

OPTIMASI DAN SIMULASI SISTEM PENYEDIAAN JARINGAN AIR BERSIH DI KECAMATAN KADEMANGAN KABUPATEN BLITAR

Rahmah Dara Lufira¹, Suhardjono², Suwanto Marsudi²

¹Mahasiswa Program Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang

²Dosen Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang

rahmadara@gmail.com; suharsuhar@yahoo.com; suwantomarsudi@yahoo.co.id

Abstrak: Maksud dari studi ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari segi teknik dan ekonomi jika dilakukan optimasi pipa dan head pompa serta simulasi penentuan harga air pada sistem penyediaan jaringan air bersih di Kecamatan Kademangan Kabupaten Blitar. Sedangkan tujuan dari studi ini memberikan sumbangan pemikiran kepada instansi terkait sehingga dapat dijadikan referensi apakah untuk optimasi dan simulasi penyediaan sistem jaringan air bersih ini, layak dibangun atau tidak. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa jaringan air bersih dengan software watercad sehingga diperoleh biaya total proyek yang dikeluarkan kemudian dilakukan analisa ekonomi untuk mengetahui besarnya manfaat yang dapat diperoleh setelah proyek ini dibangun meliputi perbandingan Benefit Cost Ratio ($B/C=1$), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), titik impas investasi dan analisis sensitivitas yang selanjutnya dapat dipergunakan sebagai dasar penetapan tarif harga air. Berdasarkan hasil simulasi dan optimasi alternatif yang dipilih yang layak secara teknik dan ekonomi adalah alternatif 2, dimana terdiri dari pipa GIP dengan diameter 300 mm mulai dari sumber air hingga 2,54 km dan pipa PVC 250 mm mulai dari akhir pipa GIP hingga ke tandon dengan jarak 3,12 km. Dengan Head pompa sebesar 130 m menggunakan pompa grundfos tipe SP 125 5A dengan kapasitas 25 lt/det 2 unit. Total biaya investasi yang diperlukan untuk membangun sistem penyediaan jaringan air bersih ini adalah Rp. 18.428.996.200 dengan harga air yang sesuai dan layak dari segi ekonomi adalah Rp. 10.500.

Kata Kunci: optimasi, jaringan pipa, simulasi, alternatif harga air

Abstract: The purpose of this study was to determine how the effects in terms of technical and economic optimization if done the pipe and the pump head and the simulation of water pricing on water supply systems network in the Kademangan District Blitar Regency. While the purpose of this study contribute ideas to the relevant agencies so that it can be used as a reference whether for optimization and simulation of network systems providing clean water, decent built or not.

The method used in this study is the analysis of water network with watercad software in order to obtain the total project cost incurred economic analysis was then performed to determine the magnitude of benefits that can be obtained after the project was built involved the comparison of Benefit Cost Ratio ($B/C = 1$), Net present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), the breakeven point of investment and sensitivity analysis can then be used as the basis for tariff setting water prices.

Based on the results of simulation and optimization of the selected alternatives are technically and economically feasible are alternative 2, which consists of GIP pipes with diameters ranging from 300 mm up to 2.54 km of water sources and PVC pipe 250 mm starting from the end of the pipe to the reservoir with GIP distance of 3.12 km. With a pump head of 130 m using a pump Grundfos SP 125 type 5A with a capacity of 25 l/s in 2 units. The total cost of investment needed to build a network of water supply system is Rp. 18,428,996,200 with the price of water that is suitable and economically viable is Rp. 10,500.

Key Word: optimation, pipe system, simulation, alternative price of water

Pesatnya pertumbuhan penduduk pada suatu daerah berdampak terhadap besarnya kebutuhan air bersih. Perkembangan penduduk tidak hanya berada pada daerah yang dekat dengan sumber air, tetapi semakin lama semakin meluas dan jauh dari sumber air, seperti

yang terjadi pada daerah Kabupaten Blitar khususnya Kecamatan Kademangan.

Kondisi di daerah Kecamatan Kademangan selama ini mengandalkan air dari sumber air Jambangan dan air hujan yang ditampung pada tandon - tandon

penampungan air di permukiman penduduk. Hal ini dilakukan karena di wilayah ini termasuk tergolong desa rawan air. Saat ini sistem jaringan perpipaan yang terdapat di Kecamatan Kademangan belum memenuhi akan kebutuhan air bersih. Di lokasi studi saat ini sebagian masyarakat membeli air dari PDAM dengan menggunakan truk tangki air dengan harga Rp. 12.500 per m³. Sehingga perlu adanya pengembangan sistem jaringan pipa yang dapat memenuhi kebutuhan.

Salah satu usaha untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Kecamatan Kademangan, adalah dengan mencari sumber air baru untuk meningkatkan kapasitas produksi air bersih. Sehingga perlu dilakukan pengembangan sistem jaringan pipa guna mencukupi permintaan masyarakat akan air bersih. Pengembangan sistem jaringan distribusi pipa yang baik adalah sistem yang mampu memenuhi kebutuhan air bersih bagi penduduk yang tinggal di daerah tersebut. Sebaiknya sebelum dilakukan pengembangan sistem jaringan pipa perlu dilakukan optimasi dan simulasi sehingga nantinya diperoleh sistem yang layak secara teknis maupun ekonomi. Pada suatu perencanaan pengembangan sebuah sistem jaringan air bersih perlu dilakukan optimasi baik dari segi teknis maupun ekonomi layak atau tidak untuk dibangun.

