

**STUDI PERENCANAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH
UNTUK DESA UMBULAN KECAMATAN WINONGAN
KABUPATEN PASURUAN**

NASKAH PUBLIKASI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**CAHYO ADHI HERYONO
NIM. 115060105111001**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
MALANG
2017**

STUDI PERENCANAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH UNTUK DESA UMBULAN KECAMATAN WINONGAN KABUPATEN PASURUAN

Cahyo Adhi Heryono, Indradi Wijatmiko, Alwafi Pujiraharjo

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: che.cahyo@yahoo.com

ABSTRAK

Permasalahan yang banyak ditemukan dalam lingkup keairan adalah kendala kurang maupun belum tercukupinya kebutuhan air bersih. Kondisi yang ada pada Kecamatan Winongan, Kabupaten Pasuruan sebagian besar daerahnya mengalami kekeringan dan ketersediaan air bersih masih belum mencukupi. Faktor topografi yang berupa bukit menyebabkan masyarakat masih terkendala dalam pelayanan kebutuhan air untuk kehidupan sehari-hari. Pada penelitian kali ini dilakukan perencanaan penyediaan air bersih untuk Kecamatan Winongan yang meliputi tiga desa yakni Desa Karangtengah, Kedungrejo dan Umbulan. Tahap awal dalam penelitian ini adalah menentukan jumlah kebutuhan air bersih pada daerah pelayanan air bersih dan kemudian dibandingkan dengan debit ketersediaan air untuk mencukupi kebutuhan air tersebut. Untuk penyediaan air bersih pada tugas akhir ini digunakan air pada mata air Umbulan untuk mencukupi kebutuhan air daerah penyediaan air bersih. Dari hasil penelitian ini didapatkan jumlah kebutuhan air bersih sebesar 451.504 liter/hari sedangkan jumlah debit sumber mata air Umbulan sebesar 168.453.181,4 liter/hari. Dengan demikian maka sumber mata air Umbulan dapat digunakan untuk melayani jumlah kebutuhan air bersih pada tugas akhir ini. Kemudian untuk sistem distribusi air bersih ditempatkan pompa dan *reservoir* yang sesuai dengan beberapa pertimbangan teknis. Perencanaan penyediaan air bersih dilakukan pembagian daerah pengaliran menjadi 2 wilayah, wilayah pertama merupakan Desa Karangtengah, sedangkan wilayah kedua merupakan Desa kedungrejo dan Desa Umbulan. Pada daerah pengaliran 1 digunakan pompa dengan debit 5 m³/jam dan tampungan *reservoir* sebesar 40 m³, sedangkan pada daerah pengaliran 2 digunakan pompa dengan debit 10 m³/jam dengan kapasitas *reservoir* sebesar 40 m³.

Kata kunci: mata air Umbulan, sistem penyediaan air bersih, pompa air, *reservoir*

ABSTRACT

Some problem in scope of water management are lack and less insufficient supply of water demand. Matters that Winongan district of Pasuruan regency face was most of their regions have to deal with drought suffering problem and insufficient supply of water demand caused by hilly contour form. In these studies performed a planning of raw water provision for Winongan district of Pasuruan regency which included countryside of Karangtengah, Kedungrejo and Umbulan. The early stages of this studies is determine amount of water demand and then compared with amount of water supply to sufficient of water needed. Water supply provision in this paper will be used Umbulan spring to provide water needs for those water provision area. From this studies came up with result amount of raw water needed is 451.504 litres/day while amount of water discharge in Umbulan spring is 168.453.181,4 litres/day. Therefrom Umbulan spring can be used to serve raw water needed in this studies. Then for water distribution were placed water pump and reservoir that fit with some technical consideration. Raw water provision planning held by divided to 2 drainage areas, first drainage area served Karangtengah village then second drainage areas served village of Kedungrejo and Umbulan. On first drainage area are used water pump with a water discharge of 5 m³/hours and reservoir capacity of 40 m³, meanwhile on second drainage area are used water pump with a water discharge of 10 m³/hours and reservoir capacity.

Keywords: *Umbulan spring, raw water supply system, water pump, reservoir*

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang terbatas baik secara kualitas dan kuantitas yang memiliki fungsi sangat vital dalam kehidupan makhluk hidup. Semua kegiatan manusia dari kebutuhan pangan hingga aspek lainnya memerlukan air dengan kuantitas yang cukup, kualitas yang baik serta kontinuitas sesuai dengan kebutuhannya. Pada Kecamatan Winongan masih terjadi kekeringan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**, padahal Kecamatan tersebut memiliki mata air Umbulan dan juga terdapat mata air Banyubiru namun pelayanan pendistribusian air belum tercukupi.



Gambar 1 Kekeringan di Desa Umbulan

Kondisi eksisting di Kecamatan Winongan, Kabupaten Pasuruan sebagian besar daerahnya mengalami kekeringan dan ketersediaan air bersih masih belum mencukupi. Kecamatan Winongan Kabupaten Pasuruan yang mempunyai kontur berupa bukit. Faktor topografi ini yang menyebabkan masyarakat masih

terkendala dalam pelayanan kebutuhan air untuk kehidupan sehari-hari.

Untuk menanggulangi beberapa permasalahan tersebut maka perencanaan sistem penyediaan air untuk daerah yang kekeringan perlu direncanakan dengan cermat. Untuk itu maka penggunaan pompa untuk mengalirkan air ke elevasi yang lebih tinggi dan perencanaan bangunan air berupa *reservoir* sangat cocok digunakan untuk di Kecamatan Winongan yang mengalami kekeringan. Direncanakan pemilihan pompa yang optimal agar air dapat tersalurkan ke *reservoir* yang ada pada elevasi yang lebih tinggi.

Berdasarkan uraian pada latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Berapa jumlah kebutuhan air bersih pada tahun rancangan penyediaan air bersih (tahun 2034) berdasarkan pertumbuhan jumlah penduduk Kecamatan Winongan, Kabupaten Pasuruan?
2. Berapakah debit andalan sumber mata air Umbulan?
3. Bagaimana analisis pemilihan pompa dan pipa distribusi yang sesuai untuk kebutuhan Kecamatan Winongan?

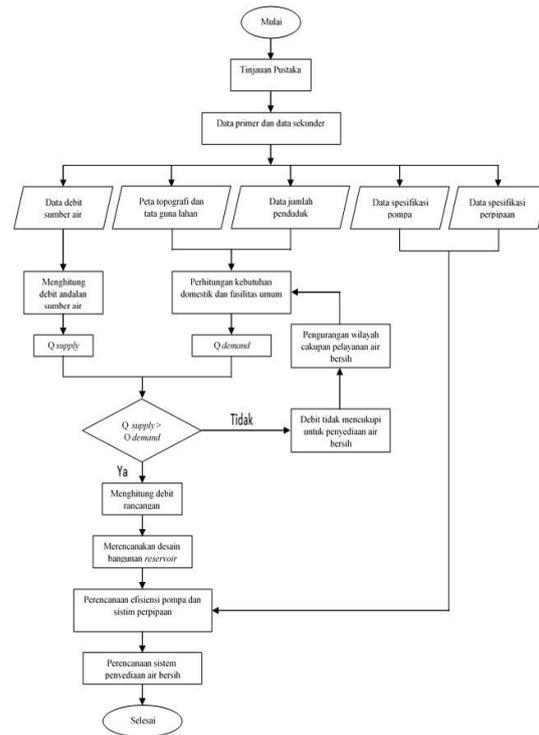
4. Bagaimana perencanaan *reservoir* yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat Kecamatan Winongan?

Adapun manfaat dan tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menentukan pompa dan pipa distribusi serta desain *reservoir* yang optimum untuk perencanaan sistem penyediaan air bersih untuk Kecamatan Winongan, Kabupaten Pasuruan.
2. Agar dapat digunakan sebagai sumber informasi dan data untuk melakukan penelitian tentang sistem penyediaan air bersih lebih lanjut dengan perhitungan konstruksi yang baik.

METODOLOGI PENELITIAN

Tujuan perumusan langkah-langkah dalam sebuah perencanaan sistem air bersih ini adalah untuk mempermudah dalam menganalisis permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini. Secara garis besar, langkah-langkah tersebut dijelaskan pada *flowchart* dibawah ini :



Gambar 2 Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Di dalam bab IV ini data atau informasi hasil penelitian diolah, dianalisis, ditafsirkan dan dikaitkan dengan kerangka teoritik atau kerangka analisis yang dituangkan dalam bab II sehingga hasil penelitian dapat menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian.

1. Jumlah Penduduk dan Debit Kebutuhan

Setelah didapat data jumlah penduduk per desa selama tiga tahun terakhir kemudian diproyeksikan pertumbuhan penduduknya sesuai tahun rancangan. Data luas desa rancangan dan jumlah penduduk per desa tahun 2012 hingga tahun 2014 yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Luas desa dan jumlah penduduk menurut desa tahun 2012 hingga tahun 2014

Desa	Luas (Km ²)	Jumlah Penduduk (Jiwa)		
		2012	2013	2014
Karangtengah	3,20	2.203	2.227	2.236
Kedungrejo	2,99	2.909	2.910	2.913
Umbulan	2,87	1.782	1.797	1.803
Jumlah		6894	6934	6.952

A. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Setelah didapat data jumlah penduduk kemudian dihitung proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode *Geometrical Increase*. Setelah didapat nilai geometrik kemudian diproyeksikan jumlah penduduk untuk tahun rancangan yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Rekapitulasi proyeksi pertumbuhan penduduk daerah pengaliran I

Tahun Ke - (n)	Tahun Proyeksi	Proyeksi Penduduk (Jiwa)
0	2014	2.236
1	2015	2.253
5	2019	2.321
10	2024	2.409
15	2029	2.500
20	2034	2.595

Setelah didapat jumlah penduduk pada tahun rancangan penyediaan air bersih untuk daerah pengaliran I maka kemudian dilakukan proyeksi untuk daerah pengaliran II. Daerah pengaliran II meliputi perencanaan penyediaan air bersih untuk Desa Kedungrejo dan Desa Umbulan. Setelah didapat nilai geometrik kemudian diproyeksikan jumlah penduduk untuk tahun yang ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Rekapitulasi proyeksi pertumbuhan penduduk daerah pengaliran II

Tahun Ke - (n)	Tahun Proyeksi	Proyeksi Penduduk (Jiwa)
0	2014	4.716
1	2015	4.729
5	2019	4.780
10	2024	4.844
15	2029	4.908
20	2034	4.974

B. Debit Kebutuhan Air

Pemakaian air menurut rekening yang ditetapkan PDAM dapat diklasifikasikan menjadi kebutuhan domestik, kebutuhan non-domestik, kehilangan air dan fluktuasi kebutuhan air. Setelah didapat nilai debit kebutuhan air untuk daerah pengaliran I sesuai **Tabel 4** maka kemudian dihitung nilai debit kebutuhan air untuk daerah pengaliran II yang disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 4 Perhitungan debit kebutuhan air daerah pengaliran I tahun 2034

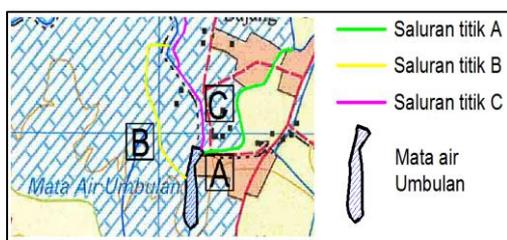
No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Kebutuhan air domestik		
	Jumlah penduduk		
	Konsumsi unit	SR	HU
		1817	779
			Orang
	Jumlah jiwa per	364	4
	Jumlah terlayani	255	3
	Nilai kebutuhan	20400	120
		20520	Liter/hari
2	Kebutuhan air non-domestik		
	Sarana pendidikan	13910	Liter/hari
	Sarana kesehatan dan ibadah		
	Tempat praktek bidan	400	Liter/hari
	Masjid	12000	Liter/hari
	Langgar	38000	Liter/hari
	Sarana komersial	120	Liter/hari
		64430	Liter/hari
3	Kebutuhan domestik dan non-domestik		
	Total kebutuhan air domestik	20520	
	Total kebutuhan air non-domestik	64430	
		84950	Liter/hari
4	Kehilangan air		
	Total kebutuhan air domestik dan non-domestik	84950	
		25485	Liter/hari
5	Jumlah total kebutuhan air		
	Total kebutuhan air domestik dan non-domestik	84950	
	Total kehilangan air	25485	
	Total kebutuhan air	110435	Liter/hari

Tabel 5 Perhitungan debit kebutuhan air daerah pengaliran II tahun 2034

No	Kebutuhan	Jumlah		Satuan
1	Kebutuhan air domestik			
	Jumlah penduduk			
	Konsumsi unit	SR	HU	
		3482	1493	Orang
	Jumlah jiwa per	697	8	Orang
	Jumlah terlayani	488	6	Orang
	Nilai kebutuhan	39040	240	Liter/hari
		39280		Liter/hari
2	Kebutuhan air non-domestik			
	Sarana pendidikan		140060	Liter/hari
	Sarana kesehatan dan ibadah			
	Tempat praktek bidan	800		Liter/hari
	Masjid	18000		Liter/hari
	Langgar	64000		Liter/hari
	Sarana komersial	220		Liter/hari
		223080		Liter/hari
3	Kebutuhan domestik dan non-domestik			
	Total kebutuhan air domestik		39280	
	Total kebutuhan air non-domestik		223080	
			262360	Liter/hari
4	Kehilangan air			
	Total kebutuhan air domestik dan non-domestik		262360	
		78708	Liter/hari	
5	Jumlah total kebutuhan air			
	Total kebutuhan air domestik dan non-domestik		262360	
	Total kehilangan air		78708	
	Total kebutuhan air	341068		Liter/hari

2. Data Debit Sumber Air

Pengukuran pada sumber mata air Umbulan yang dilakukan sebanyak 3 kali pada 8 November 2015, 18 Mei 2016 dan 18 Juni 2016. Lokasi pengukuran debit mata air Umbulan yang terbangun ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Lokasi pengukuran debit sumber mata air Umbulan

A. Perhitungan Debit Terbangun Mata Air Umbulan

Setelah diperoleh debit yang terbangun pada masing-masing saluran maka

kemudian jumlah tersebut dijadikan nilai debit sumber mata air Umbulan.

- Perhitungan Debit yang Terbangun Pada Titik A (Peluang Ambang Lebar)

Perhitungan debit yang terbangun untuk titik A ditunjukkan pada **Tabel 6**.

$$b = 7,1 \text{ meter}$$

$$H = 0,5 \text{ meter}$$

$$t = 80 \text{ sentimeter} > 0,66 H = 0,33 \text{ meter} \rightarrow \text{peluang ambang lebar}$$

$C_d = 0,62$ → nilai koefisien debit tergantung pada nilai C_c dan C_v yang nilai reratanya adalah 0,62

$$Q = 1,705 C_d b H^{3/2} \\ = 1,705 \cdot 0,62 \cdot 7,1 \cdot 0,05^{3/2} \\ = 0,0842 \text{ meter}^3/\text{detik}$$

Tabel 6 Perhitungan debit yang terbangun pada titik A

Pengukuran	b (meter)	H (meter)	C_d	Q (Debit)	
				(liter/detik)	(m ³ /detik)
I 08 November 2015	7,1	0,05		84,1591	0,0841591
II 16 Mei 2016	7,1	0,049	0,62	81,647	0,081647
III 18 Juni 2016	7,1	0,0562		100,288	0,100288

- Perhitungan Debit yang Terbangun Pada Titik B (Peluang Ambang Lebar)

Perhitungan debit yang terbangun pada titik B dilakukan sama dengan perhitungan debit pada titik A. Perhitungan debit yang terbangun untuk titik B ditunjukkan pada **Tabel 7**.

$$b = 6,2 \text{ meter}$$

$$H = 0,2 \text{ meter}$$

$$t = 40 \text{ sentimeter} > 0,66 H = 13,2 \text{ cm} \rightarrow \text{peluang ambang lebar}$$

$C_d = 0,62 \rightarrow$ nilai koefisien debit tergantung pada nilai C_c dan C_v yang nilai reratanya adalah 0,62

$$Q = 1,705 C_d b H^{3/2} = 1,705 \cdot 0,62 \cdot 6,2 \cdot 0,2^{3/2} = 0,586 \text{ meter}^3/\text{detik}$$

Tabel 7 Perhitungan debit yang terbuang pada titik B

Pengukuran	b (meter)	H (meter)	C_d	Q (Debit)	
				(liter/detik)	(m ³ /detik)
I 08 November 2015	6,2	0,2		586,209	0,586
II 16 Mei 2016	6,2	0,18	0,62	500,514	0,501
III 18 Juni 2016	6,2	0,182		508,879	0,509

- Perhitungan Debit yang Terbuang Pada Titik C (Peluang Segi Empat)

Untuk menghitung debit yang terbuang pada titik C maka digunakan persamaan debit yang diberikan pada **Tabel 8**. Contoh perhitungan debit yang terbuang pada titik C :

$S = 5$ meter

$t = 4,33$ detik

$V = S/t = 5/4,33 = 1,155$ meter/detik

$h = 1,5$ meter

$b = 1,02$ meter

$A = a \times b = 1,5 \times 1,02 = 1,53$ meter²

$Q = V \times A = 1,155 \times 1,53 = 1,766,744$ liter/detik = 1,767 Meter³/detik

Tabel 8 Perhitungan debit yang terbuang pada titik C

Pengukuran	Kecepatan Aliran (meter/detik)	Luas (meter ²)	Q (Debit)	
			(liter/detik)	(m ³ /detik)
I 8-11-2015	1,155	1,53	1.766,744	1,767
II 16-5-2016	1,262	1,663	2.098,654	2,099
III 18-6-2016	1,178	1,785	2.102,061	2,102

B. Perhitungan Debit Andalan Sumber Mata Air Umbulan

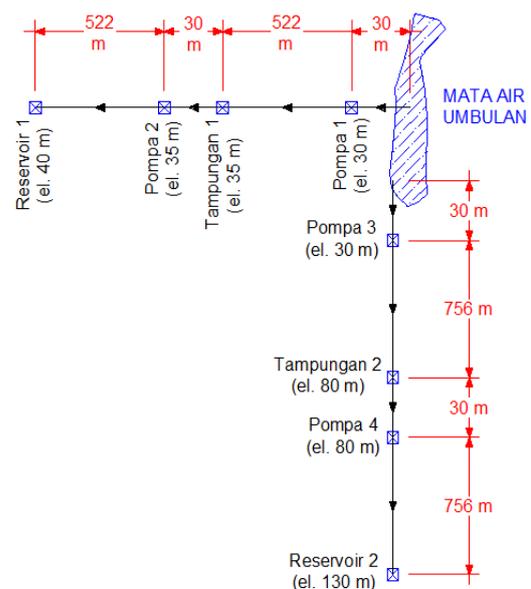
Tabel 9 Perhitungan debit andalan sumber mata air Umbulan

Pengukuran	Q (debit)		
	(l/s)	(m ³ /s)	(l/hari)
I 08-11-2015	2437,11	2,437	210566476,8
Debit andalan	1949,69	1,95	168453181,4

Setelah dilakukan perhitungan debit andalan pada **Tabel 9** didapat jumlah debit andalan sumber mata air Umbulan sebesar 168.453.181,4 liter/hari. Dengan demikian jumlah debit andalan sumber mata air Umbulan dapat mencukupi kebutuhan air penduduk untuk tahun rancangan selama 20 tahun.

3. Perencanaan Penyediaan Air Bersih

Pada **Gambar 4** ditunjukkan gambar detail komponen penyediaan air bersih untuk daerah pengaliran I dan II.



Gambar 4 Detail komponen penyediaan air bersih untuk daerah pengaliran I dan II

A. Analisis Kebutuhan Air Penduduk

Jumlah kebutuhan air penduduk untuk daerah pengaliran I maupun untuk daerah pengaliran II terlebih dahulu dikalikan dengan faktor harian maksimum (FHM = 1,15). Hasil perkalian antara koefisien fluktuasi harian dengan konsumsi normal pemakaian air harian didapat nilai debit kebutuhan air per jamnya. Analisis pemakaian air per jam, debit kebutuhan air per jam serta koefisien fluktuasi pemakaian air harian untuk daerah pengaliran I ditunjukkan secara grafis pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Analisis pemakaian air per jam dan koefisien fluktuasi pemakaian air harian daerah pengaliran I

Perhitungan debit kebutuhan air per jam untuk daerah pengaliran II dilakukan sama dengan perhitungan untuk daerah pengaliran I. Analisis pemakaian air per jam, debit kebutuhan air per jam serta koefisien fluktuasi pemakaian air harian untuk daerah pengaliran II ditunjukkan secara grafis pada **Gambar 6**.



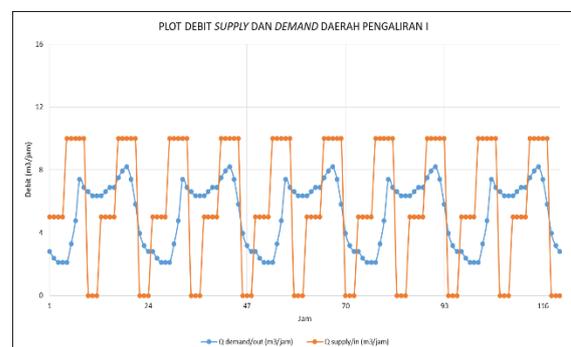
Gambar 6 Analisis pemakaian air per jam dan koefisien fluktuasi pemakaian air harian daerah pengaliran II

B. Desain Pompa Penyaluran dan Dimensi Reservoir

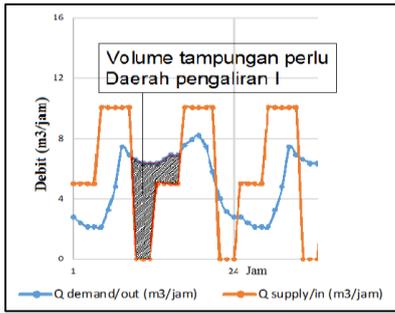
Pemilihan pompa penyaluran yang optimal dilakukan dengan menggunakan teori kebutuhan air dimana debit kebutuhan air nilainya ($Q_{demand/out}$) sama dengan debit penyediaan air ($Q_{supply/in}$).

- Desain Pompa dan Reservoir Daerah Pengaliran I (Desa Karangtengah)

Pada **Gambar 7** ditunjukkan plot debit kebutuhan air dan debit penyediaan air untuk daerah pengaliran I. Kemudian pada **Gambar 8** ditunjukkan volume tampungan perlu untuk daerah pengaliran I.



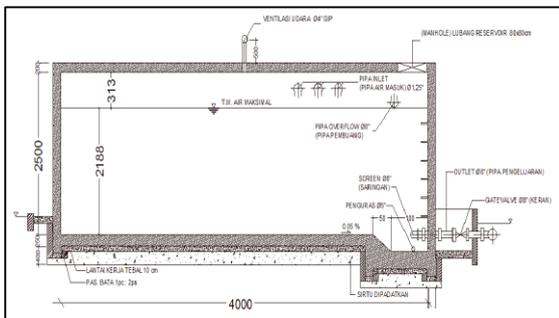
Gambar 7 Plot debit kebutuhan air dan debit penyediaan air bersih untuk daerah pengaliran I



Gambar 8 Volume tampungan perlu daerah pengaliran I

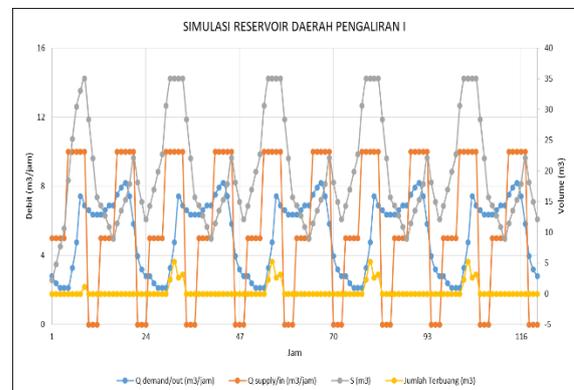
Setelah didapat volume tampungan perlu untuk daerah pengaliran I maka kemudian ditentukan volume *reservoir* yang akan digunakan sebagai batas volume air yang dapat ditampung pada *reservoir*. Volume *reservoir* pada perencanaan penyediaan air bersih daerah pengaliran I ini ditentukan volume sebesar 35 m^3 .

Untuk dimensi *reservoir* maka dipilih *reservoir* dengan volume 40 m^3 dengan dimensi panjang 4 meter, lebar 4 meter dan tinggi 2,5 meter dengan tinggi jagaan air untuk saluran pembuangan setinggi 0,313 meter. Pada **Gambar 9** ditunjukkan potongan memanjang *reservoir* 1 yang sesuai dengan hasil perhitungan.



Gambar 9 Potongan memanjang *reservoir* daerah pengaliran I

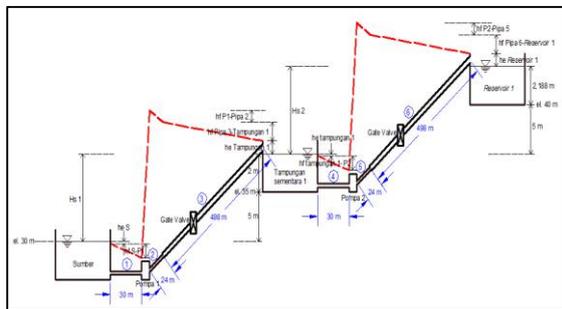
Kemudian setelah diketahui nilai debit kebutuhan air, debit pompa dan volume maksimal yang diperbolehkan pada *reservoir* maka selanjutnya dilakukan simulasi jumlah air pada *reservoir*. Pada **Gambar 10** merupakan data nilai debit kebutuhan air, debit pompa dan perhitungan volume air pada *reservoir* 1 serta jumlah air yang terbuang yang disajikan dalam bentuk grafis.



Gambar 10 Nilai debit kebutuhan air, debit pompa, perhitungan volume air pada *reservoir* dan jumlah air yang terbuang daerah pengaliran I

Pompa 1 dengan debit : $Q = 5 \text{ m}^3/\text{jam}$, panjang pipa pemasukan : $L_1 = 30 \text{ m}$, panjang pipa penghantar : $L_2 = 24 \text{ m}$, panjang pipa distribusi : $L_3 = 498 \text{ m}$, diameter pipa pemasukan = diameter pipa penghantar : $D_1 = D_2 = DN 32 = 1,25 \text{ inchi} = 0,03175 \text{ meter}$, diameter pipa distribusi : $D_3 = DN 50 = 2 \text{ inchi} = 0,0508 \text{ meter}$. Dari debit pompa sebesar $5 \text{ m}^3/\text{jam}$ kemudian selanjutnya dihitung kecepatan aliran dalam pipa untuk daerah

pengaliran Ia terlebih dahulu yang telah ditunjukkan pada **Gambar 11**.



Gambar 11 Potongan memanjang perencanaan sistem penyediaan air bersih untuk perhitungan pompa 1 dan 2

Debit aliran: $Q = 5 \text{ meter}^3/\text{jam} = 0,001 \text{ m}^3/\text{detik}$

Kecepatan aliran (pipa DN 32) :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,001}{\frac{\pi}{4}(0,03175)^2} = 1,754 \text{ meter/detik}$$

Kecepatan aliran (pipa DN 50) :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,001}{\frac{\pi}{4}(0,0508)^2} = 0,685 \text{ meter/detik}$$

Kehilangan tenaga terjadi pada pipa pengaliran (pipa 1), pipa pengantar (pipa 2) dan pipa distribusi (pipa 3) yaitu sebesar h_f Sumber-Pompa 1, h_f Pompa 1-Pipa 2 dan h_f Pipa 3-Tampungan 1.

$$\begin{aligned} H_s &= (\text{elevasi tampungan sementara} \\ & 1 \text{ elevasi mata air Umbulan}) + \\ & \text{tinggi muka air pada tampungan} \\ & \text{sementara 1} \\ &= (35 \text{ meter} - 30 \text{ meter}) + 2 \\ &= 7 \text{ meter} \end{aligned}$$

Menentukan nilai f faktor gesekan pada pipa 1, pipa 2, pipa 4 dan pipa 5 :

Bilangan Reynolds (pipa 1 dan 2):

$$R_e = \frac{V D}{\nu} = \frac{1,754 \times 0,03175}{1 \times 10^{-6}} = 55.689,5$$

Bilangan Reynolds (pipa 4 dan 5):

$$R_e = \frac{V D}{\nu} = \frac{0,685 \times 0,0508}{1 \times 10^{-6}} = 34.796,8$$

Persamaan *Colebrook* :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{k}{3,7 D} + \frac{2,51}{R_e \sqrt{f}} \right)$$

Dengan nilai kekasaran pipa k untuk *galvanized iron* sebesar 0,15 mm maka didapat nilai f sebesar 0,02986.

$$\sum h = k_p \times \frac{V^3}{2g} + \frac{8 f_1 L_1}{g \pi^2 D_1^5} Q^2 + \frac{8 f_1 L_2}{g \pi^2 D_2^5} Q^2 + \frac{8 f_1 L_3}{g \pi^2 D_3^5} Q^2 + k_{\text{tampungan 1}} \times \frac{V^3}{2g}$$

$$\begin{aligned} \sum h &= 0,5 \frac{1,754^3}{2 \cdot 9,8} + \frac{8 \cdot 0,02986 \cdot 30}{9,8 \cdot 3,14^2 \cdot 0,03175^5} \cdot 0,001^2 + \frac{8 \cdot 0,02986 \cdot 24}{9,8 \cdot 3,14^2 \cdot 0,03175^5} \cdot 0,001^2 + \\ & \frac{8 \cdot 0,02986 \cdot 498}{9,8 \cdot 3,14^2 \cdot 0,03175^5} \cdot 0,001^2 + 0,5 \frac{0,685^3}{2 \cdot 9,8} \end{aligned}$$

$$\sum h = 0,078 + 4,422 + 3,537 + 7 + 0,012$$

$$\sum h = 15,049 \text{ m}$$

Tinggi tekanan total yang harus dikerjakan pompa 1 adalah :

$$H = H_s + \sum h = 7 \text{ m} + 15,049 \text{ m} = 22,049 \text{ m}$$

Dan daya pompa penyaluran air bersih adalah :

$$P = \frac{Q H \gamma}{75 \eta} = \frac{0,001 \cdot 22,049 \cdot 1000}{75 \cdot 0,609} = 0,670 \text{ Hp}$$

Setelah dilakukan perhitungan analisis hidrolika pada daerah pengaliran Ia didapat

nilai *head* yang harus dikerjakan pompa adalah sebesar 22,049 m, dan daya pompa sebesar 0,670 Hp. Pompa yang sesuai dengan hasil analisis hidrolika adalah pompa sentrifugal GRUNDFOS CR 5-20 A-FGJ-I-E-HQQE-96528014.

Setelah didapat pompa yang sesuai dengan penyediaan air bersih untuk daerah pengaliran Ia kemudian selanjutnya dihitung pompa yang sesuai untuk daerah pengaliran Ib. Untuk analisis hidrolika pada daerah pengaliran Ib dilakukan sama dengan analisis hidrolika daerah pengaliran Ia, yang membedakan hanya nilai penambahan tinggi (H_s).

$$\begin{aligned}
 H_s &= (\text{elevasi } \textit{reservoir} \text{ 1} - \text{elevasi} \\
 &\text{tampungan air sementara 1}) + \\
 &\text{tinggi muka air pada } \textit{reservoir} \text{ 1} \\
 &= (40 \text{ meter} - 35 \text{ meter}) + \\
 &2,188 \\
 &= 7,188 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Tinggi tekanan total yang harus dikerjakan pompa 2 adalah :

$$H = H_s + \sum h = 7,188 \text{ m} + 15,049 \text{ m} = 22,237 \text{ m}$$

Dan daya pompa penyaluran air bersih adalah :

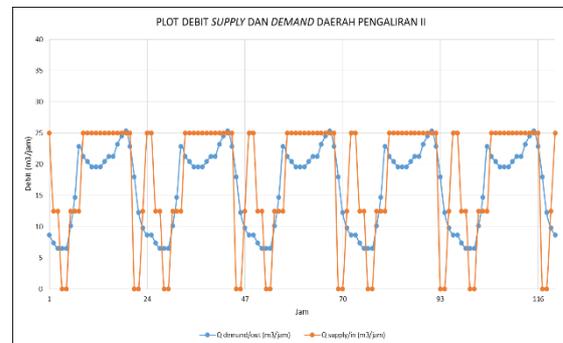
$$P = \frac{Q H \gamma}{75 \eta} = \frac{0,001 \cdot 22,237 \cdot 1000}{75 \cdot 0,609} = 0,676 \text{ Hp}$$

Pompa yang sesuai dengan hasil analisis hidrolika untuk daerah pengaliran Ib sama

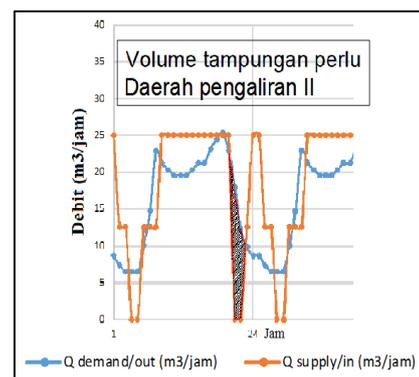
dengan pompa untuk daerah pengaliran Ia yaitu pompa sentrifugal GRUNDFOS CRN 5-7 A-FGJ-I-E -HQQE-96528014.

- Desain Pompa dan *Reservoir* Daerah Pengaliran II (Desa Kedungrejo dan Desa Umbulan)

Pada **Gambar 12** ditunjukkan *plot* debit kebutuhan air dan debit penyediaan air untuk daerah pengaliran II. Kemudian pada **Gambar 13** ditunjukkan volume tampungan perlu untuk daerah pengaliran II.



Gambar 12 *Plot* debit kebutuhan air dan debit penyediaan air bersih untuk daerah pengaliran II

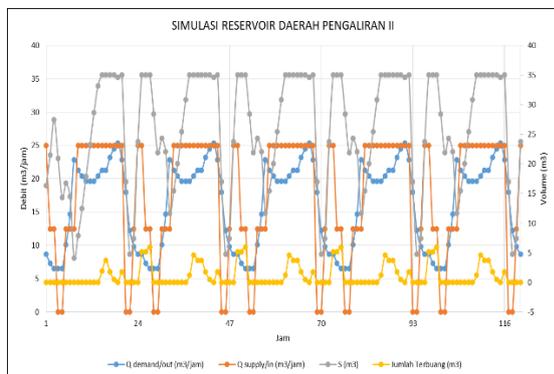


Gambar 13 Volume tampungan perlu daerah pengaliran II

Setelah didapat volume tampungan perlu untuk daerah pengaliran I maka kemudian ditentukan volume *reservoir*

yang akan digunakan sebagai batas volume air yang dapat ditampung pada *reservoir*. Volume *reservoir* pada perencanaan penyediaan air bersih daerah pengaliran II ini ditentukan volume sebesar 35 m³.

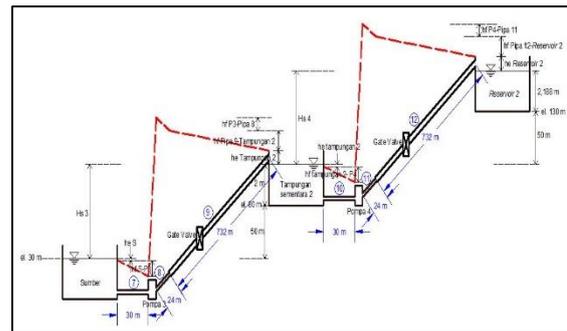
Kemudian setelah diketahui nilai debit kebutuhan air, debit pompa dan volume maksimal yang diperbolehkan pada *reservoir* maka selanjutnya dilakukan simulasi jumlah air pada *reservoir*. Pada **Gambar 14** merupakan data nilai debit kebutuhan air, debit pompa dan perhitungan volume air pada *reservoir* 1 serta jumlah air yang terbuang yang disajikan dalam bentuk grafis.



Gambar 14 Nilai debit kebutuhan air, debit pompa, perhitungan volume air pada *reservoir* dan jumlah air yang terbuang daerah pengaliran II

Pompa 3 dengan debit : $Q = 12,5 \text{ m}^3/\text{jam}$, panjang pipa pemasukan : $L_7 = 30 \text{ m}$, panjang pipa penghantar : $L_8 = 24 \text{ m}$, panjang pipa penghantar : $L_9 = 732 \text{ m}$, diameter pipa pemasukan = diameter pipa penghantar : $D_5 = D_6 = DN 50 =$

$2 \text{ inchi} = 0,0508 \text{ meter}$, diameter pipa distribusi : $D_6 = DN 65 = 2,5 \text{ inchi} = 0,0635 \text{ meter}$. Dari debit pompa sebesar 12,5 m³/jam kemudian selanjutnya dihitung kecepatan aliran dalam pipa untuk daerah pengaliran Ia terlebih dahulu yang telah ditunjukkan pada **Gambar 18**.



Gambar 18 Potongan memanjang perencanaan sistem penyediaan air bersih untuk perhitungan pompa 3 dan 4

Debit aliran: $Q = 12,5 \text{ meter}^3/\text{jam} = 0,003 \text{ m}^3/\text{detik}$

Kecepatan aliran (pipa DN 50) :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,003}{\frac{\pi}{4}(0,0508)^2} = 1,712 \text{ meter/detik}$$

Kecepatan aliran (pipa DN 65) :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,003}{\frac{\pi}{4}(0,0635)^2} = 1,096 \text{ meter/detik}$$

Kehilangan tenaga terjadi pada pipa pengaliran (pipa 7) dan pipa penghantar (pipa 8) yaitu sebesar h_f Sumber-Pompa 3 dan h_f Pompa 3-Tampungan sementara.

$$H_s = (\text{elevasi tampungan sementara} - \text{elevasi mata air Umbulan}) +$$

tinggi muka air pada tampungan sementara

$$= (80 \text{ meter} - 30 \text{ meter}) + 2$$

$$= 52 \text{ meter}$$

Menentukan nilai f faktor gesekan pada pipa 7, pipa 8, pipa 10 dan pipa 11 :

Bilangan Reynolds (pipa 7 dan 8) :

$$R_e = \frac{VD}{\nu} = \frac{1,712 \times 0,0508}{1 \times 10^{-6}} = 86.991,97$$

Bilangan Reynolds (pipa 10 dan 11) :

$$R_e = \frac{VD}{\nu} = \frac{1,096 \times 0,0635}{1 \times 10^{-6}} = 69.593,58$$

Persamaan *Colebrook*:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{2,51}{R_e \sqrt{f}} \right)$$

Dengan nilai kekasaran pipa k untuk *galvanized iron* sebesar 0,15 mm maka didapat nilai f sebesar 0,02986.

$$\sum h = h_{\text{sumber}} + h_{f_{\text{sumber-pompa 3}}} + h_{f_{\text{pompa 3-pipa 8}}} + h_{f_{\text{pipa 9-tampungan sementara}}} + h_{\text{tampungan 2}}$$

$$\sum h = k_{\text{sumber}} \frac{V^2}{2g} + \frac{8f_1 L_1}{g \pi^2 D_1^5} Q^2 + \frac{8f_2 L_2}{g \pi^2 D_2^5} Q^2 + \frac{8f_3 L_3}{g \pi^2 D_3^5} Q^2 + k_{\text{tampungan 2}} \frac{V^2}{2g}$$

$$\sum h = 0,5 \frac{1,712^2}{2 \cdot 9,8} + \frac{8 \cdot 0,02986 \cdot 30}{9,8 \cdot 3,14^2 \cdot 0,0508^5} 0,003^2 + \frac{8 \cdot 0,02986 \cdot 24}{9,8 \cdot 3,14^2 \cdot 0,0508^5} 0,003^2 + \frac{8 \cdot 0,02986 \cdot 732}{9,8 \cdot 3,14^2 \cdot 0,0635^5} 0,003^2 + 0,5 \frac{1,096^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$\sum h = 0,075 + 2,635 + 2,108 + 21,071 + 0,031$$

$$\sum h = 25,921 \text{ m}$$

Tinggi tekanan total yang harus dikerjakan pompa 3 adalah :

$$H = H_s + \sum h = 52 \text{ m} + 25,921 \text{ m} = 77,921 \text{ m}$$

Dan daya pompa penyaluran air bersih adalah :

$$P = \frac{QH\gamma}{75 \eta} = \frac{0,003 \cdot 77,921 \cdot 1000}{75 \cdot 0,683} = 5,282 \text{ Hp}$$

Setelah dilakukan perhitungan analisis hidrolika pada daerah pengaliran Ia didapat nilai *head* yang harus dikerjakan pompa adalah sebesar 77,921 m, dan daya pompa sebesar 5,282 Hp. Pompa yang sesuai dengan hasil analisis hidrolika adalah pompa sentrifugal GRUNDFOS CR 10-8 A-GJ-A-E -HQQE-96126737.

Setelah didapat pompa yang sesuai dengan penyediaan air bersih untuk daerah pengaliran IIa kemudian selanjutnya dihitung pompa yang sesuai untuk daerah pengaliran IIb. Untuk analisis hidrolika pada daerah pengaliran IIb dilakukan sama dengan analisis hidrolika daerah pengaliran I maupun daerah pengaliran IIa, yang membedakan hanya nilai penambahan tinggi (H_s).

$$H_s = (\text{elevasi } \textit{reservoir 2} - \text{elevasi tampungan air sementara 2}) + \text{tinggi muka air pada } \textit{reservoir 2}$$

$$= (130 \text{ meter} - 80 \text{ meter}) + 2,188$$

$$= 52,188 \text{ meter}$$

Tinggi tekanan total yang harus dikerjakan pompa 4 adalah :

$$H = H_s + \sum h = 52,188 \text{ m} + 25,921 \text{ m} = 78,109 \text{ m}$$

Dan daya pompa penyaluran air bersih adalah :

$$P = \frac{Q H \gamma}{75 \eta} = \frac{0,003 \cdot 78,109 \cdot 1000}{75 \cdot 0,683} = 5,294 \text{ Hp}$$

Pompa yang sesuai dengan hasil analisis hidrolika untuk daerah pengaliran Iib sama dengan pompa untuk daerah pengaliran Iia yaitu pompa sentrifugal GRUNDFOS CR 10-8 A-GJ-A-E -HQQE-96126737.

PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan analisis yang telah dibahas pada bab sebelumnya maka beberapa hal yang dapat disimpulkan dari tugas akhir ini antara lain :

1. Jumlah penduduk dan jumlah kebutuhan air bersih untuk masing-masing daerah pengaliran pada tahun perencanaan penyediaan air bersih (tahun 2034), daerah pengaliran I : 2.595 jiwa dan 110.435 liter/hari, daerah pengaliran II : 4.974 jiwa dan 341.068 liter/hari.
2. Dari hasil pengukuran dan perhitungan pada saluran pembuangan sumber mata air Umbulan pada 08 November 2015 maka didapat debit andalan sumber mata air Umbulan sebesar 168.453.181,4 liter/hari.
3. Untuk daerah pengaliran I : debit pompa $Q = 5 \text{ m}^3/\text{jam}$ (pompa sentrifugal GRUNDFOS CR 5-7 A-A-A-E-HQQE-96516990), dengan kebutuhan daya

pompa sebesar 0,670 Hp dan 0,676 Hp untuk pompa 1 dan pompa 2. Untuk daerah pengaliran II : debit pompa $Q = 12,5 \text{ m}^3/\text{jam}$ (pompa sentrifugal GRUNDFOS CR 10-8 A-GJ-A-E -HQQE-96126737), dengan kebutuhan daya pompa sebesar 5,282 Hp dan 5,294 Hp untuk pompa 3 dan pompa 4.

4. Volume *reservoir* 1 dan *reservoir* 2 untuk menampung kebutuhan air penduduk pada tahun rancangan adalah sebesar 40 m^3 . Dimensi *reservoir* yang sesuai dengan perencanaan penyediaan air bersih pada tugas akhir ini adalah *reservoir* dengan dimensi panjang 4 meter, lebar 4 meter dan tinggi 2,5 meter serta tinggi muka air pada *reservoir* sebesar 2,188 meter dari permukaan *reservoir*.

Pada penelitian yang telah dilakukan pada tugas akhir ini terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Penambahan data jumlah penduduk dan fasilitas umum pada tahun-tahun sebelum tahun rancangan.
2. Perhitungan debit yang terbuang pada saluran sebaiknya dilakukan dengan alat yang lebih canggih agar didapat data yang lebih akurat.
3. Pengukuran debit yang terbuang pada sumber mata air Umbulan sebaiknya

- dilakukan penambahan data pengukuran pada tahun-tahun sebelumnya.
4. Perhitungan debit yang terbuang ditambahkan parameter jumlah penggunaan air yang terjadi pada saluran pembuangan sumber mata air Umbulan.
 5. Penempatan *reservoir* dan pemilihan rute penempatan pipa penyaluran dilakukan dengan lebih memerhatikan aspek teknis dan kondisi di lapangan.
 6. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilanjutkan untuk menganalisis penyediaan air bersih dari *reservoir* hingga menuju pada hidran umum dan sambungan rumah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1996. *Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU*. Jakarta : Dinas Pekerjaan Umum
- Badan Pusat Statistik. 2013. *Kecamatan Winongan Dalam Angka 2013*. Pasuruan
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Kecamatan Winongan Dalam Angka 2014*. Pasuruan
- Badan Pusat Statistik. 2015. *Kecamatan Winongan Dalam Angka 2015*. Pasuruan
- Kamiana, I Made. 2010. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Raswari. 2009. *Perencanaan dan Penggambaran Sistem Perpipaan*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press)
- Soebarkah, I. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung : Idea Dharma
- Soewarno. 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai*. Bandung : Nova
- Sularso, & Tahara, Haruo. 2000. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Triatmodjo, Bambang. 1993. *Hidraulika I*. Yogyakarta : Beta Offset
- Triatmodjo, Bambang. 1993. *Hidraulika II*. Yogyakarta : Beta Offset
- Triatmodjo, Bambang. 1995. *Soal – Penyelesaian Hidraulika II*. Yogyakarta : Beta Offset
- Triatmadja, Radianta. 2009. *Hidraulika Sistem Jaringan Perpipaan Air Minum*. Jakarta : Beta Offset Yogyakarta
- Usri Amrullah. 2015. *Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Perhitungan Debit Limpasan di DAS KAMONING KABUPATEN SAMPANG*. *Skripsi*. Malang : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya