

## Evaluasi Sistem Penyediaan Air Bersih Di Wilayah Ndetundora Kecamatan Ende Kabupaten Ende

\*)Marselinus Y.Nisanson<sup>1</sup>, Valentinus Tan<sup>2</sup>, Irenius Kota Dua<sup>3</sup>, Antonius Tesen<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Flores Ende

<sup>4</sup> Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Flores Ende

\*)Correspondent e-mail : [nisansonmyl@gmail.com](mailto:nisansonmyl@gmail.com)

### ABSTRAK

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup. Air digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik dan non domestik. Wilayah Ndetundora merupakan wilayah dengan topografi berbukitan dan bergelombang dimana letak sumber mata air berada di bawah daerah layanan, sehingga dalam pengelolaan air menggunakan sistem pompa. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui besarnya kapasitas pompa sesuai dengan kondisi debit yang ada serta untuk mengetahui kemampuan sistem jaringan perpipaan air minum yang mampu melayani masyarakat Desa Ndetundora. Debit sumber air Aepota 6 liter/dtk, sedangkan kebutuhan air penduduk yang berjumlah 3.697 jiwa sebesar 2,5673 liter/detik. Head Total Pompa riil adalah 115 m, sedangkan berdasarkan hasil analisis diperoleh Head Total Pompa 106,72 m dengan daya pompa 14,222 HP, sehingga pemilihan pompa sesuai dengan kondisi lapangan yang ada. Sistem jaringan distribusi yang ada hanya mampu melayani Desa Ndetundora II dan Ndetundora III sedangkan untuk Desa Ndetundora I dan Randotonda tidak bisa terlayani karena termasuk jaringan distribusi dengan elevasi jarak yang terjauh, dimana sisa tekanan untuk Desa Ndetundora I adalah 8,82 m dan Desa Randotonda adalah 5,08 m. Dengan tidak terlayani jaringan distribusi untuk Desa Ndetundora I dan Randotonda maka reservoir perlu ditinggikan, agar kedua Desa tersebut bisa terlayani.

*Kata Kunci: Air bersih, Jaringan perpipaan, Debit air, Pompa air*

### PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup terutama manusia. Dalam pemenuhan kebutuhan air, baik domestik maupun non domestik harus memenuhi standart dan kriteria tertentu seperti aspek kuantitas, kualitas dan aspek kontinuitas. Di sisi lain, ketersediaan air bersih bersifat terbatas, baik mengenai debit yang tersedia pada sumber mata air, elevasi maupun jangkauan layanan, oleh karena itu, diperlukan suatu kajian yang tepat dan benar terhadap implementasi teknis pengelolaan air.

Di Kabupaten Ende, pengelolaan air untuk memenuhi jumlah kebutuhan air yang diperlukan, masih dihadapkan pada berbagai kendala. Salah satunya bersifat teknis adalah topografi yang bergelombang sampai berbukitan. Sehingga dalam pengelolaan air, tidak dapat mengandalkan sistem gravitasi, tetapi terpaksa dilakukan dengan sistem pemompaan.

Tujuan dari penelitian ini antara lain untuk mengetahui kemampuan kapasitas pompa yang terpasang/ digunakan sesuai dengan kondisi dalam memompa air dari sumber mata air menuju reservoir induk dan untuk mengetahui kemampuan sistem jaringan perpipaan air minum yang terpasang / dibangun di Wilayah Ndetundora.

### LANDASAN TEORI

#### Air

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum, dimana persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologis dan radiologis sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping (Ketentuan Umum No. 416/MENKES/PER/IX/1990).

Air minum merupakan air yang kualitasnya memenuhi syarat-syarat kesehatan maupun teknis standar yang telah ditetapkan. Standar kualitas air minum adalah batas kriteria kualitas air dengan mempertimbangkan faktor non teknis misalnya kondisi sosial ekonomi, tingkat kualitas, serta teknologi yang tersedia. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, pengertian air minum adalah air minum rumah tangga

yang telah atau tanpa melalui pengolahan, namun memenuhi syarat kesehatan, sehingga dapat diminum langsung.

