

# Perencanaan Sistem Distribusi Air Minum Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember

Marisa Dian Novita dan Bowo Djoko Marsono

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, 60111

*e-mail*: bowodjok@gmail.com

**Abstrak**—Pada tahun 2019 masih terdapat 22 kecamatan di Kabupaten Jember yang belum tersentuh pelayanan air bersih PDAM, salah satunya adalah Kecamatan Arjasa. Kecamatan Arjasa sendiri dilewati oleh Sungai Bedadung yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber air baku. Berdasarkan kondisi tersebut maka perlu dilakukan perencanaan sistem distribusi air minum di Kecamatan Arjasa untuk mencapai sasaran RPJMN yaitu pada tahun 2019 akses air minum aman 100%. Dalam perencanaan ini digunakan proyeksi penduduk dengan metode geometri untuk memprediksi kebutuhan air pada tahun 2028. Unit pemakaian air masyarakat di Kecamatan Arjasa sebesar 100 L/orang/hari. Hasil perencanaan dianalisis menggunakan *software* WaterCAD v8i. Hasil analisis hidrolis menunjukkan bahwa diameter pipa yang digunakan berkisar antara 63mm hingga 400mm, sisa tekan di semua *node* diatas 11 meter. dan kecepatan aliran berkisar antara 0,41 m/dtk hingga 0,98 m/dtk. Analisis kelayakan finansial menggunakan metode *Net Present Value* (NPV) dan *Benefit Cost Ratio* (BCR).

**Kata Kunci**—Air minum, Jaringan Distribusi, Kabupaten Jember, Kecamatan Arjasa, Perencanaan, WaterCAD

## I. PENDAHULUAN

MENURUT Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 27 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum, penyediaan air minum adalah kegiatan menyediakan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat agar mendapatkan kehidupan yang sehat, bersih, dan produktif. Dalam upaya penyediaan air bersih, sistem jaringan distribusi merupakan hal yang sangat penting karena tujuan dari sistem jaringan distribusi tersebut untuk menyalurkan air bersih dari instalasi pengolahan ke masyarakat dengan kualitas, kuantitas dan kontinuitas yang diinginkan serta tekanan yang mencukupi [1].

Kurangnya kesadaran akan pola hidup bersih dan penggunaan air domestik seperti air sumur yang belum terbukti kualitasnya ternyata banyak dialami oleh sejumlah daerah di Kabupaten Jember. Pasalnya hingga kini masih terdapat 22 kecamatan yang belum tersentuh pelayanan air bersih PDAM, salah satunya adalah Kecamatan Arjasa [2]. Kecamatan Arjasa sendiri memiliki potensi sumber air baku dari Sungai Bedadung yang merupakan salah satu sungai terbesar di Kabupaten Jember. Kecamatan Arjasa harus segera dilayani untuk mencapai sasaran RPJMN yaitu 100% akses air minum di tahun 2019. Menurut *business plan* PDAM Kabupaten Jember, Kecamatan Arjasa direncanakan dibangun sistem distribusi air minum pada tahun 2020.

Cakupan pelayanan PDAM Kabupaten Jember sejauh ini hanya sekitar 13,7% [3]. Minimnya cakupan pelayanan PDAM ini disebabkan oleh kurangnya infrastruktur dan sosialisasi tentang pembangunan sarana pengolahan

pelayanan PDAM. Faktor lain penyebab tidak meratanya pelayanan PDAM, yakni dalam hal anggaran serta kurangnya sosialisasi keberadaan PDAM [2]. PDAM Kabupaten Jember sendiri memiliki program peningkatan jumlah pelanggan PDAM yang pada tahun 2018 masih sebesar 37.000 pelanggan dan ditargetkan menjadi 77.000 pelanggan pada tahun 2022 [4].

Pelayanan PDAM Kabupaten Jember masih tergolong rendah dan jauh dari yang diharapkan. Maka dari itu dibutuhkan perencanaan sistem distribusi air minum di Kabupaten Jember yaitu di Kecamatan Arjasa. Perencanaan jaringan tersebut akan menggunakan unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) dengan memanfaatkan sumber air dari Sungai Bedadung yang kemudian didistribusikan ke konsumen di Kecamatan Arjasa.

## II. METODOLOGI PERENCANAAN

### A. Ide Studi

Ide studi adalah tentang perencanaan sistem distribusi air minum PDAM Kabupaten Jember. Cakupan pelayanan air bersih yang masih dibawah kriteria perkotaan memerlukan rencana pengembangan. Perencanaan ini memanfaatkan sumber air baku dari Sungai Bedadung dengan rencana lokasi IPA di Kelurahan Biting.

### B. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan dasar teori yang berkaitan dengan perencanaan sehingga dapat menjadi acuan dalam melaksanakan perencanaan. Literatur yang digunakan meliputi proyeksi penduduk dan fasilitas, kebutuhan air, sistem pengaliran air, sistem distribusi air, program WaterCAD, dan literatur lain yang menunjang.

