# Evaluasi Sistem Pengolahan dan Distribusi Air Bersih PDAM Kota Probolinggo

Silvia Risma Alviyani[1], Arlini Dyah Radityaningrum[2]
Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2]
e-mail : dyah@itats.ac.id

***ABSTRACT***

*Water Supply Enterprise of Probolinggo City used raw water from Ronggojalu Lake Springs in Tegalsiwalan Village, Probolinggo Regency, with the capacity of 3000 L/sec. The raw water was treated in Ronggojalu Water Treatment Plant (WTP) in which the technologies were intake, disinfection, and reservoir. The Ronggojalu WTP produced 390 L/sec of treated water. The service areas of the Ronggojalu WTP were Wonoasih, Mayangan, Kedopok, Kanigaran, Kademangan Districts. The water supply coverage of Probolinggo City Water Supply Enterprise was 59,62% in 2019. This equaled to 19,938 households as customers. This coverage, however, was under the local government target, which was 80% of the total population. Most local population used wells for their clean water needs. This study aimed to evaluate the water treatment and distribution system of Ronggojalu WTP. Data were collected through field surveys, interviews, and literature review. Data consisted of water distribution network system, household network pipe, coverage and area of service, and WTP layout. The data then were evaluated using simulation with Epanet 2.0 software. There were 49 main distribution pipe segments with the speed of < 0.3 m/s, and 28 junction points with the pressure value of <5 m, which have not complied with the standards yet.*

***Keywords*** *clean water, Epanet, water distribution, water supply enterprise, water treatment*

**ABSTRAK**

PDAM Kota Probolinggo menggunakan sumber air baku dari Mata Air Danau Ronggojalu yang terletak di Desa Tegalsiwalan, Kabupaten Probolinggo. Kapasitas sumber air baku yaitu 3000 L/detik. Air baku tersebut diolah di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Ronggojalu. Sistem pengolahan di IPA Ronggojalu terdiri atas unit *intake*, desinfeksi, dan *reservoir*. Kapasitas produksi IPA Ronggojalu adalah 390 L/detik. Wilayah pelayanan IPA Ronggojalu ini adalah 5 kecamatan, yaitu Wonoasih, Mayangan, Kedopok, Kanigaran, Kademangan. Cakupan pelayanan air bersih PDAM Kota Probolinggo tahun 2019 sebesar 59,62% atau sebanyak 19.938 sambungan rumah. Namun, cakupan ini masih di bawah target yang ditetapkan pemerintah setempat, yaitu sebesar 80% dari jumlah penduduk. Sebagian besar penduduk masih menggunakan sumur untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem pengolahan dan sistem distribusi di IPA Ronggojalu PDAM Kota Probolonggo. Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan observasi (survei lapangan), wawancara, dan studi literatur. Data penelitian meliputi eksisting jaringan pipa, data pelanggan, cakupan layanan, wilayah cakupan *reservoir*, dan *layout* IPAM. Data tersebut kemudian dievaluasi menggunakan *software* Epanet 2.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 49 segmen pipa utama distribusi yang memiliki kecepatan di bawah 0,3 m/s dan terdapat 28 titik junction yang belum memenuhi baku mutu nilai tekanan (< 5 m).

**Kata kunci**: air bersih, Epanet, distribusi air, pengolahan air, PDAM.

## PENDAHULUAN

Sistem penyediaan air minum (SPAM) merupakan sistem fisik dan non-fisik dari prasarana dan sarana air minum [1]. Syarat kesehatan air minum memenuhi syarat kesehatan fisik, kimiawi, dan bakteri [2]. Dari segi kuantitas dan kontinuitas, air harus memenuhi kebutuhan manusia [3]. Kuantitas dan kualitas air minum harus sesuai standar yang ditentukan, maka diperlukan sarana dan prasarana untuk pengolahan dan penyaluran kepada konsumen [4].

PDAM Kota Probolinggo melayani distribusi air bersih, dengan cakupan layanan saat ini 57% penduduk di Kota Probolinggo[5]. Namun, sebagian besar masyarakat Kota Probolinggo menggunakan sumur gali, sumur pompa dengan sumber air baku dari mata air dan sungai. Sumber air PDAM Kota Probolinggo adalah Danau Ronggojalu berlokasi di Desa Tegalsiwalan Kabupaten Probolinggo, kapasitas sumber mata air mencapai 3000 L/detik [6]. PDAM Kota Probolinggo menjadi penyedia air bersih Kota Probolinggo dengan kapasitas 390 L/detik dengan unit Instalasi PDAM Kota Probolinggo terdiri dari intake (bangunan penangkap air) dan desinfektan [6]. Tingginya penggunaan air sumur (air tanah) masyarakat Kota Probolinggo, serta terkait pengaduan masyarakat yakni air keruh saat hujan turun dan beberapa wilayah mengalami debit air kecil, maka perlu adanya peningkatan pelayanan PDAM Kota Probolinggo. Dalam mendukung hal itu, diperlukan evaluasi pada sistem pengolahan dan sistem jaringan distribusi pada PDAM Kota Pobolinggo. Tujuan penelitian adalah untuk mengevaluasi kinerja Instalasi Pengolahan Air (IPA) dan Sistem Distribusi Air Bersih (SDAB) PDAM Kota Probolinggo berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Sumber Air Baku

Berdasarkan Permen RI Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyedian Air Minum, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan, tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat

langsung di minum. Air baku air minum rumah tangga adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Air permukaan yang dapat digunakan sebagai air baku adalah berasal dari sungai, saluran irigasi, waduk, kolam atau dana [1].