Identifikasi Masalah

Ada beberapa aspek penting yang perlu ditinjau dalam optimasi dan simulasi sistem jaringan air bersih ini, antara lain analisa dari segi teknik dan ekonomi. Analisa dari segi teknik diperlukan untuk mengetahui jumlah kebutuhan air dan sistem jaringan distribusi air bersih secara detail. Dengan melakukan optimasi dan simulasi terhadap ukuran diameter pipa dan head pompa yang sesuai dengan kelayakan teknik, diharapkan akan memberikan pengurangan terhadap total biaya proyek.

Sedangkan analisa ekonomi diperlukan untuk memberikan solusi untuk penetapan harga air. Dengan mempertimbangkan analisa biaya yang dikeluarkan dan benefit yang didapat dari pengembangan sistem jaringan air bersih tersebut, maka dilakukan simulasi dan optimasi harga air. Kriteria-kriteria yang umum dipakai dan dianjurkan untuk dipakai dalam penilaian kelayakan ekonomi proyek adalah Internal Rate of Return (IRR), Net Present Value (NPV), dan Benefit Cost Ratio (B/C).

Pengembalian Benefit untuk proyek pengembangan sistem jaringan pipa di Kecamatan Kademangan ini dibebankan dari hasil penjualan air bersih kepada konsumen. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu analisa dalam melakukan simulasi dan optimasi

penentuan harga air di Kecamatan Kademangan yang dilihat dari kedua sisi produsen dan konsumen. Diharapkan harga air yang ditetapkan dapat menguntungkan perusahaan dan yang sesuai dengan kemampuan masyarakat di daerah tersebut yang menggunakan jasa PDAM.

Batasan Masalah

Berdasarkan Identifikasi yang telah diuraikan di atas maka batasan masalah pada studi ini, yaitu sebagai berikut:

1. Kajian optimasi pada perencanaan diameter pipa transmisi primer dikaitkan dengan perencanaan head pompa;
2. Kajian kebutuhan biaya investasi proyek berdasarkan analisa Standar Nasional Indonesia (SNI) didasarkan pada harga yang berlaku pada tahun 2010;
3. Kajian Simulasi penetapan tarif harga jual air ke konsumen agar diperoleh kelayakan ekonomi dari penyediaan sistem jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Kademangan Kabupaten Blitar;
4. Parameter yang digunakan dalam analisa kelayakan finansial ini adalah nilai Benefit Cost Ratio ($B/C=1$), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), titik impas investasi (pay back periode) dan Analisis Sensitivitas;
5. Suku bunga yang berlaku dan dijadikan sebagai acuan sebesar 14.5 % menurut Bank BI tahun 2010;

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan dalam optimasi dan simulasi sistem penyediaan air bersih nantinya diharapkan dapat memberikan rekomendasi apakah proyek tersebut layak untuk dibangun atau tidak. Maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Berapakah diameter pipa dan nilai parameter hidrolis pipa transmisi pada sistem jaringan air bersih yang layak setelah dilakukan simulasi dan optimasi?
2. Berapakah besarnya total biaya investasi yang diperlukan serta manfaat atau benefit yang diperoleh dari proyek sistem jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Kademangan?
3. Berapakah nilai parameter kelayakan ekonomi pada rencana penyediaan sistem jaringan air bersih ini berdasarkan indikator Benefit Cost Ratio (B/C), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), titik impas investasi (pay back periode) dan analisis sensitivitas?

4. Berapakah tarif harga air yang akan dijual kepada konsumen PDAM setelah dilakukannya simulasi harga air?

Maksud dan Tujuan

Maksud dari studi ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari segi teknik dan ekonomi jika dilakukan optimasi pipa dan head pompa serta simulasi penentuan harga air. Sehingga dapat diketahui biaya total proyek yang dikeluarkan untuk pengembangan sistem jaringan pipa, untuk mengetahui besarnya manfaat yang dapat diperoleh setelah proyek ini dibangun, serta perbandingan *Benefit Cost Ratio* ($B/C=1$), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), titik impas investasi dan analisis sensitivitas yang selanjutnya dapat dipergunakan sebagai dasar penetapan tarif harga air.

Sedangkan tujuan dari studi ini memberikan sumbangan pemikiran kepada instansi terkait sehingga dapat dijadikan referensi apakah untuk optimasi dan simulasi penyediaan sistem jaringan air bersih ini, layak dibangun dari segi teknik dan ekonomi atau tidak.

TINJAUAN PUSTAKA

Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan penduduk merupakan faktor yang paling penting dalam perencanaan kebutuhan air bersih. Pada studi ini, proyeksi jumlah penduduk digunakan sebagai dasar untuk menghitung pelayanan air minum yang diterima oleh masyarakat. Perkiraan jumlah penduduk di suatu daerah pada masa yang akan datang dapat ditentukan dengan metode Geometrik, Aritmatik, dan Eksponensial.

Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih adalah jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pokok manusia akan air (domestik) dan kegiatan-kegiatan lainnya yang memerlukan air (non domestik).

1. Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Pemakaian air bersih oleh masyarakat pada suatu wilayah tidak konstan. Akan tetapi terjadi fluktuasi pada jam-jam tertentu bergantung dari aktivitas keseharian masyarakat pada daerah tersebut. Hal diatas berlangsung tiap hari dan membentuk pola yang relatif sama. Pada jam-jam tertentu terjadi peningkatan aktivitas menggunakan air dibandingkan pada saat kondisi normal. Tetapi pada saat tertentu pula tidak ada aktivitas yang memerlukan air.

2. Pertimbangan Pemilihan Pipa

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam memilih jenis pipa adalah (Buku Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual Air Minum Perkotaan; 260):

1. Diameter pipa yang umum ada dipasaran
2. Kualitas air yang akan dialirkan
3. Karakteristik Tanah dan air tanah tempat pipa akan ditanam
4. Kondisi lingkungan tempat pipa akan diletakkan
5. Sistem pengaliran
6. Pertimbangan Operasional dan perawatan serta biaya operasi.

Hidraulika Aliran Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih

1. Kehilangan Tinggi Tekan Akibat Gesekan dalam Pipa (Major Losses)

Fluida yang mengalir ke dalam pipa akan mengalami tegangan geser dan gradient kecepatan pada seluruh medan karena adanya kekentalan kinematik. Tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan tenaga selama pengaliran (Triatmodjo II, 1993:25). Tegangan geser yang terjadi pada dinding pipa merupakan penyebab utama menurunnya garis energi pada suatu aliran (major losses) selain bergantung juga pada jenis pipa.

Persamaan kehilangan tinggi tekan mayor menurut *Hazen-Williams* yaitu (Webber, 1997:121):

$$H_f = k \cdot Q^{1,85} \tag{2-1}$$

$$k = \frac{10,675 \cdot L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} \tag{2-2}$$

Dengan:

- H_f = kehilangan tinggi tekan mayor (m)
- k = koefisien karakteristik pipa
- Q = debit aliran pada pipa (m^3/det)
- D = diameter pipa (m)
- L = panjang pipa (m)
- C_{hw} = koefisien kekasaran *Hazen-Williams* (Tabel 2.4)

Tabel 1. Koefisien Karakteristik Pipa Menurut *Hazen-Williams*

Nilai C_{hw}	Jenis Pipa
140	pipa sangat halus
130	pipa halus, semen, besi tuang baru
120	pipa baja dilas baru
110	pipa baja dikeling baru
100	pipa besi tuang tua
95	pipa baja dikeling tua
60-80	pipa tua

Sumber: Triatmodjo II, 1993: 51

Analisa Ekonomi

1. Perbandingan Manfaat dan Biaya (*Benefit/Cost* atau B/C)

Benefit Cost Ratio (BCR) adalah perbandingan antara nilai sekarang (*present value*) dari manfaat (*benefit*) dengan nilai sekarang dari biaya (*cost*). Secara umum rumus untuk perhitungan BCR ini adalah (I Nyoman Pujana, 1995:259):

$$BCR = \frac{PV \text{ Manfaat}}{PV \text{ Biaya}} \quad (2-3)$$

Dengan:

PV = Present value

BCR= Benefit Cost Ratio

2. Selisih Manfaat dan Biaya (B – C)/Net Present Value (NPV)

Metode kedua dalam pemilihan alternatif dengan parameter *benefit-cost* adalah *net benefit* (*benefit neto*). *Net benefit* adalah jumlah *benefit* dikurangi jumlah *cost*. Untuk *benefit* dan *cost* yang konstan maka *net benefit* tahunan adalah selisih dari kedua parameter ini, sedangkan untuk *benefit* dan *cost* yang tidak konstan, selisihnya perlu dihitung berdasarkan atas *present value* atau *future value* pada waktu yang sama. Pada perhitungan B-C tidak ada pengaruh dengan mengurangkan biaya OP dari biaya proyek karena hasilnya akan sama. Makin tinggi tingkat suku bunga maka selisih manfaat dan biaya akan makin kecil.

Secara umum rumus untuk perhitungan nilai *Present value* ini adalah sebagai berikut (Kuiper, 1971:45):

$$P = \frac{F}{1 + i^n} \quad (2-4)$$

Dengan:

P = nilai sekarang (Present Value)

F = nilai pada tahun ke-n

i = nilai suku bunga

3. Tingkat Pengembalian Internal (*Internal Rate of Return, IRR*)

Bila besarnya IRR sama dengan bunga komersial maka proyek dikatakan impas, namun bila lebih besar dikatakan proyek ini menguntungkan.

