

## **ANALISA KEHILANGAN AIR ( *NON REVENUED WATER* ) PADA JARINGAN SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM (SPAM) Studi Kasus : Kecamatan Mengwi**

*I Wayan Diasa<sup>1</sup>, I Ketut Soriarta<sup>2</sup> Ida Bagus Gede Suryawan<sup>3</sup>  
surya\_born@yahoo.com; wayandiasa1963@gmail.com; soriarta88@gmail.com*

Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Ngurah Rai

### **ABSTRAK**

*Air minum merupakan salah satu kebutuhan dasar yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup umat manusia. Sejalan dengan pentingnya peranan dan fungsi air minum, perlu direncanakan suatu sistem penyediaan air minum (SPAM). Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Mangutama Kabupaten Badung merupakan badan usaha milik daerah yang bergerak dalam distribusi air bersih bagi masyarakat umum. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum adalah satu kesatuan sistem dari sarana dan prasarana air minum. Berdasarkan data (BPPSPAM, 2015) menunjukkan bahwa Kabupaten Badung memiliki tingkat kehilangan air sebesar 22%. Kehilangan air adalah perbedaan antara volume air yang di distribusikan dengan volume air yang dikonsumsi yang tercatat. Secara garis besar kehilangan air dibagi menjadi dua yaitu kehilangan fisik dan kehilangan non fisik.*

*Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data primer yang diambil dan diukur langsung dari lapangan serta data sekunder yang dipakai untuk menunjang penelitian. Lokasi kegiatan Pengendalian Kebocoran (NRW) PDAM Kabupaten Badung adalah di wilayah Kecamatan Mengwi. Luas wilayah administrasi Kecamatan Mengwi adalah 82,00 km<sup>2</sup> dengan daerah pelayanan 40,29 km<sup>2</sup>. Untuk mempermudah kegiatan penelitian pada jaringan distribusi dilakukan pemetaan pipa per segmen dimana menemukan kehilangan tekanan akibat kebocoran pada sistem jaringan.*

*Dari hasil analisis yang dilakukan di jaringan pipa didapat tidak ada penurunan tekanan yang signifikan di segmen A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, sehingga penyebab kebocoran sebesar 22,94% /tahun adalah bias antara biaya produksi sebesar 19.165 m<sup>3</sup> dengan rekening yang tercatat pada meteran air sebesar 14.901 m<sup>3</sup>. Sehingga terjadinya selisih pencatatan antara air produksi dengan daftar rekening ditagih sebesar 4.264 m<sup>3</sup>. Besarnya kerugian akibat kebocoran pada SPAM adalah Rp. 30.132.289,- /tahun.*

**Kata kunci :** *Persentase kehilangan air (NRW), Kehilangan air dalam rupiah, Hidrolis jaringan pipa*

### **ABSTRACT**

*Plain water is one of primer needs that needed human life. As way as crucial role and function of plain water, need to plan a system of supplying plain water (SPAM). A company of plain water area (PDAM) Tirta Mangutama Badung regency is one of company area's owners that run in distribution plain water for public society. The rule of Cabinet Minister public worker No :18/PRT/M/2007 about implementation of development system of supplying plain water is one unit system from tool and infrastructure plain water. Based on data (BPPSPAM, 2015) points that Badung regency had loss water around 22%. Loss water is distinguished between water volume consumption records. In the big line loss water divided by two such as loss physical and loss nonphysical.*

*The data's that needed in this research such as primer data that taken and measure direct to range and secondary that used for supporting this research. The location os restraint leak PDAM Badung regency is in the Mengwi district. The large of administration area Mengwi district is 82, 00 Km<sup>2</sup> with service area 40,29 km<sup>2</sup>. For easier research activity on web distribution is doing pipe mapping per segment which found loss of pressure the effect of leak on map system.*

*According to analysis that was done on pipe mapping was gotten there is no descent pressure that significant on segment A-B, B-c, C-D, D-E, E-F, so that the cause of loss around 22,94% per year is reflection between the production cost around 19.165 m<sup>3</sup> with record data on water meteran around 14.901 m<sup>3</sup>. So that it happens dispute of record between water production with list bill addicted around 4.264 m<sup>3</sup>. The amount lose out of loss result on SPAM is Rp.30.132.289,-*

**Key words:** *Percentage of water loss (NRW), Loss of water in rupiah, Hydraulic pipeline*  
Dosen<sup>1</sup> Dosen<sup>2</sup> Mahasiswa<sup>3</sup>

## 1. PENDAHULUAN

Provinsi Bali merupakan salah satu bagian dari destinasi dunia yang memiliki kekayaan terbatas. Daya tarik wisata di Bali juga telah menghibur hati para wisatawan melalui berbagai macam tarian, keragaman kuliner dan perayaan-perayaan ritual budaya yang diselenggarakan secara rutin setiap tahunnya.

Sebagai daerah tujuan wisatawan maka memerlukan sarana dan prasarana pendukung di tujuan wisata yaitu dengan adanya ketersediaan air bersih/minum yang memadai. Air minum merupakan salah satu kebutuhan dasar yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup umat manusia. Sejalan dengan pentingnya peranan dan fungsi air minum, perlu direncanakan suatu sistem penyediaan air minum (SPAM). Perusahaan Daerah Air Minum merupakan Badan Usaha Milik Daerah yang bergerak dalam distribusi air bersih bagi masyarakat umum. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.

Kabupaten Badung yang merupakan salah satu kabupaten yang menjadi leading sector industri pariwisata Bali. Dalam mendukung pariwisata tersebut maka diperlukan sarana akomodasi yang memadai dan fasilitas yang layak, diantaranya hotel-hotel, restoran, pengembangan objek wisatawan dan lain sebagainya. Hal ini menjadi salah satu penyebab semakin meningkatnya jumlah pelanggan PDAM sehingga semakin sulit untuk memenuhi tujuan yang harus terpenuhi. Hal tersebut terlihat dari banyaknya masyarakat yang belum terlayani oleh PDAM dan keluhan yang terjadi akibat tidak sesuainya harapan masyarakat dengan pelayanan yang didapat.

Kehilangan air atau Non Revenued Water (NRW) saat ini telah menjadi masalah pokok terkini dalam penyelenggaraan pelayanan penyediaan air bersih/minum perpipaan. Keberhasilan menurunkan Kehilangan air telah menjadi indikator keberhasilan penyelenggara pelayanan PDAM dimanapun berada. Bahkan kehilangan air telah menjadi faktor pengungkit kunci (key leveraging factor) karena pengaruh keberhasilan menurunkan NRW mampu mengungkit semua prestasi pelayanan PDAM secara komprehensif. Mulai dari naiknya mutu pelayanan (kuantitas, kualitas dan kontinuitas), naiknya pendapatan usaha (efisiensi operasi, efektifitas investasi dan laba usaha), meningkatnya mutu konservasi lingkungan hingga penerimaan masyarakat yang lebih baik.

## 2. LANDASAN TEORI

Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) yang berhubungan dengan Kajian Pengendalian Air Tidak Berekening. Disebutkan dalam peraturan itu, yang disebut dengan air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Dalam suatu sistem penyediaan air minum tidak seluruhnya air yang diproduksi instalasi sampai kepada konsumen. Biasanya terdapat kebocoran disana-sini yang disebut dengan kehilangan air. Kehilangan air dari data pengamatan umumnya adalah antara 25% sampai 40% hal ini sangat

tergantung dari pada pengelolaannya. Untuk perencanaan ini kehilangan air dibatasi sebesar kurang lebih 25%.

Kehilangan Air adalah perbedaan antara volume air yang didistribusikan dengan volume air yang dikonsumsi yang tercatat. Secara garis besar kehilangan air dapat digolongkan menjadi dua yaitu kehilangan air secara fisik dan non fisik. Kehilangan air secara fisik diartikan sebagai kebocoran yang secara nyata (fisik) menyebabkan air tidak dapat disalurkan (dijual) kepada pelanggan karena air keluar dari jaringan pipa oleh sebab-sebab tertentu (YPTD, 2006:4)

Secara garis besar, penggunaan dan pemakaian air bersih dalam aktivitas sehari-hari manusia adalah sebagai berikut :

Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti: memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya.

No.	Status	Kelompok Pelanggan	Tingkat konsumsi	Tarif
1	Sosial A	Hidran, Kamar mandi/Wc Umum	Rata - rata	833
		Terminal, Kran Umum		
2	Sosial B	Yayasan sosial, Sekolah, Panti asuhan	0-10 > 10	1197-1704
3	A1-D1	Rumah Tangga	0-10 > 10	2253-5716
4	A2-D2	Rumah Tangga	0-10 > 10	3073-7757
5	A3-D3	Rumah Tangga	0-10 > 10	3911-7757
6	B	Rumah Tangga	0-10 > 10	4749-8168
7	E	Niaga Kecil	0-10 > 10	8165-10615

Tabel. 2.1 Tarif Air Domestik

Sumber : PDAM Tirta Mangutama (2018)

#### Kebutuhan Air Non Domestik

Standar kebutuhan air non domestik sendiri adalah kebutuhan air bersih di luar keperluan rumahtangga.

No.	Status	Kelompok Pelanggan	Tingkat konsumsi	Tarif
1	E2	Niaga Besar	0-10 > 10	8410-13065
2	F1	Industri Kecil	0-10 > 10	8492-15514
3	F2	Industri Besar	0-10 > 10	8578

Tabel.2.2 Tarif Air Non Domestik

Sumber : PDAM Tirta Mangutama (2018)

Kehilangan air secara non fisik didefinisikan sebagai kehilangan air yang tidak nyata kelihatan, umumnya bersifat administrasi, yang meliputi :

1. Penentuan pemakaian air dengan kira-kira.
2. Kesalahan pembacaan dan pencatatan meter air.
3. Adanya sambungan tanpa meter air.

4. Sambungan liar (Illegal connection).
5. Kesalahan administrasi lainnya.

Perhitungan kehilangan air dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu :

1. Metode prosentase

Kehilangan air secara prosentase dapat dihitung dengan rumus

$$H = \frac{S - D}{S} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

H : Kehilangan air dalam persen (%).

S : Jumlah air yang didistribusikan dalam (m3).

D : Jumlah air yang tercatat dalam rekening tagihan (m3)

2. Metode Infrastructure Leakage Index (ILI)

Indek Kebocoran infrastruktur atau Infrastructure Leakage Index (ILI) adalah nilai kinerja kehilangan air yang dibandingkan dengan kebocoran fisik. ILI dihitung dengan cara menimbangkan antara CAPL dari hasil pada Neraca Air dengan MAAPL pada infrastruktur jaringan pipa distribusi.

$$ILI = CAPL / MAAPL \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

CAPL : (*Current Annual Physical Losses*) = Kehilangan Fisik/teknis Tahunan Saat Ini.

3. MAAPL: (*Minimum Achievable Annual Physical Losses*) = Kehilangan Fisik/teknis Tahunan Minimal Yang Dapat Dicapai.

Untuk menentukan nilai CAPL yang merupakan kebocoran pada pipa dinas hingga meter pelanggan dapat diketahui melalui neraca air.

Sedangkan untuk menentukan nilai MAAPL langkah-langkah yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan karakteristik sistem
2. Menentukan jumlah sambungan pipa dinas
3. Menentukan panjangnya pipa induk
4. Menentukan (atau taksirlah ) tekanan rata-rata
5. Menghitung MAAPL dengan menggunakan rumus (empiris)

$$MAAPL \text{ (ltr/hari)} = (18 \times LM + 0.8 \times NC + 25 \times LP) \times P \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

LM= Panjang pipa Induk (km)

NC = Jumlah sambungan rumah atau tapping

LP = Rata – rata panjang pipa dinas dari sambungan rumah di persil pelanggan dikalikan dengan jumlah SR (km)

P = Tekanan Rata – rata (m)

4. Dari teori Reynolds kondisi dimana satu jenis aliran berubah menjadi aliran jenis lain, dan bahwa kecepatan kritis, dimana aliran laminar berubah menjadi aliran turbulen. Keadan ini bergantung pada empat buah besaran yaitu: diameter tabung, viskositas, densitas dan kecepatan linear rata-rata zat cair. Lebih jauh ia menemukan bahwa ke empat faktor itu dapat digabungkan menjadi suatu gugus, dan bahwa perubahan macam aliran berlangsung pada suatu nilai tertentu gugus itu. Pengelompokan variabel menurut penemuannya itu adalah

$$NRe = \frac{D \cdot P \cdot \rho}{\mu} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

D = Diameter pipa ( m )

V = Kecepatan rata-rata zat cair ( m / s )

$\mu$  = Viskositas zat cair ( kg / m.s )

$\rho$  = Densitas zat cair ( kg / m<sup>3</sup>)

5. Prinsip bernoulli menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut.

Neraca air adalah sebuah cara atau metode perhitungan kehilangan air yang dikeluarkan oleh International Water Association (IWA), yang memudahkan dalam menganalisis kehilangan air. Neraca air adalah perbandingan antara produksi dengan konsumsi resmi ditambah kehilangan air (World Bank, dalam Akatirta, 2009).

Tabel 2.3 Neraca Air IWA

Volume Suplai Input Kedalam Sistem	Konsumsi Resmi	Konsumsi Resmi Berekening	Konsumsi Bermeter Berekening	Air Berekening (AR)	
			Konsumsi Tak Bermeter Berekening		
		Konsumsi Resmi Tak berekening	Konsumsi Bermeter Tak Berekening		
			Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening		
	Kehilangan Air	Kehilangan Non Teknis/Komersial		Konsumsi Tak Resmi	Air tak Berekening
				Ketidak-akuratan Meter Pelanggan dan Kesalahan Penanganan Data	
		Kehilangan Fisik/Teknis		Kebocoran Pada Pipa Transmisi dan Pipa Induk	
				Kebocoran dan Limpahan Pada Tangki Reservoir	
		Kebocoran pada pipa Dinas hingga meter pelanggan			

Sumber: World Bank, Dalam Akatirta, (2009)

Dari hasil perhitungan ILI, kemudian bandingkan dengan matriks target, yaitu tabel kehilangan fisik/teknis yang disederhanakan untuk mendapatkan hasil penilaian kinerja relatif PDAM. Hasil penilaian berupa perkiraan kebocoran dalam liter persambungan perhari yang disesuaikan dengan tekanan aliran air dalam sistem jaringan distribusi seperti dalam tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.4 Matrik dan target kebocoran.

Golongan Kinerja Teknik	ILI	Kebocoran [Liter/sambungan/hari] (kondisi dalam tekanan) pada tekanan rata - rata					
		10m	20m	30m	40m	50m	
NEGARA BERKEMBANG	A	1-4	<50	<100	<150	<200	<250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	>200	>400	>600	>800	>1000

Sumber: PDAM Tirta Mangutama Badung,(2018)

Dari hasil perhitungan ILI kemudian dapat dilakukan penilaian sesuai dengan nilai ILI termasuk yang bagus, sedang ataukah yang jelek sesuai dengan kriteria nilai ILI di bawah ini.

Nilai ILI :

1. 1 – 12, bisa dikatakan bagus
2. 12 – 36, bisa dikatakan sedang
3. 36 ke atas, bisa dikatakan sangat jelek.

#### Lokasi Penelitian

Lokasi kegiatan Pengendalian Kebocoran (NRW) PDAM Kabupaten Badung adalah di Wilayah Kecamatan Mengwi terletak antara 08<sup>o</sup>26'36"-08<sup>o</sup>39'16" Lintang Selatan dan 115<sup>o</sup>05'55"-115<sup>o</sup>12'20". Luas wilayah kecamatan Mengwi administrasi 82,00 km<sup>2</sup> dengan daerah pelayanan 40,29 km<sup>2</sup>. Terdiri dari 5 Kelurahan, 15 Desa, 187 Banjar Dinas / Lingkungan dan 38 Desa Adat dengan 211 Banjar Adat. Kecamatan Mengwi juga merupakan Wilayah Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung yang terletak di Kelurahan Sempidi.

### 3. METODE PENELITIAN

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data primer yang diambil dan diukur langsung dari lapangan serta data sekunder yang diambil dari berbagai sumber yang kredibel.

Data - data primer yang diperlukan, antara lain:

1. Wawancara dengan Pelanggan
2. Data Tekanan
3. Data Volume

Sedangkan data-data sekunder yang diperlukan antara lain adalah:

1. Data jumlah SR (sambungan rumah)
2. Data kapasitas sumber, produksi dan distribusi
3. Data jaringan
4. Data perbaikan dan penggantian meter

Teknik pengambilan data dilakukan dengan berbagai macam metode yang disesuaikan dengan sifat data, sebagai berikut:

1. Observasi  
Metode pengamatan terhadap situasi lapangan untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam analisis.
2. Wawancara  
Metode diskusi dan tanya jawab untuk mendapatkan pendukung data sekunder.
3. Studi Literatur  
Metode yang dipakai untuk mendapatkan data sekunder, melalui literatur maupun data-data terdahulu yang sudah dimiliki PDAM.
4. Uji Lapangan

Metode pengambilan data primer yang dilakukan dengan cara pengambilan data langsung dilapangan guna mendapatkan data aktual.

Berdasarkan alir penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut ;

1. Analisis tingkat kehilangan air di wilayah penelitian.
2. Pengumpulan data primer dilakukan untuk mendapatkan data tekanan manometer dan total pemakaian air di pipa jaringan yang ada di wilayah penelitian. Data tersebut di pakai untuk menemukan permasalahan yang harus diteliti dan mengetahui hal-hal yang lebih mendalam. Wawancara secara umum dilakukan untuk bertukar informasi .

Menurut buku laporan evaluasi kinerja PDAM , analisis tingkat kehilangan air dapat dihitung seperti persamaan;

$$\text{Persentase (\%) Kehilangan} = \frac{\sum \text{Air Produksi} - \sum \text{Air Distribusi}}{\sum \text{Air Produksi}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

3. Pengumpulan data sekunder dilakukan untuk mendapatkan data-data produksi dan distribusi total water meter induk produksi dan water meter dan dilakukan pengukuran pemakaian air.
4. Analisis Data Produksi dilakukan untuk mengetahui total input air produksi yang terdistribusi. Baik pada skala global maupun input di wilayah penelitian.
5. Analisis data konsumsi dilakukan untuk mengetahui total pemakaian air yang tercatat dalam water meter baik yang berekening maupun tidak berekening.
6. Analisis tingkat kebocoran total yang didapatkan dengan mengkomparasikan data konsumsi dan data produksi.

Penanggulangan kebocoran fisik dapat dilaksanakan dengan dengan metode sebagai berikut ;

1. Melengkapi as built drawing dilakukan dengan melakukan survei gambar dan lapangan untuk mengetahui persis keadaan wilayah tersebut.
2. Pembentukan segmen wilayah penelitian didasarkan pada kondisi kecamatan Mengwi dengan mengacu pada standar kebocoran.
3. Pengukuran Pemakaian Pelanggan dengan (water meter) induk zona.

Survei rumah ke rumah dilakukan kepada seluruh pelanggan yang menggunakan air PDAM di wilayah kecamatan mengwi. Adapun langkah-langkah untuk menentukan keberadaan illegal connection pada jaringan pipa di pilot area ditempuh langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mengenali indikasi illegal connection, dengan cara memeriksa kondisi fisik meter tersebut, mencatat tekanan manometer dan mencatat putaran angka yang ada di water meter dengan stopwatch.
2. Mencari lokasi illegal connection dengan cara survey ke setiap pelanggan.
3. Pencatatan debit yang hilang.
- 4.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara geografis Kabupaten Badung terletak pada posisi antara 8°14'20" - 8°50'48" Lintang Selatan dan 115°05' 00" – 115°26'16" Bujur Timur dengan luas wilayah 418,52 Km<sup>2</sup> atau sekitar 7,43 % dari dataran Pulau Bali dan terbagi atas 6 wilayah kecamatan.

Kecamatan yang ada di Kabupaten Badung adalah:

1. Kecamatan Kuta Utara;
2. Kecamatan Kuta Selatan;
3. Kecamatan Kuta;
4. Kecamatan Mengwi;
5. Kecamatan Abian Semal;
6. Kecamatan Petang.

Dari 6 kecamatan ini nampak Kecamatan Petang memiliki luas wilayah terbesar yakni 115 Km<sup>2</sup>, sedangkan Kecamatan Kuta merupakan kecamatan yang terkecil dengan luas wilayah 17,52 Km<sup>2</sup>. Dilihat persebaran penduduk antar kecamatan terlihat penduduk di Kecamatan Mengwi yang paling banyak yaitu 108.906 jiwa atau 27,71 % , disusul Kecamatan Abiansemal yaitu 82.171 jiwa atau 20,91 % , sedangkan Kecamatan dengan jumlah penduduk yang paling sedikit yaitu 28.492 jiwa atau 7,25%.

Lokasi kegiatan Pengendalian Kebocoran (NRW) PDAM Kabupaten Badung adalah di Wilayah Kecamatan Mengwi terletak antara 08°26'36"-08°39'16" Lintang Selatan dan 115°05'55"-115°12'20". Luas wilayah kecamatan Mengwi administrasi 82,00 km<sup>2</sup> dengan daerah pelayanan 40,29 km<sup>2</sup>. Terdiri dari 5 Kelurahan, 15 Desa, 187 Banjar Dinas / Lingkungan dan 38 Desa Adat dengan 211 Banjar Adat. Kecamatan Mengwi juga merupakan Wilayah Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung yang terletak di Kelurahan Sempidi.

Tabel 4.1. Luas Wilayah, Sensus Kependudukan di Kabupaten Badung

Kecamatan / Desa	Luas Wilayah	Laki-Laki	Perempuan	Jumlah	Jumlah KK
------------------	--------------	-----------	-----------	--------	-----------

	(Km <sup>2</sup> )				
Kuta Selatan	101.13	36.613	35.103	71.716	17.794
Kuta	17.52	20.480	19.329	39.809	9.516
Kuta Utara	33.86	30.948	30.978	61.926	15.025
Mengwi	82.00	54.012	54.894	108.906	25.095
Abiansemal	69.01	40.935	41.236	82.171	22.457
Petang	115.00	14.340	14.152	28.492	7.661

Sumber : Badung Dalam Angka 2017

### Pengolahan Data Primer

Dari data primer yaitu pengamatan langsung ke lokasi survei, dimana melakukan pengukuran (*measurement*) terhadap data yang di cari sesuai dengan kebutuhan untuk perhitungan hidrolis jaringan pipa. Adapun data yang diperoleh di lapangan adalah ; Pencatatan langsung ke lapangan untuk mendapatkan hasil tekanan manometer di jaringan pipa distribusi dan tekanan air mutlak. Berikut tabel data manometer dibagi menjadi 8 segmen pemetaan.

Tabel 4.3 Tekanan Manometer di Pipa Distribusi

No.	Segmen	Lokasi manometer	Tekanan di jaringan		Pencatatan	
			Puncak	Non Puncak	Tekanan	Waktu
1.	A-B	Br. Balangan	0.8-1.5	1.0-2.0	1.8	08.02
2.	B-C	Br. Kuwum	1.5-2.0	1.5-2.0	1.4	08.10
3.	C-D	Br. Sayan	1.5-2.0	2.0-2.5	2.8	08.22
4.	D-E	Br. Batu	0.8-1.0	1.0-1.5	1.6	08.35
5.	E-F	Br. Mengwitani	0.8-1.2	1.2-2.0	2.8	08.50
6.	F-G	Dp 7 Kapal	0.8-1.0	1.0-1.5	1.2	09.10
7.	G-H	Jl.Raya Abianbase	0.2-0.5	0.5-1.5	0.2	09.16
8.	H-I	Jl. Raya Dalung	0.2-1.0	0,8-1.0	0.2	09.27
9.	I-J	Br. Kancil	0.2-0.5	1.0-3.0	1.0	09.39
10.	J-K	Peti Tenget	1.0-1.5	1.5-2.0	1.0	09.49

Sumber : Pencatatan langsung Tanggal 27 Mei 2019

Dari hasil analisa di tabel 4.3 tekanan pada tanggal 27 mei 2019 dibandingkan antara tekanan standar dengan tekanan hasil pencatatan terlihat masih di ambang rata-rata pemakain di jam puncak sehingga kebocoran di sistem jaringan distribusi tidak ada.

No.	Segmen	Lokasi manometer	Tekanan di jaringan		Pencatatan	
			Puncak	Non Puncak	Tekanan	Waktu
1.	A-B	Br. Balangan	0.8-1.5	1.0-2.0	1.4	08.08
2.	B-C	Br. Kuwum	1.5-2.0	1.5-2.0	1.6	08.12
3.	C-D	Br. Sayan	1.5-2.0	2.0-2.5	2.8	08.25
4.	D-E	Br. Batu	0.8-1.0	1.0-1.5	2.0	08.38
5.	E-F	Br. Mengwitani	0.8-1.2	1.2-2.0	3.0	08.50
6.	F-G	Dp 7 Kapal	0.8-1.0	1.0-1.5	1.2	09.02
7.	G-H	Jl.Raya Abianbase	0.2-0.5	0.5-1.5	0.2	09.10
8.	H-I	Jl. Raya Dalung	0.2-1.0	0,8-1.0	0.2	09.18
9.	I-J	Br. Kancil	0.2-0.5	1.0-3.0	0.8	09.30
10.	J-K	Peti Tenget	1.0-1.5	1.5-2.0	1.6	09.42

Sumber : Pencatatan langsung Tanggal 28 Mei 2019

Dari hasil analisa di tabel 4.4 tekanan pada tanggal 28mei 2019 dibandingkan antara tekanan standar dengan tekanan hasil pencatatan terlihat masih di ambang rata-rata pemakain di jam puncak sehingga kebocoran di sistem jaringan distribusi tidak ada.

No.	Segmen	Lokasi manometer	Tekanan di jaringan		Pencatatan	
			Puncak	Non Puncak	Tekanan	Waktu
1.	A-B	Br. Balangan	0.8-1.5	1.0-2.0	1.8	08.00
2.	B-C	Br. Kuwum	1.5-2.0	1.5-2.0	1.2	08.08
3.	C-D	Br. Sayan	1.5-2.0	2.0-2.5	2.8	08.22
4.	D-E	Br. Batu	0.8-1.0	1.0-1.5	1.6	08.36
5.	E-F	Br. Mengwitani	0.8-1.2	1.2-2.0	2.6	08.47
6.	F-G	Dp 7 Kapal	0.8-1.0	1.0-1.5	1.2	09.01
7.	G-H	Jl.Raya Abianbase	0.2-0.5	0.5-1.5	0.2	09.09
8.	H-I	Jl. Raya Dalung	0.2-1.0	0,8-1.0	0.2	09.16
9.	I-J	Br. Kancil	0.2-0.5	1.0-3.0	0.8	09.27
10.	J-K	Peti Tenget	1.0-1.5	1.5-2.0	1.0	09.40

Sumber : Pencatatan langsung Tanggal 29 Mei 2019

Dari hasil analisa di tabel 4.5 tekanan pada tanggal 29mei 2019 dibandingkan antara tekanan standar dengan tekanan hasil pencatatan terlihat masih di ambang rata-rata pemakain di jam puncak sehingga kebocoran di sistem jaringan distribusi tidak ada.

Tabel 4.6 Tekanan Manometer di Pipa Distribusi

No.	Segmen	Lokasi manometer	Tekanan di jaringan		Pencatatan	
			Puncak	Non Puncak	Tekanan	Waktu
1.	A-B	Br. Balangan	0.8-1.5	1.0-2.0	1.2	07.58
2.	B-C	Br. Kuwum	1.5-2.0	1.5-2.0	1.0	08.00
3.	C-D	Br. Sayan	1.5-2.0	2.0-2.5	2.6	08.27
4.	D-E	Br. Batu	0.8-1.0	1.0-1.5	1.2	08.37
5.	E-F	Br. Mengwitani	0.8-1.2	1.2-2.0	1.4	08.50
6.	F-G	Dp 7 Kapal	0.8-1.0	1.0-1.5	1.2	09.00
7.	G-H	Jl.Raya Abianbase	0.2-0.5	0.5-1.5	0.2	09.10
8.	H-I	Jl. Raya Dalung	0.2-1.0	0,8-1.0	0.2	09.21
9.	I-J	Br. Kancil	0.2-0.5	1.0-3.0	1.2	09.33
10.	J-K	Peti Tenget	1.0-1.5	1.5-2.0	1.6	09.45

Sumber : Pencatatan langsung Tanggal 30 Mei 2019

Sama halnya dengan pencatatan tekanan di tabel di tanggal 27,28,dan 29 mei 2019 yaitu tidak adanya kebocoran fisik yang ada di sistem jaringan tersebut.

Tabel 4.7 Tekanan Manometer di Pipa Distribusi

No.	Segmen	Lokasi manometer	Tekanan di jaringan		Pencatatan	
			Puncak	Non Puncak	Tekanan	Waktu
1.	A-B	Br. Balangan	0.8-1.5	1.0-2.0	1.8	08.01
2.	B-C	Br. Kuwum	1.5-2.0	1.5-2.0	1.0	08.09
3.	C-D	Br. Sayan	1.5-2.0	2.0-2.5	2.6	08.23
4.	D-E	Br. Batu	0.8-1.0	1.0-1.5	1.8	08.35
5.	E-F	Br. Mengwitani	0.8-1.2	1.2-2.0	1.8	08.48
6.	F-G	Dp 7 Kapal	0.8-1.0	1.0-1.5	1.2	09.00
7.	G-H	Jl.Raya Abianbase	0.2-0.5	0.5-1.5	0.2	09.12
8.	H-I	Jl. Raya Dalung	0.2-1.0	0,8-1.0	0.2	09.21
9.	I-J	Br. Kancil	0.2-0.5	1.0-3.0	1.2	09.32
10.	J-K	Peti Tenget	1.0-1.5	1.5-2.0	1.6	09.45

Sumber : Pencatatan langsung Tanggal 31 Mei 2019

### Kapasitas Produksi ( *Suply* )

SPAM Kecamatan Mengwi disuplai dari 20(dua puluh)sumur bor (SB/DP) dan satu mata air, masing-masing SB tersebut untuk mengisi Reservoir Tuka dengan kapasitas 150 m<sup>3</sup>, Reservoir Kuwum dengan kapasitas 200 m<sup>3</sup>,Balangan dengan kapasitas 200 m<sup>3</sup>, Reservoir Binong dengan kapasitas 200 m<sup>3</sup>, Reservoir Sayan dengan kapasitas 200 m<sup>3</sup>, Reservoir Anggungan 1 dengan kapasitas 1400 m<sup>3</sup>, Reservoir Anggungan 2 dengan kapasitas 1300 m<sup>3</sup>. Gabungan dari ke dua puluh sumber tersebut merupakan besaran kapasitas produksi sebesar 595,056 m<sup>3</sup>/bulan atau 228,06 Lt/dt dengan rata-rata jam operasional pompa (JOP) 711 jam/bulan.

### Konsumsi Air ( *Demand* )

Daerah yang dilayani SPAM Kecamatan Mengwi terdiri dari 13 desa, dengan jumlah pelanggan mencapai 9.308 SR. Konsumsi air pelanggan rata-rata 183.920 m<sup>3</sup>/bulan , dimana kebutuhan air setiap pelanggan per desa sangat berfluktuasi dengan rata-rata 0,0075 Lt/dt/SR atau 65.3 m<sup>3</sup>/SR. Konsumsi air pelanggan SPAM Kecamatan Mengwi lebih jelasnya sesuai tabel di bawah ini.

### Jaringan Pipa Distribusi

Jaringan pipa distribusi SPAM Kecamatan Mengwi menggunakan sistem gravitasi dan pompa langsung ke jaringan distribusi , yang merupakan gabungan dua pola sistem cabang dan sistem lingkaran . Jaringan pipa distribusi untuk melayani 13 desa, total panjang jaringan 228.568 m. Jumlah tapping pelanggan sebanyak 9.308 SR dan kebutuhan air (*demand*) sebesar 10.4 Lt/dt.

### Kehilangan Air

Kehilangan air adalah perbedaan antara volume air yang di distribusikan dengan volume air yang dikonsumsi yang tercatat. Secara garis besar kehilangan air dibagi menjadi dua yaitu kehilangan fisik dan kehilangan non fisik. Kehilangan air secara fisik diartikan sebagai kebocoran yang secara nyata sehingga air tidak dapat di salurkan kepada pelanggan karena air keluar dari jaringan pipa oleh sebab - sebab tertentu.

### Perhitungan Kehilangan Air dengan Metode Prosentase

Contoh studi kasus di Desa Sembung bulan Januari :

Diketahui : S = 19.165 m<sup>3</sup>/bulan

D = 14.901 m<sup>3</sup>/bulan

Kebocoran yg di ijinan : I = 20 %

H = 22.16 %

H. total = H – I = 22%-20% = 2.16 %

Kebocoran dalam m<sup>3</sup> = 2.16 % x 19.165 m<sup>3</sup> = 41.396 m<sup>3</sup>/bulan

Perhitungan kehilangan Air dalam Rupiah

Contoh perhitungan pada bulan januari :

Total harga air yang terjual adalah = Rp 179.146 m<sup>3</sup>/tahun

dimana diketahui total air yang terjual adalah = 14.901 m<sup>3</sup>/bulan

Diketahui : Tarif = Rp. 179.146 m<sup>3</sup>/tahun

Air terjual = 14.901 m<sup>3</sup>/bulan

Kebocoran = 2.16 % x 14.901 m<sup>3</sup>

= 321,86 m<sup>3</sup>/bulan

Didapat tarif rata – rata : Rp. 5.716/m<sup>3</sup>

Maka total kehilangan air dalam rupiah adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan air dalam rupiah} &= 321,86 \text{ m}^3 / \text{bulan} \times \text{Rp } 5.716,-/\text{m}^3 \\ &= \text{Rp. } 1.839.751 \text{ m}^3/\text{bulan} \\ &= \text{Rp. } 30.132.289 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Jika di asumsikan batas ijin kebocoran hanya lima (5) persen, maka kebocoran dan kehilangan air dalam rupiah menjadi :

Jumlah total kebocoran – Batas ijin kebocoran = Nilai kebocoran

Contoh perhitungan pada bulan januari :

Total harga air yang terjual adalah = Rp 179.146 m<sup>3</sup>/tahun

dimana diketahui total air yang terjual adalah = 14.901 m<sup>3</sup>/bulan

Diketahui : Tarif = Rp. 179.146 m<sup>3</sup>/bulan

Air terjual = 14.901 m<sup>3</sup>/bulan

Kebocoran = 17,16 % x 14.901 m<sup>3</sup>  
= 2.557,01 m<sup>3</sup>/bulan

Didapat tarif rata – rata : Rp. 5.716/m<sup>3</sup>

Maka total kehilangan air dalam rupiah adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan air dalam rupiah} &= 2.557,01 \text{ m}^3 / \text{bulan} \times \text{Rp } 5.716,-/\text{m}^3 \\ &= \text{Rp } 14.615.878,31/\text{bulan} \end{aligned}$$

Perhitungan Kehilangan Air dengan Metode Indek Kebocoran

Insfraktur, Insfrastucture leakage index ( ILI )

Contoh studi kasus di Desa Sembung :

Menghitung NRW dengan menggunakan ILI :

Diketahui :

Panjang pipa induk (LM) = 3.568 m = 3,568 km

Jumlah sambungan rumah (NC) = 1100 SR

Tekanan rata-rata (P) = 1,97 atm = 19,7 m

Panjang rata-rata pipa dinas (LP) = 8 m = 0,008 km

CAPL (l/tahun) = Kehilangan fisik saat ini = 18.133 m<sup>3</sup>/tahun

= 18.133.000 l/tahun

Dengan nilai LP = 0,008 x 1100 SR = 8.8 km, maka :

MAAPL (l/hari) = (18 x LM + 0,8 x NC + 25 x LP) x P .....(4.2)

$$= [(18 \times 3,568) + (0,8 \times 1100) + (25 \times 8,800)] \times 19,7$$

= 22.935,2128 l/hari = 688.056,384 l/bulan

= 8.256.676,608 l/tahun

$$ILI = CAPL / MAAPL .....(4.3)$$

$$= 18.133.000 / 8.256.676,608 = 0,20$$

**Hidrolika Jaringan Pipa**

Untuk memudahkan analisis jaringan pipa distribusi, dilakukan segmentasi pemetaan jaringan menjadi 8 (delapan) segmen utama yaitu segmen jaringan pipa A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, F-G, G-H, H-I Masing-masing segmen tersebut dianalisis hidrolis secara bertahap.