Menurut Sidharta (1977), kriteria mendasar yang harus dipenuhi dalam sistem penyediaan air bersih antara lain:

- a. Kriteria Kualitatif  
Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku yang bersih. Persyaratan ini meliputi persyaratan fisik, kimia, biologis dan radiologis.
- b. Kriteria Kuantitatif  
Dalam penyediaan air bersih, kriteria kuantitatif ini berhubungan erat dengan jumlah air baku yang tersedia hal ini mengandung arti bahwa jumlah ketersediaan air tersebut dapat memenuhi jumlah kebutuhan yang diperlukan.
- c. Kriteria Kontinuitas  
Kriteria ini sangat erat kaitannya dengan ketersediaan air sesuai kebutuhan secara terus-menerus. Artinya jika dalam musim hujan maupun musim kemarau ketersediaan jumlah air tetap memenuhi jumlah kebutuhan air yang diperlukan sesuai kuantitatif serta kualitatif.

Kebutuhan air merupakan jumlah air yang dibutuhkan oleh tiap jiwa dalam liter/hari. Kebutuhan tiap orang tidak sama jumlahnya tiap hari, akan tetapi kebutuhan air ini perlu diketahui untuk merencanakan suatu instalasi air bersih. Kesalahan dalam merencanakan kebutuhan air akan menimbulkan akibat yang fatal bagi perencana distribusi air, sedangkan menurut Djasio Santopie (1984), pemakaian air perkapita di Indonesia diuraikan sebagai berikut:

- a. Untuk daerah perkotaan berkisar 80 sampai 100 ltr/orang/hari dengan standar (1 ltr/detik untuk 1000 orang)
- b. Untuk daerah pedesaan dapat diambil dari hasil studi WHO mengenai pemakaian air untuk daerah pedesaan 60-80 ltr/orang/hari.

Perencanaan kebutuhan air selalu didasarkan pada jumlah kebutuhan air yang diperlukan oleh setiap orang sebagai penduduk dalam suatu wilayah. Oleh karenanya di dalam menganalisa kebutuhan penyediaan kebutuhan air maka diperlukan proyeksi kedepan mengenai jumlah pertumbuhan serta penambahan penduduk. Dalam konteks ini maka metode proyeksi yang dipakai adalah metode geometrik:

$$P_t = P_o (n + i)^n \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- P<sub>t</sub> = Jumlah penduduk tahun proyeksi
- P<sub>o</sub> = Jumlah penduduk tahun yang diketahui.
- i = Pertumbuhan penduduk
- n = Waktu rencana

Sedangkan untuk kebutuhan air didasarkan pada formulasi matematis :

$$Kebutuhan\ Air = Jumlah\ penduduk \times kebutuhan\ air\ rata - rata \dots\dots\dots (2)$$

### Sistem Distribusi Air

Menurut Sidharta (1997), sistem distribusi air bersih adalah pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan reservoir (pengolahan) ke konsumen (pelayanan). Dalam perencanaan sistem jaringan distribusi, beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain daerah layanan, jumlah penduduk, kebutuhan air, topografi dan sistem sambungan.

Pada dasarnya terdapat dua tipe pengaliran yaitu tipe pengaliran secara gravitasi dan tipe pengaliran dengan sistem pemompaan. Pemakaian salah satu tipe pengaliran tergantung pada topografi. Pipa distribusi adalah pipa utama pembawa air yang dibagikan kepada masyarakat secara keseluruhan, yang terdiri dari:

- a. Daerah layanan dan jumlah penduduk yang bakal dilayani,
- b. Pipa induk adalah pipa utama pembawa air yang dibagikan kepada konsumen.
- c. Pipa cabang adalah pipa air yang diambil dari pipa induk.
- d. Pipa dinas adalah pipa air yang langsung melayani konsumen.

