

**OPTIMALISASI JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM
MENGUNAKAN PENERAPAN DISTRICT METER AREA (DMA)
PADA PDAM KABUPATEN PASAMAN BARAT
UNIT SIMPANG AMPEK**

***OPTIMALIZATION OF WATER DISTRIBUTION NETWORK USING
DISTRICT METER AREA (DMA) ESTABLISHMENT AT PDAM
KABUPATEN PASAMAN BARAT UNIT SIMPANG AMPEK***

Ziad Abdul Rozaq¹ dan Rofiq Iqbal²

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan

Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10 Bandung 40132

¹ziad.ojaq@gmail.com, ²iqbal.rofiq@gmail.com

Abstrak: Unit Simpang Ampek merupakan salah unit PDAM di Kabupaten Pasaman Barat, unit ini berada di pusat pemerintahan dan pemukiman dengan jumlah penduduk dan peningkatan jumlah penduduk tertinggi. Selain itu, unit Simpang Ampek memiliki jumlah pelanggan PDAM terbesar yaitu 4.116 sambungan dari total 7.816 sambungan di Kabupaten Pasaman Barat pada bulan Januari 2017. Sambungan pipa ini kerap kali mengalami kebocoran air sehingga PDAM Kabupaten Pasaman Barat termasuk kategori sakit dengan kebocoran mencapai 55,7% dari debit air yang didistribusikan. Oleh karena itu, PDAM harus mampu mengembangkan strategi pendekatan proaktif dalam melakukan analisis, desain, dan manajemen jaringan distribusi air melalui sistem komputasi dengan simulasi melalui perangkat lunak. Salah satu bentuk pendekatan tersebut adalah pembentukan sistem District Meter Area (DMA). Penelitian ini menggunakan 3 skenario, skenario 1 yang terdiri dari 3 zona dengan maksimal layanan 700-1.800 SR per zona, skenario 2 yang terdiri dari 4 zona dengan maksimal layanan 500-1.600 SR per zona, dan skenario 3 yang terdiri dari 5 zona dengan maksimal layanan 500-1.100 SR per zona. Berdasarkan rasio investasi, ketiga skenario tersebut masuk dalam kategori layak dengan rasio investasi sebesar 0.6 untuk skenario 1 dan 2, dan 0.7 untuk skenario 3.

Berdasarkan hasil analisa teknis dan finansial, DMA skenario 3 terpilih sebagai desain yang efektif diterapkan karena pada penerapan DMA skenario 3 ini, membagi wilayah layanan distribusi Unit Simpang Ampek menjadi 5 zona. Berdasarkan hasil simulasi Epanet, Jumlah Node dengan tekanan di bawah 10 m paling kecil, yakni 9,6%. Selain itu ditinjau dari finansial, penerapan DMA Skenario 3 ini membutuhkan biaya investasi sebesar Rp 2.322,150,000,- dengan NPV, BCR dan PP selama periode analisis 18 tahun berturut-turut sebesar Rp 33.065.419.570,- ; 1,11 ; dan 10,01 tahun. Desain DMA skenario 3 ini memiliki ukuran zona layanan yang relatif kecil untuk meningkatkan kesadaran “awarness” kebocoran pipa, perbaikan kebocoran secara aktif, mempermudah operasional penurunan kehilangan air fisik yang pada akhirnya akan mempercepat penurunan angka kehilangan air fisik.

Kata kunci: Simpang Ampek, PDAM, DMA, epanet

Abstract:

Unit Simpang Ampek is one of PDAM unit in West Pasaman regency, This unit is in the centre of government and residential area, with the highest population and highest population growth rate. Moreover, Unit Simpang Ampek has the highest number of consumer, with 4,116 of service connection from total 7,816 in January 2017. However, sometimes leakage occurs from this connection. This causes this PDAM belong to bad service category with percentage of leakage reaches 55.7% of total distributed water. Due to this condition, PDAM must develop strategy using proactive approach in analysing, design, and management of water distribution using computerizing system and software simulation. One of approaches that can be implemented is District Meter Area (DMA). This study uses 3 scenarios. The first scenario consists of 3 zones with the number of service connection between 700 and 1.800 per zone, the second scenario consists of 4 zones with the number of service connection between 500 and 1.600 per zone, the third scenario consists of 5 zones with the number of service connection between 500 and 1.100 per zone. Base on investment ratio, all these three scenarios are in feasible category with ratio investment 0.6 for the first and the second scenarios, and 0.7 for the third scenario.

