

MODEL SIMULASI JARINGAN PIPA DAN PENENTUAN TARIF AIR MINUM DI KECAMATAN KEPANJEN KABUPATEN MALANG

Riyanto Haribowo, Irfan Nurdiansyah, Hans Ivan, Demas Trihatma Daniswara

Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145 Indonesia

e-mail: riyanto_haribowo@ub.ac.id

Abstrak: Sumber Dieng merupakan sumber yang dikelola oleh PDAM Kabupaten Malang yang mempunyai debit sebesar 150 lt/dt dan akan direncanakan untuk suplai air bersih ke 3 desa yaitu Desa Kemiri, Sukorejo dan Sukoraharjo melalui Tandon Dieng. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui berapa kebutuhan air bersih, bagaimana kondisi hidraulik jaringan pipanya dan juga kelayakan ekonomi untuk pelaksanaannya. Perhitungan kebutuhan air dan persyaratan teknis jaringan perpipaan berdasarkan peraturan yang berlaku. Sedangkan untuk analisa hidraulik menggunakan bantuan program *WaterCAD V8i*. kelayakan ekonomi dihitung berdasarkan 3 kriteria yaitu Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), serta Benefit Cost Ratio (BCR). Dari hasil analisa diperoleh total kebutuhan air rata-rata yang dibutuhkan sebesar 17,90 lt/dt dan distribusi air bersih untuk 3 desa dapat terlayani 100% baik untuk kebutuhan rata-rata maupun pada jam puncak. Rencana anggaran biaya total untuk 3 desa yaitu sebesar Rp. 2.970.769.637. Analisa Ekonomi pada tingkat suku bunga 9,75% didapatkan periode pengembalian selama 6 tahun dengan harga air Rp. 1500/m³.

Kata kunci: jaringan pipa, air bersih, simulasi, rencana anggaran biaya, analisa ekonomi

Abstract: Dieng water source is managed by PDAM Malang which has 150 l/s discharge and will be planned to supply clean water to the 3 villages namely Sukorejo, Kemiri and Sukoraharjo through Tandon Dieng. The purpose of this study is to find out the needs of water supply, hydraulic conditions in water distribution and also the economic feasibility for these 3 villages. Calculation of water supply and technical requirements based on local regulations. WaterCAD V8i used for water distribution simulation. In the meantime, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Benefit Cost Ratio used for the economic analysis. From the analysis, the total of water requirement is 17.90 l/s and the water distribution for the 3 villages can fully serve both for the average requirement and at peak hour. The total budget planning is IDR 2,970,769,637. Economic analysis at interest rate of 9.75% obtained that period of return is 6 years with the price of water is IDR 1,500/m³. Furthermore, the price of water if the construction cost is 100% subsidized by the government is IDR 200/m³ and if the government subsidized only 50% for the construction cost, the water price is IDR 700/m³.

Keywords: water distribution, clean water, simulation, budget plan, enomic analysis

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan utama bagi makhluk hidup yang dibutuhkan setiap waktu, sehingga dibutuhkan ketersediaan air yang selalu ada dan berkelanjutan. Pemerintah memberikan bantuan yang sangat berarti bagi perkembangan pelayanan air minum kepada kelompok masyarakat dengan cara perpipaan. Pemerintah daerah membentuk Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) untuk memenuhi kebutuhan air domestik masyarakat. Jumlah PDAM di seluruh Indonesia tercatat 382 (Triatmadja, 2016).

Beberapa desa di kecamatan Kepanjen, kabupaten Malang masih belum

sepenuhnya mendapatkan layanan jaringan air bersih, diantaranya adalah desa Kemiri, Sukorejo dan Sukoraharjo. Untuk pemenuhan kebutuhan air bersihnya, masyarakat di desa-desa tersebut memperoleh air bersih melalui sumur-sumur gali yang ada di sekitar rumah penduduk. Secara keseluruhan, debit air yang berasal dari sumur-sumur yang ada masih belum mencukupi dari total kebutuhan air yang ada (Hans et al, 2018).

Usaha untuk memenuhi kebutuhan air bersih di ketiga desa tersebut adalah dengan cara merencanakan jaringan pipa distribusi air bersih agar dapat memenuhi kebutuhan penduduk secara optimal dan

merata dengan memanfaatkan debit aliran pada sumber air yang ada (Odile et al, 2017). Salah satu sumber air yang berpotensi adalah sumber air Dieng yang mempunyai debit 150 lt/detik. Pada lokasi sumber tersebut sudah terdapat tandon Dieng yang bisa dimanfaatkan untuk sumber bagi daerah layanan disekitarnya (Hans et al, 2018).

Untuk mengetahui sejauh mana dan seberapa efektif kemampuan PDAM dalam memberikan pelayanan air bersih kepada masyarakat, dibutuhkan suatu analisis atau hitungan aliran dalam pipa berdasarkan beberapa variabel yang ada (Elin et al, 2017). Salah satu cara analisis sederhana untuk menghitung kondisi hidraulik dalam pipa adalah perhitungan secara manual. Cara ini menjadi tidak efektif dan efisien untuk kondisi jaringan yang sangat kompleks. Oleh karena itu, dalam melakukan analisa jaringan perpipaan distribusi air bersih, dibutuhkan perangkat bantuan untuk mempermudah dalam melakukan analisa (Nourhan et al, 2017), salah satunya adalah *software WaterCAD V8i*. *Software* ini telah banyak dipakai dalam simulasi jaringan perpipaan dengan segala macam kelebihannya (Bentley Method, 2014).