### C. Pengumpulan Data Primer

#### 1) Survei lapangan

Survei lapangan dilakukan bertujuan untuk mengetahui secara langsung situasi dan kondisi eksisting daerah perencanaan yang menjadi pembahasan perencanaan ini. Survei dilakukan di Kecamatan Arjasa untuk mengetahui kondisi eksisting wilayah perencanaan seperti jenis jalan, tipe tanah, dan hal lainnya yang berhubungan dengan sistem perndistribusian air minum.

#### 2) Survei masyarakat

Survei kepada masyarakat ini dengan teknik kuesioner untuk mengetahui gambaran umum pelayanan air minum, tingkat konsumsi air minum, serta kesediaan masyarakat Kecamatan Arjasa untuk menjadi pelanggan PDAM. Data ini dibutuhkan dalam rencana penentuan wilayah pelayanan

SPAM. Responden akan tersebar di seluruh kelurahan di Kecamatan Arjasa.

### 3) Topografi wilayah perencanaan

Data kondisi topografi dapat diperoleh menggunakan alat bantu berupa Global Positioning Sistem (GPS). Data elevasi diambil pada node atau titik – titik percabangan jaringan. Tujuannya adalah untuk mengetahui beda tinggi dan jarak antar titik.

## D. Pengumpulan Data Sekunder

### 1) Data jumlah penduduk dan fasilitas umum Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember.

Data jumlah penduduk digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk selama rencana tahun perencanaan, sehingga diperoleh prakiraan kebutuhan air penduduk di daerah pelayanan. Jumlah fasilitas umum diperlukan untuk mengetahui kebutuhan air non domestik.

### 2) Peta teknis Kabupaten Jember, jaringan jalan, peta administrasi, peta topografi, peta RTRW dan lain lain.

Peta peta tersebut digunakan untuk menentukan daerah yang akan dilayani dan untuk menggambar jaringan sistem distribusi air minum.

### 3) Data teknis PDAM Kabupaten Jember

Data teknis meliputi presentase pelayanan, skema distribusi, jenis dan kondisi pipa jaringan distribusi, tingkat kehilangan air, serta data teknis distribusi.

### 4) Harga Satuan Pokok Kegiatan dan data harga kelengkapan SPAM

Digunakan untuk membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB).

## E. Analisa Data dan Pembahasan

### 1) Proyeksi penduduk dan fasilitas umum

Proyeksi dilakukan untuk 10 tahun ke depan dengan mengacu pada jumlah penduduk tahun tahun sebelumnya. Proyeksi fasilitas umum dilakukan berdasarkan data jumlah fasilitas umum tahun 2017. Fasilitas umum yang diproyeksikan meliputi fasilitas pendidikan (TK, SD, SMP, SMA), rumah sakit, industri, dan masjid.

### 2) Perhitungan proyeksi kebutuhan air minum

Kebutuhan air untuk sistem distribusi ini menggunakan debit jam puncak. Kebutuhan air yang diperhitungkan adalah kebutuhan air domestik, non domestik dan estimasi kebocoran.

### 3) Pembuatan model jaringan sistem distribusi air minum menggunakan program WaterCAD.

Pembuatan model jaringan sistem distribusi air minum ini dibuat sesuai dengan dasar-dasar perencanaan sistem distribusi air minum yaitu menggunakan sistem distribusi air minum secara continous, sistem pengaliran menggunakan pompa, sistem induk jaringan menggunakan sistem branch, dan kecepatan aliran pada pipa antara 0,3 – 3 m/dtk.

### 4) Penentuan kebutuhan air sub blok

Didasarkan pada jumlah penduduk pada blok pelayanan.

### 5) Kapasitas dan dimensi reservoir

Dihitung dilakukan dengan metode analitis berdasarkan fluktuasi pemakaian air, dari perhitungan kapasitas ini didapatkan volume dan dimensi reservoir.

### 6) Gambar teknis

Meliputi gambar dari unit-unit pendukung sistem distribusi. Gambar teknis tersebut antara lain adalah gambar

detail junction, gambar reservoir, gambar tipikal jembatan pipa, gambar tipikal thrust block, dan gambar tipikal penanaman pipa.

### 7) Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dilakukan perhitungan bahan bahan yang digunakan pada sistem distribusi air minum ini meliputi pipa dan aksesorinya. Dihitung juga volume galian, volume urugan, dan juga pembetonan. Dari BOQ kemudian dihitung anggaran biayanya dengan menggunakan acuan HSPK Kabupaten Jember

### 8) Analisis kelayakan finansial

Dilakukan menggunakan aspek-aspek perhitungan antara lain Net Present Value (NPV) dan Benefit Cost Ratio (BCR).

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Survei Masyarakat

Survei dilakukan ke 64 responden yang tersebar di enam kelurahan di Kecamatan Arjasa yaitu masing-masing 10 responden dari Kelurahan Darsono dan Kamal serta masing-masing 11 responden dari Kelurahan Kemuning Lor, Arjasa, Candijati dan Biting. Pemilihan responden dilakukan secara acak dengan alat bantu kuesioner.

Berdasarkan hasil survei masyarakat, didapatkan unit pemakaian kebutuhan air per orang di Kecamatan Arjasa adalah 85 Liter/orang/hari. Nilai ini didapatkan dari jumlah air yang digunakan untuk minum, memasak, mandi, dan mencuci per hari dibagi dengan jumlah anggota keluarga. Sedangkan menurut standar pengembangan SPAM Dirjen Cipta Karya Dinas PU, untuk kategori kota kecil dengan jumlah penduduk 20.000 – 100.000 jiwa tingkat konsumsi pemakaian air sebesar 90-110 Liter/orang/hari. Karena terdapat dua nilai berbeda maka dipilih nilai yang paling besar, yaitu digunakan unit pemakaian kebutuhan air domestik sebesar 100 Liter/orang/hari.

Berdasarkan 64 responden yang telah disurvei, sebanyak 52% responden menyatakan ingin memperoleh sambungan air dari PDAM dan sisanya tidak ingin. Sebagian besar responden yang menginginkan sambungan PDAM disebabkan karena merasa kualitas air yang digunakan saat ini masih belum teruji dengan baik yaitu masih keruh dan berbau, serta menginginkan air dengan kontinuitas dan keterjangkauan yang mudah. Penyebab responden tidak ingin menyambungkan air dengan PDAM bervariasi. Alasan yang paling banyak adalah biaya yang terlalu mahal dan merasa sudah puas dan cukup dengan sumber air sekarang.

### B. Rencana Pengolahan Air Baku

Menurut *Business Plan* PDAM Kabupaten Jember, sumber air baku yang akan digunakan untuk sistem distribusi air minum Kecamatan Arjasa berasal dari Sungai Bedadung yang memiliki debit 12.302 L/dtk. Pemilihan air baku didasarkan pada sumber air yang memenuhi syarat kualitas, kuantitas dan kontinuitas. Lokasi sungai Bedadung berada di Kelurahan Biting.

Berdasarkan hasil uji kualitas air, Sungai Bedadung masih belum memenuhi baku mutu pada parameter total bakteri koliform, kekeruhan dan besi. Total bakteri koliform dapat dihilangkan menggunakan proses desinfeksi. Desinfeksi dapat membunuh organisme vektor penyakit yang terdapat

dalam sumber air baku, Desinfeksi dicapai dengan cara radiasi ultra violet dan melalui bahan kimia oksidatif seperti klorin, iodin, bromin,  $KMnO_4$  dan ozon [5]. Konsentrasi besi dan kekeruhan yang melebihi baku mutu dapat diolah menggunakan proses filtrasi. Filtrasi yang digunakan adalah saringan pasir lambat, selain karena biaya operasional yang lebih murah, saringan pasir lambat juga mampu menyisihkan kekeruhan air dengan efisiensi sebesar 78,96% dan menyisihkan kadar besi dengan efisiensi sebesar 77,08% [6].

### C. Proyeksi Penduduk dan Fasilitas Umum

#### 1) Proyeksi Penduduk

Terdapat tiga metode dalam perhitungan proyeksi penduduk, yaitu metode aritmatik, geometri, dan *least square*. Berdasarkan nilai koefisien korelasi dan standar deviasi dari perhitungan ketiga metode, terpilih perhitungan proyeksi penduduk menggunakan metode geometri, dengan rumus sebagai berikut :

$$P_n = P_o(1 + r)^n \quad (1)$$

Dimana :

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun ke-n

$P_o$  = Jumlah penduduk tahun awal proyeksi

$r$  = rata-rata prosentase pertambahan penduduk

$n$  = kurun waktu

#### 2) Proyeksi Fasilitas Umum

Dalam menghitung proyeksi fasilitas umum digunakan data jumlah penduduk dan mempertimbangkan jumlah fasilitas umum eksisting. Adapun fasilitas umum yang ada di Kecamatan Arjasa antara lain sekolah yang terdiri dari TK, SD, SMP, SMA, Puskesmas, Rumah Sakit, Industri, dan Masjid. Persamaan yang digunakan untuk menghitung proyeksi fasilitas umum adalah :

$$\frac{\text{penduduk tahun ke - n}}{\text{penduduk tahun awal}} = \frac{\text{fasilitas tahun ke - n}}{\text{fasilitas tahun awal}} \quad (2)$$

### D. Kebutuhan Air Minum

Sebelum menentukan wilayah pelayanan dalam perencanaan Sistem Distribusi Air Minum perlu diketahui jumlah kebutuhan air minum di wilayah pelayanan. Kebutuhan air minum yang dihitung terdiri dari kebutuhan domestik dan non domestik.

Kebutuhan domestik merupakan kebutuhan air rumah tangga. Data yang diperlukan untuk menghitung kebutuhan air domestik antara lain jumlah penduduk dan unit pemakaian air minum domestik. Jumlah penduduk didapatkan dari proyeksi penduduk yang telah dihitung pada sub bab sebelumnya. Berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan air domestik Kelurahan Kemuning Lor pada tahun 2028.

Jumlah penduduk tahun 2028 = 8.600 orang

Unit pemakaian = 100 L/orang/hari

Kebutuhan air = jumlah penduduk x unit pemakaian  
 = 8.600 orang x 100 L/orang/hari  
 = 860 m<sup>3</sup>/hari  
 = 10 L/dtk

Kebutuhan air non domestik dalam perencanaan ini berasal dari fasilitas umum yang meliputi TK, SD, SMP, SMA, Puskesmas, Rumah Sakit, Industri, dan Masjid. Standar unit konsumsi air minum fasilitas umum. Contoh perhitungan

kebutuhan air non domestik fasilitas TK Kelurahan Kemuning Lor pada tahun 2028 adalah sebagai berikut:

Jumlah unit = 7 unit

Pemakai/unit = 48 orang/unit

Unit konsumsi = 10 L/orang/hari

Kebutuhan air = 7 unit x 48 orang/unit x 10 L/orang/hari  
 = 3,3 m<sup>3</sup>/hari  
 = 0,04 L/dtk

### E. Kebutuhan Air Tiap Kelurahan

Berdasarkan perencanaan, area pelayanan sistem distribusi air minum ini mencakup seluruh kelurahan di Kecamatan Arjasa. Sebelum mengetahui kebutuhan air tiap blok maka harus dihitung terlebih dahulu kebutuhan air tiap kelurahan agar memudahkan perhitungan. Jumlah penduduk per sambungan rumah menurut RISPAM Kabupaten Jember adalah 5 orang dan rencana pelayanan di tahun terakhir perencanaan adalah 100%. Tingkat pelayanan ini disesuaikan dengan pentahapan SPAM, yaitu tahap 1 2015 - 2020 tingkat pelayanan direncanakan mencapai 70%, tahap 2 tahun 2020 - 2025 tingkat pelayanan meningkat 80% dan tahap 3 tahun 2025 - 2030 tingkat pelayanan ditargetkan 100%. Sehingga diharapkan pada tahun 2030 kebutuhan air seluruh penduduk wilayah Kabupaten Jember terpenuhi.

Menurut RISPAM Kabupaten Jember, faktor jam puncak yang digunakan adalah 1,5 dan faktor harian maksimum adalah 1,2. Kehilangan air direncanakan sebesar 12%. Dengan mempertimbangkan jumlah penduduk yang belum terlayani HIPPAM, kebutuhan air domestik, non domestik, dan dengan memperhatikan kehilangan air, berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan air Kelurahan Kemuning Lor.

1. Jumlah Penduduk = 8.600 orang
2. Jumlah penduduk terlayani HIPPAM = 910 orang
3. Jumlah penduduk belum terlayani = 8600 - 910 = 7690 orang
4. Prosentase pelayanan = 100%
5. Penduduk terlayani = 100% x 7690 orang = 7690 orang
6. Penduduk per sambungan = 5 orang/SR
7. Jumlah Sambungan rumah = 7690 orang : 5 orang/SR = 1538 SR
8. Unit konsumsi domestik = 100 L/org/hari
9. Q rata-rata domestik = 7690 orang x 100 L/org/hari = 8,9 L/dtk
10. Q rata-rata non domestik = 0,93 L/dtk
11. % kehilangan air = 12%
12. Q total rata-rata = (Q domestik + Q nondomestik) x (100% + % kehilangan air)  
 = (8,9 + 0,93) x 112%  
 = 11,01 L/dtk
13. Q Jam puncak = Faktor jam puncak x Q rata-rata  
 = 1,5 x 11,01 L/dtk  
 = 16,51 L/dtk
14. Q harian maksimum = Faktor harian maksimum x Q rata-rata  
 = 1,2 x 11,01 L/dtk  
 = 13,21 L/dtk

### F. Penentuan Wilayah Pelayanan

Penentuan wilayah pelayanan sistem distribusi air minum pada perencanaan ini mempertimbangkan beberapa hal antara

lain persebaran penduduk, kondisi topografi, dokumen Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum Kabupaten Jember, rencana tata ruang dan wilayah serta akses jalan raya.

Ditinjau dari persebaran penduduk, wilayah Kecamatan Arjasa bagian utara memiliki kepadatan penduduk yang lebih rendah dibandingkan wilayah lainnya. Wilayah tersebut antara lain bagian utara Kelurahan Kemuning Lor, Kelurahan Darsono, dan Kelurahan Kamal. Hal ini dikarenakan daerah tersebut adalah daerah pegunungan dan sebagian besar masyarakat disana menggunakan mata air sebagai sumber air bersih sehari-hari. Sedangkan wilayah Kecamatan Arjasa yang padat penduduk adalah di bagian barat karena wilayah tersebut dekat dengan pusat perkotaan. Wilayah tersebut adalah Kelurahan Arjasa, Kelurahan Candijati, dan Kelurahan Biting. Berdasarkan hasil kuesioner masyarakat yang telah dilakukan diketahui bahwa masyarakat kelurahan tersebut mayoritas menggunakan sumur dan air sungai untuk kebutuhan air bersih.

Setelah merencanakan wilayah yang akan dilayani, kemudian dilakukan pembagian blok pelayanan. Pada perencanaan ini terdapat enam blok yang mencakup seluruh kelurahan. Pembangunan jaringan pipa direncanakan terbagi menjadi dua tahap. Tahap 1 yaitu lima tahun pertama dimulai dari tahun 2018 hingga tahun 2023. Pada tahap 1, jaringan pipa yang dibangun hanya di wilayah yang padat penduduk yaitu kelurahan Biting, Candijati, Kamal, dan Arjasa atau blok satu sampai empat. Dan pada tahap 2 yaitu lima tahun selanjutnya dimulai dari tahun 2024 hingga 2028. Pada tahap 2, jaringan pipa yang dibangun mencakup seluruh wilayah Kecamatan Arjasa yaitu dengan penambahan kelurahan Kemuning Lor dan Darsono atau blok lima dan enam.

Dalam perencanaan ini, semua kelurahan akan dilayani SPAM, namun ada sebagian wilayah di Kelurahan Kemuning Lor, Kelurahan Darsono, dan Kelurahan Kamal yang tidak dilayani dikarenakan kondisi topografi yang tidak memungkinkan dan akses jalan yang cukup sulit. Setelah itu, merencanakan jaringan perpipaan berdasarkan akses jalan.

Sebelumnya telah diketahui kebutuhan air per kelurahan, maka selanjutnya dapat dihitung kebutuhan air tiap blok berdasarkan perbandingan persen wilayah kelurahan yang dilayani. Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah penduduk

yang masuk dalam wilayah pelayanan pada Tahun 2028 adalah sebesar 34.608 jiwa dengan jumlah debit pelayanan sebesar 76 L/dtk. Jika dipersentasikan, jumlah penduduk Kecamatan Arjasa yang terlayani air minum PDAM sebesar 83% dan terlayani HIPPAM sebesar 7%.

### G. Analisis WaterCAD

Jaringan Perpipaan yang dibuat pada perencanaan ini disesuaikan dengan akses jalan pada wilayah perencanaan. Jaringan perpipaan terdiri dari jaringan primer dan sekunder. Jaringan primer merupakan jaringan yang mengalirkan air dari sumber air baku atau reservoir menuju jaringan sekunder, pada pipa ini tidak boleh ada pemasangan sambungan rumah (SR) secara langsung. Sedangkan jaringan pipa sekunder merupakan jaringan yang menghubungkan jaringan primer ke sambungan rumah (SR) atau perumahan. Dalam perencanaan ini tidak direncanakan adanya hidran umum (HU) karena berdasarkan hasil kuesioner masyarakat Kecamatan Arjasa tidak tertarik dengan adanya hidran atau kran umum.

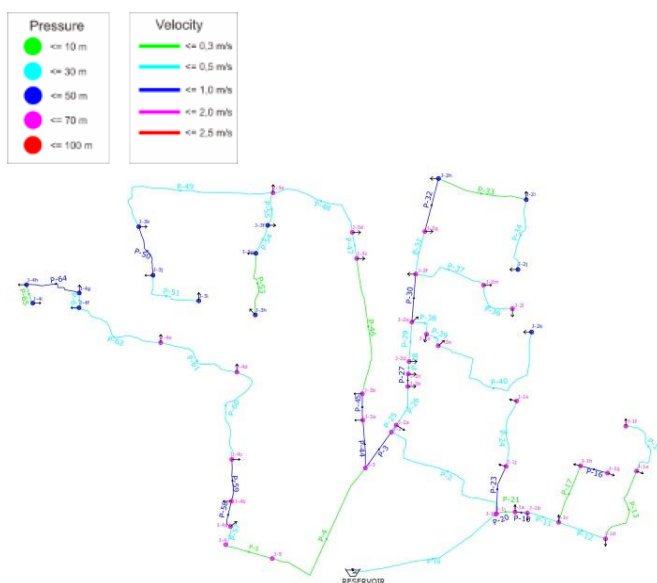
Direncanakan terdapat enam blok yang terdiri dari beberapa kelurahan. Dalam setiap blok direncanakan terdapat beberapa titik sub blok dari pipa sekunder untuk melayani beberapa sambungan rumah. Setelah didapatkan hasil kebutuhan air tiap blok dan rencana jaringan perpipaan, selanjutnya dilakukan analisa rencana jaringan dengan menggunakan program WaterCAD v8i.

Dalam analisis menggunakan program WaterCAD ini menggunakan pipa HDPE, karena pipa HDPE merupakan pipa yang mudah disambung, kuat, dan umur pakai yang relatif lama. Analisa ini menggunakan satu reservoir yang berada di IPA rencana yaitu IPA Biting. Setelah berhasil di *running*, hasil analisa menunjukkan beberapa titik *junction* masih memiliki tekanan yang negatif, yang artinya air tidak mencapai wilayah tersebut. Maka dari itu digunakan pompa untuk menambahkan tekanan. Berdasarkan debit dan kebutuhan sisa tekan, pompa yang digunakan adalah pompa Grundfos NK 100-250/229 A1-F-A-E-BAQE - 96594392 dengan spesifikasi debit sebesar 100 L/dtk dan *head* pompa sebesar 65 m.

Pada reservoir direncanakan terdapat tiga buah pompa. Pada saat kondisi rata-rata hanya digunakan satu pompa dan pada saat kondisi jam puncak dua pompa dinyalakan. Dan satu pompa sisanya sebagai pompa cadangan. Setelah ditambahkan pompa, tidak ada tekanan yang menunjukkan angka negatif sehingga semua wilayah dapat dialiri air. Sesuai kriteria, sisa tekan minimum pada jaringan pipa primer adalah 15 meter dan jaringan pipa sekunder adalah 11 meter. Diameter pipa dihitung agar kecepatan diatas 0,3 L/dtk dan *headloss* maksimal adalah 10 m/km.

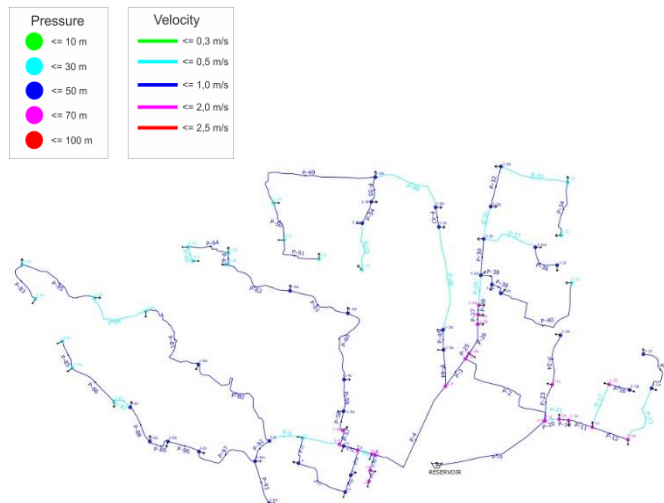
Dari hasil analisis hidrolis pembangunan tahap 1, didapatkan bahwa sisa tekan pada jaringan primer dan sekunder bernilai lebih dari 15 meter yaitu berkisar antara 43 meter hingga 66 meter. Kecepatan air dalam pipa berkisar antara 0,26 m/dtk hingga 0,62 m/dtk. Semua gradien *headloss* bernilai di bawah 10 m/km. Sedangkan diameter pipa berkisar antara 63 mm hingga 400 mm. Hasil analisis sisa tekan dan kecepatan aliran jaringan pipa dapat dilihat pada gambar 1.

Analisis hidrolis untuk tahap 2, yaitu pada tahun 2028 memiliki perbedaan dengan sistem distribusi di pembangunan tahap 1 yaitu penambahan titik sub blok dan peningkatan debit pelayanan. Dari hasil analisis WaterCAD



Gambar 1. Hasil Analisis Sisa Tekan dan Kecepatan Aliran Jaringan Pipa Pembangunan Tahap 1

pembangunan tahap 2, didapatkan bahwa sisa tekan pada jaringan primer dan sekunder bernilai lebih dari 15 meter yaitu berkisar antara 15 meter hingga 63 meter. Kecepatan air dalam pipa berkisar antara 0,41 m/dtk hingga 0,98 m/dtk. Diameter pipa berkisar antara 63 mm hingga 400 mm. Hasil analisis sisa tekan dan kecepatan aliran jaringan pipa dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil Analisis Sisa Tekan dan Kecepatan Aliran Jaringan Pipa Pembangunan Tahap 2

H. Kapasitas dan Dimensi Reservoir

Reservoir diperlukan dalam sistem distribusi air minum karena konsumsi air yang berfluktuasi oleh konsumen. Kapasitas reservoir dihitung berdasarkan fluktuasi pemakaian air. Direncanakan suplai air dari pengolahan sebesar 100% dengan jam operasional pompa selama 24 jam. Nilai % suplai setiap jamnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Persen suplai per jam} &= \frac{\text{besar suplai}}{24 \text{ jam}} \\ &= \frac{100\%}{24 \text{ jam}} \\ &= 4,167\% \text{ per jam} \end{aligned}$$

Persen suplai air pada reservoir dan fluktuasi pemakaian air dapat dilihat pada tabel 1. Setelah diperoleh nilai kumulatif selisih kebutuhan air dengan fluktuasi pemakaian air selanjutnya dilakukan perhitungan volume reservoir dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kumulatif terbesar} &= 5,83\% \\ \text{Kumulatif terkecil} &= -7,13\% \end{aligned}$$

$$Q \text{ harian maksimum} = 60,95 \text{ L/dtk}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas reservoir} &= (\text{kumulatif terbesar} - \text{kumulatif terkecil}) \times Q \text{ harian maksimum} \\ &= (5,83\% - (-7,13\%)) \times 60,95 \text{ L/dtk} \\ &= 382 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan volume, kemudian direncanakan dimensi reservoir. Kedalaman reservoir direncanakan 3,5 m dan freeboard 0,3 m. Maka didapatkan bahwa lebar reservoir adalah 8,5 m dan panjang reservoir adalah 13 m dan kedalaman total adalah 3,8 m. Sehingga kapasitas reservoir yang akan dibangun adalah 387 m<sup>3</sup>. Dengan kapasitas tersebut didapatkan waktu tinggal air di reservoir adalah selama 105,7 menit.

Tabel 1.

Fluktuasi Pemakaian Air

Jam	Suplai Air (%)	Pemakaian Air (%)	Selisih	Kumulatif Selisih
00.00 - 01.00	4,167	3,00	1,17	1,17

01.00 - 02.00	4,167	2,90	1,27	2,43
02.00 - 03.00	4,167	2,90	1,27	3,70
03.00 - 04.00	4,167	3,10	1,07	4,77
04.00 - 05.00	4,167	3,10	1,07	5,83
05.00 - 06.00	4,167	4,90	-0,73	5,10
06.00 - 07.00	4,167	6,20	-2,03	3,07
07.00 - 08.00	4,167	5,70	-1,53	1,53
08.00 - 09.00	4,167	5,70	-1,53	0,00
09.00 - 10.00	4,167	5,40	-1,23	-1,23
10.00 - 11.00	4,167	4,80	-0,63	-1,87
11.00 - 12.00	4,167	4,80	-0,63	-2,50
12.00 - 13.00	4,167	4,60	-0,43	-2,93
13.00 - 14.00	4,167	3,90	0,27	-2,67
14.00 - 15.00	4,167	5,00	-0,83	-3,50
15.00 - 16.00	4,167	4,80	-0,63	-4,13
16.00 - 17.00	4,167	5,00	-0,83	-4,97
17.00 - 18.00	4,167	5,30	-1,13	-6,10
18.00 - 19.00	4,167	5,20	-1,03	-7,13
19.00 - 20.00	4,167	3,40	0,77	-6,37
20.00 - 21.00	4,167	3,40	0,77	-5,60
21.00 - 22.00	4,167	2,60	1,57	-4,03
22.00 - 23.00	4,167	2,40	1,77	-2,27
23.00 - 24.00	4,167	2,00	2,17	-0,10
Jumlah	100	100	0,00	

I. BOQ dan RAB Perencanaan

Perhitungan BOQ dan RAB meliputi seluruh kegiatan distribusi dimulai dari pekerjaan perpipaan, pengadaan aksesoris pipa, pekerjaan thrust block, pembangunan reservoir, rumah pompa, dan jembatan pipa. Perhitungan BOQ membutuhkan rincian kebutuhan per unit pekerjaan. Keperluan material didasarkan pada hasil analisis perencanaan dan disesuaikan ketersediaannya di pasaran. Dalam perhitungan RAB didasarkan pada perhitungan BOQ dan Analisis Harga Satuan Pekerjaan Kabupaten Jember Tahun 2019. Rekapitulasi rencana anggaran biaya dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No	Rincian Kegiatan	Rencana Anggaran Biaya
1	Pengadaan Pipa	Rp 2.610.622.400
2	Pekerjaan Perpipaan	Rp 4.450.485.355
3	Pengadaan Asesoris	Rp 317.326.536
4	Pembangunan Thrust Block	Rp 51.676.394
5	Pembangunan Reservoir	Rp 1.005.130.590
6	Pembangunan Rumah Pompa	Rp 175.366.802
7	Pembangunan Jembatan Pipa	Rp 69.855.884
8	Pengadaan Pompa dan Genset	Rp 325.000.000
	RAB	Rp 9.005.463.961
	Pajak 10%	Rp 900.546.396
	<b>Total RAB</b>	<b>Rp 10.231.010.357</b>

J. Analisis Kelayakan Finansial

Metode analisis kelayakan investasi yang digunakan adalah metode Net Present Value (NPV) dan Benefit Cost Ratio (BCR). Untuk mendapatkan nilai NPV dan BCR maka harus dihitung terlebih dahulu pendapatan dan pengeluaran dari proyek ini.

1) Pendapatan

Biaya pendapatan didapatkan dari pendapatan air dan non air. Pendapatan air yaitu pendapatan yang diperoleh dari penjualan air per tahun. Nilai ini didapatkan dari jumlah pemakaian rata-rata dikalikan tarif air. Sedangkan pendapatan non air yaitu diterima dari biaya sambungan baru.

2) Pengeluaran

Biaya pengeluaran terdiri antara lain:

- Biaya pembelian lahan, lahan yang digunakan adalah lahan untuk reservoir dan rumah pompa. Karena lahan yang digunakan masih milik masyarakat maka harus

dibeli terlebih dahulu. Biaya pembelian lahan adalah sebesar Rp 180.000.000,-

- Biaya perencanaan, adalah biaya yang dikeluarkan untuk merancang proyek perencanaan ini secara detail. Biaya perencanaan diasumsikan sebesar Rp 300.000.000,-.
- Biaya investasi, adalah biaya yang dikeluarkan untuk membangun proyek sistem distribusi air minum Kecamatan Arjasa. Biaya ini telah dihitung pada sub bab Rencana Anggaran Biaya. Biaya ini telah dihitung pada sub bab Rencana Anggaran Biaya yaitu sebesar Rp 10.231.010.357,-.
- Biaya operasional dan pemeliharaan, adalah biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan dan merawat pipa, aksesoris, pompa serta bangunan yang ada dalam perencanaan ini. Biaya ini naik sebesar 3% pertahun sesuai dengan nilai inflasi Indonesia. Biaya operasional dan pemeliharaan adalah sebesar Rp 1.057.770.370,-.
- Biaya administrasi, terdiri dari berbagai biaya antara lain biaya gaji pegawai dan uji laboratorium. Biaya ini juga naik sebesar 3% pertahun. Biaya administrasi adalah sebesar Rp 378.000.000,-

### 3) Perhitungan NPV dan BCR

Tingkat suku bunga yang digunakan menurut Bank Indonesia adalah 6%. Berikut hasil perhitungan nilai NPV dan BCR proyek perencanaan sistem distribusi air minum Kecamatan Arjasa.

$$\begin{aligned}\text{Nilai NPV} &= \text{Total NPV in} - \text{Total NPV out} \\ &= \text{Rp } 22.200.880.018 - \text{Rp } 20.412.859.304 \\ &= \text{Rp } 1.788.020.713\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai BCR} &= \text{Total NPV in} / \text{Total NPV out} \\ &= \text{Rp } 22.200.880.018 / \text{Rp } 20.412.859.304 \\ &= 1,09\end{aligned}$$

Perhitungan nilai NPV menunjukkan hasil positif atau lebih dari 0 dan nilai BCR bernilai lebih dari satu, sehingga proyek perencanaan sistem distribusi air minum Kecamatan Arjasa dinyatakan layak secara finansial.

## IV. KESIMPULAN

Jumlah penduduk Kecamatan Arjasa yang akan dilayani sistem distribusi air minum PDAM pada tahun 2028 sebesar

34.608 jiwa atau 83% penduduk Kecamatan Arjasa dengan debit pelayanan sebesar 76 L/detik. Dalam perencanaan ini terdapat enam blok yang mencakup seluruh kelurahan di Kecamatan Arjasa. Dari hasil analisis WaterCAD v8i didapatkan diameter pipa berkisar antara 63 mm hingga 400 mm, tekanan saat kondisi puncak berkisar antara 15 m hingga 63 m, kecepatan aliran air dalam pipa saat kondisi puncak adalah 0,41 m/detik hingga 0,98 m/detik.

Total rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan sistem distribusi air minum Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember ini adalah Rp 10.231.010.357,-

Nilai Net Present Value perencanaan ini sebesar Rp 1.788.020.713,- dan nilai Benefit Cost Ratio sebesar 1,09. Berdasarkan nilai tersebut, maka proyek pembangunan sistem distribusi air minum Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember ini dinyatakan layak secara finansial.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis ditujukan kepada segenap pihak dari PDAM Kabupaten Jember, segenap pihak pegawai pemerintahan Kabupaten Jember, dan Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS, atas bantuan dan dukungan dalam penyelesaian perencanaan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zamzami, Azmeri, and Syamsidik, "Sistem jaringan distribusi air bersih PDAM Tirta Tawar Kabupaten Aceh Tengah," *J. Arsip Rekayasa Sipil dan Perenc.*, vol. 1, no. 1, pp. 132–141, 2018.
- [2] Langoday, "22 Kecamatan di Jember Belum Tersentuh Layanan Air Bersih PDAM," *sbctv*, 2017. [Online]. Available: <http://sbctv.id/22-kecamatan-di-jember-belum-tersentuh-layanan-air-bersih-pdam/>.
- [3] PDAM Kabupaten Jember, "Dokumen Tahunan PDAM Kabupaten Jember Tahun 2018," Jember, 2018.
- [4] Inspire, "Tambah 3.000 Sambungan Rumah PDAM Gratis Tahun Depan," *Go-Viral*, 2018. [Online]. Available: <https://go-viral.co.id/2018/10/27/inspire/3000-sambungan-pdam-gratis-tahun-depan/>.
- [5] A. Masduqi and A. F. Assomadi, *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. Surabaya: ITS Press, 2012.
- [6] N. Makhmudah and S. Notodarmojo, "Penyisihan besi-mangan, kekeruhan dan warna menggunakan saringan pasir lambat dua tingkat pada kondisi aliran tak jenuh studi kasus: air sungai Cikapundung," *J. Tek. Lingkung.*, vol. 16, no. 2, pp. 150–159, 2010.