Based on the results of technical and financial analysis, DMA scenario 3 was chosen as an effective design applied because in the application of DMA scenario 3, divide the distribution service area of Simpang Ampek into 5 zones. Based on the Epanet simulation result, the Number of Nodes with the pressure below 10 m is the smallest, is 9.6%. In addition, in terms of financial, the implementation of DMA Scenario 3 requires an investment cost of Rp 2,322,150,000, - with NPV, BCR and PP over the 18-year analysis period in a row of Rp 33,065,419,570, -; 1.11; and 10.01 years. The DMA scenario 3 design has a relatively small service zone size to raise awareness of pipeline leakage, active leak repair, simplify operational reduction in physical water loss which will eventually accelerate the reduction in physical water loss.

Keywords: Simpang Ampek, PDAM, DMA, Epanet

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan prasarana dan sarana air minum terus dilaksanakan secara berkesinambungan oleh pemerintah. Hal ini dilakukan dalam rangka meningkatkan cakupan pelayanan kepada masyarakat. Tantangan dalam penyediaan air minum semakin besar seiring dengan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi. Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) bertujuan membangun, memperluas dan/atau meningkatkan sistem fisik (teknik) dan non fisik (kelembagaan, manajemen, keuangan, peran serta masyarakat, dan hukum) dalam kesatuan yang utuh untuk melaksanakan penyediaan air minum kepada masyarakat menuju keadaan lebih baik (PP Nomor 16 Tahun 2005).

Tantangan ke depan lainnya adalah target Rencana Pembangunan Infrastruktur Jangka Menengah Nasional (RPIJMN) 2015-2019 berupa percepatan pencapaian target pelayanan air minum sebesar 100% pada tahun 2019. Sebagai penyelenggara SPAM maka pengelolaan SPAM oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) perlu dipantau dan dievaluasi melalui suatu ukuran tingkat keberhasilan pengelolaan. Tingkat keberhasilan pengelolaan SPAM oleh PDAM dapat diukur melalui penilaian terhadap kinerjanya. Penilaian kinerja ini merupakan hasil pengembangan yang disusun oleh tim BPPSPAM bekerjasama dengan BPKP, Perpamsi dan beberapa PDAM yang didasarkan pada 4 (empat) aspek kinerja yaitu: aspek keuangan, aspek pelayanan, aspek operasional dan aspek sumber daya manusia. Masing-masing aspek dirinci ke dalam beberapa indikator penilaian dengan tujuan untuk lebih memberikan kecermatan dalam melakukan penilaian. Hasil penilaian kinerja diklasifikasikan ke dalam 3 (tiga) kategori, yaitu: PDAM Sehat, PDAM Kurang Sehat dan PDAM Sakit.

Untuk SPAM di Kabupaten Pasaman Barat terdiri atas SPAM perpipaan dan SPAM non perpipaan. SPAM perpipaan terbagi dua yaitu SPAM perpipaan yang dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan SPAM perpipaan yang dikelola oleh masyarakat dengan bantuan pemerintah melalui program-program pemberdayaan masyarakat seperti Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (PAMSIMAS) dan Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat (PNPM). Persentase pelayanan SPAM perpipaan oleh PDAM Kabupaten Pasaman Barat hanya sebesar 11,4 % dengan kehilangan air mencapai 55,7% (BPPSPAM, 2014). Pelayanan SPAM yang dikelola masyarakat melalui program PAMSIMAS memiliki persentase pelayanan sebesar 10,48%, melalui program PNPM sebesar 1,46% dan non perpipaan individu 73,50% (Serlina, 2014).

Kabupaten Pasaman Barat adalah salah satu kabupaten di Provinsi Sumatera Barat yang terdiri dari 11 kecamatan dengan jumlah penduduk pada tahun 2014 sebesar 401.624 jiwa. Saat ini PDAM Kabupaten Pasaman Barat berada pada katagori sakit berdasarkan laporan kinerja PDAM oleh BPPSPAM 2014. Kehilangan air fisik atau kebocoran, mengalihkan air yang semestinya terdistribusi sampai ke masyarakat menjadi tidak terjangkau karena terjadinya penurunan tekanan pada aliran distribusi.

PDAM Kabupaten Pasaman Barat memiliki 8 unit pelayanan yaitu Unit Simpang Ampek, Unit Talu, Unit Kajai, Unit Simpang Tigo, Unit Kinali, Unit Ujung Gading, Unit Sasak dan Unit Air Bangis. Unit Simpang Ampek memiliki jumlah pelanggan yang terbesar yaitu pada bulan Januari 2017 sebanyak 4.116 sambungan dari total 7.163 sambungan. Debit pemakaian air Unit Simpang Ampek bulan januari 2017 sebesar 57.816 m³ dari total pemakaian air di setiap unit sebesar 85.822 m³. Unit Simpang Ampek merupakan pusat pemerintahan dan pemukiman, dimana jumlah penduduk dan peningkatan jumlah penduduk paling tinggi seiring dengan kompleksitas permasalahan penyaluran sistem distribusi air minumannya khususnya untuk kehilangan air.