Pola jaringan merupakan jaringan pembagi yang mengalirkan air sehingga dapat sampai ke setiap konsumen. Pola jaringan dapat dibedakan dalam beberapa sistem antara lain:

- a. Sistem Percabangan

- b. Sistem Buntu
- c. Sistem Gridion
- d. Sistem Gelang
- e. Sistem Loop

### Reservoir dan Kelengkapan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

Reservoir adalah bak untuk menampung air bersih yang telah diolah. Jenis reservoir meliputi:

1. Ground Reservoir  
Ground reservoir adalah bak penampung yang ada di bawah muka tanah.
2. Elevated Reservoir  
Elevated Reservoir adalah bak penampung air bersih yang berada di atas permukaan tanah dengan ketinggian tertentu sehingga tekanan air pada titik terjauh masih tercapai.

Syarat-syarat bak reservoir adalah:

1. Suhu air harus tetap dingin
2. Air dalam bak harus selalu bergerak (tidak berlaku aliran terhenti)
3. Ada alat pengukurannya (venture meter)
4. Pipa peluap tidak boleh terbuka ujungnya berada > 10 cm dari muka air. Hal ini untuk menghindari masuknya binatang dan kotoran yang dapat mencemari air.
5. Pipa udara untuk menjaga agar tekanan dalam kolam atau dalam bak tetap yaitu 1,0 atm.
6. Kolam harus terbagi dua untuk menghindari penghentian aliran saat dikuras/ dibersihkan. Untuk reservoir yang berada di bawah permukaan tanah, tebal tanah minimal yang harus diurug 60 cm agar suhu dalam reservoir tetap dingin, dan konstruksinya terbuat dari beton bertulang.

Sidharta (1997) mengemukakan beberapa kelengkapan jaringan perpipaan yang adalah sebagai berikut:

1. Valve  
Valve fungsinya untuk mengatur arah aliran air dalam pipa dan menghentikan air pada suatu daerah apabila terjadi kerusakan.
2. Meter Air  
Meter air fungsinya untuk mengukur besarnya aliran air yang dipakai suatu pipa.
3. Side Outlet Tee  
Slide Outlet Tee fungsinya adalah untuk membagi arah aliran air menjadi empat arah bagian.
4. Asesoris Perpipaan: socket, elbow, tee, kran, cross, flug, reducing, cap/dop dan reducing elbow.

### Kehilangan Energi

Pada pengaliran air dalam pipa terjadi tekanan (tekanan dinamis). Jika suatu pengaliran air dalam pipa yang sama dan jumlah air yang melalui pipa itu juga sama, maka tekanan yang terjadi pada pipa tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan tekanan statis. Faktor-faktor yang mempengaruhi kehilangan energi dan besarnya kehilangan energi:

1. Gesekan antara zat cair sendiri dan gesekan antara zat cair dengan dinding pipa,
2. Semakin kecil diameter pipa, semakin besar kehilangan tekanan di dalam pipa
3. Kecepatan Aliran  
Semakin besar kecepatan aliran zat cair di dalam pipa, maka semakin besar pula kehilangan tekanan yang terjadi dalam pipa,
4. Banyaknya sambungan dan katup dalam pipa.

Untuk menghitung besarnya kehilangan energi akibat gesekan biasanya dipakai rumus Darcy-Weisbach, adalah sebagai berikut:

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- f = angka gesekan (tidak berdimensi)
- L = panjang pipa (m)
- V = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/dtk)
- g = percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

$hf$  = kehilangan energi akibat gesekan (liter/detik)

$D$  = Diameter Pipa (m)

Banyaknya air yang melalui pipa :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

$Q$  = debit (liter/detik)

$A$  = luas penampang pipa ( $m^2$ )

$V$  = kecepatan aliran didalam pipa (m/dtk)