Perhitungan nilai IRR ini dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut (Kuiper, 1971:16):

$$IRR = I' \frac{NPV'}{NPV' - NPV''} I'' \quad (2-5)$$

Dengan:

I' = suku bunga memberikan nilai NPV positif

I'' = suku bunga memberikan nilai NPV negatif

NPV = selisih antara present value dari manfaat dari present value dari biaya

NPV' = NPV positif

NPV'' = NPV negatif

4. Analisis Sensitivitas

Dengan melakukan analisa sensitivitas, dapat diperkirakan dampak yang akan terjadi apabila keadaan yang sebenarnya terjadi sesudah proyek tidak sama dengan estimasi awal.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Studi

Wilayah Kecamatan Kademangan terdiri dari 15 desa dengan luas wilayah kecamatan sebesar 105,11 km². Jumlah penduduk Kecamatan Kademangan sejumlah 67.182 jiwa dengan kepadatan penduduk 639 jiwa/km². Sedangkan jumlah keluarga di kecamatan tersebut sejumlah 21.788 keluarga dan jumlah rumah rumah tangga sejumlah 20.089 rumah tangga.

Sistem pelayanan air minum PDAM unit Kademangan nantinya akan direncanakan mencakup beberapa desa, diantaranya desa Suruh Wadang, Dawuhan, Bendosari, Sumberjo dan Kedung Banteng. Dimana Topografi desa tersebut berada pada ketinggian muka tanah dengan elevasi + 190,00 m hingga + 275,00 m.

Data yang Diperlukan

Untuk mengkaji Optimasi dan simulasi sistem penyediaan air bersih diperlukan pengumpulan data-data yang mendukung studi. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam studi ini adalah:

1. Data Jumlah Penduduk dan Jumlah Pelanggan PDAM
2. Data Luas Daerah Studi
3. Data Ketersediaan Air
4. Skema dan Data Teknis Jaringan Pipa
5. Daftar Harga Satuan Upah dan Bahan

Sistematika Pengerjaan Tesis

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan maka diperlukan suatu langkah pengerjaan secara sistematis. Adapun langkah-langkah pengerjaan studi sebagai berikut:

1. Melakukan pengumpulan data-data sekunder yang berupa data teknis dan data pendukung lainnya yang digunakan dalam analisa sistem jaringan distribusi air bersih.
2. Menghitung data jumlah penduduk dalam kawasan studi dengan proyeksi jumlah penduduk

- untuk 20 tahun mendatang sampai dengan tahun 2030.
3. Selanjutnya menghitung besarnya kebutuhan air bersih berdasarkan proyeksi jumlah penduduk.
 4. Dari data Ketersediaan air atau debit sumber air dilakukan analisis kebutuhan air bersih apakah debit sumber tersebut memenuhi untuk kebutuhan air bersih sampai dengan tahun 2030.
 5. Melakukan perhitungan optimasi antara diameter pipa transmisi (induk) dengan head pompa dengan beberapa alternatif, sehingga didapat diameter dan head yang tepat untuk menentukan harga dan layak secara teknis dan ekonomis.
 6. Melakukan perhitungan kehilangan energi mayor dan minor losses dari sumber air ketandon.
 7. Kemudian dilanjutkan dengan perencanaan kapasitas tandon dengan berbagai waktu pemakaian.
 8. Melakukan running sistem jaringan pipa dengan menggunakan software waterCAD.
 9. Melakukan analisis rancangan biaya konstruksi, operasi dan pemeliharaan serta usia guna proyek sehingga diperoleh total biaya proyek.
 10. Langkah berikutnya melakukan perhitungan tarif harga air minum yang layak dari aspek manajemen perusahaan dan kesanggupan masyarakat.
 11. Kemudian menghitung besarnya manfaat dari proyek Pengembangan Jaringan Pipa Kecamatan Kademangan PDAM Kabupaten Blitar.
 12. Melakukan perhitungan analisa simulasi ekonomi dari Rancangan anggaran biaya meliputi B/C, B-C, IRR dengan beberapa alternatif.
 13. Apabila memenuhi persyaratan selanjutnya dapat dilakukan analisis kepekaan, tetapi bila tidak memenuhi maka perlu ditinjau kembali pada saat menentukan besarnya tarif harga air bersih.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Proyeksi Jumlah Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk pada studi ini menggunakan tiga metode, yaitu metode aritmatik, metode eksponensial dan metode geometrik. Setelah diketahui hasil perhitungan dari masing-masing metode, maka digunakan metode penentuan nilai koefisien korelasi untuk menentukan metode perhitungan yang akan digunakan dalam perhitungan proyeksi kebutuhan air. Kriteria penentuan metode proyeksi penduduk yang dipilih berdasarkan pada nilai koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1.

Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Eksponensial:

$$\begin{aligned}
 P_0 &= 67.185 \text{ jiwa (Tahun 2008)} \\
 n &= 2 \text{ (proyeksi tahun ke-n)} \\
 r &= 1,25\% \text{ (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}
 \end{aligned}$$

Maka perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2010 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_0 \cdot e^{r \cdot n} \\
 &= 67.185 \cdot 2,7182818^{1,25 \cdot 2} \\
 &= 68.886 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Didapatkan hasil proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Kademangan hingga tahun 2030 pada dengan metode eksponensial yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Kademangan Menggunakan Metode Eksponensial

No	Tahun	Jumlah Penduduk
		(Jiwa)
0	2008	67.185
1	2009	68.030
2	2010	68.886
3	2011	69.752
4	2012	70.629
5	2013	71.518
6	2014	72.417
7	2015	73.328
8	2016	74.250
9	2017	75.184
10	2018	76.130
11	2019	77.087
12	2020	78.057
13	2021	79.038
14	2022	80.032
15	2023	81.039
16	2024	82.058
17	2025	83.090
18	2026	84.135
19	2027	85.194
20	2028	86.265
21	2029	87.350
22	2030	88.449

Sumber : Perhitungan

Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Sebelum mendesain bangunan air, pipa transmisi dan jaringan distribusi untuk penyediaan air baku, perlu diketahui seberapa besar kebutuhan air bersih di lokasi studi. Faktor utama yang mempengaruhi proyeksi kebutuhan air bersih ini adalah faktor fluktuasi

pemakaian air, standar kebutuhan air bersih sebagai dasar perhitungan kebutuhan air domestik dan non domestik dan faktor kehilangan.

Perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih Kecamatan Kademangan tahun 2010 sampai dengan 2030 adalah direncanakan sebagai berikut: dengan prosentase penduduk terlayani 42.27 % dan kehilangan air sebesar 25 %. Sehingga pada tahun 2030, kebutuhan air bersih rerata di Kecamatan Kademangan diperkirakan sebesar 16,67 liter/detik, kebutuhan air bersih harian maksimum sebesar 19, 17 liter/detik, serta kebutuhan jam puncak sebesar 26,00 liter/detik.

Perencanaan Insfrastruktur Air Bersih

1. Analisa Saluran Pengumpul

Perencanaan Bronkap pada studi ini adalah dengan melakukan penggalian pada lokasi sumber air sampai kedalaman 7 m dari dasar mata air eksisting. Dimaksudkan dari penggalian / pengeboran ini adalah untuk memaksimalkan pengaliran sumber air kedalam kolam penampungan di dalam Bronkap, serta

untuk keperluan penempatan dasar motor pompa submersible agar selalu terjamin dalam kondisi terbenam, dengan memperhatikan kemungkinan adanya draw down elevasi muka air di kawasan sumber air.

2. Analisa Optimasi Pipa Transmisi

Perencanaan sistem perpipaan dilakukan dengan optimasi pipa mulai dari sumber air hingga ke tandon dengan berbagai diameter pipa. Kemudian Merencanakan tandon dan jaringan pipa hingga ke pelayanan terjauh dari tandon.

Untuk Optimasi pipa dari sumber air hingga ke tandon direncanakan sebagai berikut, dikarenakan kondisi tanah di lokasi studi ada yang terdiri dari batuan gamping. Maka direncanakan mulai dari sumber air hingga 2,54 km menggunakan pipa GIP dengan diameter 300 mm dan 250 mm, kemudian mulai sambungan pipa PVC hingga ke tandon air 3,12 km direncanakan menggunakan pipa PVC berbagai diameter.

Hasil perhitungan optimasi pipa didapatkan sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Optimasi Hidrolika Berbagai Alternatif Diameter Pipa

NO	KETERANGAN	SATUAN	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5	Alternatif 6
1	Kapasitas pompa (2 x 25 lt/det)	liter/det	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
2	Pipa Mulai Sumber Air hingga Akhir Pipa GIP	m ³ /jam	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00
3	Jarak Pipa dari sumber air ke akhir pipa GIP	km	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54
4	Diameter pipa transmisi	mm	300.00	300.00	300.00	250.00	250.00	250.00
5	Koefisien Hazen Williams Cw - Pipa GIP		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
6	Kehilangan energi mayor losses pada pipa transmisi	m	7.45	7.45	7.45	18.10	18.10	18.10
7	Kehilangan energi minor losses pada pipa transmisi	m	0.74	0.74	0.74	1.81	1.81	1.81
8	Kehilangan energi 1 - Pipa GIP	m	8.19	8.19	8.19	19.91	19.91	19.91
9	Pipa Mulai Awal PVC hingga Tandon Air							
10	Jarak dari awal pipa PVC ke Tandon	km	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
11	Diameter pipa transmisi	mm	300.00	250.00	200.00	300.00	250.00	200.00
12	Ketisien Hazen Williams Cw - Pipa PVC		120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
13	Kehilangan energi mayor losses pada pipa transmisi	m	8.53	15.87	47.03	8.53	15.87	47.03
14	Kehilangan energi minor losses pada pipa transmisi	m	0.65	1.59	4.70	0.65	1.59	4.70
15	Kehilangan energi 2 - Pipa PVC	m	7.18	17.45	51.74	7.18	17.45	51.74
16	Total Kehilangan Tinggi	m	15.37	25.65	59.93	27.09	37.36	71.65
17	Kebutuhan Total Head Pompa	m	116.37	126.66	160.93	128.09	138.30	172.66
18	Kebutuhan Total Head Pompa dibulatkan	m	120.00	130.00	170.00	130.00	140.00	170.00

Sumber: Perhitungan

Tabel 4. Hasil Optimasi Hidrolika Berbagai Aternatif Diameter Pipa terhadap Analisa Ekonomi

No	Keterangan	Diameter Pipa		Biaya Pipa (Rp)	Biaya Pompa (Rp)	Biaya Generator (Rp)	Biaya listrik tahunan (Rp)	PV Total (Rp)	Keterangan
		panjang (m)							
		2.54	3.12						
1	Alternatif 1	300.00	300.00	6,705,996,145	390,001,700	185,000,000	155,576,145	8,223,168,118	biaya minimum
2	Alternatif 2	300.00	250.00	5,989,985,360	390,001,700	185,000,000	194,311,592	7,741,739,484	
3	Alternatif 3	300.00	200.00	5,334,997,425	877,503,825	185,000,000	332,621,322	8,411,858,413	
4	Alternatif 4	250.00	300.00	6,215,330,865	390,001,700	185,000,000	194,311,592	7,967,084,989	
5	Alternatif 5	250.00	250.00	5,499,320,080	585,002,550	235,000,000	239,509,555	7,769,794,246	
6	Alternatif 6	250.00	200.00	4,844,332,145	877,503,825	305,000,000	332,621,322	8,041,193,133	

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 1. Hasil perbandingan Tiap Alternatif (Hasil Perhitungan)

Setelah melakukan optimasi pipa maka alternatif yang dipilih adalah alternatif 2 dimana alternatif tersebut memenuhi kelayakan dari segi teknik/hidrolik dan juga dari segi ekonomi dengan biaya minimum.

Untuk selanjutnya sistem jaringan pipa transmisi pada unit Kademangan ini dimulai dari:

- Sumber air yang terletak di Dusun Jambangan Desa Dawuhan dikumpulkan dengan menggunakan broncaptering atau intake pengambilan.
- Pompa yang digunakan adalah submersible 2 buah dengan total $Q=50$ l/det dengan tinggi head direncanakan 130 m.
- Satu buah genset dengan daya 164.20 kVA.
- Tandon atau resevoir dengan kapasitas 500 m^3 .
- Diameter pipa transmisi ini direncanakan dengan ukuran 300 mm (10 inchi) dengan jenis Pipa Galvanis (GIP) panjang 2,540 km

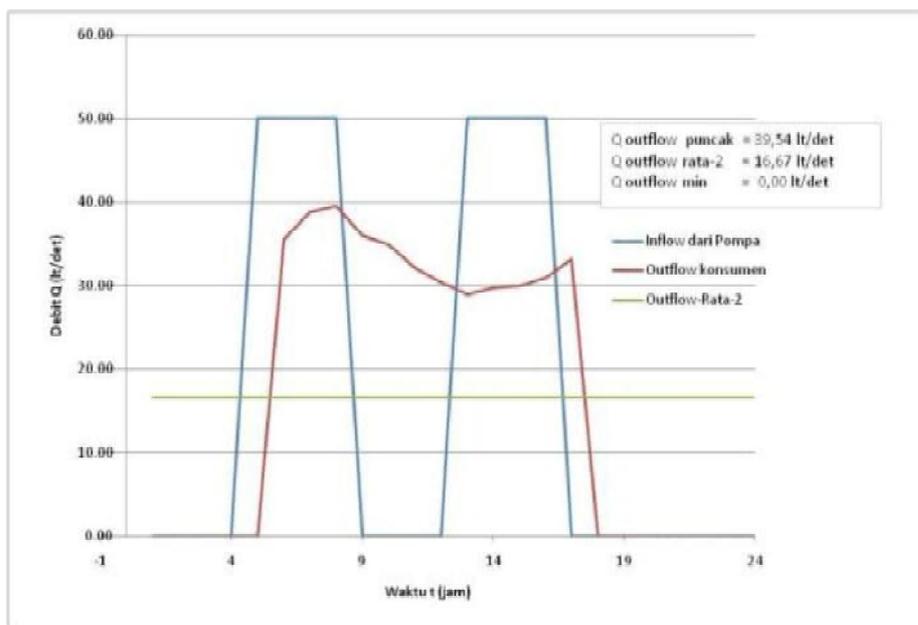
- Pipa PVC S-10 diameter 250 mm (8 inchi) sepanjang 5,520 km
- Pipa PVC S-10 dengan diameter 200 mm sepanjang 2.400 m
- Pipa PVC S-10 dengan diameter 150 mm sepanjang 8.556 m
- Pipa PVC S-10 dengan diameter 100 mm sepanjang 1.800 m
- Untuk pengembangan sistem jaringan pipa distribusi (pipa baru) direncanakan dengan PVC S-10 RRJ diameter 75 mm (3 inchi) dengan total panjang pipa adalah 29,261 km.
- Serta ada penggunaan jembatan 1 unit dengan bentang 11 m dan 2 unit dengan bentang 15.5 m.

3. Analisa Operasi Tandon

Perhitungan kapasitas tandon dilakukan dengan menggunakan kurva massa. Pada sistem jaringan distribusi air bersih Kecamatan Kademangan, tandon yang akan direncanakan berjumlah satu tandon yang berbentuk kubus.

Bangunan tandon ini digunakan agar debit yang dialirkan dari pengolahan air ke saluran pipa transmisi lebih stabil. Debit sumber sangat besar apabila dibandingkan dengan debit kebutuhan yang diperlukan, oleh karena itu debit yang akan ditampung dalam ground reservoir hanya sebatas debit untuk pemenuhan kebutuhan air bersih saja.

Dengan pertimbangan karakteristik pola kebutuhan air setiap hari yang ada di daerah layanan, maka



(Sumber: Hasil Perhitungan)

Gambar 2. Hidrograf Inflow - Outflow Operasi Pompa 8 jam - Operasi Tandon 12 jam

pompa air akan direncanakan beroperasi 8 jam dalam satu hari, dimana operasi tahap 1 dimulai pada jam 4.00 pagi dan berakhir pada 8.00 pagi (4 jam operasi), kemudian operasi tahap 2 dimulai pada jam 12.00 siang dan berakhir pada jam 16.00 sore (4 jam operasi). Sedangkan untuk operasi tandon dimulai dari jam 5.00 pagi hingga jam 17.00 sore (12 jam operasi).

Analisa Rencana Anggaran Biaya

Setelah dianalisa secara teknik maka dapat ditentukan rencana anggaran biaya untuk pembangunan sistem penyediaan air bersih tersebut. Adapun biaya cost yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk membangun sistem jaringan pipa unit Kademangan dapat diketahui sebesar Rp. 18.428.996.200,00, sedangkan biaya O&P (operasi dan pemeliharaan) per-tahun sebesar Rp. 357.000.000,00.

1. Analisa Alternatif Ekonomi

Dimana pada studi ini ditetapkan Alternatif 1 harga air Rp 9.500,00, Alternatif 2 harga air Rp 10.500,00, Alternatif 3 harga air Rp 11.500,00, Alternatif 4 harga air Rp 12.000,00, dan Alternatif 5 harga air Rp 12.500,00. Kemudian dilakukan simulasi ekonomi sehingga didapatkan IRR, NPV, BCR, dan Pay-back Period. Setelah itu dilakukan analisa sensitifitas dengan 2 kemungkinan yaitu apabila biaya tetap tetapi manfaat turun 10% dan biaya dan manfaat tetap waktu pelaksanaan terlambat 1 tahun.

Untuk setiap alternatif harga air disimulasikan kenaikan setiap 4 tahun sekali sebesar Rp. 1.000,00. Hal ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama proyek ini mengalami titik impas atau pay back period.

Dari hasil analisa ekonomi tersebut menunjukkan bahwa setiap alternatif pada tingkat suku bunga sebesar 14.5% proyek PDAM Kademangan ini masih layak dari segi ekonomi dengan tarif harga jual air seperti yang telah direncanakan. Tetapi pada alternatif 1 tidak memenuhi, hal ini ditunjukkan oleh besarnya nilai IRR > 14,5%, BCR > 1 dan NPV > 0 pada 2 kondisi tinjauan analisa kepekaan mengalami penurunan tingkat suku bunga.

Namun demikian untuk keperluan penyehatan keuangan PDAM secara mandiri perlu dipilih alternatif tarif yang wajar yang dipakai untuk tarif penjualan kepada masyarakat. Maka saran dari penulis adalah tetap menggunakan alternatif 2 dikarenakan masih aman terhadap sensitivitas dengan 2 kondisi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Diameter pipa dan nilai parameter hidrolik pipa transmisi pada sistem jaringan air bersih, untuk perhitungan dibatasi hanya pipa transmisi mulai dari sumber air hingga tandon yang di optimasi. Kondisi dilapangan pada jarak 2,54 km mulai dari sumber air terdiri dari batuan keras, sehingga ditetapkan pada jarak tersebut pemakaian pipa GIP dengan diameter 300 mm dan 250 mm. Pada jarak 3,12 km mulai dari akhir pipa GIP sampai dengan ketandon direncanakan menggunakan pipa PVC dengan diameter 300 mm, 250 mm, dan 200 mm. Setelah dilakukan simulasi dan optimasi alternatif yang dipilih yang layak secara teknik dan ekonomi adalah alternatif 2. Dimana terdiri dari pipa GIP dengan diameter 300 mm mulai dari sumber air hingga 2,54 km dan pipa PVC 250 mm mulai dari akhir pipa GIP hingga ke tandon dengan jarak 3,12 km. Dengan Head pompa sebesar 130 m menggunakan pompa grundfos tipe SP 125 5A dengan kapasitas 25 l/detik 2 unit.
2. Besarnya total biaya investasi yang diperlukan untuk membangun sistem penyediaan jaringan air bersih ini adalah Rp 18.428.996.200,00. Sedangkan manfaat atau benefit yang diperoleh dari sistem penyediaan jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Kademangan ini diperoleh setelah dilakukan alternatif harga air dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Manfaat yang Diperoleh Dengan Beberapa Alternatif

No	Keterangan	Satuan	Kondisi Normal
1	Alternatif tarif harga air 1 (tarif awal Rp 9,500 / m ³) Manfaat yang diperoleh	Rp	20,424,522,987
2	Alternatif tarif harga air 2 (tarif awal Rp 10,500 / m ³) Manfaat yang diperoleh	Rp	22,894,186,082
3	Alternatif tarif harga air 3 (tarif awal Rp 11,500 / m ³) Manfaat yang diperoleh	Rp	25,363,849,177
4	Alternatif tarif harga air 4 (tarif awal Rp 12,000 / m ³) Manfaat yang diperoleh	Rp	26,596,600,724
5	Alternatif tarif harga air 5 (tarif awal Rp 12,500 / m ³) Manfaat yang diperoleh	Rp	27,833,512,271

Sumber: Perhitungan

- Adapun nilai parameter kelayakan ekonomi pada rencana penyediaan sistem jaringan air bersih ini berdasarkan indikator Benefit Cost Ratio (B/C), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), titik impas investasi (pay back periode) dan analisis sensitivitas setelah dilakukan dengan beberapa alternatif dapat dilihat pada tabel 6.
- Tarif harga air yang akan dijual kepada konsumen PDAM setelah dilakukannya simulasi harga air adalah Alternatif 1 Rp 9.500,00, Alternatif 2 Rp 10.500,00, Alternatif 3 Rp 11.500,00, Alternatif 4 Rp 12.000,00 dan Alternatif 5 Rp 12.500,00. Namun demikian untuk keperluan penyehatan keuangan PDAM secara mandiri perlu dipilih alternatif tarif yang wajar yang dipakai untuk tarif penjualan kepada masyarakat. Adapun saran dari penulis dipakai alternatif 2, karena masih aman terhadap 2 kondisi sensitivitas.
- Dalam sistem jaringan pipa perlu diperhatikan ukuran diameter pipa yang akan dipakai karena hal ini sangat berpengaruh pada tekanan dan kecepatan yang terjadi pada titik simpul. Hal ini menyebabkan tekanan bisa menjadi rendah hingga bernilai negatif atau terlalu besar melebihi kriteria, sehingga mempengaruhi kelancaran distribusi air. Dan Pemilihan jenis dan diameter pipa berpengaruh pada harga pipa tersebut yang nantinya akan mempengaruhi biaya investasi pengadaan sistem jaringan air bersih Kecamatan Kademangan.
- Analisa kelayakan ekonomi dapat dipergunakan sebagai acuan penetapan harga air di PDAM Kademangan agar pelayanan kepada konsumen tercukupi dan perusahaan mendapatkan manfaat juga.

Tabel 6. Rekapitulasi Analisa Ekonomi dan Analisa Sensitifitas PDAM Kecamatan Kademangan

No	Indikator kelayakan Ekonomi	Satuan	Kondisi Normal	Kondisi Manfaat turun 10%	Kondisi Manfaat dan Biaya Tetap, Waktu Pelaksanaan Terlambat 1 tahun
1	Alternatif tarif harga air 1 (tarif awal Rp 9,500 / m ³)				
	IRR	%	19,90%	14,01%	14,00%
	NPV, i = 14,5%	Rp	20.424.522,987	17.775.870,170	17.773.348,387
	BCR, i = 14,5%	-	1,11	0,96	0,96
	Pay Back Periode (t)	th	6,50	7,23	8,18
2	Alternatif tarif harga air 2 (tarif awal Rp 10,500 / m ³)				
	IRR	%	17,79%	15,68%	15,78%
	NPV, i = 14,5%	Rp	22.894.188,082	19.998.588,955	20.140.293,711
	BCR, i = 14,5%	-	1,24	1,09	1,09
	Pay Back Periode (t)	th	5,99	6,59	7,54
3	Alternatif tarif harga air 3 (tarif awal Rp 11,500 / m ³)				
	IRR	%	19,60%	17,33%	17,69%
	NPV, i = 14,5%	Rp	25.383.849,177	22.221.283,740	22.718.471,387
	BCR, i = 14,5%	-	1,38	1,21	1,23
	Pay Back Periode (t)	th	5,46	6,04	6,93
4	Alternatif tarif harga air 4 (tarif awal Rp 12,000 / m ³)				
	IRR	%	20,50%	18,15%	18,53%
	NPV, i = 14,5%	Rp	29.599,090,724	23.332,912,133	23,841,711,005
	BCR, i = 14,5%	-	1,44	1,27	1,29
	Pay Back Periode (t)	th	5,25	5,80	6,70
5	Alternatif tarif harga air 5 (tarif awal Rp 12,500 / m ³)				
	IRR	%	21,41%	18,97%	19,35%
	NPV, i = 14,5%	Rp	27.833,512,271	24.443,990,525	24.988,951,852
	BCR, i = 14,5%	-	1,51	1,33	1,35
	Pay Back Periode (t)	th	5,05	5,68	6,49

Sumber: Perhitungan

Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan, maka saran yang dapat diberikan oleh penyusun sebagai wacana pada studi ini adalah sebagai berikut:

- Dikarenakan sungai jambangan memiliki debit air yang cukup, maka dapat melayani sistem distribusi air bersih di kecamatan Kademangan Kabupaten Blitar yaitu desa Suruh Wadang, Dawuhan, Kedung Banteng, Bendosari dan Sumberejo.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. *Pedoman/Petunjuk Pelaksanaan Teknik dan Manual*. Jakarta.
- Edward, K. 1971. *Water Resources Project Economics*. Canada.
- Muliakusumah. 1981. "Proyeksi Penduduk": Jakarta, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Pujawan, I.N.P. 1995. *Ekonomi Teknik*. Jogjakarta: Liberty.
- Triadmodjo, B. 1993. *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset.