

PERENCANAAN JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KECAMATAN PAGAK KABUPATEN MALANG PROVINSI JAWA TIMUR

M. Faisal Ferial, I Wayan Mundra, Hirijanto
Prodi Teknik Sipil S-1, Institut Teknologi Nasional Malang^{1,2,3}

ABSTRACT

Water supply in the district of Pagak is relatively limited that it has not been able to met the water requirement for its 53879 residents. Pagak District is an area with minimal water sources. The fulfillment of clean water is planned by planning a water supply system with water sources from deep wells.

This thesis aims to determine the population until 2028, the debit of clean water needed in Pagak District, distribution of pipeline planning, pipe dimensions, reservoir dimensions, and groundwater flow rates.

This clean water distribution network planned using the Hazen-William method. The required data consists of the last 10 years population, public facilities, topographic maps, and geoelectric data in Pagak District.

Based on the planning result of the population projection in 2028, the total population is 58948 residents; total debit of clean water needs 107,52 lt/s with clean water needs being met at 41,23 lt/s and unfulfilled 66,29 lt/s; ground water debit Pagak Village 12,34 lt/s, Sempol Village 16,22 lt/s and Gampingan village 19,39 lt/s; the dimension of PVC pipes with a diameter of 1,5 inches, 2 inches, 2,5 inches, 4 inches, 6 inches, and 8 inches; dimensions of the upper reservoir to accommodate the need for clean water in Pagak District, including Sempol Village 7.5m x 5m x 3m; Pagak Village 7m x 5m x 3m; and Desa Gampingan 6.5m x 5m x 4m; the dimensions of the lower reservoir to accommodate the need for clean water in Pagak District include Sempol Village 22.5m x 15m x 9m; Pagak Village 21m x 15m x 9m; and Gingan Village 19.5m x 15m x 12m.

Keywords: pipeline, clean water, Hazen-William

ABSTRAK

Penyediaan air bersih di Kecamatan Pagak saat ini relatif terbatas sehingga belum dapat memenuhi kebutuhan air untuk 53879 penduduk. Hal ini dikarenakan Kecamatan Pagak merupakan daerah yang minim sumber air. Pemenuhan air bersih ini direncanakan dengan perencanaan sistem penyediaan air bersih dengan sumber air yang berasal dari sumur bor dalam.

Skripsi ini bertujuan untuk mengetahui jumlah penduduk sampai 2028, debit kebutuhan air bersih di Kecamatan Pagak, perencanaan jaringan pipa distribusi, dimensi pipa, dimensi reservoir, dan debit aliran air tanah.

Perencanaan jaringan distribusi air bersih ini menggunakan metode Hazen-William. Data yang dibutuhkan yaitu jumlah penduduk 10 tahun terakhir, fasilitas umum, peta topografi, dan data geolistrik di daerah Kecamatan Pagak.

Berdasarkan hasil perencanaan dari proyeksi penduduk tahun 2028 yaitu jumlah penduduk sebanyak 58948 penduduk; debit kebutuhan air bersih total 107,52 lt/s dengan kebutuhan air bersih yang terpenuhi sebesar 41,23 lt/s dan tidak terpenuhi sebesar 66,29 lt/s; debit air tanah Desa Pagak 12,34 lt/s, Desa Sempol 16,22 lt/s dan Desa Gampingan 19,39 lt/s; dimensi pipa PVC dengan diameter 1.5 inci, 2 inci, 2.5 inci, 3 inci, 4 inci, 6 inci, dan 8 inci; dimensi reservoir atas untuk menampung kebutuhan air bersih di Kecamatan Pagak antara lain Desa Sempol 7,5m x 5m x 3m; Desa Pagak 7m x 5m x 3m; dan Desa Gampingan 6.5m x 5m x 4m; dimensi reservoir bawah untuk menampung kebutuhan air bersih di Kecamatan Pagak antara lain Desa Sempol 22,5m x 15m x 9m; Desa Pagak 21m x 15m x 9m; dan Desa Gampingan 19,5m x 15m x 12m.

Kata kunci: jaringan pipa, air bersih, Hazen-William

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang dibutuhkan secara berkelanjutan dan terus menerus. Kebutuhan air bersih selalu meningkat setiap tahun seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk serta terbatasnya ketersediaan sumber air bersih sehingga pelayanan penyediaan air bersih belum terpenuhi secara merata.

Kondisi yang serupa juga terjadi di wilayah Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang, dimana masyarakatnya mendapatkan air bersih melalui sungai, sumber mata air dan membeli air ketika musim kemarau. Seiring bertambahnya kebutuhan air bersih di daerah tersebut, maka perlu direncanakan penyediaan air bersih ke seluruh wilayah Kecamatan Pagak dengan menggunakan sumur bor dalam dan

mendistribusikannya ke delapan desa yang belum terlayani secara baik, yaitu Desa Pagak, Desa Gampingan, Desa Pandanrejo, Desa Sumbermanjing Kulon, Desa Sempol, Desa Sumberkerto, Desa Sumberejo, dan Desa Telogorejo.

Oleh sebab itu perlu direncanakan pembuatan jaringan pipa distribusi air bersih dengan memperhatikan ukuran diameter jaringan pipa untuk melayani masyarakat di Kecamatan Pagak dengan umur rencana sampai tahun 2028.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sumber air

Sumber air adalah sumber air yang berguna atau potensial bagi manusia. Kegunaan air meliputi penggunaan di bidang pertanian, industri, rumah tangga, rekreasi, dan aktivitas lingkungan.

Proyeksi kebutuhan air

1. Proyeksi Jumlah Penduduk

Merupakan metode hitung prediksi jumlah penduduk di masa depan, metode uamh digunakan antara lain (Febriani A, 2018):

a. Metode Aritmatika

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

$$P_t = P_0 (1 + n \times r)$$

b. Metode Geometrik

Metode ini menggunakan dasar bunga majemuk, angka pertumbuhan penduduk dianggap sama untuk setiap tahun.

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

c. Metode Eksponensial

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

$$P_t = P_0 \times e^{r \cdot n}$$

Dimana :

P_t = jumlah penduduk akhir periode t (orang)

P_0 = jumlah penduduk awal periode t (orang)

r = tingkat pertumbuhan penduduk

n = jangka waktu / tahun proyeksi (tahun)

e = bilangan pokok sistem logaritma natural (2,71828183)

Angka pertumbuhan penduduk dihitung dengan prosentase, dengan rumus :

$$R = \left(\frac{\text{penduduk}(n) - \text{penduduk}(n-1)}{\text{penduduk}(n-1)} \right) \times 100\%$$

$$R_{\text{rata-rata}} = \frac{\text{Jumlah rata-rata pertumbuhan}}{\text{Jumlah tahun data}}$$

Untuk menentukan jumlah penduduk yaitu menggunakan metode yang memiliki nilai

simpangan baku (standar deviasi) terkecil, dengan rumus :

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

Dimana :

s = Simpangan baku (standar deviasi)

X_i = Nilai data

\bar{X} = Nilai data rata-rata

n = Jumlah data

2. Proyeksi Fasilitas Sosial Ekonomi

Fasilitas sosial ekonomi juga diperhitungkan dalam memenuhi kebutuhan air bersih, dengan rumus (Mulyono, 2018):

$$f_n = w \cdot f_o$$

$$w = \frac{\text{jumlah penduduk tahun ke } - n}{\text{jumlah penduduk tahun ke } - o}$$

Dimana :

f_n = Jumlah fasilitas untuk tahun ke-n dengan jumlah penduduk pada tahun ke - 0

f_o = Jumlah fasilitas jumlah fasilitas yang ada pada tahun data.

3. Standar Kebutuhan Air

a. Domestik

Domestik adalah kebutuhan air untuk kebutuhan pribadi atau keperluan rumah tangga.

b. Non Domestik

Non domestik adalah kebutuhan air untuk kebutuhan umum.

Tabel 2.1. Klasifikasi dan Struktur Kebutuhan Air

NO	URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH JIWA				
		I	II	III	IV	V
		> 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	Des
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

Tabel 2.2. Kebutuhan Air Non Domestik Kategori I, II, III dan IV

NO	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Sekolah	10	Liter/murid/hari
2	Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
3	Puskesmas	2000	Liter/unit/hari
4	Masjid	3000	Liter/unit/hari
5	Gereja	1000	Liter/unit/hari
6	Kantor	10	Liter/pegawai/hari
7	Pasar	12000	Liter/hektar/hari
8	Hotel	150	Liter/bed/hari
9	Rumah makan	100	Liter/tempat duduk/hari
10	Kompleks militer	60	Liter/orang/hari
11	Kawasan industri	0,2 - 0,8	Liter/detik/hektar
12	Kawasan pariwisata	0,1 - 0,3	Liter/detik/hektar

Sumber : Ditjen Cipta Karya Dep PU tahun 2000

Pompa

Pemompaan didefinisikan sebagai penambahan energi untuk memindahkan zat cair dari permukaan yang rendah ke permukaan yang tinggi atau dari tekanan rendah ke tekanan tinggi.

Tabel 2.3. Pemilihan Diameter Pipa – Deep Well Submersible Pump

No.	Kapasitas Unit Produksi L/det	Diameter Discharge in	Diameter Reducer mm	Diameter Header mm
1.	0 - 5	2		50
2.	5 - 7,5	2,5	80 x 80	80
3.	7,5 - 10	3	80 x 150	150
4.	10 - 15	4	80 x 150	150
5.	15 - 25	5	80 x 150	150
6.	25 - 40	5	100 x 200	200
7.	40 - 75	8	150 x 250	250

Tabel 2.4. Pemilihan Diameter Pipa – Perpompaan Distribusi Centrifugal Single Suction

No.	Kapasitas Unit Produksi L/det	Jumlah Pompa Unit	Kapasitas Pompa L/det	Pipa Hisap mm	Diameter Reducer mm	Diameter Suction mm	Diameter Discharge mm	Diameter Diffuser mm	Diameter Header mm
1.	0 - 8	2	0 - 4	100	100 x 50	50	32	32 x 65	100
2.	8 - 14	2	4 - 7	150	150 x 65	65	50	50 x 80	150
3.	14 - 20	2	7 - 10	200	200 x 80	80	65	65 x 100	200
4.	20 - 48	2	10 - 23	250	250 x 100	100	80	80 x 150	250
5.	48 - 80	2	23 - 30	300	300 x 125	125	100	100 x 150	300
6.	80 - 90	2	30 - 45	400	400 x 150	150	125	125 x 200	300
7.	90 - 120	2	45 - 60	400	400 x 200	200	150	150 x 200	400
8.	120 - 200	2	60 - 100	500	500 x 200	200	200	200 x 250	400
9.	200 - 300	2	100 - 180	500	500 x 250	250	250	250 x 300	500
10.	300 - 400	2	180 - 200	600	600 x 250	250	250	250 x 400	500
11.	400 - 500	2	200 - 250	600	600 x 250	250	300	300 x 500	600
12.	500 - 750	2	166,7 - 250	700	700 x 250	250	300	300 x 600	900
13.	750 - 1000	4	187,5 - 250	900	900 x 250	250	300	300 x 700	1000

(Suhardono, dkk., 2019)

Reservoir

Reservoir merupakan bangunan penampung atau penyimpan air baku baik dari hasil olahan (jika menggunakan pengolahan) maupun langsung dari sumber mata air sebelum didistribusikan kepada masyarakat.

Tabel 2.5. Faktor Pengali (Load Factor) terhadap Kebutuhan Air Bersih

Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Load Factor	0,3	0,37	0,45	0,64	1,15	1,4	1,53	1,56	1,41	1,38	1,27	1,2
Jam	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Load Factor	1,14	1,17	1,18	1,22	1,31	1,38	1,25	0,98	0,62	0,45	0,37	0,25

(Ardiansyah, dkk., 2012)

Jaringan pipa

Ada empat sistem dalam jaringan pipa distribusi menurut luas wilayah pelayanan yaitu (Tri joko, 2010 : 17):

- Sistem Cabang (*Dead End System*)

Dalam sistem ini air mengalir dalam satu arah saja kedalam sub induk dan cabang, diameter pipa menurun semakin kecil pada setiap

- cabang dan pada daerah tersebut hanya ada satu elevasi tertinggi.
- Sistem Grid Iron (*Grid Iron System*)**
 Aliran air memasuki cabang di semua persimpangan di kedua arah dan sub induk memiliki diameter yang sama. Pada setiap titik dalam tekanan garis seimbang dari semua arah karena interkoneksi jaringan ke semua pipa.
 - Sistem Melingkar (*Ring System*)**
 Pasokan air disalurkan ke pipa induk menuju sekitar batas area dan dapat menambah tekanan pada daerah pelayanan.
 - Sistem Radial (*Radial System*)**
 Menggunakan sistem zona, pipa-pipa pasokan air diletakkan secara radial berakhir menuju masing-masing zona. Air dipompa ke reservoir kemudian didistribusikan ke masing-masing zona.

Jenis Pipa	Koefisien C
Asbestos Cement	140
Brass Tube	130
Cast Iron Tube	100
Concrete Tube	110
Copper Tube	130
Corrugated Steel Tube	60
Galvanized Tubing	120
Glass Tube	130
Lead Piping	130
Plastic Pipe	140
PVC Pipe	150
General Smooth Pipe	140
Steel Pipe	120
Steel Riveted Pipe	100
Tar Coated Cast Iron Tube	130
Wood Stave	100

- Kemiringan Pipa**

$$S = \frac{\Delta H \times 100}{L}$$

Keterangan :

S = Kemiringan pipa (%)

ΔH = Beda tinggi elevasi (m)

L = Panjang pipa (m)

- Diameter Pipa**

$$D = \frac{Q^{1/2,63}}{0,2785 \times C \times S^{0,54}}$$

Keterangan :

D = Diameter pipa (m)

Q = Debit yang mengalir dalam pipa (m³/dt)

C = Koefisien kekasaran pipa (sesuai jenis digunakan)

S = Kemiringan pipa (%)

- Kecepatan Aliran**

$$V = \frac{Q}{A}$$

Keterangan :

Q = Debit yang mengalir dalam pipa (m³/dt)

A = Luas penampang pipa (m²)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

- Mayor Losses (Kehilangan Tinggi Energi Mayor)**

Kehilangan mayor adalah kehilangan energi pada aliran dalam pipa yang disebabkan oleh friksi atau gesekan yang terjadi di sepanjang

Dimensi pipa

- Koefisien pipa**

Tabel 2.6. Koefisien kekasaran Hazzen William

aliran fluida yang mengalir terhadap dinding pipa.

$$h_f = \left(\frac{Q}{0,278 \times C_H \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m³/s)

C_H = Koefisien kekasaran Hazen William

D = Diameter pipa (m)

h_f = Kehilangan tekanan (m)

L = Panjang pipa dari node 1 ke node 2 (m)

f. Sisa tekan

Sisa tekan adalah tekanan air yang ada atau tersisa di suatu lokasi pada jalur pipa yang merupakan selisih antara elevasi tinggi energi dengan elevasi pipa yang besarnya lebih besar sama dengan dari 10 meter dan kurang dari sama dengan 125 meter. (Amalia, 2018)

P = elevasi tinggi energi – elevasi pipa

Dimana:

P = tekanan yang terjadi dalam pipa (m)

Debit aliran air tanah

Untuk menentukan debit aliran air tanah dapat dihitung berdasarkan data geolistrik menggunakan rumus berikut (Dedi,2013) :

a. Ketebalan akuifer

Ketebalan akuifer = selisih kedalaman akuifer (meter)

b. Mengitung nilai kelulusan air

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

c. 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 (m³/hari)

A = Luas akuifer (m²)

d = Diameter sumur (m)

b = Ketebalan akuifer (m)

i = Landaian hidrolika akuifer

K = Nilai kelulusan air (m/hari)

k = Harga kelulusan air untuk tanah (tabel 7)

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

Program epanet

Epanet 2.0 adalah program komputer yang berbasis windows yang merupakan program simulasi dari perkembangan waktu dari profil hidrolis dan perlakuan kualitas air bersih dalam suatu jaringan pipa distribusi, yang di dalamnya terdiri dari titik/node/junction pipa, pompa, valve (asesoris) dan reservoir baik ground reservoir maupun reservoir menara. Output yang dihasilkan dari program Epanet 2.0 ini antara lain debit yang mengalir dalam pipa, tekanan air dari masing masing titik/node/junction yang dapat dipakai sebagai analisis dalam menentukan operasi instalasi, pompa dan reservoir serta besarnya konsentrasi unsur kimia yang terkandung dalam air bersih yang didistribusikan dan dapat digunakan sebagai simulasi penentuan lokasi sumber sebagai arah pengembangan.

3. METODE PENELITIAN

Dalam merencanakan jaringan pipa distribusi air bersih, berikut prosedur yang dilakukan:

1. Menghitung debit kebutuhan air

Dengan mempertimbangkan pertumbuhan penduduk menggunakan metode aritmatika, geometrik dan eksponensial, lalu dipilih metode dengan simpangan baku terkecil.

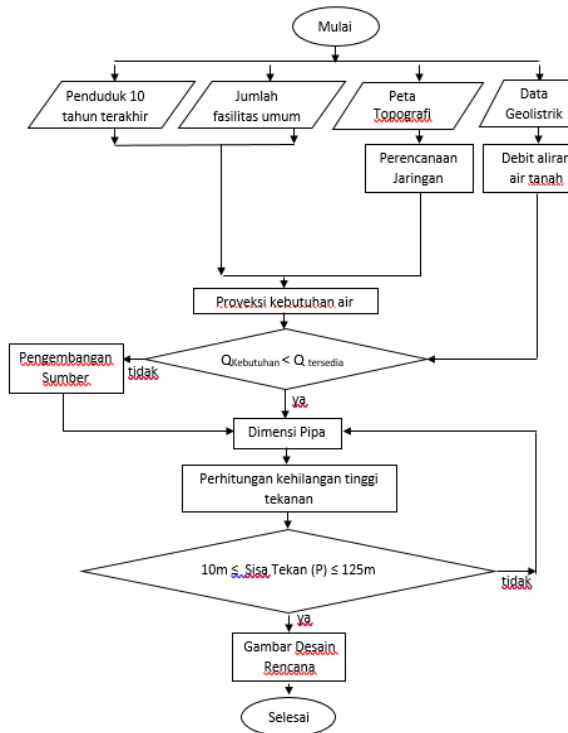
2. Menentukan debit aliran air tanah

Dihitung berdasarkan data geolistrik untuk mengetahui ketebalan, kedalaman, serta penyebaran lapisan batuan.

3. Perencanaan jaringan pipa distribusi

Perencanaan berdasarkan pedoman perencanaan sektor air bersih yang dikeluarkan oleh Direktorat Air Bersih PU-Cipta Karya.

Tabel 2.7. Harga Kelulusan Air Tanah



Gambar 3.1. Bagan Alur Penelitian

Pada perhitungan proyeksi penduduk ini terdapat tiga metode yaitu metode aritmatika, metode geometrik dan metode eksponensial. Selanjutnya

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyeksi kebutuhan air

Proyeksi kebutuhan air diperlukan untuk memproduksi air yang akan mendatang. Mengingat kebutuhan air bersih dari tahun ke tahun yang terus meningkat, maka sarana / sistem penyediaan air bersih harus diperhitungkan agar mencukupi untuk tahun yang akan datang. Proyeksi kebutuhan air antara lain:

1. Perhitungan Rata-rata Pertumbuhan Penduduk
 Perhitungan rata-rata pertumbuhan penduduk di Kecamatan Pagak sebagai berikut :

Tabel 4.1. Rata-rata Pertumbuhan Penduduk

<i>Wilayah</i>	<i>Laju Pertumbuhan Penduduk (r)</i>
KECAMATAN PAGAK	0.00941
SUMBERMANJING	0.00662
KULON	
PANDANREJO	0.00742
SUMBERKERTO	0.00633
SEMPOL	0.00845
PAGAK	0.00614
SUMBEREJO	0.00705
GAMPINGAN	0.02088
TLOGOREJO	0.01399

2. Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk

dari ketiga metode tersebut diambil standart deviasi yang terkecil untuk mendapatkan jumlah penduduk pada tahun 2028.

Tabel 4.2. Proyeksi Jumlah Penduduk

<i>Wilayah</i>	<i>Proyeksi penduduk</i>	
	2018	2028
KECAMATAN PAGAK	8678	9253
SUMBERMANJING KULON	2988	3210
PANDANREJO	4178	4443
SUMBERKERTO	6887	7469
SEMPOL	9652	10245
PAGAK	7455	7981
SUMBERREJO	7687	9292
GAMPINGAN	6354	7243
TLOGOREJO	53879	59136

3. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Kecamatan Pagak termasuk kota kategori IV (Kota kecil) berdasarkan Ditjen Cipta Karya (2000) yang mengacu pada jumlah penduduk (20.000 -100.000 jiwa). Berdasarkan kategori tersebut dan mengacu pada tabel 1, maka perhitungan kebutuhan air bersih untuk Kecamatan Pagak, diawali dengan menghitung jumlah proyeksi fasilitas umum pada tahun 2028 kemudian menghitung debit fasilitas umum pada tahun 2028. Hasil proyeksi dapat dilihat pada Tabel 10, Tabel 11 dan Tabel 12.

Perhitungan debit aliran tanah

Perencanaan jaringan pipa air bersih di Kecamatan Pagak ini mengambil sumber air dari sumur bor dalam. Untuk mengetahui kapasitas debit aliran air tanah di lokasi sumur yang akan di rencanakan diperlukan data geolistrik yang di dapat dari konsultan pengeboran kabupaten malang (data tidak dilampirkan). Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan debit air sebesar 12.34 lt/d di Desa Pagak, 16.22 lt/d di Desa Sempol dan 19.39 lt/d di Desa Gampingan.

Perencanaan jaringan

Dalam perencanaan jaringan pipa distribusi air bersih ini dengan adanya keterbatasan debit aliran air tanah pada sumur maka perencanaan ini disesuaikan dengan debit yang ada. Debit aliran pada sumur hanya cukup untuk melayani 1 Desa, dan perencanaan jaringan air bersih ini akan dilakukan di Desa Sempol, Desa Pagak, dan Desa Gampingan.

Jaringan pipa air bersih untuk daerah Kecamatan Pagak direncanakan menggunakan jaringan perpipaan untuk mendistribusikan air bersih ke blok-blok rumah. Air dialirkan menuju reservoir melalui pipa-pipa PVC yang ditanam 1 m dari permukaan tanah, kemudian dari reservoir dialirkan secara gravitasi menuju daerah perblok rumah yang dialiri. Dalam analisis kondisi hidrolis jaringan pipa akan dibantu dengan Program EPANET 2.0 yang nantinya akan menghasilkan output yang berupa kontrol kecepatan, kontrol debit dan tekanan tiap *node / junction* yang dapat dilihat pada Tabel 13 s/d Tabel 18

Tabel 4.3. Jumlah Fasilitas Umum Kecamatan Pagak Tahun 2028

DESA	JUMLAH FASILITAS UMUM 2028									
	Sekolah	Puskesmas	Polindes	Masjid	Mushola	Gereja	Pura	Vihara	Klenteng	Pasar
SUMBERMANJING	15	1	1	13	35	2	0	0	0	1
PANDANREJO	5	0	1	4	10	0	0	0	0	0
SUMBERKERTO	4	0	1	11	67	0	0	0	0	0
SEMPOL	6	0	0	16	37	1	0	0	0	1
PAGAK	12	1	0	16	88	1	0	0	0	1
SUMBERREJO	11	0	1	12	57	0	0	0	0	0
GAMPINGAN	7	0	1	5	45	0	0	0	0	1
TLOGOREJO	9	0	0	7	45	0	2	0	0	0
JUMLAH	69	2	5	84	384	4	2	0	0	4

Tabel 4.4. Debit Fasilitas Umum Kecamatan Pagak

DESA	DEBIT FASILITAS UMUM (lt/s)										JUMLAH
	Sekolah	Puskesmas	Polindes	Masjid	Mushola	Gereja	Pura	Vihara	Klenteng	Pasar	
SUMBERMANJING KULON	0.34	0.02	0.01	0.44	0.61	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	1.47
PANDANREJO	0.04	0.00	0.01	0.15	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37
SUMBERKERTO	0.06	0.00	0.01	0.37	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61
SEMPOL	0.08	0.00	0.00	0.56	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.30
PAGAK	0.16	0.02	0.00	0.56	1.54	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	2.31
SUMBERREJO	0.09	0.00	0.01	0.41	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.49
GAMPINGAN	0.11	0.00	0.01	0.19	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.11
TLOGOREJO	0.20	0.00	0.00	0.26	0.78	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	1.26
JUMLAH	1.08	0.05	0.06	2.92	6.66	0.03	0.02	0.00	0.00	0.09	10.92
TAHUN	2028										

Tabel 4.5. Debit Kebutuhan Air Bersih

DESA	Blok	Node	Luas Ha	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jumlah Penduduk Terlayani (jiwa)	Kebutuhan Air						Jam Puncak	Kebutuhan Total (lt/d)	
						SR		HU		Kehilangan Air (lt/d)	Non Domestik (lt/d)			
						lt/hari	lt/d	lt/hari	lt/d					
SUMBERMANJING KULON	SK	SK1	15	55,15	1943	1749	122417,19	1,42	15739,35	0,18	0,40	0,31	1,5	3,46
		SK2	17	70,90	2498	2248	157393,53	1,82	20236,31	0,23	0,51	0,40		4,45
		SK3	16	84,03	2961	2665	186540,48	2,16	23983,78	0,28	0,61	0,47		5,28
		SK4	12	52,52	1851	1666	116587,80	1,35	14989,86	0,17	0,38	0,29		3,30
	JUMLAH			262,60	9253	8328	582939,00	6,75	74949,30	0,87	1,90	1,47	16,49	
PANDANREJO	PD	PD1	14	19,69	1766	1589	111226,50	1,29	14300,55	0,17	0,36	0,20	1,5	3,03
		PD2	25	16,11	1445	1300	91003,50	1,05	11700,45	0,14	0,30	0,17		2,48
	JUMLAH			35,80	3210	2889	202230,00	2,34	26001,00	0,30	0,66	0,37	5,50	
SUMBERKERTO	SBK	SBK1	24	14,01	1200	1080	75575,43	0,87	9716,84	0,11	0,25	0,43	1,5	2,50
		SBK2	21	15,05	1288	1160	81173,61	0,94	10436,61	0,12	0,27	0,47		2,69
		SBK3	23	11,94	1022	920	64379,07	0,75	8277,31	0,10	0,21	0,37		2,13
		SBK4	20	10,90	933	840	58780,89	0,68	7557,54	0,09	0,19	0,34		1,95
	JUMLAH			51,90	4443	3999	279909	3,24	35988,3	0,42	0,91	1,61	9,27	
SEMPOL	SMPL	SMPL1	11	21,00	896	807	56465,64	0,65	7259,87	0,08	0,18	0,16	1,5	1,62
		SMPL2	9	29,75	1270	1143	79992,99	0,93	10284,81	0,12	0,26	0,22		2,29
		SMPL3	6	22,75	971	874	61171,11	0,71	7864,86	0,09	0,20	0,17		1,75
		SMPL4	5	17,50	747	672	47054,70	0,54	6049,89	0,07	0,15	0,13		1,35
		SMPL5	8	28,00	1195	1076	75287,52	0,87	9679,82	0,11	0,25	0,21		2,16
		SMPL6	4	14,00	598	538	37643,76	0,44	4839,91	0,06	0,12	0,10		1,08
		SMPL7	3	17,50	747	672	47054,70	0,54	6049,89	0,07	0,15	0,13		1,35
		SMPL8	2	24,50	1046	941	65876,58	0,76	8469,85	0,10	0,22	0,18		1,89
JUMLAH			175,00	7469	6722	470547	5,45	60498,9	0,70	1,54	1,30	13,48		
PAGAK	P	P1	3	23,13	717	645	45180,45	0,52	5808,92	0,07	0,15	0,16	1,5	1,35
		P2	4	26,44	820	738	51634,80	0,60	6638,76	0,08	0,17	0,18		1,54
		P3	5	29,74	922	830	58089,15	0,67	7468,61	0,09	0,19	0,21		1,73
		P4	9	29,74	922	830	58089,15	0,67	7468,61	0,09	0,19	0,21		1,73
		P5	10	29,74	922	830	58089,15	0,67	7468,61	0,09	0,19	0,21		1,73
		P6	13	39,66	1229	1106	77452,20	0,90	9958,14	0,12	0,25	0,28		2,31
		P7	11	23,13	717	645	45180,45	0,52	5808,92	0,07	0,15	0,16		1,35
		P8	14	26,44	820	738	51634,80	0,60	6638,76	0,08	0,17	0,18		1,54
		P9	16	33,05	1025	922	64543,50	0,75	8298,45	0,10	0,21	0,23		1,93
		P10	18	26,44	820	738	51634,80	0,60	6638,76	0,08	0,17	0,18		1,54
		P11	19	42,96	1332	1199	83906,55	0,97	10787,99	0,12	0,27	0,30		2,51
JUMLAH			330,48	10245,00	9220,50	645435,00	7,47	82984,50	0,96	2,11	2,31	19,27		
SUMBEREJO	SBRJ	SBRJ1	8	47,04	1915	1724	120672,72	1,40	15515,06	0,18	0,39	0,36	1,5	3,49
		SBRJ2	7	15,68	638	575	40224,24	0,47	5171,69	0,06	0,13	0,12		1,16
		SBRJ3	11	19,60	798	718	50280,30	0,58	6464,61	0,07	0,16	0,15		1,45
		SBRJ4	10	35,28	1437	1293	90504,54	1,05	11636,30	0,13	0,30	0,27		2,62
		SBRJ5	9	39,20	1596	1437	100560,60	1,16	12929,22	0,15	0,33	0,30		2,91
		SBRJ6	8	39,20	1596	1437	100560,60	1,16	12929,22	0,15	0,33	0,30		2,91
	JUMLAH			196,00	7981	7183	502803,00	5,82	64646,10	0,75	1,64	1,49	14,55	
GAMPINGAN	GP	GP1	7	59,11	2137	1923	134641,08	1,56	17311,00	0,20	0,44	0,25	1,5	3,68
		GP2	6	33,41	1208	1087	76101,48	0,88	9784,48	0,11	0,25	0,14		2,08
		GP3	5	61,68	2230	2007	140495,04	1,63	18063,65	0,21	0,46	0,27		3,84
		GP4	4	66,82	2416	2174	152202,96	1,76	19568,95	0,23	0,50	0,29		4,16
		GP5	3	35,98	1301	1171	81955,44	0,95	10537,13	0,12	0,27	0,15		2,24
JUMLAH			257,00	9292	8363	585396,00	6,78	75265,20	0,87	1,91	1,11	16,00		
TLOGOREJO	TL	TL1	12	4,91	579	521	36504,72	0,42	4693,46	0,05	0,12	0,10	1,5	1,05
		TL2	13	6,14	724	652	45630,90	0,53	5866,83	0,07	0,15	0,19		2,76
		TL3	15	12,28	1449	1304	91261,80	1,06	11733,66	0,14	0,30	0,00		2,24
		TL4	16	12,28	1449	1304	91261,80	1,06	11733,66	0,14	0,30	0,00		2,24
		TL5	17	11,05	1304	1173	82135,62	0,95	10560,29	0,12	0,27	0,00		2,01
		TL6	18	14,74	1738	1564	109514,16	1,27	14080,39	0,16	0,36	0,00		2,68
JUMLAH			61,40	7243	6519	456309,00	5,28	58668,30	0,68	1,49	1,19	12,97		
JUMLAH TOTAL				1370,18	59136,00	53222,40	3725568,00	43,12	479001,60	5,54	12,17	10,85	107,52	

Tabel 4.6. Perbandingan Analisis Pipa Hitungan Manual & Program Epanet 2.0 Desa Sempol

Bagian Pipa	Panjang (m)	Diameter (mm)	Koefisien Kekasaran (CH)	Debit (lt/s)		Kecepatan (m/s)	
				Manual	Epanet	Manual	Epanet
1-2	689.054	145	150	13.49	13.49	0.82	0.82
2-3	422.103	145	150	11.6	11.6	0.70	0.70
3-4	1023.111	145	150	10.25	10.25	0.62	0.62
4-5	272.246	99	150	9.17	9.17	1.19	1.19
5-6	112.736	99	150	7.82	7.82	1.02	1.02
6-7	300.006	99	150	6.07	6.07	0.79	0.79
7-8	194.398	57	150	2.16	2.16	0.85	0.85
7-9	165.726	68	150	3.91	3.91	1.08	1.08
9-10	2443.68	57	150	1.62	1.62	0.63	0.63
10-11	1016.346	45	150	1.62	1.62	1.02	1.02

Tabel 4.7. Perbandingan Analisis *Junction / Node* Hitungan Manual & Program Epanet 2.0 Desa Sempol

Nama Junction	Elevasi (m)	Kebutuhan Dasar (lt/s)	Tekanan(m)	
			Manual	Epanet
Junc 2	518.15	1.89	15.37	13.98
Junc 3	507.18	1.35	24.99	23.62
Junc 4	506.84	1.08	22.71	21.40
Junc 5	494.10	1.35	31.94	30.58
Junc 6	493.36	1.75	31.60	30.22
Junc 7	492.74	0	30.42	29.01
Junc 8	492.23	2.16	28.35	26.95
Junc 9	491.69	2.29	28.64	27.28
Junc 10	480.47	0	20.79	19.53
Junc 11	453.37	1.62	23.38	21.67

Tabel 4.8. Perbandingan Analisis Pipa Hitungan Manual & Program Epanet 2.0 Desa Pakak

Bagian Pipa	Panjang (m)	Diameter (mm)	Koefisien Kekasaran (CH)	Debit (lt/s)		Kecepatan (m/s)	
				Manual	Epanet	Manual	Epanet
1-2	451.01	181	150	11.74	11.74	0.5	0.46
2-3	497.22	145	150	8.08	8.08	0.5	0.49
3-4	130.76	99	150	6.73	6.73	0.9	0.87
4-5	445.34	99	150	5.19	5.19	0.9	0.67
5-6	294.62	81	150	3.46	3.46	0.7	0.67
6-9	546.60	81	150	3.46	3.46	0.7	0.67
9-10	1592.71	57	150	1.73	1.73	0.7	0.68
2-11	237.31	68	150	3.66	3.66	1.0	1.01
11-12	194.28	57	150	2.31	2.31	0.9	0.91
12-13	473.45	57	150	2.31	2.31	0.9	0.91

Tabel 4.9. Perbandingan Analisis *Junction / Node* Hitungan Manual & Program Epanet 2.0 Desa Pakak

Nama Junction	Elevasi (m)	Kebutuhan Dasar (lt/s)	Tekanan(m)	
			Manual	Epanet
Junc 2	524.95	0	10.98	9.56
Junc 3	522.19	1.35	12.93	11.52
Junc 4	517.77	1.54	16.40	14.97
Junc 5	514.17	1.73	17.99	16.54
Junc 6	511.06	0	19.45	17.97
Junc 7	488.20	1.73	39.24	37.30
Junc 8	433.47	1.73	79.94	78.47
Junc 9	515.00	1.35	17.33	15.98
Junc 10	513.40	0	16.01	14.67
Junc 11	507.51	2.31	14.78	13.47

Tabel 4.10. Perbandingan Analisis Pipa Hitungan Manual & Program Epanet 2.0 Desa Gampingan

Bagian Pipa	Panjang (m)	Diameter (mm)	Koefisien Kekasaran (CH)	Debit (lt/s)		Kecepatan (m/s)	
				Manual	Epanet	Manual	Epanet
1-2	663.90	145	150	16.00	16	0.97	0.97
2-3	244.86	145	150	16.00	16	0.97	0.97
3-4	358.82	145	150	13.76	13.76	0.84	0.83
4-5	2176.53	99	150	9.60	9.6	1.24	1.25
5-7	386.15	99	150	5.76	5.76	0.74	0.75
7-6	121.46	57	150	2.08	2.08	0.82	0.82

Tabel 4.11. Perbandingan Analisis *Junction / Node* Hitungan Manual & Program Epanet 2.0 Desa Gampingan

Nama Junction	Elevasi (m)	Kebutuhan Dasar (lt/s)	Tekanan(m)	
			Manual	Epanet
Junc 2	312.85	0	54.82	53.36
Junc 3	312.69	2.24	53.56	52.12
Junc 4	308.81	4.16	55.86	54.45
Junc 5	306.77	3.84	27.38	25.51
Junc 6	305.00	3.68	27.05	25.14
Junc 7	304.00	2.08	26.54	24.64

Reservoir

Reservoir berfungsi untuk menampung atau menyimpan air dan juga berfungsi untuk mengatasi masalah naik turunnya kebutuhan air bersih. Dimensi reservoir merupakan perhitungan besarnya volume reservoir yang dibutuhkan untuk menampung kebutuhan air bersih.

Perhitungan dimensi reservoir di Desa Sempol sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Debit kebutuhan air (Q)} &= 13,49 \text{ lt/s} \\
 \text{Q per-hari} &= 1165.54 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Q per-jam} &= 48.56 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Volume tampungan maksimal} &= 108.78 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jadi, Dimensi reservoir atas sebagai berikut:} \\
 \text{Panjang} &= 7.5 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 5 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume} = 7,5 \times 7 \times 2 = 112,5 \text{ m}^3$$

Sedangkan untuk reservoir bawah maka dimensi dibuat lebih besar 3kali lipat dari reservoir atas. Hal ini dikarenakan jika ada perbaikan pada pompa *submersible* maka volume reservoir bawah masih dapat melayani dalam 3 hari kedepan. Sehingga untuk dimensi reservoir bawah sebagai berikut :

$$\text{Panjang} = 7,5 \text{ m} = 22,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 5 \text{ m} = 15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 3 \text{ m} = 9 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 22,5 \times 15 \times 9 = 3037,5 \text{ m}^3$$

Untuk dimensi reservoir Desa Pagak, dengan cara yang sama didapatkan reservoir atas, volume $7 \times 5 \times 3 = 105 \text{ m}^3$, sedangkan reservoir bawah sebesar $21 \times 15 \times 9 = 2835 \text{ m}^3$.

Dimensi reservoir atas Desa Gampingan sebesar $6,5 \times 5 \times 4 = 130 \text{ m}^3$, sedangkan reservoir bawah sebesar $19,5 \times 15 \times 12 = 3510 \text{ m}^3$.

Pompa

Pada setiap jaringan distribusi air di Desa Sempol, Pagak dan Gampingan terdapat 2 jenis pompa yang masing-masing terdiri dari 3 pompa dorong (*booster*) dan 1 pompa hisap (*submersible*). Dimana 1 pompa hisap ini diletakkan di dalam sumur untuk menghisap air menuju reservoir bawah, sedangkan 3 pompa dorong diletakkan di atas sumur digunakan untuk mendorong air menuju reservoir atas. Dari ketiga pompa booster tersebut 2 pompa digunakan secara bergantian dan 1 pompa sisanya digunakan sebagai cadangan jika terjadi kerusakan. Jenis pompa yang digunakan dalam perencanaan jaringan distribusi air bersih di Kecamatan pagak yaitu :

- a) Debit aliran air tanah di Desa Pagak sebesar 12,34 lt/d, maka berdasarkan Tabel 3 pada sumur ini menggunakan pompa *submersible* berkapasitas 10-15 lt/d. Sedangkan untuk pompa *booster* menggunakan pompa *Centrifugal Single Suction* yang berkapasitas 10-23 lt/d.
- b) Debit aliran air tanah pada Desa Sempol sebesar 16,22 lt/d dan Desa Gampingan sebesar 19,39 lt/d, maka berdasarkan Tabel 3 pada sumur ini menggunakan pompa *submersible* berkapasitas 15-25 lt/d. Sedangkan untuk pompa *booster* menggunakan pompa *Centrifugal Single Suction* yang berkapasitas 10-23 lt/d.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan dari proyeksi penduduk tahun 2028 yaitu jumlah penduduk sebanyak 58948 penduduk; debit kebutuhan air bersih total 107,52 lt/s dengan kebutuhan air bersih yang terpenuhi sebesar 41,23 lt/s dan tidak terpenuhi sebesar 66,29 lt/s; debit air tanah Desa Pagak 12,34 lt/s, Desa Sempol 16,22 lt/s dan Desa Gampingan 19,39 lt/s; dimensi pipa PVC dengan diameter 1.5 inci, 2 inci, 2.5 inci, 3 inci, 4 inci, 6 inci, dan 8 inci; dimensi reservoir atas untuk menampung kebutuhan

air bersih di Kecamatan Pagak antara lain Desa Sempol 7,5m x 5m x 3m; Desa Pagak 7m x 5m x 3m; dan Desa Gampingan 6.5m x 5m x 4m; dimensi reservoir bawah untuk menampung kebutuhan air bersih di Kecamatan Pagak antara lain Desa Sempol 22,5m x 15m x 9m; Desa Pagak 21m x 15m x 9m; dan Desa Gampingan 19,5m x 15m x 12m.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, Juwono, P.T., dan Ismoyo, M.J. (2012). Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih Pada PDAM Di Kota Ternate. *Jurnal Teknik Pengairan*. 3 (12): 211-220.
- DPU Ditjen Cipta Karya. 2007. *Pengembangan SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum) Sederhana*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Febriani, A. (2018). Perencanaan Ulang Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Kecamatan Panggungrejo Kabupaten Blitar Provinsi Jawa Timur. Tugas Akhir. Tidak dipublikasikan. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- Gumintang, A. G. (2019). Perencanaan dan Analisis Finansial Jaringan Irigasi Air Tanah Daerah Oncoran SDBK-602 Kabupaten Bangkalan. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- Indiarti, S. H. (2018). Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih PDAM Unit Pakisaji Kabupaten Malang. Tugas Akhir. Tidak dipublikasikan. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- Joko, Tri. (2010). Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- KEMENKES RI. (1990). Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor : 416/Menkes/ Per/IX/1990 tentang Syarat-Syarat Pengawasan Kualitas Air. Menteri Kesehatan Republik Indonesia
- KPUPR RI. (2018). Modul Proyeksi Kebutuhan Air dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air (Online). https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/920dd_2._Proyeksi_Kebutuhan_Air_dan_Identifikasi_Pola_Fluktuasi_Pemakaian_Air.docx.pdf. (Diakses 7 november 2019)
- Maryono, Agus, W. Muth, dan N. Eisenhauer. (2002). Hidrolika Terapan. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Mulyono, (2018). Analisa Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Di Desa Bukit Pariyaman Kec. Tenggarong Seberang Kab. Kutai Kartanegara. Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.

Sasongko, Djoko. (1985). Teknik Sumber Daya Air. Yogyakarta : Andi Offset.

Setiono,D., Pudjihardjo, H., dan Krisna, W. (2013). Penyelidikan Zona Akuifer Menggunakan Geolistrik Metode *Schlumberger* Di Sekitar Pantai Utara Kecamatan Kramat, Suradadi Dan Warureja Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. Universitas Diponegoro Semarang.

Suhardono, A., Harsanti, W., Efendi, M., dan Shinta, M. (2019). Modul Ajar Pengelolaan Air Bersih. Politeknik Negeri Malang.