Sedangkan untuk luas penampang pipa yang berbentuk lingkaran, maka luas penampang:

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2, \dots\dots\dots (5)$$

$$Q = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times V \dots\dots\dots (6)$$

$$V = \frac{4 \times Q}{D^2 \times \pi} \dots\dots\dots (7)$$

$$V^2 = \frac{16 \times Q^2}{D^2 \times \pi} \dots\dots\dots (8)$$

$$hf = \frac{f \times L \times 16 \times Q^2}{D \times 2g \times D^2 \times \pi^2} \dots\dots\dots (9)$$

$$hf = \frac{8 \cdot f \cdot L}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5} Q^2 \dots\dots\dots (10)$$

$$Re = VD/V \dots\dots\dots (11)$$

Semakin bertambah umur pipa semakin berkurang kemampuannya untuk melewati debit karena adanya kerak/kotoran pada permukaan dalam pipa, yang akan memperbesar koefisien gesekan. Oleh karena itu merencanakan saluran pipa harus diperhatikan keadaan setelah beberapa tahun pipa tersebut melakukan fungsinya. Menurut Colebrook dan White (dalam Triatmodjo, 1995), kekasaran pipa bertambah secara linier dengan umurnya dan ditunjukkan dengan rumus:

$$K_t = k_o + \alpha t \dots\dots\dots (12)$$

Dimana

$K_t$  = kekasaran pipa setelah 1 tahun

$K_o$  = kekasaran pipa baru

$\alpha$  = penambahan kekasaran tiap tahun

$t$  = jumlah tahun

Nilai  $\alpha$  dapat diperoleh dari percobaan yang dilakukan untuk interval waktu tertentu dan untuk jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

**Tabel 1. Tinggi Kekasaran Pipa**

Jenis Pipa (baru)	Nilai k (mm)
Kaca	0.0015
Besi dilapis aspal	0.006 – 0.24
Besi tuang	0.18 – 0.90
Plester semen	0.27 – 1.20
Beton	0.30 – 3.00
Baja	0.03 – 0.09
Baja dikeling	0.90 – 9.00
Pasangan batu	6

(Sumber : Triatmodjo, 1995)

### Pompa

Cara pengaliran air dengan menggunakan bantuan media pompa, biasanya diterapkan apabila lokasi sumber mata air terletak atau berada pada tempat yang lebih rendah dari daerah pelayanan. Pompa digunakan untuk menaikkan energi dalam suatu sistem pengaliran. Dalam konteks ini air yang mengalir pada penampang pompa mempunyai Head Total ( $H=m$ ), dalam mengetahui Head Total dapat dihitung kapasitas pompa dan sekaligus dapat ditentukan tipe pompa yang sesuai situasi dan kondisi yang ada.

Daya pompa adalah tinggi yang diperlukan untuk dapat menaikkan air dari sumber mata air yang berada dibawa ke lokasi pelayanan yang berada di atasnya. Dalam kata lain tinggi pemompaan adalah jumlah tinggi yang harus diatasi oleh pompa untuk dapat menaikkan air, dengan kata lain tinggi pemompaan merupakan dasar perhitungan untuk menentukan kekuatan pompa atau daya pompa. Untuk menentukan daya dapat ditulis dengan rumus:

$$P = \frac{Q \times H \times \gamma}{75} \quad (2.23)$$

Dimana:

P	=	Daya Pompa ( kgfm/d)
H	=	Tinggi Monometik atau Tinggi Tolak
$\gamma$	=	Berat Jenis Zat Cair (air =1 kgf/m <sup>3</sup> )
Q	=	Banyaknya air yang dipompa (m <sup>3</sup> /dtk)

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian evaluasi dengan metode deskriptif kuantitatif yang berlokasi di wilayah Kelurahan/Desa Ndetundora - Kecamatan Ende - Kabupaten Ende. Secara teknis wilayah perencanaan jaringan perpipaan air bersih adalah Desa Ndetundora I, Desa Ndetundora II, Desa Ndetundora III dan Desa Randotonda.

