

## OPTIMASI DIAMETER PIPA DALAM PERENCANAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH DI KECAMATAN WONOTIRTO KABUPATEN BLITAR

Muhammad Haidar Nur Hilmy, Dr. Ir, Kustamar, MT, Nenny Roostrianawaty, ST.MT  
Prodi Teknik Sipil S-1, Institut Teknologi Nasional Malang<sup>1,2,3</sup>

### ABSTRACT

*The distribution of clean water is uneven due to unequal geographical conditions, one example is in Woonotirto Sub-district. Geographical condition in Wonotirto Sub-district is a highland so that clean water only relies on rain water. This final project aims to find out the population in 2028 the needs clean water, to plan the distribution pipeline, the dimension of reservoir, the type of water pump, and completed with the cost estimate. The plan of the clean water distribution network used the Hazen-William metode . the required data are the number of people in the last 10 years, geoelectric data, and topographic maps. Based on the results of planning in accordance to the projection in 2028, the total population is 37,013 people. Great need for clean water discharge 63,73 lt/s, and the dimensions of the 1<sup>st</sup> reservoir is 6 m x 4 m x 3 m, 2<sup>nd</sup> reservoir is 6,5 m x 4 m x 3 m . The type of PVC pipe with a diameter of 0.75 inchi, 1 inchi, 1.25 inchi, 1.5 inchi, 2 inchi, 2.5 inchi, 3 inchi, 4 inchi, 6 inchi.*

**Keywords:** pipeline, distribution, Hazen-William

### ABSTRAK

Penyebaran air bersih yang kurang merata dikarenakan kondisi geografis yang tidak sama, salah satu contohnya di Kecamatan Wonotirto. Kondisi geografis di Kecamatan Wonotirto merupakan dataran tinggi sehingga air bersih hanya mengandalkan air hujan. Optimasi diameter pipa dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih di Kecamatan Wonotirto ini bertujuan untuk mengetahui proyeksi jumlah penduduk ditahun 2028, debit kebutuhan, perencanaan jaringan pipa distribusi, dimensi reservoir, dan jenis pompa air. Perencanaan optimasi diameter pipa dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih ini menggunakan metode Hazen-William. Data yang dibutuhkan adalah jumlah penduduk 10 tahun terakhir, data geolistrik, dan peta topografi di Kecamatan Wonotirto Kabupaten Blitar. Berdasarkan hasil perencanaan sesuai proyeksi tahun 2028 yaitu pelayanan dengan jumlah penduduk 37,013 jiwa. Besar debit kebutuhan air bersih 63.73 lt/dt, dan dimensi reservoir 1 adalah 6 m x 4 m x 3 m, reservoir 2 adalah 6.5 m x 4 m x 3 m. Jenis pipa PVC dengan diameter 0.75 inchi, 1 inchi, 1.25 inchi, 1.5 inchi, 2 inchi, 2.5 inchi, 3 inchi, 4 inchi, 6 inchi.

**Kata kunci:** jaringan pipa, distribusi, Hazen-William

### 1. PENDAHULUAN

Kondisi geografis di Kecamatan Wonotirto merupakan dataran tinggi sehingga hanya mengandalkan air hujan. Hal inilah yang mendorong pemerintah daerah untuk berupaya menyediakan air bersih kepada masyarakat dengan membuat jaringan pipa air bersih. Salah satu cara untuk memperoleh air bersih ialah dengan menggunakan sumur bor dalam, setelah itu air dipompa menuju reservoir dan didistribusikan ke seluruh Kecamatan Wonotirto. Sumber mata air di Kecamatan Wonotirto banyak yang mulai mengering, untuk itu diperlukan penggunaan sumur bor dalam untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Kecamatan Wonotirto. Berdasarkan uraian singkat di atas, diperlukan perencanaan sistem penyediaan air bersih di Kecamatan Wonotirto, Kabupaten Blitar, Provinsi

Jawa Timur, dengan mengoptimasi diameter pipa.

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

#### Proyeksi jumlah penduduk

31 Metode Aritmatika

Metode ini menganggap pertumbuhan penduduk memiliki jumlah yang sama setiap tahun.

$P_t = P_o (1+n.r)$

Dimana:

$P_t$  = Jumlah penduduk pada akhir periode t

$P_o$  = Jumlah penduduk pada awal periode t

r = Tingkat pertumbuhan penduduk.

n = Jangka waktu / tahun proyeksi.

#### 2. Metode Geometrik

Metode ini menganggap pertumbuhan penduduk yang menggunakan dasar bunga majemuk. Angka pertumbuhan penduduk dianggap sama untuk setiap tahun.

$$P_t = P_0 (1+r)^n$$

Dimana:

$P_t$  = Jumlah penduduk pada akhir periode t

$P_0$  = Jumlah penduduk pada awal periode t

r = Tingkat pertumbuhan penduduk.

n = Jangka waktu / tahun proyeksi.

### 3. Metode Eksponensial

Metode ini menganggap pertumbuhan penduduk secara terus menerus setiap hari dengan angka pertumbuhan konstan.

$$P_t = P_0 \cdot e^{rt}$$

Dimana:

$P_t$  = Jumlah penduduk pada akhir periode t

$P_0$  = Jumlah penduduk pada awal periode t

r = Tingkat pertumbuhan penduduk.

n = Jangka waktu / tahun proyeksi.

e = 2,71828183 (bilangan eksponensial).

Angka pertumbuhan penduduk dihitung menggunakan prosentase, dengan rumus :

$$r = \frac{\text{Jumlah rata-rata pertumbuhan}}{\text{Jumlah tahun data}} \times 100\%$$

Dari ketiga metode di atas, metode yang digunakan untuk perhitungan proyeksi penduduk yang memiliki standard deviasi paling rendah.

Rumus standard deviasi sebagai berikut:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Dimana :

Sd = Standard deviasi

$X_i$  = Nilai data

$\bar{X}$  = Nilai data rata-rata

n = Jumlah data

### Kebutuhan air bersih

NO	URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH JIWA				
		> 1.000.000	500.000 S/D 1.000.000	100.000 S/D 500.000	20.000 S/D 100.000	< 20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) l/o/h	190	170	130	100	80
2	Konsumsi unit hidran umum (HU) l/o/h	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit non domestik l/o/h (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Kehilangan air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor hari maksimum, untuk pipa transmisi	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Faktor jam puncak, untuk pipa distribusi	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Jumlah jiwa per SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100	100
9	Sisa tekan di penyediaan distribusi (mka, meter kolom air)	10	10	10	10	10
10	Jam operasi	24	24	24	24	24
11	Volume reservoir (% max day demand)	20	20	20	20	20
12	SR : HU	50 : 50 s/d 80 : 20	50 : 50 s/d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
13	Cakupan pelayanan (%)	*) 90	90	90	90	**)70

\*) 60% perpipaan, 30% non perpipaan

\*\*) 25% perpipaan, 45% non perpipaan

Sumber : Ditjen Cipta Karya Dep PU tahun 2000

### Gambar 2.1 Klasifikasi dan Kebutuhan Air Debit air tanah

Dalam studi ini debit air tanah untuk memenuhi kebutuhan air bersih yang digunakan adalah dengan pengukuran geolistrik. Data debit air tanah dapat dianalisa menggunakan rumus sebagai berikut:

#### 1. Ketebalan akuifer

Ketebalan akuifer = selisih kedalaman akuifer (meter)

#### 2. Mengitung nilai kelulusan air

$$K = \frac{(k \cdot b_1 + k \cdot b_2 + k \cdot b_3 + \dots + k_a \cdot b_a)}{(b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_a)}$$

Dimana:

K = Nilai kelulusan air (m/hari)

k = Harga kelulusan air untuk tanah (tabel 2.5)

b = Ketebalan akuifer (m)

Tabel 2.1. Harga kelulusan air untuk tanah

No	Nama Batuan	K (m/hari)
1	Kerikil kasar	150
2	Kerikil Menengah	270
3	Kerikil	450
4	Pasir kasar	45
5	Pasir menengah	12
6	Pasir halus	2.5
7	Batu pasir menengah	3.1

8	Batu pasir halus	0.2
9	Silt	0.08
10	Lempung	2.10 - 4
11	Batu gamping	0.94
12	Dolomit	1.10 - 3
13	Sekis	0.2
14	Batusabak	8.10 - 5
15	Tuff	0.2
16	Basalt	0.01
17	Gabbro Lapuk	0.2
18	Granit Lapuk	1.4

3. Menghitung debit aliran air tanah

$$Q = K \cdot A \cdot i$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b$$

Dimana:

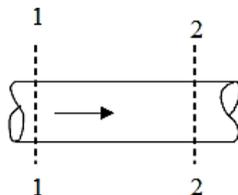
- Q = Debit air tanah (m<sup>3</sup>/hari)
- A = Luas akuifer (m<sup>2</sup>)
- d = Diameter sumur (m)
- b = Ketebalan akuifer (m)
- i = Landaian hidrolika akuifer
- K = Nilai kelulusan air (m/hari)

**Perencanaan pipa**

Perencanaan pipa menggunakan rumus yang umum digunakan karena disesuaikan dengan keadaan di lapangan:

1. Hukum Kontinuitas

Air yang mengalir sepanjang pipa yang mempunyai luas penampang A (m<sup>2</sup>) dan kecepatan v (m/d) selalu memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya. Hal tersebut dikenal dengan sebutan hukum kontinuitas yang dituliskan sebagai berikut:



Gambar 2.2. Aliran dengan penampang pipa yang berbeda

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

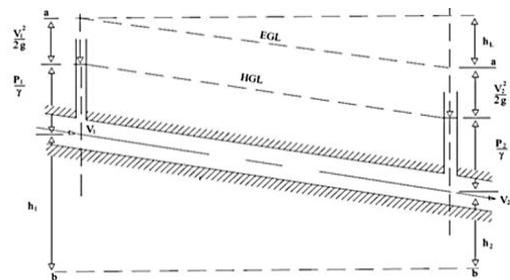
$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

Dimana :

- Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub> = debit pada potongan 1 dan 2 (m<sup>3</sup>/d)
- v<sub>1</sub>, v<sub>2</sub> = kecepatan potongan 1 dan 2 (m<sup>3</sup>/d)
- A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> = luas penampang pada potongan 1 dan 2 (m<sup>2</sup>)

2. Persamaan Bernoulli

Jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut.



Gambar 2.3. Garis tenaga dan tekanan

Perbedaan tinggi tekanan:

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + h_L$$

Dimana :

- Z<sub>A</sub>, Z<sub>B</sub> = elevasi (m)
- P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub> = tekanan statis (N/m<sup>2</sup>)
- γ = berat jenis (N/m<sup>3</sup>)
- v<sub>A</sub>, v<sub>B</sub> = kecepatan (m/d)
- g = percepatan gravitasi (m/d<sup>2</sup>)
- h<sub>L</sub> = kehilangan tekanan (m)

3. Persamaan Hazen William

Dimensi pipa ditentukan berdasarkan rumus Hazen-Williams

Tabel 2.2. Kekerasan Pipa (C) Hazen-William

Bahan Pipa	CH
Pipa besi cor, baru	130
Pipa besi cor, tua	100
Pipa baja, baru	120-130
Pipa baja, tua	80-100
Pipa dengan lapisan semen	130-140
Pipa dengan lapisan asphalt	130-140
Pipa PVC	140-150
Pipa besi galvanis	110-120
Pipa beton (baru, bersih)	120-130
Pipa beton (lama)	105-110

Aluminium	135-140
Pipa bambu (betung, wulung, tali)	70-90

(Sumber : Sasongko, Djoko, 1985)

Nilai C pada rumus Hazen-William, tergantung pada derajat kehalusan pipa bagian dalam, jenis bahan pembuat pipa dan umur pipa.

Rumus ini pada umumnya dipakai untuk menghitung kerugian *head* dalam pipa yang relatif sangat panjang seperti jalur pipa penyalur air minum. Persamaan Hazen William secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir didalam pipa sebanding dengan diameter pipa dan kemiringan hidrolis (S) yang di nyatakan sebagai kehilangan tekanan ( $h_L$ ) dibagi dengan panjang pipa (L).

Disamping itu ada faktor C yang menggambarkan kondisi fisik dari pipa seperti kehalusan dinding dalam pipa yang menggambarkan jenis pipa dan umur.

Secara umum rumus Hazen William sebagai berikut:

$$v = 0,354 \times C_H \times I^{0,54} \times D^{0,63}$$

Kehilangan mayor atau  $h_f$  yang akan dihitung maka :

$$h_f = \left( \frac{Q}{0,2785 \times C_H \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L$$

Dimana :

- v = Kecepatan aliran (m/d)
- $C_H$  = Koefisien Hazen-William
- D = Diameter pipa (m)
- I = Kemiringan garis energi
- $I = \frac{h_f}{L}$
- $h_f$  = Mayor losses (m)
- L = Panjang pipa dari node 1-2 (m)

Kehilangan tekanan atau  $h_M$  yang akan dihitung maka:

$$h_M = K_L \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

- $h_M$  = Minor losses (m)
- $K_L$  = Koefisien kerugian
- v = Kecepatan aliran (m/dt)

### Sisa tekanan

Sisa tekanan adalah tekanan air yang ada atau tersisa di suatu lokasi jalur pipa yang merupakan selisih antara *Hydraulic Grade Line* (HGL) dengan ketinggian atau elevasi dari lokasi pipa yang bersangkutan.

$$P = \text{elevasi awal} - \text{elevasi akhir} - H_L$$

Dimana:

- P = tekanan yang terjadi dalam pipa (m)

$H_L$  = hilang tinggi tekan (m)

### 3. METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai metode penelitian optimasi diameter pipa dalam sistem penyediaan air bersih pada daerah kajian. Untuk mengkaji sistem tersebut diperlukan suatu tahapan penelitian, yaitu dengan melakukan pengumpulan data-data teknis dan pendukung serta peninjauan lapangan. Adapun data-data yang diperlukan dalam kajian ini adalah:

1. Data perencanaan untuk analisa kebutuhan air
2. Data geolistrik
3. Peta topografi

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisa debit tersedia dan debit kebutuhan

Debit tersedia dari Geolistrik 1 dan 2 adalah 12,2 lt/dt dapat memenuhi kebutuhan air di Desa Wonotirto (Blok CI, C2, C33), Desa Sumberboto (Blok B1, B2), Desa Pasiraman (Blok A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7), dan Desa Kaligrenjeng (Blok H2, H3).

Debit tersedia dari Geolistrik 3 dan 4 adalah 13,98 lt/dt dapat memenuhi kebutuhan air di Desa Wonotirto (Blok C5, C6, C7, C8, C9), dan Desa Ngeni (Blok D1, D2, D3, D4, D5, D8, D9, D10, D11, D12, D18, D19, D20, D21, D22).

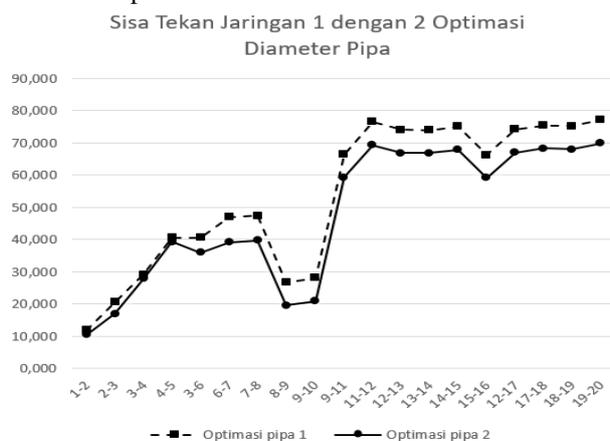
#### Analisa optimasi diameter pipa dan sisa tekan

Tabel 4.1. Optimasi Diameter Pipa Jaringan 1

Bagian Pipa	Optimasi Diameter Pipa 1			Sisa Tekan		Optimasi Diameter Pipa 2			Sisa Tekan
	D <sub>pakai</sub> (m)	D <sub>pakai</sub> (mm)	D <sub>pakai</sub> (inchi)	Hulu	Sisa Tekan	D <sub>pakai</sub> (m)	D <sub>pakai</sub> (mm)	D <sub>pakai</sub> (inchi)	
1-2	0.145	145	5.693	1.359	11.768	0.099	99	3.913	1.359
2-3	0.145	145	5.693	11.768	20.626	0.099	99	3.913	10.321
3-4	0.068	68	2.669	20.626	29.146	0.068	68	2.669	16.866
4-5	0.068	68	2.669	29.146	40.624	0.068	68	2.669	27.794
3-6	0.145	145	5.693	20.626	40.602	0.099	99	3.913	16.866
6-7	0.145	145	5.693	40.602	47.009	0.099	99	3.913	35.967
7-8	0.099	99	3.898	47.009	47.424	0.099	99	3.913	39.135
8-9	0.099	99	3.898	47.424	26.697	0.099	99	3.913	39.777
9-10	0.029	29	1.134	26.697	28.027	0.029	29	1.134	19.526
9-11	0.099	99	3.913	26.697	66.437	0.099	99	3.913	19.526
11-12	0.099	99	3.913	66.437	76.567	0.099	99	3.913	59.265
12-13	0.081	81	3.205	76.567	74.084	0.081	81	3.205	69.395
13-14	0.068	68	2.669	74.084	73.980	0.068	68	2.669	66.912
14-15	0.068	68	2.669	73.980	75.092	0.068	68	2.669	66.808
15-16	0.057	57	2.244	75.092	66.298	0.057	57	2.244	67.920
12-17	0.057	57	2.244	76.567	74.234	0.057	57	2.244	69.395
17-18	0.057	57	2.244	74.234	75.484	0.057	57	2.244	67.062
18-19	0.057	57	2.244	75.484	75.235	0.057	57	2.244	68.312
19-20	0.036	36	1.425	75.235	77.108	0.036	36	1.425	68.063

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.1 Sisa Tekan Jaringan 1 dengan 2 Optimasi Diameter Pipa



Kesimpulan:  
 Maka digunakan optimasi diameter pipa 2 untuk perencanaan jaringan 1, karena sisa tekan maksimum

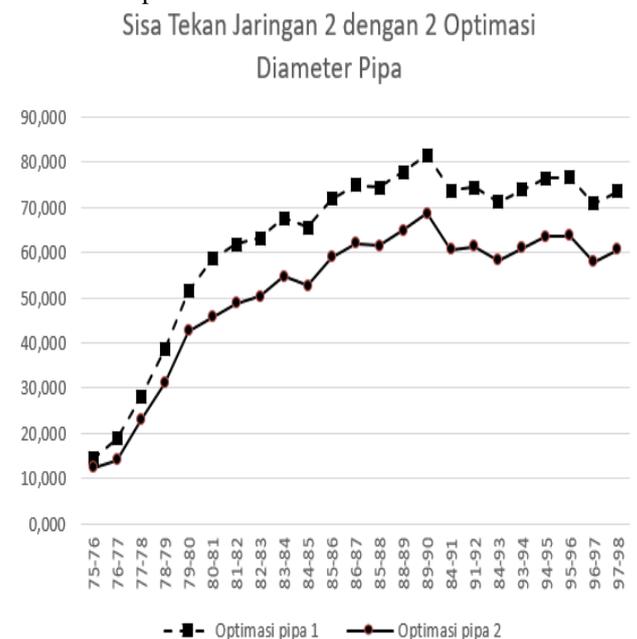
masih dibawah 70 dan lebih kecil dari sisa tekan optimasi diameter pipa 1.

Tabel 4.43 Optimasi Diameter Pipa Jaringan 2

Bagian Pipa	Optimasi Diameter Pipa 1			Sisa Tekan		Optimasi Diameter Pipa 2			Sisa Tekan	
	D <sub>pakai</sub> (m)	D <sub>pakai</sub> (mm)	D <sub>pakai</sub> (inchi)	Hulu	Hilir	D <sub>pakai</sub> (m)	D <sub>pakai</sub> (mm)	D <sub>pakai</sub> (inchi)	Hulu	Hilir
75-76	0.181	181	7.118	1.359	14.478	0.145	145	5.693	1.359	12.384
76-77	0.181	181	7.118	14.478	18.890	0.145	145	5.693	12.384	14.044
77-78	0.181	181	7.118	14.478	27.967	0.145	145	5.693	12.384	22.890
78-79	0.181	181	7.118	27.967	38.585	0.145	145	5.693	22.890	31.137
79-80	0.181	181	7.118	38.585	51.431	0.145	145	5.693	31.137	42.629
80-81	0.181	181	7.118	51.431	58.689	0.145	145	5.693	42.629	45.705
81-82	0.145	145	5.693	58.689	61.812	0.145	145	5.693	45.705	48.844
82-83	0.099	99	3.913	61.812	63.275	0.099	99	3.913	48.844	50.307
83-84	0.099	99	3.913	63.275	67.709	0.099	99	3.913	50.307	54.741
84-85	0.081	81	3.205	63.275	65.635	0.081	81	3.205	50.307	52.668
85-86	0.057	57	2.244	65.635	71.886	0.057	57	2.244	52.668	58.918
86-87	0.029	29	1.134	71.886	74.955	0.029	29	1.134	58.918	61.987
85-88	0.057	57	2.244	74.955	74.516	0.057	57	2.244	61.987	61.549
88-89	0.045	45	1.780	74.516	77.898	0.045	45	1.780	61.549	64.931
89-90	0.045	45	1.780	77.898	81.569	0.045	45	1.780	64.931	68.601
84-91	0.045	45	1.780	67.709	73.712	0.045	45	1.780	54.741	60.745
91-92	0.036	36	1.425	73.712	74.400	0.036	36	1.425	60.745	61.432
84-93	0.081	81	3.205	63.275	71.271	0.081	81	3.205	50.307	58.303
93-94	0.081	81	3.205	71.271	73.947	0.081	81	3.205	58.303	60.979
94-95	0.057	57	2.244	73.947	76.557	0.057	57	2.244	60.979	63.590
95-96	0.057	57	2.244	76.557	76.739	0.057	57	2.244	63.590	63.771
96-97	0.0452	45.2	1.780	76.739	70.965	0.045	45.2	1.780	63.771	57.997
97-98	0.0226	22.6	0.890	70.965	73.562	0.023	22.6	0.890	57.997	60.594

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.6 Sisa Tekan Jaringan 2 dengan 2 Optimasi Diameter Pipa



Maka digunakan optimasi diameter pipa 2 untuk perencanaan jaringan 2, karena sisa tekan maksimum masih dibawah 70 dan lebih kecil dari sisa tekan optimasi diameter pipa

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Optimasi diameter pipa dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih di Kecamatan Wonotirto Kabupaten Blitar Provinsi Jawa Timur, dapat disimpulkan bahwa:

1. Jumlah penduduk 10 tahun yang akan mendatang di Kecamatan Wonotirto Kabupaten Blitar Provinsi Jawa Timur adalah 37013 jiwa.
2. Kebutuhan air bersih total yang diperlukan di Kecamatan Wonotirto Kabupaten Blitar Provinsi Jawa Timur adalah 63.73 lt/d.
3. Kapasitas debit tersedia pada geolistrik 1 dan 2 adalah 12.2 lt/d; geolistrik 3 dan 4 adalah 13.98 lt/d.
4. Dimensi pipa dan reservoir yang digunakan untuk Kecamatan Wonotirto Kabupaten Blitar Provinsi Jawa Timur adalah:

Dimensi pipa yang dipakai adalah:

0.75", 1", 1.25", 1.5", 2", 2.5", 3", 4", 6".

Dimensi Reservoir 1:

6 x 4 x 3 meter.

Dimensi Reservoir 2:

6.5 x 4 x 3 meter.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2018, Juni 24). *Perlengkapan pipa*. Diambil kembali dari sambungan pipa: <https://www.jualmaterial.com/jual/fitting-pipa-tee-rucika-aw-berbagai-ukuran-tebal-dan-mengkilap/>
- Anonim. (2018, Juni 12). *Threaded Hot Tapping Saddles*. Diambil kembali dari <http://optimq.com/en/threaded-hot-tapping-saddles/>
- CD Soemarto. 1987. *"Hidrolika Teknik"*. Surabaya : Usaha Nasional
- DPU Ditjen Cipta Karya. 2007. *Pengembangan SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum) Sederhana*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya. (anonim, 2018)
- Maryono, Agus, W. Muth, dan N. Eisenhauer. 2002. *"Hidrolika Terapan"*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor : 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Syarat-Syarat Pengawasan Kualitas Air.