Dalam suatu proyek disamping menganalisis secara ekonomi biasanya juga membahas dari segi fisiknya dan finansialnya. Analisis fisik melihat keadaan fisik proyek itu sendiri, sedangkan analisis finansial melihat keadaan proyek dari arus pemasukan dan pengeluaran dana (Ping et al, 2019). Analisis finansial lebih banyak menggunakan analisis rasio. Analisis rasio ini sering dipakai sebagai dasar pertimbangan untuk mengambil keputusan perusahaan-perusahaan swasta maupun pemerintah. Analisa proyek ini biasanya mementingkan pada analisis finansial dan analisis ekonomisnya, walaupun sebenarnya analisis yang lain juga diperlukan (Giatman, 2007).

Berdasarkan kondisi diatas, maka tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui berapa kebutuhan air bersih untuk ketiga desa tersebut diatas, bagaimana kondisi hidraulik pada

perencanaan jaringan pipanya dan juga bagaimana kelayakan ekonomi untuk pelaksanaannya.

METODE

Lokasi daerah studi berada di desa Sukoraharjo, Kemiri dan Sukorejo, yang termasuk wilayah kecamatan Kapanjen, kabupaten Malang.



Gambar 1. Lokasi studi

Adapun langkah - langkah pengerjaan studi ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengumpulan data - data sekunder berupa data teknis dan data pendukung lainnya yang digunakan dalam menganalisis sistem jaringan distribusi air bersih. Mengolah data penduduk dan jumlah layanan. Dalam studi ini digunakan 3 metode dalam memproyeksikan pertumbuhan penduduk yaitu metode aritmatik, eksponensial dan geometrik (Muliakusumah, 2000). Metode terpilih yaitu yang memiliki nilai standart deviasi terkecil dan Koefisien Korelasi mendekati +1 (PermenPU, 2007).
2. Menghitung kebutuhan air bersih. Dalam menghitung kebutuhan air bersih juga memperhitungkan kehilangan air yang diakibatkan karena bocornya pipa distribusi, pencurian air bersih, pecahnya pipa, serta kesalahan pembacaan meter air. Kehilangan air pada perencanaan ini adalah sebesar 15% dari kebutuhan domestik (Linsley, 1996).
3. Simulasi perencanaan jaringan distribusi air. Simulasi kondisi hidraulik jaringan perpipaan pada perencanaan jaringan distribusi air bersih ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program

WaterCAD V8i (Bentley Method, 2014). Kriteria-kriteria yang harus dipenuhi pada hasil simulasi kondisi hidraulik harus sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (PermenPU, 2007) (Tabel 1).

4. Menghitung RAB serta analisa ekonomi dari keseluruhan perencanaan. Pada kajian ini juga dibahas mengenai rencana anggaran biaya pada perencanaan jaringan pipa air bersih wilayah studi agar dapat mengetahui besarnya biaya yang akan digunakan. Untuk harga satuan bahan serta harga satuan pekerja berdasarkan Perusahaan Daerah Air Minum Kota Malang, sementara perhitungan harga pekerjaan berdasarkan Analisa Harga Satuan Pekerja Kabupaten Kapanjen.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM menyatakan suatu kegiatan disebut layak secara keuangan atau finansial bila memenuhi 3 kriteria yaitu *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), serta *Benefit Cost Ratio* (BCR) (PermenPU, 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Proyeksi Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk dilakukan dengan tiga metode, yaitu metode aritmatik, metode geometrik dan metode eksponensial. Setelah diperoleh hasil proyeksi dengan masing-masing metode, kemudian dilakukan uji kesesuaian menggunakan uji standar deviasi dan koefisien korelasi, diambil nilai koefisien korelasi yang mendekati +1 serta nilai standar deviasi terkecil.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Standart Deviasi dan Koefisien Korelasi

| Nama Desa | Sukoraharjo | | Kemiri | | Sukorejo | |
|--------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Uji | Sta. Dev | Korelasi | Sta. Dev | Korelasi | Sta. Dev | Korelasi |
| Aritmatik | 185,11 | 0,99 | 115,71 | 0,97 | 119,92 | 0,98 |
| Geometrik | 192,19 | 0,98 | 120,61 | 0,96 | 125,97 | 0,97 |
| Eksponensial | 193,43 | 0,98 | 121,56 | 0,96 | 127,28 | 0,97 |

Berdasarkan perhitungan standar deviasi pada Tabel 1 diketahui bahwa metode proyeksi yang mempunyai nilai standar deviasi yang terkecil untuk desa Sukoraharjo, desa Kemiri dan desa Sukorejo adalah yang menggunakan metode aritmatik, yaitu masing-masing sebesar 185,11; 115,71 dan 119,92. Sedangkan untuk nilai koefisien korelasi yang terbesar yang mendekati 1 untuk desa Sukoraharjo, desa Kemiri dan desa Sukorejo adalah perhitungan proyeksi penduduk dengan menggunakan metode aritmatik dengan hasil masing-masing desa yaitu 0,99; 0,97 dan 0,98. Sehingga dalam studi ini diambil kesimpulan bahwa metode proyeksi penduduk yang akan

digunakan dalam perhitungan selanjutnya adalah metode aritmatik.

Berdasarkan Permen PU Tahun 2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum No.18/PRT/M/2007 pada Lampiran I, disebutkan bahwa proyeksi penduduk dilakukan dalam periode waktu 15-20 tahun kedepan. Dalam studi ini proyeksi penduduk dihitung sampai 20 tahun kedepan mulai dari tahun 2017 sampai dengan tahun 2037. Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan jumlah proyeksi penduduk tiap tahun hingga tahun 2037. Total jumlah proyeksi penduduk untuk 3 desa layanan adalah pada tahun 2037 adalah sebesar 19.286 jiwa.

Tabel 2. Perhitungan Proyeksi Penduduk Hingga Tahun 2037 dengan Metode Aritmatik

| Tahun | Sukoraharjo | Kemiri | Sukorejo | Tahun | Sukoraharjo | Kemiri | Sukorejo |
|-------|-------------|--------|----------|-------|-------------|--------|----------|
| 2018 | 7.006 | 3.819 | 3.833 | 2028 | 8.394 | 4.339 | 4.361 |
| 2019 | 7.145 | 3.871 | 3.886 | 2029 | 8.533 | 4.391 | 4.414 |
| 2020 | 7.283 | 3.923 | 3.939 | 2030 | 8.672 | 4.443 | 4.467 |
| 2021 | 7.422 | 3.975 | 3.992 | 2031 | 8.810 | 4.495 | 4.520 |

| | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 2022 | 7.561 | 4.027 | 4.044 | 2032 | 8.949 | 4.547 | 4.572 |
| 2023 | 7.700 | 4.079 | 4.097 | 2033 | 9.088 | 4.599 | 4.625 |
| 2024 | 7.839 | 4.131 | 4.150 | 2034 | 9.227 | 4.651 | 4.678 |
| 2025 | 7.978 | 4.183 | 4.203 | 2035 | 9.366 | 4.703 | 4.731 |
| 2026 | 8.116 | 4.235 | 4.256 | 2036 | 9.504 | 4.755 | 4.784 |
| 2027 | 8.255 | 4.287 | 4.308 | 2037 | 9.643 | 4.807 | 4.836 |

Tabel 3. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih di Desa Kemiri

| No | Uraian | Satuan | Tahun | | |
|----|---|-----------|---------|---------|---------|
| | | | 2037 | 2037 | 2037 |
| 1 | Jumlah penduduk total | Jiwa | 9.643 | 4.807 | 4.836 |
| 2 | Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari | lt/hr/org | 60 | 60 | 60 |
| 3 | Kebutuhan air domestik | lt/hari | 578.599 | 288.420 | 290.160 |
| | | lt/dt | 6,697 | 3,338 | 3,358 |
| 4 | Kebutuhan air non domestik | lt/dt | 1,005 | 0,501 | 0,504 |
| 5 | Kebutuhan air baku rata-rata | lt/dt | 8,856 | 4,607 | 4,441 |
| 6 | Kebutuhan harian maksimum | lt/dt | 10,185 | 5,298 | 5,108 |
| 7 | Kebutuhan air pada jam puncak | lt/dt | 13,816 | 7,186 | 6,929 |

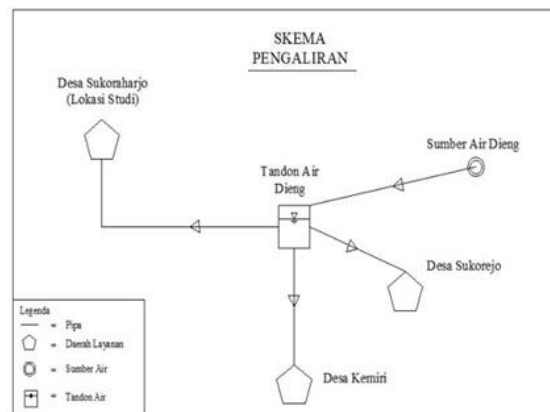
2. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih di Desa Sukoraharjo, Kemiri dan Sukorejo direncanakan sampai tahun 2037 dan dengan kehilangan air sebesar 15%. Kebutuhan air bersih rata-rata untuk ketiga desa layanan pada tahun 2037 adalah sebesar 17,90 l/dt, sedangkan untuk total kebutuhan air pada jam puncak adalah sebesar 27,93 l/dt. Debit tersedia yang berasal dari sumber Dieng yaitu sebesar 150 l/dt, dengan demikian, maka kebutuhan untuk pelayanan ke 3 desa tersebut dapat terpenuhi, dan dengan potensi debit sebesar 150 l/dt masih bisa dilakukan pengembangan jaringan distribusi air bersih ke desa-desa lainnya.

3. Simulasi perencanaan jaringan distribusi air

Perencanaan jaringan perpipaan PDAM pada lokasi studi ini mendapatkan suplai air dari Tandon Dieng. Dimana Tandon Dieng memiliki kapasitas tampungan sebesar 500 m³ dan mendapatkan air dari sumber air Dieng dengan debit inflow maksimum 150 l/dt. Sedangkan untuk melayani kebutuhan air pada daerah layanan menggunakan 2 buah pompa tipe *Submersible non-clogging*, dimana 2 pompa tersebut memiliki head sebesar 50 m, kapasitas debit sebesar 25 lt/dt, tingkat efisiensi sebesar 60% dan dipasang secara seri dengan jam kerja pompa selama 11,5 jam. Didalam

perencanaan studi ini, Tandon Dieng nantinya akan mensuplai kebutuhan air untuk 3 desa yaitu desa Sukoraharjo, Kemiri dan Sukorejo (Gambar 2).