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa cara antara lain observasi atau pengamatan, wawancara (interview), dan dokumentasi.

### a. Teknik Observasi

Melakukan pengamatan lapangan secara langsung mengenai perencanaan jaringan perpipaan air bersih di Desa Ndetundora I, II, III dan Desa Randotonda. Untuk mendapatkan data seperti debit yang tersedia, beda tinggi antara sumber mata air ke tiap-tiap desa.

### b. Teknik Interview

Untuk mendapatkan data yang diperlukan, digunakan teknik interview yakni dengan mengadakan tanya jawab secara langsung terhadap sumber data meliputi lembaga, dinas terkait serta masyarakat sebagai pelanggan atau konsumen. Dengan teknik interview secara langsung ini akan diperoleh data seperti jumlah penduduk pada tahun pengamatan, angka pertumbuhan penduduk serta klasifikasi pompa yang digunakan.

### c. Dokumentasi

Teknik ini digunakan terutama untuk memperoleh data melalui cara mempelajari dokumen-dokumen serta aturan-aturan maupun spesifikasi yang berkaitan dengan jaringan perpipaan air bersih.

Analisa data hasil penelitian meliputi analisa kebutuhan air, analisa kehilangan tenaga, analisa waktu rotasi ideal dan analisa daya pompa. Perhitungan kebutuhan air rata-rata penduduk pada masing-masing desa dilakukan berdasarkan jumlah penduduk dalam tahun pengamatan. Selain itu juga dihitung kebutuhan air rata-rata berdasarkan jumlah penduduk pada tahun proyeksi.

Untuk analisa kehilangan tenaga meliputi analisa kehilangan tenaga primer yaitu kekasaran dinding pipa dan gesekan pada dinding pipa. Sedangkan analisa kehilangan tenaga sekunder meliputi perubahan penampang dan belokan. Perhitungan untuk mengetahui waktu rotasi ideal juga dilakukan pada masing-masing desa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan analisis perhitungan tentang kebutuhan air bersih bagi masyarakat Wilayah Ndetundora, maka perlu diketahui karakteristik masing-masing desa seperti ditampilkakan dalam Tabel 2 berikut:

**Tabel 2. Karakteristik Lokasi Penelitian**

No	Desa	Jumlah Penduduk	Topografi	Jarak Layanan
1	Desa Ndetundora I	575 jiwa	± 605 m dpl	2.525 m1
2	Desa Ndetundora II	1.223 jiwa	± 563 m dpl	2.600 m1
3	Desa Ndetundora III	1.130 jiwa	± 589 m dpl	2.950 m1
4	Desa Randotonda	769 jiwa	± 597 m dpl	3.700 m1

Data sumber air dan karakteristik pompa adalah sebagai berikut:

- a. Nama Mata Air : Aepota
- b. Debit Mata Air : 6 liter /dtk
- c. Kapasitas Bak Pengumpul : 22.5m<sup>3</sup>
- d. Bak Reservoir Induk : 100 m<sup>3</sup>
- e. Head Pompa : 115 m
- f. Debit Pompa : 10 liter/dtk
- g. Jenis Pompa : Sumur Sible
- h. Daya Pompa : 40 HP

### Analisis Kebutuhan Air Rata-Rata

Dengan mengacu pada standart WHO mengenai pemakaian air untuk daerah pedesaan 60 - 80 ℓ/org/hari. Kebutuhan air rata-rata digunakan dengan Persamaan (2).