Sebagai perusahaan air minum yang melayani penduduk di Kabupaten Pasaman Barat, PDAM harus mampu mengembangkan strategi untuk mengubah pendekatan dalam melakukan analisis, desain, dan manajemen jaringan distribusi air dari pendekatan pasif menjadi proaktif, pendekatan cerdas yang didasarkan pada perkembangan teknologi monitoring tersebut melalui sistem komputasi dengan simulasi melalui perangkat lunak. Maka itu perlu peningkatan pengelolaan terhadap jaringan distribusi khususnya untuk Unit Simpang Ampek dengan pembentukan sistem *District Meter Area* (DMA) sebagai salah satu upaya penanganan permasalahan tersebut. Oleh karena itu, perlu sebuah sistem penanganan serta kajian teknis dan finansial yang mana selanjutnya akan didapatkan sebuah rekomendasi secara teknis maupun finansial demi terwujudnya pembuatan sistem DMA yang baik agar upaya penurunan kehilangan air dapat berjalan dengan baik dan menguntungkan PDAM Kabupaten Pasaman Barat khususnya Unit Simpang Ampek.

Hipotesis

Pengaliran distribusi air PDAM Kabupaten Pasaman Barat khususnya unit Kecamatan Pasaman saat ini belum optimal. Penerapan sistem DMA merupakan langkah efektif dalam membantu mendeteksi kebocoran air, mengelola tekanan dan kontinuitas yang akhirnya dapat membantu meningkatkan kualitas layanan serta sejalan dengan peningkatan pendapatan PDAM Unit Simpang Ampek Kabupaten Pasaman Barat.

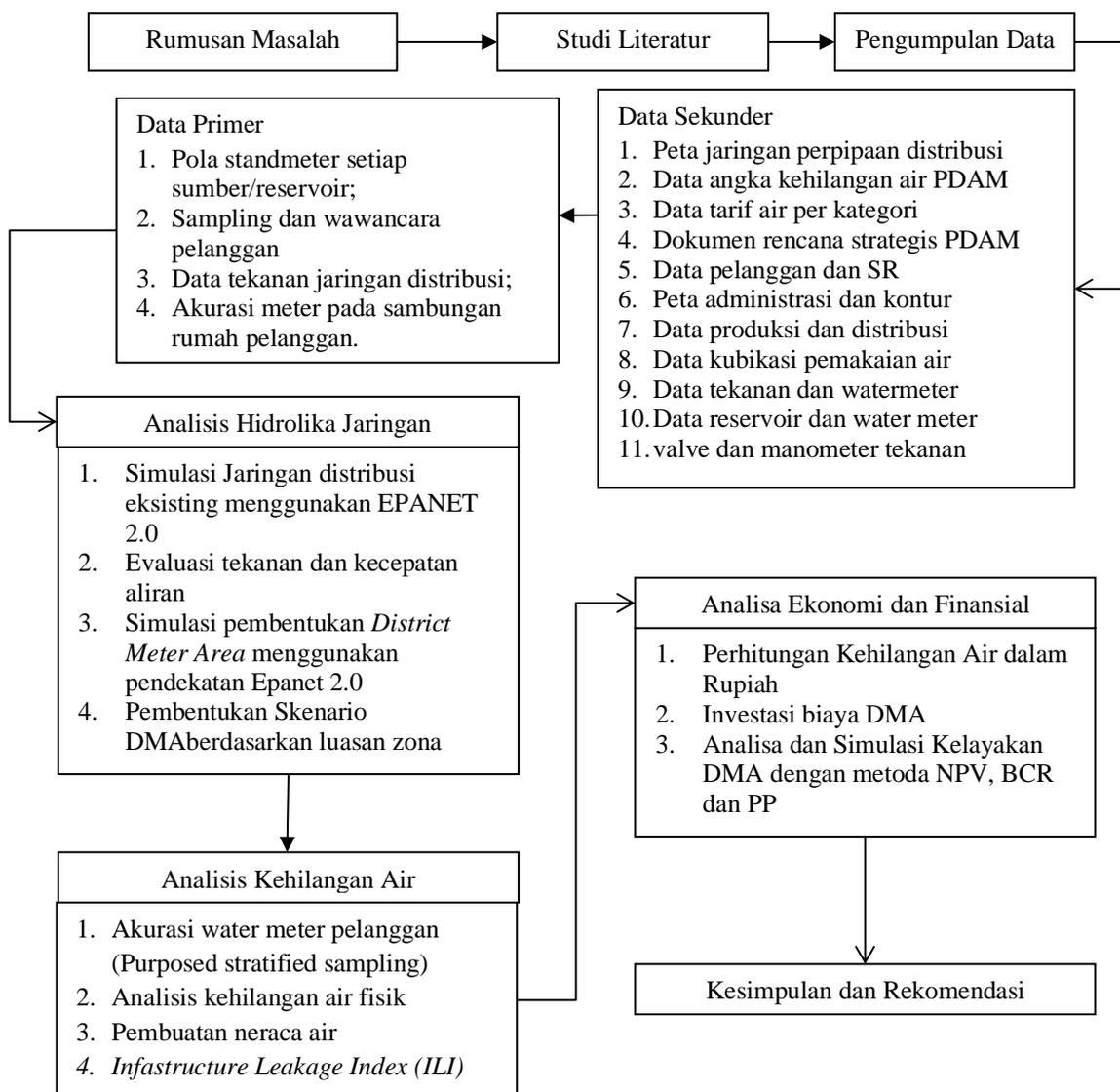
METODOLOGI PENELITIAN

Objek Penelitian

Pelaksanaan penelitian difokuskan pada kehilangan air yang terjadi pada sistem distribusi di PDAM Kabupaten Pasaman Barat dikhususkan pada wilayah layanan Unit Simpang Ampek. Penelitian ini tidak membahas tentang kualitas air pada jaringan distribusi. Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat ada **Gambar 1**.

Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian meliputi rumusan masalah, pengumpulan data, analisis kehilangan air, analisis hidrolika jaringan distribusi, dan analisis kelayakan finansial.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

1. Analisis Hidrolika Jaringan

- a) Simulasi perangkat lunak Epanet 2.0
- b) Evaluasi tekanan dan kecepatan aliran

2. Analisis Kehilangan Air

Analisis kehilangan air dilakukan dengan cara observasi dan pengukuran langsung dilapangan yang meliputi:

- a) Akurasi meter air pelanggan (asumsi kehilangan air non fisik)
- b) Asumsi kehilangan air fisik
- c) Penyusunan Neraca Air (Water Ballance)
- d) Perhitungan *Infrastructure Leakage Index* (ILI)

3. Analisis Ekonomi dan Finansial

- a) Kehilangan air dalam rupiah/tahun
- b) Inventarisasi biaya penerapan DMA
- c) Analisa kelayakan DMA dengan metode NPV dan PP

HASIL DAN PEMBAHASAN

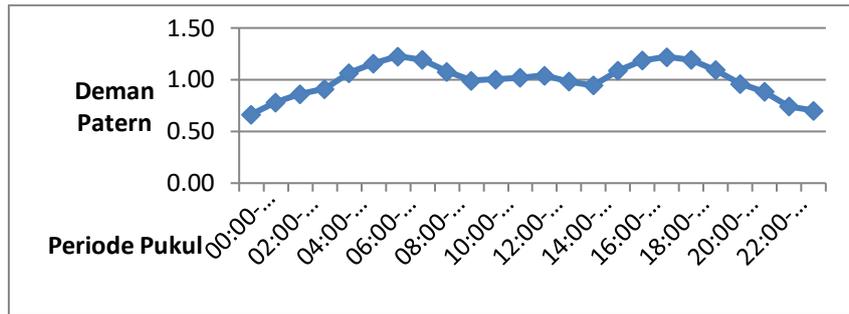
1. Kondisi Eksisting Wilayah Studi

Khusus PDAM Unit Simpang Ampek memiliki 4 sumber air baku. Sumber air tersebut antara lain sumber air baku Ladang Rimbo, Sapik Udang, Batang Sopan dan terakhir yang baru di operationalkan pada tahun 2015 yaitu sumber Batang Pinaga. Daerah pelayanan unit Simpang Ampek diperkirakan jumlah penduduk terlayani adalah 20.500 jiwa atau sebesar 38,08%. Kondisi sistem produksi Unit Simpang Ampek dan peta lokasi sumber air baku dapat dilihat pada **Gambar**



Gambar 2 Jaringan Distribusi PDAM Unit Simpang Ampek Kabupaten Pasaman Barat (<http://103.78.81.30:8080/gis>, 2017)

Berdasarkan wawancara dan kuisisioner maka dibuat grafik fluktuasi konsumsi air (*demand patern*) harian per jam seluruh pelanggan di wilayah layanan PDAM Unit Simpang Ampek, seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.

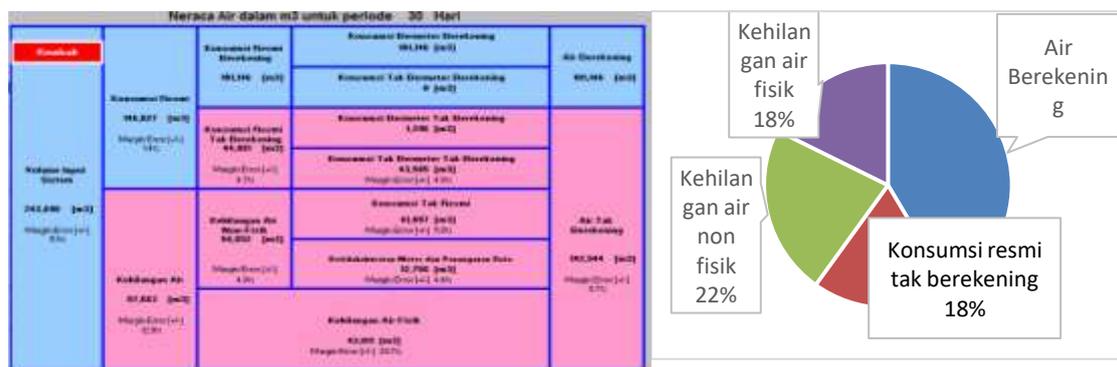


Gambar 3 Grafik fluktuasi konsumsi air pelanggan di wilayah PDAM Unit Simpang Ampek (Hasil Olahan Penelitian, 2017)

2. Hasil dan Analisis Neraca Air Wilayah Studi

Berdasarkan uraian komponen penyusunan kehilangan air yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, yang mana telah dilakukan input data pada *software WB EasyClac* untuk pembuatan neraca air di wilayah studi, yakni selama periode analisis Bulan Januari 2017 (30 hari), maka didapatkan output neraca air tersebut terdiri dari beberapa periode waktu, diantaranya neraca harian, bulanan, dan tahunan. Berdasarkan neraca air hasil simulasi *software WB EasyClac* selama periode Bulan Januari 2017 (30 hari), didapatkan volume air tak berekening di wilayah layanan PDAM Unit Simpang Ampek sebesar 142.544 m^3 atau sebesar 58,5% dengan besarnya kehilangan air sebesar 97.663 m^3 atau sebesar 40%. Selanjutnya, besarnya kehilangan air tersebut didominasi oleh kehilangan air fisik sebesar 43.011 m^3 atau sebesar 17,6%, dan 54.652 m^3 atau sebesar 22,4% untuk kehilangan air non-fisik, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar IV.13.

Tingginya kehilangan air fisik ini disebabkan oleh adanya kebocoran pipa distribusi yang terlihat maupun tidak terlihat (*Background Leakage*), kebocoran akibat fitting dan sambungan pipa, serta kebocoran yang terjadi di pipa persil sambungan rumah hingga ke meter air pelanggan. Sementara itu, kehilangan air non fisik disebabkan oleh konsumsi tak resmi yang dilakukan oleh masyarakat serta masih adanya kesalahan pada bacaan meteran (tidak akurat *water meter*)



Gambar 4 Neraca air wilayah layanan PDAM Unit Simpang Ampek periode Bulan Januari 2017 (Data Primer Penelitian, 2017)

Kerugian akibat kehilangan air fisik (Rp/tahunan) = Rp. 2.498.738.400 /tahun

3. Infrastructure Leakage Index (ILI)

$$\text{Indeks Kebocoran (ILI)} = \frac{\text{CAPL}}{\text{MAAPL}} = \frac{1.433.687,7}{93.025} = 15,4 \approx 15$$

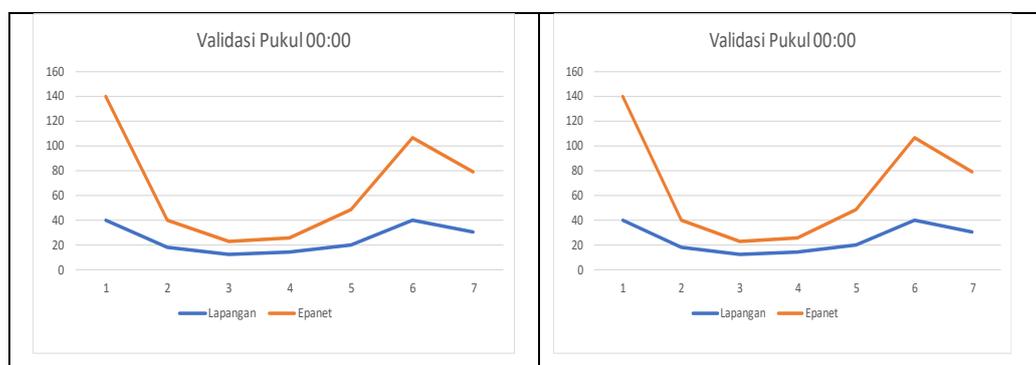
Dengan nilai ILI yang diketahui sebesar 15 pada tekanan rata-rata 15,1 m, wilayah layanan distribusi PDAM Unit Simpang Ampek masuk dalam kategori C untuk daerah yang sedang berkembang, sehingga didapatkan hasil penilaian untuk menentukan tindak lanjut dari hasil perhitungan sehingga memudahkan dalam mengambil keputusan untuk pengendalian kehilangan air yakni “Telah terjadi pemborosan sumber daya secara luar bisa, sehingga program penurunan kehilangan air sangat penting dan merupakan prioritas utama” (*International Water Association*).

4. Simulasi Epanet Jaringan Distribusi Wilayah Studi

Terdapat perbedaan antara hasil tekanan lapangan dengan output tekanan hasil simulasi Epanet. Ini disebabkan karena adanya “faktor x” yang diantaranya berupa ketidakakuratan input data, kurang telitinya faktor kehilangan air, dll. Hal inilah yang kemudian menyebabkan hasil simulasi menjadi kurang sempurna dan menyebabkan output tekanan yang dihasilkan Epanet selalu lebih tinggi daripada tekanan lapangan. Namun jika dilihat dari pola output data tekanan, model Epanet ini cukup memiliki keseragaman pada masing-masing perbedaan tekanan di tiap titik validasi.

5. Validasi Model Jaringan Distribusi Epanet

Terdapat perbedaan antara hasil tekanan lapangan dengan output tekanan hasil simulasi Epanet. Ini disebabkan karena adanya “faktor x” yang diantaranya berupa ketidakakuratan input data, kurang telitinya faktor kehilangan air, dll. Hal inilah yang kemudian menyebabkan hasil simulasi menjadi kurang sempurna dan menyebabkan output tekanan yang dihasilkan Epanet selalu lebih tinggi daripada tekanan lapangan. Namun jika dilihat dari pola output data tekanan, model Epanet ini cukup memiliki keseragaman pada masing-masing perbedaan tekanan di tiap titik validasi, yang dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Hasil validasi tekanan model epanet

6. Simulasi Pembentukan *Distric Meter Area* (DMA)

Setelah mendapatkan hasil simulasi model epanet, selanjutnya dilakukan validasi. Adapun hasil validasi pada **Gambar 5** menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan antara tekanan lapangan dengan tekanan hasil simulasi, terlihat pula memiliki pola sebaran data yang cukup seragam, sehingga model epanet dapat dikatakan valid untuk kemudian dilakukan simulasi pembentukan DMA dengan 3 skenario berdasarkan ukuran zona pelayanan. Adapun gambaran ketiga skenario ini dapat dilihat pada **Gambar 6** di bawah ini.



Gambar 6 Desain DMA Skenario 1, 2, dan 3

Adapun rekapitulasi hasil perbandingan seluruh skenario desain DMA berdasarkan faktor teknis yang ditinjau menurut Permen PU No.18 Tahun 2007 dapat dilihat pada **Tabel 1** sebagai berikut:

Tabel 1. Perbandingan teknis 3 skenario DMA (Data Primer Penelitian, 2017)

Kondisi	Jumlah Node	Jumlah Node dengan Tekanan di Bawah 10 m	Jumlah Link	Jumlah Link dengan Kecepatan dibawah 0,3 m/s
Eksiting (Tanpa DMA)	209	13	243	150
	100%	6,2%	100%	61,72
	6,2% titik lokasi tidak memenuhi standar tekanan		61,72% pipa tidak memenuhi standar kecepatan aliran	
DMA Skenario 1	209	22	243	150
	100%	10,5	100%	61,72
	10,5 % titik lokasi tidak memenuhi standar tekanan (menurun 4,3%)		61,72% pipa tidak memenuhi standar kecepatan aliran (tetap)	
DMA Skenario 2	209	23	243	150
	100%	11%	100%	61,72%
	11% titik lokasi tidak memenuhi standar tekanan (menurun 4,8%)		61,72% pipa tidak memenuhi standar kecepatan aliran (tetap)	
DMA Skenario 3	209	20	243	151
	100%	9,6%	100%	62%
	9,6% titik lokasi tidak memenuhi standar tekanan (menurun 3,4%)		62% pipa tidak memenuhi standar kecepatan aliran (meningkat 3%)	

Berdasarkan hasil rekapitulasi teknis seluruh perbandingan skenario desain DMA yang telah dijelaskan dalam **Tabel 1**, dapat dilihat bahwa perubahan profil hidrolis yang paling baik terjadi pada penerapan DMA skenario 3 dengan penurunan tekanan yang terjadi hanya pada 3,4 % jumlah lokasi eksisting dan peningkatan kecepatan aliran sebesar 0,28 % jumlah ruas perpipaan dari kondisi eksisting sebelumnya.

Selanjutnya ditinjau dari segi pembiayaan investasi, berdasarkan pembahasan biaya investasi penerapan DMA untuk skenario 1, 2, dan 3 dalam **Tabel 2** berikut ini disajikan kembali rekapitulasi perbandingannya, yakni sebagai berikut:

Tabel 2 Perbandingan biaya 3 skenario DMA (Data Primer Penelitian, 2017)

Skenario DMA	Biaya (Rp)
DMA 1	2.539.179.750,-
DMA 2	2,375,551,000-
DMA 3	2.862,902,250,-

Dapat dilihat bahwa DMA skenario 2 memiliki pembiayaan yang paling murah, sementara itu pembiayaan termahal dimiliki oleh DMA skenario 3. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan peralatan dalam penerapan DMA skenario 2 tersebut lebih sedikit jika dibandingkan dengan opsi penerapan DMA pada skenario lainnya (skenario 1 dan skenario 3).

7. Penentuan Skenario Desain DMA Terpilih dan Rekomendasi

Berdasarkan simulasi model jaringan distribusi epanet pada masing-masing skenario desain DMA, Jumlah Node dengan Tekanan di Bawah 10 m, skenario DMA 3 yang paling kecil, yakni 9,6%. Selanjutnya ditinjau dari kehilangan air fisik di akhir periode analisis, desain DMA skenario 3 yang memiliki sisa kehilangan air yang terendah, yakni 0,7 %. Ditinjau dari ukuran zona, skenario DMA 3 memiliki jumlah DMA yang terbanyak dalam satu wilayah analisis, yakni 5 buah DMA dengan masing-masing ukuran zona pelayanan yang relatif kecil, yakni rata-rata melayani 500-110 SR per DMA. Berdasarkan beberapa pertimbangan inilah kemudian dipilih Skenario DMA 3 sebagai desain DMA terpilih untuk diterapkan di wilayah layanan PDAM Unit Simpang Ampek Kabupaten Pasaman Barat. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada **Tabel 3** dibawah ini.

Tabel 3 Rekapitulasi perbandingan skenario desain DMA menurut aspek teknis dan finansial

Skenario DMA	Parameter				
	Finansial			Teknis	
	NPV	BCR	PP (Tahun)	Jumlah Node dengan Tekanan di Bawah 10 m	% Kehilangan Air Air Akhir Priode (2035)
1	Rp. 20.164.103.068	1.07	10,94	10,5	6,8%
2	Rp. 26.470.217.790	1,09	10,32	11%	2,7%
3	Rp. 33.065.419.570	1,11	10,01	9,6%	0,7%
	Eksisting			6,2	18%

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Puncak konsumsi air harian per jam pada PDAM unit Simpang Ampek terjadi pada pukul 06:00-07:00 dan pemakaian minimum terjadi pada pukul 00:00-01:00. Sedangkan total pemakaian air bulanan sebesar 243.69 m³/bulan dengan rata-rata konsumsi per jam sebesar 94 liter/detik. Persentase neraca air terdiri dari 42% konsumsi air berekening, 18% konsumsi air tak berekening, 18% kehilangan fisik, dan 22% kehilangan air non fisik.
2. Dengan biaya rata-rata produksi/distribusi sebesar 5,351 per m³ dan tarif rata-rata penjualan sebesar 4,775 per m³. Maka diperoleh kerugian akibat kehilangan air non fisik sekitar 3.6 milyar rupiah/tahun, dan kerugian akibat kehilangan air fisik sekitar 2.5 milyar rupiah/tahun. Dari perhitungan diperoleh nilai Infrastructure Index Leakage (ILI) sebesar 15, dimana angka ini menandakan bahwa PDAM Unit Simpang Ampek masuk dalam kategori negara sedang berkembang dengan kinerja teknis C.
3. Ada 3 skenario desain DMA yang dapat diterapkan pada penelitian ini, skenario 1 yang terdiri dari 3 zona dengan maksimal layanan 700-1.800 SR per zona, skenario 2 yang terdiri dari 4 zona dengan maksimal layanan 500-1.600 SR per zona, dan skenario 3 yang terdiri dari 5 zona dengan maksimal layanan 500-1.100 SR per zona. Berdasarkan rasio investasi, ketiga skenario tersebut masuk dalam kategori layak dengan rasio investasi sebesar 0.6 untuk skenario 1 dan 2, dan 0.7 untuk skenario 3.
4. Berdasarkan hasil analisa teknis dan finansial, DMA skenario 3 terpilih sebagai desain yang efektif diterapkan karena pada penerapan DMA skenario 3 ini, membagi wilayah layanan distribusi Unit Simpang Ampek menjadi 5 zona. Berdasarkan hasil simulasi Epanet, Jumlah Node dengan tekanan di bawah 10 m paling kecil, yakni 9,6%. Selain itu ditinjau dari finansial, penerapan DMA Skenario 3 ini membutuhkan biaya investasi sebesar Rp 2.322.150.000,- dengan NPV, BCR dan PP selama periode analisis 18 tahun berturut-turut sebesar Rp 33.065.419.570,- ; 1,11 ; dan 10,01 tahun. Desain DMA skenario 3 ini memiliki ukuran zona layanan yang relatif kecil untuk meningkatkan kesadaran “awareness” kebocoran pipa, perbaikan kebocoran secara aktif, mempermudah operasional penurunan kehilangan air fisik yang pada akhirnya akan mempercepat penurunan angka kehilangan air fisik

Saran

1. Selain perencanaan teknis, PDAM Unit Simpang Ampek harus mempunyai perencanaan non teknis dari penerapan DMA, seperti terkait struktur penanggung jawab *District Meter Area*, rencana anggaran pendanaan, *Standard Operasional Prosedur*, dan target lebih rinci dalam penurunan kehilangan air setiap tahun berjalan.
2. Sebaiknya dilakukan analisa teknis dan finansial secara lebih rinci untuk PDAM unit Simpang Ampek, untuk mendukung sistem *District Meter Area*.
3. Dalam penginputan data simulasi *software* epanet dan WB Easycalc masih digunakan beberapa asumsi untuk beberapa data input teknis, sebaiknya dilakukan survey lebih lanjut untuk mendapatkan data yang lebih sesuai dengan kondisi eksisting, sehingga nantinya akan diperoleh hasil simulasi yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Layla, A. M. (1980). *Water Supply Engineering Design*. Ann Arbor Science. United State of America: Ann Arbor Science.
- BPPSPAM. (2014). *Pedoman Penurunan Air Tak Berekening (Non Revenue Water)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum BPPSPAM.
- BPPSPAM. (2015). *Kinerja PDAM 2014 Wilayah I*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Fair, G. d. (1968). *Water and Wastewater Engineering Volume II*. Turonto: John Wiley and Sons .
- Farley, M. (2012). *The Manager's Non-Revenue Water*. Malaysia: Ranhill Utilitie Berhad.
- Haerdie, J. d. (1978). *Hardie's Textbook of Pipeline Design*. . Publication Departemen.
- John, M. d. (2009). *An approach to leak detection in pipe networks using analysis of monitored pressure values by support vector machine*. IEEE Computer Society.
- Permen PU 18/PRT/M, P. P. (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum.
- Rossman, L. A. (2000). *EPANET 2 USERS MANUAL*. Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory.
- Sari, P. R. (2012). *Analisis Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Bengkuring (Perumahan Bengkuring, Kelurahan Sempaja Selatan)*. Samarinda: Universitas Mulawarman.
- Setiabudi, d. (2012). *Analisa Kinerja Jaringan dan Tingkat Kepuasan Pelanggan PDAM Kota Ungaran Kabupaten Semarang (Vol. 33)*. Semarang: Teknik.
- Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional, Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Tanjung, Z. (2013). *Kajian Kehilangan Air Pada Wilayah Pelayanan PDAM (Tirta Nauli)*. Medan: Universitas Sumatera Utara .
- Thornton, J. R. (2008). *Water Loss Control*. United State of America: Second Edition. McGraw-Hill.
- Wegelin, W. M. (2011). Benchmarking and tracking of water losses in all municipalities of South Africa. *Magazine of the South African Institution of Civil Engineering. Volume 19 (5)*, pp. 22-29.