Gambar 2. Skema Pengaliran air ke daerah layanan

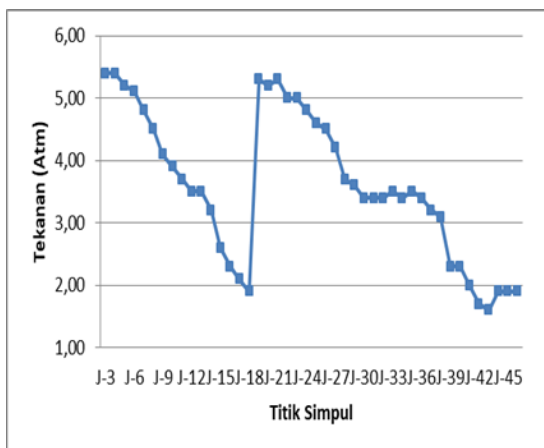
Dari hasil simulasi dalam perencanaan jaringan pipa distribusi di desa Sukoraharjo diperoleh hasil nilai tekanan pada titik simpul yaitu tekanan tertinggi diperoleh pada jam 00.00 yaitu sebesar 6,1 atm pada J-19 dan J-21 sedangkan tekanan terendah diperoleh pada jam 07.00 sebesar 1 atm (Gambar 3). Hasil tersebut sudah memenuhi syarat perencanaan jaringan distribusi air yaitu diantara 0,5 – 8 atm (PermenPU, 2007).

Tekanan disini mempunyai peranan penting pada teknis aliran air bersih di dalam jaringan pipa. Faktor yang mempengaruhi tekanan adalah besar kebutuhan air, jenis pipa, diameter pipa dan panjang pipa. Tekanan air yang terlalu

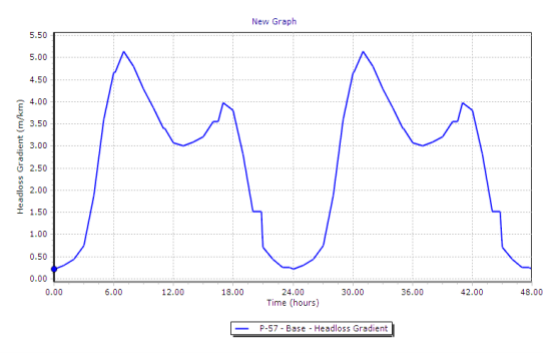
tinggi maupun terlalu rendah dapat mengakibatkan hal yang tidak baik bagi sistem jaringan pipa. Apabila tekanan kurang dari 0,5 atm menyebabkan tekanan air tidak bisa mengalirkan air bersih hingga ke rumah. Sedangkan bila tekanan air melebihi 8 atm maka dapat menyebabkan kebocoran pada sistem jaringan pipa dan pecahnya pipa.

Dari hasil simulasi, didapatkan juga headloss gradient serta kecepatan aliran dalam pipa yang memenuhi standart perencanaan untuk setiap pipa. Hasil simulasi kondisi aliran pipa P-57 pada Gambar 4 dan 5 merupakan salah satu yang telah memenuhi kriteria standar perencanaan yang ada. Dengan kriteria nilai headloss gradient 0-15 m/km dan kriteria kecepatan 0,1-2,5 m/dt. Faktor yang mempengaruhi *headloss gradient* dan kecepatan pada pipa adalah debit kebutuhan, diameter pipa, serta koefisien kekasaran pipa.

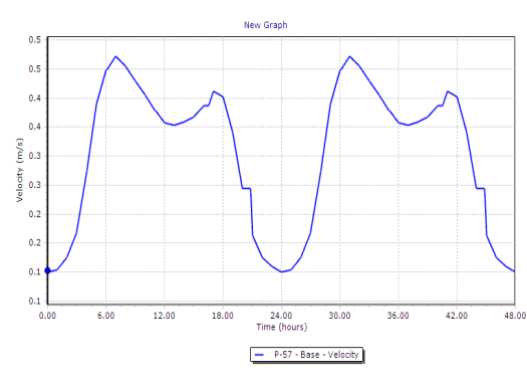
Dalam perencanaan sistem jaringan pipa distribusi air bersih di Desa Sukoraharjo saat simulasi awal didapatkan hasil tekanan yang tidak memenuhi kriteria yaitu lebih dari 8 atm. Sehingga perlu dilakukan penambahan Pressure Reducing Valve (PRV) di sebelum masuk ke Desa Sukoraharjo. Dapat dilihat pada Gambar 6 bahwa pemasangan PRV direncanakan antara Pipa 6 dan Pipa 7. Tujuan dari penambahan PRV adalah memperkecil tekanan pada junction di daerah perumahan Desa Sukoraharjo agar tidak terjadinya kebocoran pipa dan pecahnya pipa.



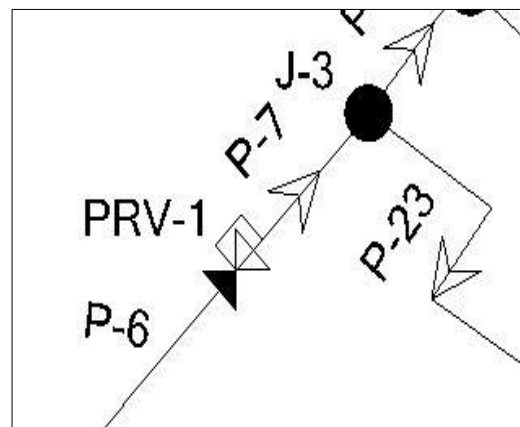
Gambar 3. Grafik Tekanan Pipa



Gambar 4. Grafik Headloss Gradient P-57



Gambar 5. Grafik kecepatan P-57



Gambar 6. Penambahan PRV

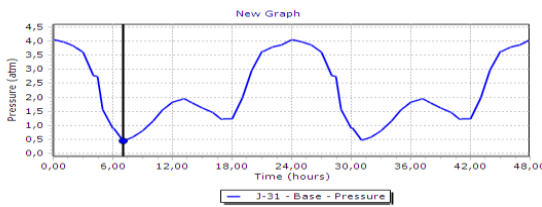
Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program WaterCAD v8i di desa Kemiri, Pompa akan bekeja selama 11,5 jam (Tabel 3). Pola operasi pompa tersebut dipengaruhi oleh kebutuhan air tiap desa, semakin besar kebutuhan air maka membutuhkan pola operasi pompa yang lama, dan sebaliknya jika kebutuhan air tidak terlalu besar maka pola operasi pompa tidak membutuhkan waktu yang lama.

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai tekanan pada J-31 dimana merupakan titik terjauh, telah memenuhi kriteria perencanaan, yaitu sesuai dengan SNI 06-

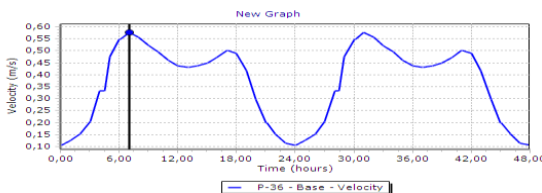
4829-2005. Tekanan mempunyai peran penting dalam sistem pengaliran air bersih karena jika tekanan kurang dari 0,5 atm maka menyebabkan air tidak dapat mengalir ke daerah layanan tetapi jika tekanan lebih dari 8 atm maka dapat menyebabkan kebocoran pada pipa/pecahnya pipa. Faktor yang mempengaruhi tekanan adalah kebutuhan air, jenis pipa, diameter pipa dan panjang pipa. Pada Gambar 8 dan 9 dapat dilihat dari grafik tersebut bahwa kecepatan dan *headloss gradient* sudah sesuai dengan SNI 06-4829-2005. Faktor yang mempengaruhi kecepatan dan *headloss gradient* adalah diameter pipa, koefisien kekasaran pipa, panjang pipa dan debit kebutuhan air.

Tabel 3. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih

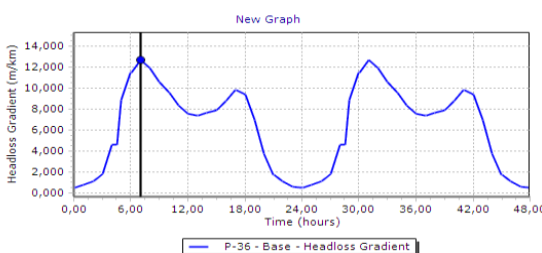
| Jam | Keterangan |
|---------------|------------|
| 04.30 - 06.00 | Nyala |
| 06.00 - 09.00 | Mati |
| 09.00 - 13.00 | Nyala |
| 13.00 - 15.00 | Mati |
| 15.00 - 17.00 | Nyala |
| 17.00 - 18.00 | Mati |
| 18.00 - 21.00 | Nyala |
| 21.00 - 23.00 | Mati |
| 23.00 - 24.00 | Nyala |
| 24.00 - 04.30 | Mati |



Gambar 7. Fluktuasi Tekanan pada J-31



Gambar 8. Fluktuasi Kecepatan pada P-36

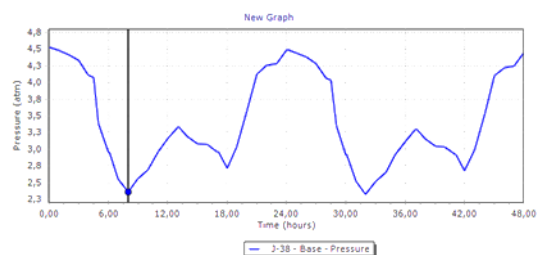


Gambar 9. Fluktuasi Headloss Gradient P-36

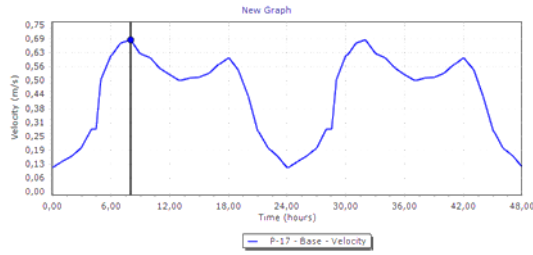
Pola operasi dari pompa pada desa Sukorejo dipengaruhi oleh kebutuhan air dari setiap desa, semakin besar kebutuhan air maka semakin besar juga jam kerja pompa yang akan dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dan sebaliknya jika kebutuhan air tidak terlalu besar maka jam kerja pompa yang dibutuhkan tidak terlalu lama untuk memenuhi kebutuhan (Tabel 4). Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai tekanan pada J-38 yang merupakan titik simpul terjauh dari perencanaan ini, telah memenuhi kriteria perencanaan, yaitu sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum tahun 2007. Tekanan sangat penting di dalam perencanaan jaringan pipa karena jika tekanan kurang dari 0,5 atm, air tidak bisa mengalir ke daerah layanan. Jika tekanan lebih dari 8 atm maka akan terjadi kebocoran atau pecahnya pipa. Faktor yang mempengaruhi tekanan adalah kebutuhan air, jenis pipa, panjang pipa dan diameter pipa. Berdasarkan dari Gambar 11 dan 12 dapat terlihat bahwa kecepatan dan *headloss gradient* sudah sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum tahun 2007. Faktor yang mempengaruhi kecepatan dan *headloss gradient* adalah kebutuhan air, jenis pipa, panjang pipa dan diameter pipa.

Tabel 4. Pola Operasi Pompa

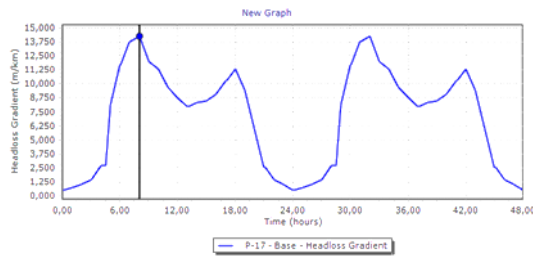
| Jam | Status |
|---------------|--------|
| 04.30 - 06.00 | Nyala |
| 06.00 - 09.00 | Mati |
| 09.00 - 13.00 | Nyala |
| 13.00 - 15.00 | Mati |
| 15.00 - 17.00 | Nyala |
| 17.00 - 18.00 | Mati |
| 18.00 - 21.00 | Nyala |
| 21.00 - 23.00 | Mati |
| 23.00 - 24.00 | Nyala |
| 00.00 - 04.30 | Mati |



Gambar 10. Fluktuasi Tekanan pada J-38



Gambar 11. Fluktuasi Kecepatan pada P-17



Gambar 12. Fluktuasi Headloss Gradient P-17

4. Analisa biaya dan ekonomi

Analisa biaya terbagi menjadi 2 bagian yaitu biaya langsung dan tak langsung. Pada studi ini perhitungan analisa ekonomi merupakan rencana anggaran dari total 3 desa yaitu desa Sukorejo, Kemiri dan Sukoraharjo. Biaya langsung adalah biaya yang berkaitan dengan volume pekerjaan yang menjadi komponen permanen hasil proyek. Dari hasil analisa diperoleh total biaya langsung untuk desa Sukorejo, Kemiri dan Sukoraharjo masing-masing adalah sebesar Rp. 1.266.397.766, Rp. 1.266.397.766 dan Rp. 864.724.661, dengan total jumlah setelah ditambah pajak adalah sebesar 3,2 milyar rupiah (Tabel 5).

Tabel 5. Biaya Langsung Jaringan Pipa

| No | Keterangan | Total Harga (Rp) |
|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | Desa Sukorejo | 864.724.661 |
| 2 | Desa Kemiri | 839.602.654 |
| 3 | Desa Sukoraharjo | 1.266.397.766 |
| Total | | 2.970.769.637 |
| PPN 10% | | 297.076.964 |
| Total + PPN 10% | | 3.267.846.601 |

Biaya tidak langsung adalah biaya yang terkait dengan besaran volume komponen fisik hasil akhir proyek, akan tetapi memiliki kontribusi terhadap penyelesaian kegiatan proyek. Dalam studi ini yang termasuk dalam biaya tidak langsung adalah biaya administrasi, biaya

konsultan pengawas dan biaya tak terduga. Dari hasil Analisa diperoleh total biaya tidak langsung adalah sebesar Rp 3.676.327.426 (Tabel 6). Dari perhitungan biaya tidak langsung lalu dikalikan dengan faktor bunga 9,75% berdasarkan suku bunga kredit Bank BRI, sehingga didapatkan biaya modal pertahun Rp. 446.015.860.

Tabel 6. Biaya Tidak Langsung Jaringan Pipa

| No | Uraian Kegiatan | Total Harga (Rp) |
|-----------------|--------------------------|------------------|
| 1 | Biaya Konstruksi | 2.970.769.637 |
| 2 | Biaya Administrasi | 74.269.241 |
| 3 | Biaya konsultan pengawas | 148.538.482 |
| 4 | Biaya tak terduga | 148.538.482 |
| Total | | 3.342.115.842 |
| PPN 10% | | 334.211.584 |
| Total + PPN 10% | | 3.676.327.426 |

Biaya Tahunan

Ketika sebuah proyek selesai dibangun merupakan waktu awal dari umur proyek sesuai dengan waktu detail desain. Selama pemanfaatan proyek masih diperlukan biaya sampai umur proyek selesai. Biaya tahunan merupakan penjumlahan dari biaya modal dan biaya O&P. Dalam studi ini yang termasuk dalam biaya modal dan biaya O&P adalah honor petugas lapangan, biaya operasional dan biaya pemeliharaan rutin. Dalam biaya operasional, parameter listrik, oli, aksesoris listrik dan mesin, perbaikan ringan meteran dan bahan bakar termasuk yang diperhitungkan. Sedangkan dalam biaya pemeliharaan rutin, pengecekan pompa, pengecekan pipa dan aksesoris pada, pembersihan Menara air dan pengecekan genset masuk didalamnya. Dari hasil Analisa diperoleh bahwa total biaya operasi dan pemeliharaan (O&P) jaringan pipa adalah sebesar Rp. 86.516.640 (Tabel 7). Dengan asumsi bahwa biaya O&P baru dimulai pada tahun kedua, maka dari hasil perhitungan untuk total biaya tahunan diperoleh sebesar Rp. 466.015.860 pada tahun pertama dan sebesar Rp. 552.532.500 di tahun berikutnya.

Tabel 7. Biaya Operasi dan Pemeliharaan (O&P) Jaringan Pipa

| No | Uraian Pekerjaan | Jumlah | Waktu (Bulan) | Harga Satuan (Rp) | Jumlah |
|----|------------------------------------|--------|------------------|----------------------|------------|
| A | Honor | | | | |
| 1. | Petugas Lapangan | 3 | 12 | 1.500.000 | 54.000.000 |
| B | Biaya Operasional | | | | |
| 1. | Listrik | 610 | 12 | 1.352 | 9.896.640 |
| 2. | Oli | 1 | 12 | 85.000 | 1.020.000 |
| 3. | Aksesoris Listrik dan Mesin | 1 | 12 | 600.000 | 7.200.000 |
| 4. | Perbaikan ringan | 1 | 12 | 500.000 | 6.000.000 |
| 5. | Meteran | 1 | 12 | 100.000 | 1.200.000 |
| 6. | Bahan Bakar | 1 | 12 | 100.000 | 1.200.000 |
| C | Biaya Pemeliharaan Rutin | | | | |
| 1. | Pengecekan Pompa | 1 | 3 | 500.000 | 1.500.000 |
| 2. | Pengecekan Pipa dan Aksesoris Pipa | 1 | 3 | 500.000 | 1.500.000 |
| 3. | Pembersihan Menara Air | 1 | 3 | 500.000 | 1.500.000 |
| 4. | Pengecekan Genset | 1 | 3 | 500.000 | 1.500.000 |
| | | | | Total | 86.516.640 |

Benefit Cost Ratio (BCR), Net Present Value (NPV) dan Internal Rate of Return (IRR)

Untuk menentukan nilai B/C diperlukan nilai kebutuhan air bersih per tahun dimana dari hasil perhitungan total kebutuhan air diperoleh nilainya sebesar 451.721,66 m³/tahun. Dengan nilai jual harga air sebesar Rp. 1.500/m³ berdasarkan PDAM Kabupaten Malang maka didapatkan nilai manfaat, yang merupakan hasil kali antara total kebutuhan air dan harga air adalah sebesar Rp. 677.582.496. Nilai B/C diperoleh dari hasil bagi dari total manfaat tahunan dengan biaya total tahunan sehingga nilai B/C sebesar 1,22. Nilai B/C 1,22 dinyatakan layak secara ekonomi karena memenuhi syarat yaitu B/C > 1.

NPV adalah metode menghitung nilai bersih pada waktu sekarang yaitu dari selisih dari nilai manfaat dengan biaya total tahunan. Nilai NPV dihitung berdasarkan suku bunga 9,75%. Berdasarkan hasil analisa, nilai NPV dari suku bunga 9,75% adalah Rp. 125.049.996 yang mana nilai tersebut > 0. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perencanaan tersebut layak dan menguntungkan secara ekonomi (Tabel 8).

IRR adalah metode yang digunakan untuk mencari suku bunga disaat NPV sama dengan nol. Tabel 9 menunjukkan bahwa nilai IRR 12,9% dengan suku bunga yang digunakan yaitu suku bunga positif 12% dan suku bunga negatif 13%.

Tabel 8. Rekapitulasi Nilai NPV

| Suku Bunga | Manfaat Nilai Tahunan (B) | Nilai Biaya Tahunan (C) | B-C |
|------------|------------------------------|----------------------------|-------------|
| 9,75% | 677.582.496 | 552.532.500 | 125.049.996 |
| 10% | 677.582.496 | 561.681.960 | 115.900.536 |
| 11% | 677.582.496 | 599.055.504 | 78.526.992 |
| 12% | 677.582.496 | 637.848.111 | 39.734.385 |
| 13% | 677.582.496 | 678.081.839 | -499.343 |
| 14% | 677.582.496 | 719.359.643 | -41.777.147 |

Tabel 9. Perhitungan IRR dengan suku bunga

| Suku Bunga | Manfaat Nilai Tahunan (Rp.) (B) | Nilai Biaya Tahunan (Rp.) (C) | B-C | IRR |
|------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------|-------|
| 9,75% | 677.582.496 | 552.532.500 | 125.049.996 | |
| 10% | 677.582.496 | 561.681.960 | 115.900.536 | |
| 11% | 677.582.496 | 599.055.504 | 78.526.992 | |
| 12% | 677.582.496 | 637.848.111 | 39.734.385 | |
| 13% | 677.582.496 | 678.081.839 | - 499.343 | 12,9% |

14%

677.582.496

719.359.643

- 41.777.147

Payback period adalah metod yang digunakan untuk mengukur berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi yang dikelarkan melalui keuntungan yang diperoleh. *Payback period* ini dikembalikan pada saat terjadinya *Break Event Point* (BEP). Dari hasil Analisa diperoleh nilai *Payback Period* dengan menggunakan harga air B=C adalah selama 7 tahun, sedangkan untuk harga air B/C >1 adalah selama 6 tahun.

Penetapan Harga Air

Penetapan harga air pada studi ini ditinjau dari beberapa kondisi. Kondisi B=C, B/C>1, subsidi biaya konstruksi sebesar 50% dan 100% oleh pihak pemerintah. Harga air tertinggi adalah pada saat kondisi B/C>1 yaitu sebesar Rp 1.500/m³. Sedangkan harga air termurah adalah pada saat kondisi memperoleh subsidi penuh dari pemerintah yaitu sebesar Rp. 200/m³ (Tabel 10).

Tabel 10. Rekapitulasi Harga Air

| No | Kondisi | Harga Air (Rp/m ³) |
|----|--------------------------|--------------------------------|
| 1 | B=C | 1.229 |
| 2 | B/C>1 | 1.500 |
| 3 | Subsidi Pemerintah 50% | 700 |
| 4 | Subsidi Pemerintah 100 % | 200 |

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, diketahui bahwa kebutuhan air bersih rata-rata untuk ketiga desa layanan pada tahun 2037 adalah sebesar 17,90 l/dt, sedangkan total kebutuhan air pada jam puncak adalah sebesar 27,93 l/dt, yang artinya bahwa total jumlah kebutuhan tersebut masih dapat dilayani oleh sumber Dieng yang mempunyai debit sebesar 150 lt/dt. Dari hasil simulasi kondisi hidraulis menggunakan bantuan program *WaterCAD V8i* dapat disimpulkan bahwa kondisi jaringan yang direncanakan telah optimal, yang artinya telah memenuhi segala kondisi yang terdapat dalam PermenPU tahun 2007, dimana kondisi tekanan diseluruh titik simpul antara 1-6 atm,

kecepatan berkisar antara 0,1-2,5 m/dt dan *headloss gradient* berkisar antara 0,11-14,6 m/km. Sedangkan pelaksanaan pembangunan, dari perhitungan rencana anggaran biaya yang dibutuhkan anggaran biaya sebesar Rp. 3.267.846.601. Dengan suku bunga sebesar 9,75% (bunga kredit BRI 2017) didapatkan manfaat harga air (B-C) adalah Rp 552.532.500, dengan harga air sebesar Rp. 1.223/m³. Selanjutnya dengan analisa harga jual air Rp. 1.500/m³ didapatkan manfaat harga air baku (B/C = 1,22) adalah Rp. 677.582.496/tahun dengan keuntungan pendapatan pertahun (B-C) sebesar Rp 125.049.996/tahun dan IRR sebesar 12,98%. Sedangkan harga air pada saat kondisi subsidi biaya pemerintah 50% sebesar Rp. 700/m³ dan kondisi subsidi pemerintah 100% sebesar Rp. 200/m³.

DAFTAR PUSTAKA

- Bentley Methods. 2014. *User's Guide WaterCAD v8i for Windows WATERBUY CT*. USA: Bentley Press.
- Ditjen Cipta Karya. 1994. *Sistem Jaringan Pipa*. Jakarta: Ditjen Cipta Karya.
- Elin Rohmaningsih, Moh Sholichin, Riyanto Haribowo. 2017. Kajian Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Pada Daerah Rawan Air Di Desa Sumbersih Kecamatan Panggungrejo Kabupaten Blitar. *Jurnal Teknik Pengairan*, Vol. 8, Issue 1, Pages 48-59, 2017.
- Giatman, M. 2007. *Ekonomi Teknik*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Hans Ivan, Riyanto Haribowo. 2018. Studi perencanaan jaringan pipa air baku menggunakan aplikasi Watercad di desa Sukoraharjo kabupaten Malang. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, Vol. 1, No. 2 tahun 2018.
- Linsley, Ray K dan Yoseph B. Franzini. 1996. *Teknik Sumber Daya Air*. Jilid 1. Jakarta: Erlangga
- Nourhan Samir, Rawya Kansoh, Walid Elbarki, Amr Fleifle. 2017. Pressure control for minimizing leakage in

- water distribution systems. *Alexandria Engineering Journal*, Volume 56, Issue 4, December 2017, Pages 601-612.
- Muliakusumah, Sutarsih. 2000. *Proyeksi Penduduk*. Jakarta: Fakultas Ekonomi UI.
- Odile Vekemans, Benoit Haut. 2017. Hydraulic analysis of the water supply system of the Roman city of Perge. *Journal of Archaeological Science: Reports*, Volume 16, December 2017, Pages 322-329.
- PermenPU. 2007. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Ping Wu, Yidong Xu, Ruoyu Jin, Qingqing Lu, Della Madgwick, Craig Matthew Hancock. 2019. Perceptions towards risks involved in off-site construction in the integrated design & construction project delivery. *Journal of Cleaner Production*, Volume 213, 10 March 2019, Pages 899-914.
- Triatmadja, Radianta. 2016. *Teknik Penyediaan Air Perpipaan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.