Dengan data-data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penduduk} &= 3.697 \text{ Jiwa.} \\ \text{Air rata-rata} &= 60 \text{ ℓ/jiwa/hari} \\ 3.697 \times 60 \text{ liter/hari} &= 221,820 \text{ ℓ /hari} \end{aligned}$$

Sehingga jumlah air yang digunakan untuk masyarakat di Desa Ndetundora adalah:

$$Q = \frac{211.820}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 2,6219 \text{ ℓ/dtk} = 0,26219 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Kebutuhan air rata-rata untuk setiap desa dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini:

**Tabel 3. Kebutuhan Air Tiap Desa**

No	Nama Desa Layanan	Jumlah Jiwa	Standart Kebutuhan ℓ/dtk	Jumlah air	
				ℓ/hr	ℓ/dtk
1.	Desa Ndetundora I	575	60	34.740	0,402
2.	Desa Ndetundora II	1223	60	73.380	0,849
3.	Desa Ndetundora III	1.130	60	67.800	0,784
4.	Desa Randotonda	769	60	46,140	0,535

Sumber: Hasil Analisis Data, 2012

Jumlah penduduk Desa Ndetundora pemakai air 3.769 jiwa dengan sumber mata airnya Aepota. Berdasarkan hasil analisis ternyata kapasitas debit sumber mata air Aepota sebesar 6 liter/dtk, mampu melayani kebutuhan air untuk konsumen sebesar 2,61736 liter/dtk.

### Analisis Proyeksi Kebutuhan Air untuk Tahun Proyeksi Tiap Desa

Untuk menganalisis kebutuhan air di Desa Ndetundora digunakan Persamaan (1):

$$\begin{aligned} P_t &= 575 (15 + 1,25\%)^{15} \\ P_t &= 651 \\ \text{Kebutuhan Air} &= 651 \times 60 \\ &= 39.060 \text{ Liter/Hari} \\ &= 0,45 \text{ Liter/detik} \end{aligned}$$

Selanjutnya dengan menggunakan Persamaan (7) untuk masing-masing desa dapat dilihat Tabel 4 di bawah ini:

**Tabel 4. Proyeksi Kebutuhan Air Tiap Desa**

No.	Daerah Layanan	Po	n	r%	Pt	Jumlah Air	
						ℓ/hr	ℓ/dtk
1	Desa Ndetundora I	575	15	1,25	651	39.060	0,46
2	Desa Ndetundora II	1.223	15	1,30	1.324	79.450	0,919
3	Desa Ndetundora III	1.130	15	1,45	1.395	83.700	0,968
4	Desa Randotonda	769	15	1,15	920	55.200	0,638

Sumber: Hasil Analisis Data, 2012

Berdasarkan jumlah penduduk untuk tahun proyeksi pada tahun 2026 adalah 4.290 jiwa, dengan kebutuhan air adalah 257.400 liter/hari sama dengan 2,97 liter/dtk. Berarti debit untuk tahun 2026 mampu untuk melayani kebutuhan air Desa Ndetundora.

### Analisis Kemampuan Pompa

Untuk menganalisis daya pompa dilakukan perhitungan dengan langkah-langkah sebagai berikut

1.  $H_s = 627 - 535 = 92$  (Elevasi air tertinggi – Elevasi muka air terendah)
2. Analisis kehilangan tenaga akibat gesekan dinding pipa dengan air.

$$hf = \frac{8 \cdot 0,022 \cdot 860}{9,83,14^2 \cdot 0,1016^5} \cdot 0,01^2$$

$$hf = 14,255 \text{ m}$$

3. Analisis kehilangan belokan  
Untuk pipa  $\varnothing 4'' \theta = 90^\circ$

$$hf = kb \frac{V^2}{2,9}$$

$$hf = 1,129 \cdot \frac{1,234^2}{2,9,8} = 0,08 \text{ m} \times 2$$

$$hf = 0,16 \text{ m}$$

Untuk pipa  $\varnothing 4'' \theta = 45^\circ$

$$hf = 0,236 \cdot \frac{1,234^2}{2,9,8} = 0,018 \text{ m} \times 4$$

$$hf = 0,072 \text{ m}$$

4. Analisis isap dengan saringan

$$hf = 1,97 \cdot \frac{1,244^2}{2,9,8}$$

$$hf = 0,156 \text{ m}$$

5. Analisis kecepatan keluar

$$\frac{V^2 d}{2g} = \frac{1,234^2}{2 \cdot 9,8} = 0,077 \text{ m}$$

Head total Pompa:

$$= 92 + 14,255 + 0,16 + 0,072 + 0,156 + 0,077$$

$$= 106,72 \text{ m}$$

Jadi Daya Pompa

$$P = \frac{10 \cdot 106,72 \cdot 1}{75}$$

$$= 14,229 \text{ HP}$$

Sesuai data lapangan yang diperoleh besarnya Head Total pompa 115 m dan berdasarkan hasil analisis diperoleh Head Total pompa 106,72 m sehingga pompa yang terpasang di lapangan dapat mengalirkan air menuju ke reservoir induk yang terletak di ketinggian 627 m dpl.

### Analisis Kehilangan Tenaga

Untuk menganalisis kehilangan tenaga pada jaringan pipa dilakukan beberapa tahapan misalnya dengan mengambil contoh perhitungan untuk pipa dengan diameter 4'' dari reservoir ke Desa Ndetundora I.

$$Q = 0,006 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$D = 4'' = 10 \cdot 16 \text{ cm} = 0,1016 \text{ m}$$

$$K = 0,18 \text{ mm} = 0,00018 \text{ m}$$

$$V_{\text{air}} = 1,12 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dtk}$$

$$g = 9,8 \text{ m/dtk}$$

$$L = 1.500 \text{ m}$$

Besarnya kehilangan yang terjadi :

$$V = \frac{0,006}{\frac{1}{4} 3,14 0,1016^2}$$

$$= 0,74 \text{ m/dtk}$$

$$Re = \frac{0,74 \cdot 0,1016}{1,12 \cdot 10^{-6}}$$

$$= 6,712 \cdot 10^4$$

Kekasaran Relatif

$$K/D = \frac{0,00018}{0,1016} = 0,00177$$

Segmen grafik moody didapat nilai  $f = 0,022$ 

$$K15 = 0,022 \cdot 0,1016 = 0,0022353$$

$$\alpha = \frac{0,0022353 - 0,00018}{15}$$

$$= 0,000137 \text{ m/thn}$$

Jadi tinggi kekasaran pipa selama pipa dipakai selama 15 tahun adalah sebesar:

$$= 0,00018 \cdot 15 + 0,000137$$

$$= 0,002235 \text{ m}$$

Rekapitulasi perhitungan kehilangan tenaga akibat gesekan antara zat cair dengan dinding pipa untuk keempat desa dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 di bawah ini.

**Tabel 5. Rekapitulasi kehilangan tenaga akibat gesekan zat cair dengan dinding pipa**

No.	Jalur Pipa	Kehilangan Tenaga (hf)/(m)	Total (m)
1	Desa Ndetundora I	hf1 = 9,50 m	22.602 m
		hf2 = 10,73 m	
		hf3 = 2,372 m	
2	Desa Ndetundora II	hf1 = 9,50 m	14.17 m
		hf2 = 1,97 m	
		hf3 = 2,70 m	
3	Desa Ndetundora III	hf1 = 9,50 m	12.674 m
		hf2 = 1,28 m	
		hf3 = 2,094 m	
4	Desa Randotonda	hf1 = 9,50 m	24.781 m
		hf2 = 10,73 m	
		hf3 = 3,12 m	
		hf4 = 1,431 m	

Sumber: Hasil Analisa Data, 2012

**Tabel 6. Kehilangan Tenaga dan Total Beda Tinggi (Sisa Tekanan)**

No	Daerah Layanan	ELEVASI ( $\Delta H$ )			Sisa Tekanan	Keterangan
		Reservoir	Daerah Layanan	$\Delta H$		
1	Desa Ndetundora I	± 627	± 605	22 m <sup>1</sup>	2.30 m	Tdk keluar
2	Desa Ndetundora II	± 627	± 563	64 m <sup>1</sup>	48.37 m	Air Keluar
3	Desa Ndetundora III	± 627	± 589	36 m <sup>1</sup>	22.874 m	Air Keluar
4	Desa Randotonda	± 627	± 597	30 m <sup>1</sup>	8.981 m	Tdk Keluar

Sumber: Hasil Analisa Data, 2012

**Menghitung Waktu Rotasi Ideal untuk Tiap Desa**

a. Untuk Desa Ndetundora I

$$\text{Debit Kebutuhan} = 0,0003715277 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$= 32,09 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit yang tersedia} &= 0,0044674 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ \text{Waktu yang dibutuhkan untuk pembukaan katub ke layanan Desa Ndetundora I adalah:} \\ \frac{32,09}{0,0044674} &= 7,183 \text{ detik} \\ &= 1,999 \text{ Jam.} \end{aligned}$$

b. Untuk Desa Ndetundora II

$$\begin{aligned} \text{Debit Kebutuhan} &= 0,00074 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ &= 60,48 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Debit yang tersedia} &= 0,006 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ \text{Waktu yang dibutuhkan untuk pembukaan katub kelayanan Desa Ndetundora II adalah:} \\ \frac{60,48}{0,006} &= 10.080 \text{ detik} \\ &= 2,80 \text{ Jam} \end{aligned}$$

c. Untuk Desa Ndetundora III

$$\begin{aligned} \text{Debit Kebutuhan} &= 0,000784 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ &= 67,74 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Debit yang tersedia} &= 0,0052153 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ \text{Waktu yang dibutuhkan untuk pembukaan katub kelayanan Desa Ndetundora III adalah:} \\ \frac{67,74}{0,0052153} &= 12,988 \text{ detik} \\ &= 3,6077 \text{ Jam} \end{aligned}$$

d. Untuk Desa Randotonda

$$\begin{aligned} \text{Debit Kebutuhan} &= 0,0000534027 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ &= 46,14 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Debit yang tersedia} &= 0,00404 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ \text{Waktu yang dibutuhkan untuk pembukaan katub kelayanan Desa Randotonda adalah:} \\ \frac{46,14}{0,00409} &= 11.281 \text{ detik} \\ &= 3,133 \text{ Jam} \end{aligned}$$

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Hasil analisis Head Pompa 106,72 m, Daya Pompa 14,229 HP sedangkan elevasi lapangan adalah 92 m. Berdasarkan data lapangan yang ada dan hasil analisis pompa, memenuhi.
2. Berdasarkan hasil analisis, sistem jaringan distribusi tidak bisa melayani sebagian desa yaitu Desa Ndetundora I dan Desa Randotonda dimana sisa tekanan pada kedua desa kurang dari 10 m kolam air sehingga air tidak mengalir.
3. Debit sumber air 6 liter/detik mencukupi untuk melayani konsumen dengan jumlah jiwa 3.697 jiwa dengan kebutuhan air sebesar 2,5673 liter/detik.
4. Panjang pipa seluruhnya adalah 7.125 m dan besar kehilangan tenaga sepanjang 74.227 m.

## DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Air Bersih, Dirjen Cipta Karya dan UNICEF. 1990. *Sistem Perpipaan, Dasar-Dasar Penyediaan Air Bersih*. Jakarta.
- Djasio, S. 1994. *Pedoman Studi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta.
- Kodiayat. 1991. *Lingkungan Hidup Indonesia*. Jakarta.
- Marphy, A. 1995. *Materi Teknik Penyediaan Air Bersih dan Sanitasi, WWSF, Rural*.
- Sularso. 2006. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Sidharta, S. 1997. *Rekayasa Ilmu Lingkungan*. Jakarta: Gunadharna.
- Triadmodjo, B. 1993. *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset.