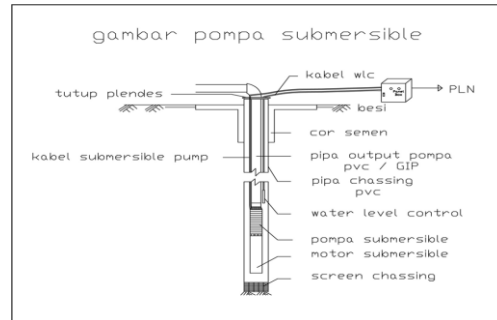
= 0,03348 m

- d. Kehilangan energi saat air keluar pipa menuju reservoir

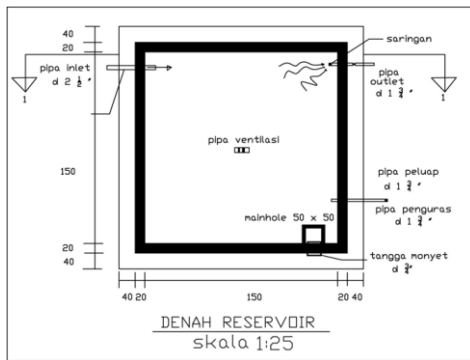
Kehilangan energi saat air keluar pipa =  $\frac{v^2}{2g} = \frac{(0,35)^2}{2(9,81)} = 0,0062 \text{ m}$

e. Kehilangan Head Total  
 Kehilangan head total =  $\Delta H + h_f + h_e$   
 = 66,613 m

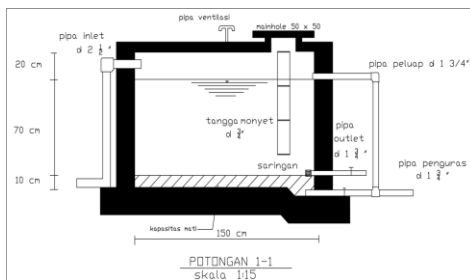
Dengan menggunakan efisiensi pompa sebesar 75%, maka direncanakan tinggi head pompa submersible adalah 90 m.



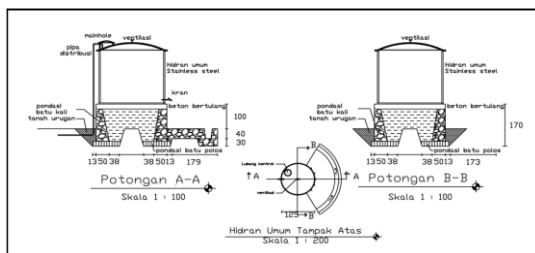
Gambar 13. Pompa Submersible



Gambar 10. Denah Reservoir



Gambar 11. Reservoir



Gambar 12. Hidran Umum

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Dalam perencanaan ini, digunakan pemakaian air selama 12 jam/hari, sehingga kapasitas air dari sumur dalam eksisting yang dipompa selama 10 jam/hari, masih mampu melayani kebutuhan air total sampai tahun 2022 di desa Rinondoran. Pompa beroperasi dari jam 5.00 sampai 15.00 wita (selama 10 jam) untuk melayani kebutuhan air warga rinondoran dari jam 5.00 sampai 17.00 wita (selama 12 jam).
2. Air dipompa ke reservoir yang direncanakan terletak di Desa Rinondoran pada elevasi 64,484 m. Ukuran reservoir yang direncanakan adalah (1,5 x 1,5 x 1 m) . Pipa distribusi dari reservoir ke hidran – hidran umum yang disebar di desa, menggunakan pipa HDPE SDR-11, S-5 dengan diameter bervariasi dari 12,7 mm sampai 63,5 mm (1/2" – 2 1/2").

### Saran

Sebaiknya instansi-instansi yang terkait dengan kepentingan kebutuhan air bersih di desa Rinondoran, mencari satu sumur dalam yang baru dengan debit air pompa sama dengan debit air pompa pada sumur dalam eksisting agar dapat memenuhi kebutuhan air total selama 24 jam/hari sampai tahun 2022.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2002. *Pedoman /Petunjuk Teknik dan Manual Bagian : 5 Air Minum Pedesaan, NSPM KIMPRASWIL*, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2006. *Petunjuk Praktis Perencanaan Pembangunan Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan*, Direktorat Jendral Cipta Karya, Jakarta.

- KSK Likupang Timur, 2008. *Kecamatan Likupang Timur dalam angka 2008*, BPS Kabupaten Minahasa Utara, Minahasa Utara.
- KSK Likupang Timur, 2011. *Kecamatan Likupang Timur dalam angka 2011*, BPS Kabupaten Minahasa Utara, Minahasa Utara.
- KSK Likupang Timur, 2012. *Kecamatan Likupang Timur dalam angka 2012*, BPS Kabupaten Minahasa Utara. Minahasa Utara.
- Sudjana, 1982. *Metoda Statistika*, TARSITO, Bandung.
- Supangat, Andi., 2010. *Statistika: Dalam Kajian Deskriptif Inferensi dan Nonparametrik*, Kencana, Jakarta.
- Tri Joko, 2010. *Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*, Graha Ilmu, Yogyakarta,
- Triatmadja, Radiana., 2008. *Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan*, H  
<http://marthapratama.files.wordpress.com/2012/04/proyeksipenduduk.pdf>.  
<http://www.scribd.com/doc/15614107/Buku-Manual-Program-EPANET>