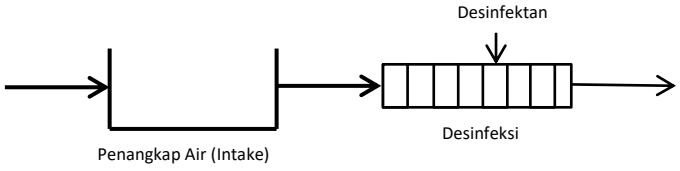
**Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih**

Kebutuhan air berfluktuasi sesuai dengan kondisi dari sumber air baku maupun aktifitas masyarakat [7]. Pada umumnya kebutuhan air dibagi dalam tiga kelompok, yaitu [7]:

- Kebutuhan harian rata-rata, merupakan kebutuhan domestik maupun non domestik, dihitung berdasarkan kebutuhan air rata-rata per orang per hari dari pemakaian air setiap jam selama 24 jam.
- Kebutuhan pada jam puncak merupakan pemakaian air tertinggi dalam satu hari. Kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan kebutuhan air rata-rata dengan menggunakan faktor pengali jam puncak, yaitu 1,4 – 2,00.
- Kebutuhan harian maksimum dalam satu tahun. Kebutuhan harian maksimum dihitung berdasarkan kebutuhan harian rata-rata dengan menggunakan faktor pengali harian maksimum, yaitu 1,5.

**Pengolahan Air Bersih**

Proses pengolahan/ penjernihan air melalui IPA mempengaruhi kualitas air produksi yang dihasilkan [8]. Pengolahan air baku dilakukan menggunakan pengolahan lengkap maupun tidak lengkap [9]. Jenis pengolahan dalam IPA ditentukan oleh sumber air baku yang digunakan [9]. Air baku yang berasal dari air bawah tanah, seperti mata air, umbulan, tidak memerlukan pengolahan lengkap yakni menggunakan teknologi pengolahan tidak lengkap [9]. IPA Ronggojalu dengan air baku Mata Air Danau Ronggojalu menggunakan pengolahan tidak lengkap dalam menghasilkan air produksi (Gambar 1).




Gambar 1. Pengolahan air IPA Ronggojalu, PDAM Kota Probolinggo

Gambar 1 menunjukkan proses pengolahan air minum IPA Ronggojalu PDAM Kota Probolinggo. Unit pengolahan IPA Ronggojalu terdiri atas unit *intake,* desinfeksi, dan *reservoir*. *Intake*/ bangunan penangkap air merupakan bangunan pengambilan untuk pengolahan air bersih [10]. *Intake* juga merupakan bangunan pengumpul air baku sebelum dialirkan ke instalasi pengolahan air bersih [10].

Proses desinfeksi merupakan metode untuk membunuh mikroorganisme patogen dalam air minum yang menyebabkan berbagai macam penyakit [11]. Desinfektan yang digunakan harus memiliki kriteria [11] :

- tidak beracun, serta mampu membunuh berbagai jenis patogen yang ada pada air minum,
- biaya pengadaannya murah serta penyimpanan murah,
- kadar dalam air minum mudah dianalisis,
- masih menyisakan sejumlah konsentrasi tertentu sebelum air dikonsumsi.

Tahap desinfeksi, yang diperhatikan yaitu dosis dan konsentrasi maksimum klor karena proses desifeksi peran klor diperlukan dalam menurunkan jumlah mikroorganisme terlarut [12]. Desinfektan IPA Ronggojalu PDAM Kota Probolinggo adalah gas klor yang diinjeksikan ke unit instalasi pengolahan air minum. Salah satu kekurangan gas klor, menyebabkan korosi pH rendah dan tempat penyimpanannya harus ditempat kering dan terpisah (jauh dari panel listrik, pompa dan mesin), serta dari sinar matahari [13].

Reservoir adalah tempat menampung air saat pemakaian di bawah rata-rata debit yang dialirkan IPA saat jam puncak air yang telah tertampung tadi akan dialirkan ke pelanggan [14]. Selain digunakan sebagai penyimpan persediaan air bersih saat jam puncak dan menampung air baku hasil pemompaan, juga berfungsi penambah tekanan pipa distribusi [15]. Lokasi reservoir sebaiknya di dekat jaringan distribusi, agar pendistribusiannya merata dan tekanan yang ada masih sesuai dengan perencanaan. Pada penelitian evaluasi dilakukan terhadap tiga reservoir yang digunakan PDAM Kota Probolinggo, yakni *elevated reservoir, ground reservoir* Wonoasih, dan *ground reservoir* PPI Mayangan.

**Sistem Distribusi**

Sistem distribusi, sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan [16]. Sistem distribusi terdiri atas perpipaan, katup, dan pompa pembawa air yang telah diolah dari IPAM menuju pelanggan, termasuk fasilitas penampung air yang telah diolah (*reservoir* distribusi) [16]. Hal yang harus diperhatikan dalam sistem distribusi adalah tersedianya jumlah air dengan tekanan yang memenuhi (kontinuitas pelayanan), serta kualitas air produksi yang dihasilkan oleh IPA [16].

Epanet adalah software untuk menganalisis jaringan sistem distribusi yakni laju aliran dalam jaringan diperoleh menggunakan metode linear dan kehilangan tekanan akibat gesekan [17]. Epanet 2.0 merupakan program simulasi dari perkembangan waktu profil hidrolis dan kualitas air bersih dalam suatu jaringan distribusi, di dalamnya terdiri dari titik/node/*junction* pipa, pompa, *valve (*asesoris) dan reservoir baik *ground reservoir* maupun reservoir Menara [18]. Output yang dihasilkan program Epanet 2.0 antara lain debit yang mengalir dalam pipa, tekanan air dari masing masing

titik/node/junction yang dapat dipakai sebagai analisis dalam menentukan operasi instalasi, pompa dan reservoir serta besarnya konsentrasi unsur kimia yang terkandung dalam air bersih dan sisa klor yang didistribusikan. Epanet 2.0 dapat digunakan simulasi penentuan lokasi sumber arah pengembangan [18]. Epanet 2.0 didesain sebagai alat untuk mengetahui perkembangan dan pergerakan air serta degradasi unsur kimia yang terkandung dalam air di pipa distribusi, yang dapat digunakan untuk analisis berbagai macam sistem distribusi, detail desain, model kalibrasi hidrolis [18]. Epanet didesain untuk membantu analisis sistem distribusi air minum, sehingga dapat digunakan untuk pemilihan sumber pada sistem, pemilihan pompa beserta jadwal kerjanya, penentuan pipa yang perlu ditambahkan/ diganti [18].

## METODE

Pengambilan data dalam penelitian dilakukan dengan observasi (survei lapangan), wawancara, dan studi literatur. Survei lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting sistem pengolahan pada IPA dan distribusi air bersih PDAM. Wawancara dilakukan guna memperoleh informasi dengan cara tanya jawab/ diskusi dengan pihak PDAM sebagai instansi terkait. Studi literatur dilakukan untuk membandingkan data hasil penelitian dengan teori, penelitian terdahulu, maupun kondisi sistem pengolahan dan distribusi pada PDAM lain. Data yang dikumpulkan meliputi data eksisting jaringan pipa, data pelanggan, cakupan layanan, wilayah cakupan *reservoir*, *layout* IPAM. Evaluasi sistem pengolahan pada IPA dilakukan dengan studi literatur, sedangkan evaluasi sistem distribusi dilakukan dengan *software* Epanet 2.0.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Air baku PDAM Kota Probolinggo bersumber dari Mata Air Danau Ronggojalu yang terletak di Desa Tegalsiwalan, Kabupaten Probolinggo [6]. Kapasitas sumber air baku yaitu 3000 L/detik [6]. Danau Ronggojalu memiliki elevasi muka air ± 15 m. Sistem pengaliran dari *intake* menuju IPA Ronggojalu menggunakan sistem pemompaan, yang dialirkan dengan pipa transmisi berdiameter ± 500 mm. Berdasarkan pengamatan visual di lapangan kualitas Mata Air Danau Ronggojalu sangat baik karena letaknya yang jauh dari sumber pencemar. Namun, saat musim hujan tingkat kekeruhan air baku menjadi lebih tinggi dan sangat mempengaruhi produksi air bersih. Sistem pengolahan air pada IPA Ronggojalu terdiri atas bangunan intake, tabung gas klor, dan pompa dengan elevasi ± 39 meter di atas permukaan laut. IPA Ronggojalu mensuplai kebutuhan air Kota Probolinggo yang terdiri atas 5 kecamatan, yaitu Kecamatan Wonoasih, Mayangan, Kedopok, Kanigaran, dan Kademangan. Debit air diproduksi IPA Ronggojalu sebesar 390 L/detik, sedangkan tekanan di unit produksi yaitu 5,7 – 5,8 bar.

### Evaluasi sistem pengolahan di IPA Ronggojalu

Kondisi eksisting sistem pengolahan air di IPA Ronggojalu adalah sebagai berikut:

**A. Unit *intake***

Unit *intake* dilengkapi dengan beberapa peralatan penunjang, antara lain :

- Pipa inlet, berfungsi membawa air masuk ke dalam *intake*. Pipa *intake*/ pipa hisap berdiameter 500 mm atau 20". Pada awalnya pipa inlet/ pipa hisap langsung menghadap langsung ke sumber mata air untuk menghisap air. Namun, saat ini pipa inlet yang menghadap langsung ke sumber mata air tidak difungsikan, hal ini karena pada mata air terdapat tekanan yang membawa material yang menyebabkan bahaya pada kipas pompa.
- *Screen*, berfungsi untuk menyaring kotoran atau *suspended solid* yang mungkin terbawa dalam air.
- *Overflow*, berfungsi untuk mengeluarkan kelebihan air sehingga tinggi muka air dalam bak tetap konstan.
- Pompa, berfungsi menaikkan air dari sumber air baku. Sejumlah 7 pompa ada di rumah pompa. Pompa dioperasikan secara paralel dan bergantian dengan kapasitas 390 L/detik.

Berdasarkan hasil evaluasi pemantauan di lapangan, kondisi intake, pipa inlet, *screen*, *overflow* cukup baik dan tidak ada masalah. Dikarenakan operasional pemeliharaan dilakukan minimal 1 kali seminggu. Pemeliharaan kondisi pompa dilakukan secara rutin, karena operasional pompa selama 24 jam secara paralel bergantian. Pengecekan setiap hari pada *stamp motor* pompa dan penggantian *barring* pipa / motor pompa sekali per tahun. Namun, terdapat permasalahan pada kapasitas pompa yaitu kapasitas pompa harusnya 160 Ampere, saat ini hanya 130 Ampere. Hal ini dikarenakan salah satu pompa rusak. Selain itu, karena adanya peningkatan kekeruhan air saat banjir yang disebabkan hujan deras dan luapan air dari daerah Selatan/ Pegunungan Bromo. Penanganan saat banjir yang telah dilakukan yaitu membiarkan banjir sampai surut, setelah itu di ujung pompa pada Kota Probolinggo dibuka / *wash out* supaya air menjadi jernih.

**B. Unit desinfeksi**

IPA PDAM Kota Probolinggo menggunakan gas klor sebagai desinfektan. Alasan pemilihannya karena harga senyawa klor murah, serta dapat membunuh bakteri dengan waktu kontak yang singkat. Bahan klor yang digunakan adalah gas klor ($Cl_2$). Selain membunuh bakteri, klor juga mempunyai fungsi sebagai oksidan dari zat-zat organik serta ion-ion logam, mereduksi bau dari amoniak ($NH_4^+$). Tabung gas klor yang digunakan IPA PDAM Kota Probolinggo berisi 100 kg dengan tekanan 2 bar. Sejumlah 1 tabung gas klor digunakan dalam waktu 2 minggu, dengan dosis gas klor yang dibubuhkan yaitu 0,3 mg/L. Berdasarkan hasil evaluasi kondisi unit desinfeksi cukup baik, penyimpanan dan letak tabung gas klor jauh dari sinar matahari serta terpisah (jauh dari panel listrik, pompa dan mesin).

**C. Unit *reservoir***

PDAM Kota Probolinggo memiliki 3 *reservoir* yang digunakan, yaitu:

1. *Elevated reservoir* (menara air) (Gambar 2)

*Reservoir* ini menyimpan/ menampung air yang terletak di atas tanah. Elevasi menara air ± 15 m. Kapasitasnya 300 $m^3$ dan tinggi menara air ±36 m. Menara air ini terletak di Randu Pangger. Reservoir menara air (ground to ground) menyediakan air untuk daerah pelabuhan dan *ground* PPI. *Reservoir* menara air juga sebagai transit perpipaan (sentral) PDAM Kota Probolinggo. Fungsi *reservoir* menara air untuk menambah tekanan menuju *reservoir* PPI Mayangan, memompa air untuk wilayah distribusi, mengalirkan air secara langsung ke pelanggan dengan penambahan tekanan.

2. *Ground reservoir* Wonoasih (Gambar 2)

Ground reservoir Wonoasih terletak pada elevasi ±38 mdpl. Kapasitas *ground reservoir* Wonoasih adalah 500 $m^3$. *Ground reservoir* ini terletak di Kecamatan Wonoasih, Kota Probolinggo, Jawa Timur. *Ground reservoir* Wonoasih mensuplai daerah Selatan dan Barat. Daerah Selatan terdiri atas Kecamatan Wonoasih, Kecamatan Kedupok (Kelurahan Kedupok, Kelurahan Jrebeng Kulon, Kelurahan Jrebeng Wetan), Kecamatan Wonoasih (sebagian Kelurahan Jrebeng Kidul dan Kelurahan Wonoasih). Sedangkan daerah barat yaitu Kecamatan Kademangan yang terdiri atas Kelurahan Kademangan, Triwung Kidul, Triwung Lor, Ketapang, Pilang.

3. *Ground reservoir* PPI Mayangan (Gambar 2)

*Ground reservoir* PPI Mayangan terletak pada elevasi ± 4 mdpl. Kapasitas *ground reservoir P*PI Mayangan 500 $m^3$. *Ground reservoir* PPI Mayangan terletak di Pelabuhan Tanjung Tembaga, Kecamatan Mayangan, Kota Probolinggo. *Ground reservoir* PPI mensuplai Kecamatan Mayangan (Kelurahan Mayangan dan Kelurahan Mangunharjo) dan pelabuhan / industri (Kutai Timber Indonesia (KTI), PT. Sulindo, Kulstorek / pergudangan, Bee Jay Bakau Resort (BJBR)).



(a) (b) (c)

Gambar 2. a) Menara Air, b) Reservoir Wonoasih, c) Reservoir PPI Mayangan

Berdasarkan hasil evaluasi, kondisi masing- masing reservoir sudah cukup baik sebagaimana fungsi masing-masing reservoir. Selain itu operasional perawatan juga dilakukan cukup baik yakni dilakukan pembersihan dan pengurasan 3 bulan sekali dalam 1 tahun.

**Evaluasi air produksi IPA Ronggojalu**

IPA Ronggojalu memproduksi air 390 L/detik, dengan kehilangan air rata-rata di atas 40%. Kondisi eksisting dengan kehilangan air sebesar 40% belum memenuhi standart Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 20 tahun 2006 tentang Batas Maksimal Kebocoran Air Bersih untuk Perusahaan Air Minum. Toleransi kehilangan air maksimal sebesar 20% [18]. Hasil pengujian kualitas air produksi IPA Ronggojalu terhadap parameter baik fisik, kimia, maupun biologi yang dilakukan di Laboratorium Pengolahan tercantum dalam Tabel 1. Parameter yang diuji setiap 3 hari sekali adalah pH, sedangkan TDS, kekeruhan, warna, dan suhu diuji setiap 3 bulan sekali. Pemeriksaan kualitas air pada jaringan distribusi air minum PDAM juga dilakukan 3 bulan sekali. Hal tersebut dilakukan untuk memenuhi standar kualitas air dari PERMENKES RI. No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Air Minum dan PERMENKES RI. No736/MENKES/PER/VI/2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum.

Tabel 1. Hasil pengujian parameter fisik dan kimia PDAM Kota Probolinggo

| No | Parameter | Satuan | Batas maksimum | Hasil uji | No | Parameter | Satuan | Batas maksimum | Hasil uji |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Parameter Fisik** | | | | | | | | | |
| 1 | Bau | - | - | Tidak Berbau | 5 | Suhu | $^oC$ | +3 | 27 |
| 2 | *Total Dissolved Solids* (TDS) | mg/L | 1500 | 181 | 6 | Warna | TCU | 50 | 0 |
| 3 | Kekeruhan | NTU | 25 | 0,32 | 7 | Daya Hantar Listrik (DHL) | | - | - |
| 4 | Rasa | - | - | Tidak berasa | | | | | |
| **Parameter Kimia** | | | | | | | | | |
| 1 | Aluminium | mg/L | 0,2 | 0,03 | 8 | $Cr^{6+}$ *) | mg/L | 0,05 | - |
| 2 | Amonium | mg/L | 1,5 | 0,01 | 9 | Mangan | mg/L | 0,5 | 0,22 |
| 3 | Besi | mg/L | 1,0 | 0,1 | 10 | $NO_3$ | mg/L | 10 | 10 |
| 4 | Fluorida | mg/L | 1,5 | 0,8 | 11 | $NO_2$ | mg/L | 1,0 | 0 |
| 5 | Kadmium *) | mg/L | 0,005 | - | 12 | pH | | 6,5 - 9 | 7,6 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Kesadahan $CaCO_3$ | mg/L | 500 | 195 | 13 | Sulfat | mg/L | 400 | 0 |
| 7 | Klorida | mg/L | 600 | 140 | 14 | Sianida *) | mg/L | 0,1 | - |

*Note : PDAM Tirta Dharma Kota Probolinggo*
*) Zat kimia bersifat racun
-) Tidak diperiksa

Berdasarkan Tabel 1 di atas, dapat dilihat bahwa seluruh parameter air produksi IPA Ronggojalu telah memenuhi standar baku mutu yang dipersyaratkan.

**Evaluasi sistem jaringan distribusi PDAM Kota Probolinggo menggunakan Epanet 2.0**

Gambar 3 menunjukkan peta jaringan pipa transmisi eksisting PDAM Kota Probolinggo. Sedangkan Gambar 6 merupakan data jaringan pipa transmisi eksisting hasil analisis menggunakan Epanet 2.0. Data didapatkan dari PDAM Kota Probolinggo yang terdiri dari data diameter pipa, panjang pipa, jenis pipa, debit, detail *reservoir*, spesifikasi pompa dan kehilangan air sebesar 40% yang ada di PDAM Kota Probolinggo. Sedangkan elevasi tanah didapatkan dari *Google Earth*.



Gambar 3**.** Peta jaringan pipa PDAM Kota Probolinggo



Gambar 4. Data eksisting jaringan pipa PDAM Kota Probolinggo

Berdasarkan hasil *running* jaringan eksisting dengan Epanet 2.0, didapatkan peta yang menunjukkan warna berbeda setiap daerah (Gambar 4). Hal ini menunjukkan jaringan eksisting pipa transmisi tidak mampu menahan beban kebutuhan jam puncak, ditandai banyaknya titik berwarna merah dan biru yang berarti titik tersebut tidak mencapai standar sisa tekan 5 m (Tabel 2). Titik tersebut berada di Kecamatan Kademangan, Kedupok, dan Manyangan.

Hasil *running* jaringan eksisting pada jam rata-rata dan jam puncak dapat dilihat pada Gambar 6. Dari hasil *running* tersebut menunjukkan ada 28 titik (*tapping dan junction*) yang memiliki tekanan bernilai negatif. Titik-titik tersebut berada pada kawasan di sepanjang Jalan Sukapura, sekitaran pertigaan Jalan Brantas Barat dengan Jalan Prof. Dr. Hamka, sepanjang Jalan Pahlawan, dan di sepanjang Jalan Raden Wijaya, Lingkar Utara.

Tabel 2. Evaluasi jaringan pipa transmisi eksisting dengan Epanet 2.0

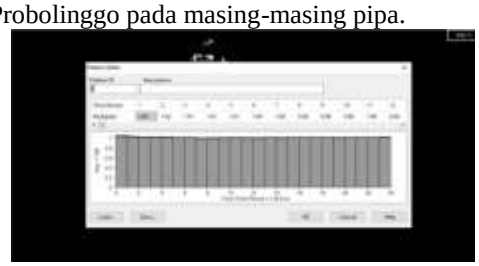
| *Node ID* | *Elevation* (m) | *Base demand* (L/s) | *Pressure* (m) | *Node ID* | *Elevation* (m) | *Base demand* (L/s) | *Pressure* (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Junc 25 | 40 | 0 | -0,62 | Junc 65 | 7 | 10 | -88,61 |
| Junc 26 | 38 | 0 | -4,79 | Junc 75 | 32 | 0 | -18,08 |
| Junc 27 | 48 | 10 | -21,24 | Junc 76 | 32 | 37 | -29,21 |
| Junc 28 | 37 | 0 | -3,77 | Junc 132 | 5 | 0 | -85,28 |
| Junc 29 | 36 | 0 | -2,73 | Junc 133 | 5 | 0 | -85,29 |
| Junc 30 | 34 | 0 | -0,60 | Junc 134 | 5 | 0 | -85,30 |
| Junc 56 | 6 | 0 | -1,22 | Junc 135 | 5 | 0 | -85,29 |
| Junc 57 | 4 | 0 | -5,00 | Junc 136 | 5 | 0 | -85,34 |
| Junc 58 | 4 | 0 | -31,70 | Junc 137 | 5 | 0 | -85,32 |
| Junc 59 | 2 | 0 | -40,61 | Junc 138 | 3 | 0 | -84,44 |
| Junc 60 | 5 | 0 | -58,06 | Junc 139 | 3 | 0 | -84,52 |
| Junc 61 | 7 | 0 | -74,04 | Junc 140 | 3 | 10 | -84,86 |
| Junc 63 | 4 | 0 | -85,39 | Junc 154 | 42 | 0 | -12,97 |
| Junc 64 | 3 | 10 | -84,62 | Junc 157 | 35 | 0 | -1,66 |

Berdasarkan data eksisting yang di peroleh dari evaluasi Epanet 2.0, untuk nilai tekanan masing-masing titik *junction* belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, dengan nilai tekanan minimum pipa distribusi 0,5 atm dan tekanan maksimum pipa distribusi sebesar 10 atm. Satuan yang digunakan Epanet 2.0 untuk tekanan adalah m,

sehingga nilai tekanan minimal sebesar 5 m dan nilai tekanan maksimum 100 m. Ada 28 titik *junction* yang belum memenuhi baku mutu (< 5 m). Nilai tekanan minimum sebesar -88,61 m dan tekanan maksimum sebesar 73,44 m.

Berdasarkan simulasi (Gambar 5), didapat jam terendah pelayanan jam 8 pagi sebesar 0,98 L/s dan jam puncak pelayanan jam 1 siang yaitu 1,04 L/s. Jaringan pipa yang dievaluasi merupakan jaringan pipa transmisi atau pipa utama, maka hasil *running* menunjukkan pola pemakaian datar. Hasil analisis program Epanet 2.0 (pada jam puncak pelayanan) menunjukkan terjadi tekanan tertinggi sebesar 73,44 m, kondisi *head* (tekanan) tertinggi sebesar 92,42 m. Berdasarkan hasil analisis Epanet 2.0, dapat dinyatakan kondisi belum memenuhi standart baku mutu. Kekurangan tekanan pada titik ini terjadi akibat besarnya nilai *headloss*/ kehilangan tekanan di sepanjang pipa. Pada dearah Jalan sekitar pertigaan Jalan Brantas Barat dengan Jalan Prof. Dr. Hamka misalnya, *head* mulai menghilang di sepanjang pipa 31, 35, 171, 172, dan seterusnya. Berikut salah satu ilustrasi arah aliran head mulai menghilang pada titik-titik di sekitaran pertigaan Jalan Brantas Barat dengan Jalan Prof. Dr. Hamka yang bernilai negatif dapat dilihat (Gambar 6).

Gambar 6 menunjukkan bahwa arah aliran di sekitaran pertigaan Jalan Brantas Barat dengan Jalan Prof. Dr. Hamka berwarna biru dan head pada node bernilai negatif. Berdasarkan Gambar 6, dapat diketahui bahwa kehilangan tekanan disebabkan diameter pipa yang terpasang tidak mampu lagi menahan debit air yang melintasi pipa 31, 35, 171, dan 172. Selain tekanan yang rendah (kurang dari 5 m dan bahkan bernilai negatif), terdapat pula pipa jaringan distribusi yang memiliki kecepatan pengaliran di bawah standar (<0,3 m/s). Kondisi seperti ini berakibat terjadinya pengendapan material di permukaan pipa. Oleh karenanya, luas penampang jaringan pipa yang dilewati air semakin berkurang, maka nilai *headloss* / kehilangan tekanan juga semakin meningkat. Sehingga akan menimbulkan titik-titik baru yang memiliki nilai di bawah 5 m (0,5 atm), bahkan tekanan negatif. Tabel 3 menunjukkan data eksisting jaringan pipa Kota Probolinggo pada masing-masing pipa.



Gambar 5. *Time pattern* (pola waktu)



Gambar 6. Arah aliran pertigaan Jalan Brantas Barat dengan Jalan Prof.Dr.Hamka

Tabel 3. Data eksisting jaringan pipa Kota Probolinggo

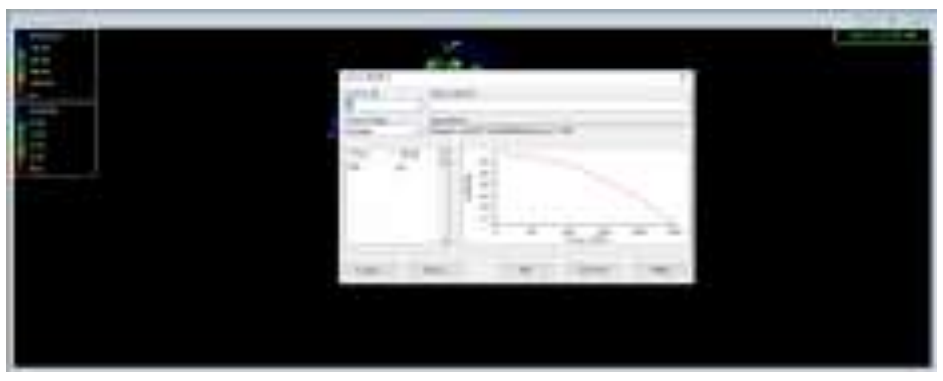
| Link ID | Length (m) | Diameter (mm) | Flow L/s | Velocity (m/s) | Link ID | Length (m) | Diameter (mm) | Flow L/s | Velocity (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pipe 31 | 226 | 150 | -1,68 | 0,09 | Pipe 49 | 221 | 200 | 1,68 | 0,05 |
| Pipe 32 | 350 | 150 | 0,00 | 0,00 | Pipe 123 | 323 | 150 | 1,68 | 0,09 |
| Pipe 33 | 383 | 150 | 0,00 | 0,00 | Pipe 144 | 683 | 150 | 1,68 | 0,09 |
| Pipe 35 | 583 | 150 | -1,68 | 0,09 | Pipe 168 | 392,38 | 150 | 0,00 | 0,00 |
| Pipe 40 | 898 | 250 | -1,68 | 0,03 | Pipe 169 | 418,72 | 150 | 0,00 | 0,00 |
| Pipe 42 | 135,97 | 150 | -1,68 | 0,09 | Pipe 170 | 807 | 150 | 0,00 | 0,00 |
| Pipe 54 | 69,69 | 150 | 0,00 | 0,00 | Pipe 171 | 817,5 | 150 | -1,68 | 0,09 |
| Pipe 55 | 96,2 | 150 | 0,00 | 0,00 | Pipe 172 | 817,5 | 150 | -1,68 | 0,09 |
| Pipe 56 | 311 | 150 | 0,00 | 0,00 | Pipe 173 | 837,5 | 200 | 1,68 | 0,05 |
| Pipe 57 | 402 | 150 | 0,00 | 0,00 | Pipe 174 | 837,5 | 200 | 1,68 | 0,05 |
| Pipe 58 | 195 | 150 | 0,00 | 0,00 | Pipe 178 | 632 | 400 | -19,36 | 0,15 |
| Pipe 59 | 155 | 150 | 0,00 | 0,00 | Pipe 179 | 632 | 400 | -19,36 | 0,15 |
| Pipe 74 | 1137 | 400 | 19,36 | 0,15 | Pipe 180 | 749,5 | 200 | 1,13 | 0,04 |
| Pipe 103 | 8,97 | 200 | -1,13 | 0,04 | Pipe 181 | 749,5 | 200 | 1,13 | 0,04 |
| Pipe 114 | 50,5 | 400 | 19,36 | 0,15 | Pipe 184 | 697 | 150 | 1,68 | 0,09 |
| Pipe 118 | 884 | 200 | 1,13 | 0,04 | Pipe 185 | 697 | 150 | 1,68 | 0,09 |
| Pipe 136 | 6,19 | 200 | 0,00 | 0,00 | Pipe 186 | 697 | 150 | 1,68 | 0,09 |
| Pipe 145 | 585 | 200 | 0,00 | 0,00 | Pipe 188 | 300 | 250 | -1,68 | 0,03 |
| Pipe 146 | 481 | 200 | 0,00 | 0,00 | Pipe 189 | 413,12 | 250 | -1,68 | 0,03 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pipe 73 | 102,36 | 150 | 1,68 | 0,09 | Pipe 53 | 15,35 | 200 | 1,13 | 0,04 |
| Pipe 75 | 481 | 150 | 1,68 | 0,09 | Pipe 190 | 2,5 | 400 | 0,00 | 0,00 |
| Pipe 46 | 405 | 300 | 0,00 | 0,00 | Pipe 127 | 5 | 400 | 26,71 | 0,21 |
| Pipe 48 | 138,06 | 250 | 0,00 | 0,00 | Pipe 29 | 11,17 | 150 | -94,19 | 5,33 |

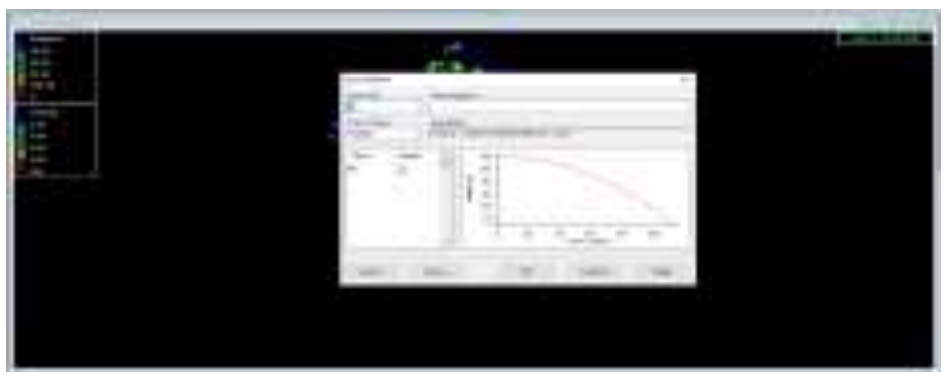
Berdasarkan analisis Epanet 2.0 selain tekanan, kecepatan juga berpengaruh dalam pemenuhan air sistem distribusi. Berdasarkan evaluasi data eksisting Epanet 2.0, terdapat jalur pipa yang belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, dimana nilai kecepatan minimum pada pipa distribusi sebesar 0.3 m/detik dan kecepatan maksimum pada pipa distribusi sebesar 3 m/detik. Hasil analisis terdapat 49 segmen pipa distribusi yang memiliki kecepatan di bawah 0,3 m/detik. Kondisi debit aliran tertinggi sebesar 111,42 L/s. Kondisi kecepatan aliran tertinggi sebesar 5,33 m/s. Kecepatan maksimum ini tidak sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007. Sedangkan kecepatan terendah sebesar 0,00 m/s. Berdasarkan hasil evaluasi Epanet 2.0, maka perlu dilakukan optimalisasi kondisi eksisting sistem distribusi agar kecepatan air dapat memenuhi baku mutu sehingga pemenuhan air dapat dilakukan secara efisien.

Selain evaluasi terhadap jaringan pipa transmisi eksisting, kurva pompa juga dievaluasi dengan analisis Epanet 2.0, yang ditunjukkan dalam Gambar 7 - 10. Kurva pompa 1 didapatkan dari data debit (L/s) sebesar 130, sedangkan *head* sebesar 50 m. Kurva pompa 2 didapatkan dari data debit (L/s) sebesar 60, sedangkan *head* sebesar 45 m. Kurva pompa 3 didapatkan dari data debit (L/s) sebesar 100, sedangkan *head* sebesar 45 m. Kurva pompa 4 didapatkan dari data debit (L/s) sebesar 60, sedangkan *head* sebesar 45 m. Berdasarkan hasil analisis, nilai kebocoran adalah sebesar 1,67, untuk kehilangan air sebesar 40%. Hasil tersebut didapatkan dari Persamaan 1 berikut.

$$\text{Nilai kebocoran} = \frac{100}{(100-Kehilangan\ Air)} = \frac{100}{(100-40)} = 1{,}67 \quad \ldots\ldots(1)$$



Gambar 7. Kurva pompa 1



Gambar 8. Kurva pompa 2



Gambar 9. Kurva pompa 3



Gambar 10. Kurva pompa 4

**Optimalisasi eksisting**

Berdasarkani hasil evaluasi Epanet 2.0 terhadap data eksisting, masih terdapat beberapa pipa yang mempunyai kecepatan air di bawah nilai minimum berdasarkan baku mutu yang disyaratkan. Skenario optimalisasi jaringan pipa transmisi eksisting menggunakan Epanet 2.0 dilakukan dengan mengubah ukuran diameter pipa pada beberapa pipa disribusi. Setelah dilakukan perubahan diameter pada beberapa pipa, diperoleh hasil seperti dalam Gambar 11.



Gambar 11. Optimalisasi kondisi eksisting

Berdasarkan Gambar 11, hasil *running* optimalisasi jaringan eksisting pada jam rata-rata dan jam puncak menunjukkan bahwa tidak ada titik (*tapping dan junction*) yang memiliki tekanan bernilai negatif. Adapun nilai tekanan pada masing-masing titik *junction* sudah memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum yaitu tekanan minimum sebesar 11,56 m dan tekanan maksimum sebesar 77,65 m. Berdasarkan analisis Epanet 2.0 selain tekanan, kecepatan

juga sangat berpengaruh dalam pemenuhan air pada sistem distribusi. Dari hasil perubahan diameter pada beberapa pipa distribusi, maka tekanan dan kecepatan air pada pipa jaringan telah memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, dengan kecepatan minimum sebesar 0,30 m/s dan kecepatan maksimum sebesar 1,80 m/s.

## KESIMPULAN

Berdasarkan kajian dan evaluasi sistem pengolahan dan distribusi air bersih PDAM Kota Probolinggo, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses pengolahan IPA Ronggojalu menggunakan proses desinfeksi, dimana gas klor secara otomatis diinjeksikan pada pipa transmisi dan dialirkan/ didistribusikan secara pompa.
2. Pipa distribusi pada jaringan perpipaan PDAM Kota Probolinggo tersambung semua.
3. Berdasarkan hasil evaluasi jaringan distribusi menggunakan Epanet 2.0 diketahui bahwa nilai tekanan pada 28 titik *junction* adalah < 5 m dan pada 49 segmen pipa distribusi kecepatan alirannya < 0,3 m/s. Kondisi ini belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Kementerian Pekerjaan umum Dan Perumahan Rakyat, "Panduan Pendampingan Sistem Peyediaan Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasis Masyarakat," *Direktorat Jenderal Cipta Karya*, p. 32, 2016.

[2] Permenkes No. 492/Th.2010, "Persyaratan Kualitas Air Minum," *Peraturan Mentri Kesehatan Republik Indonesia*, no. 492. 2010.

[3] Peraturan Pemerintah Republik Indoneisa, "Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005 Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum," *Peratur. Pemerintah No. 16 Tahun 2005 Pengemb. Sist. Penyediaan Air Minum*, vol. 7, no. 2, pp. 147–173.

[4] Kementerian PU RI, "Permen PU No 20 Tahun 2006," vol. 2006, no. 1, pp. 1–14, 2006.

[5] M. I. Haq, S. Suyanto, and U. Udiyanto, "PEMANFAATAN INFORMASI GEOSPASIAL DALAM MENDUKUNG KINERJA DAN PELAYANAN PDAM Studi Kasus di PDAM Kota Probolinggo dan PDAM Kab Lumajang," *Semin. Nas. Geomatika*, vol. 3, p. 619, Feb. 2019, doi: 10.24895/sng.2018.3-0.1020.

[6] E. C. Pratama, "PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM KOTA PROBOLINGGO," Surabaya, 2017.

[7] K. PUPR, "Modul Proyeksi Kebutuhan Air Dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air," *Perenc. Jar. Pipa Transm. Dan Distrib. Air Minum*, pp. 1–16, 1996.

[8] T. J. Permatasari and E. Apriliani, "Optimasi Penggunaan Koagulan Dalam Proses Penjernihan Air," *J. Sains dan Seni Pomits*, vol. 2, no. 1, pp. 6–11, 2013.

[9] S. Pasaribu, "Pengetahuan dan Sikap Masyarakat Tentang Pengolahan Air Tala Menjadi Sumber Air Bersih Dengan Saringan Sederhana Di Dusun Sejahtera Desa Ronggurnihuta Kecamatan Ronggurnihuta Kabupaten," 2019.

[10] R. G. Bhaskoro and T. Ramadhan, "EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM (IPAM) KARANGPILANG I PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA SECARA KUANTITATIF | Bhaskoro | Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan," 2018, Accessed: May 28, 2021. [Online]. Available: https://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/article/view/20776/14078.

[11] R. Ratnawati and Sugito, "PROSES DESINFEKSI PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK MENJADI AIR BERSIH SEBAGAI AIR BAKU AIR MINUM Rhenny Ratnawati dan Sugito*)," *Core*, 2013.

[12] M. D. Miroj, "Penentuan Titik Peletakan Booster Klor Di Jaringan Distribusi IPA Kedunguling PDAM Delta Tirta Sidoarjo," 2020.

[13] Handriyanto, "Pendeteksian Gas Klor Dan Analisis Kualitas Air Pdam Di Titik Terjauh Dan Pemahaman Masyarakat Terhadap Gas Klor Di Wilayah Pelanggan Ipa Jurug Kota Surakarta," vol. 9, no. 1, pp. 76–99, 2010.

[14] C. K. Pekerjaan Umum, "LAPORAN AKHIR Penyusunan Rencana Induk Sistem Pelayanan Air Minum (RI-SPAM)," 2015.

[15] BPSDM, "MODUL RESERVOIR," 2018.

[16] D. Agustina, "Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih PDAM Kecamatan Banyumanik Di Perumnas Banyumanik," p. 25, 2007, Accessed: May 28, 2021.

[17] S. Nugroho, I. Meicahayanti, and J. Nurdiana, "Analisis Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 (Studi Kasus di Kelurahan Harapan Baru, Kota Samarinda) ," *Teknik*, 2018, Accessed: May 28, 2021. [Online]. Available: https://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/view/15192/13726.

[18] L. Deriana and H. Herawati, "Analisis Kehilangan Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Tirta Melawi," *JeLAST J. PWK, Laut, Sipil, Tambang*, vol. 6, no. 1, pp. 278–285, 2021, [Online]. Available: https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/32316.