Segmen A-B (Desa Sembung)

Segmen A-B berawal dari outlet reservoir dengan panjang pipa 1500 m dan selisih elevasi 22 m. Debit suplai awal (Qs) sebesar 12 Lt/dt, kecepatan alir 1 m/dt dan rerata tekanan air jam puncak pada jaringan pipa rerata 1,8 bar tekanan jam malam minimum menunjukkan rerata 2,8 bar. Untuk selengkapnya data hidrolis jaringan pipa segmen A-B.

1. Menghitung kehilangan tekanan *Mayor losses*

Perhitungan kehilangan tekanan *major* dibagi persegmen agar mendapatkan hasil yang lebih detail

Perhitungan segmen A – B

- Diameter pipa = 0,15 m
- Debit yang dialirkan (Q) = 12 l/dt
- Koefisien kekasaran pipa (C) = 90
- Panjang pipa(L) = 1500 m
- Chw = 130

$$hf = \frac{10,666 \cdot Q^{1,85}}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,85}} \times L .....(4.4)$$

$$hf = \frac{10,666 \cdot 0,012^{1,85}}{130^{1,85} \cdot 0,15^{4,85}} \times 1500$$

$$hf = \frac{0,000279}{8.143,202 \times 0,000100} \times 1500$$

$$hf = 0,5139$$

$$S = hf/1500$$

$$S = 0,5139/1500$$

$$S = 0,0003 \text{ m}$$

V = Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)

$$V = 0,849 \times 130 \times R^{0,63} \times S^{0,54}$$

R = A/P

$$= \frac{\frac{1}{4}\pi D^2}{\pi D} \dots\dots\dots(4.5)$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 0,15$$

$$= 0,176/0,2355$$

$$= 0,0747 \text{ m}$$

$$V = 0,849 \times 130 \times 0,0747^{0,63} \times 0,0003^{0,54}$$

$$= 0,26 \text{ m}$$

V = Kecepatan aliran pada pipa (m/dt)

Chw = Koefisien kekasaran Hazen-Williams

R = Jari jari hidrolik pipa

S/ki = Kemiringan garis energi (S=hf/L)

Q = Debit aliran pada pipa (m/dt)

L = Panjang pipa

hf = Kehilangan tinggi tekanan mayor(m)

2. Menghitung kehilangan tekanan *minor losses*

Kehilangan tekanan pada perlengkapan pipa

$$hml = k \times \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(4.6)$$

hl = Kehilangan tekanan (m)

k = Faktor kerugian

V = Kecepatan aliran (m/dt)

g = percepatan grafitasi (m/dt<sup>2</sup>)

Jenis asesoris / perlengkapan pipa

Perhitungan asesoris Elbow 90° x 4 buah

$$hml = 0,400 \times 4 \text{ buah} \times \frac{0,7643^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,0477 \text{ m}$$

Perhitungan luas basah

$$\text{luas basah} = 1/4\pi D^2 \dots\dots\dots(4.7)$$

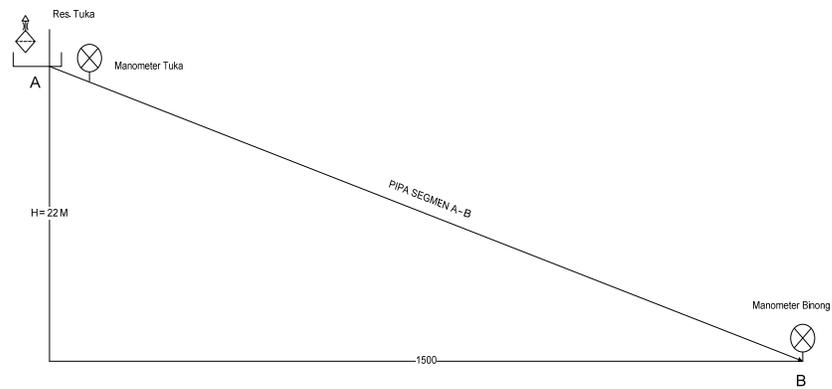
$$= 0,25 \times 3,14 \times 0,100^2 = 0,008$$

$$V = \frac{\text{Debit (m}^3 \text{ /dt)}}{\text{luas basah (m)}}$$

$$V = \frac{0,01}{0,008}$$

$$V = 1,25 \text{ m/dt}$$

2. Menghitung dengan persamaan bernoulli



$$Z1 + \frac{P1}{\gamma} + \frac{V1^2}{2g} = Z2 \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + \Sigma hf \dots\dots\dots(4.8)$$

$$22 + \frac{2}{1000} + \frac{0,26^2}{2 \times 9,8} = Z2 \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + \Sigma 0,5139$$

$$22 + 0,002 + \frac{0,26^2}{2 \times 9,8} = Z2 \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + \Sigma 0,5139$$

$$22 + 0,002 + 0,0034 = Z2 \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + \Sigma 0,5139$$

$$\frac{P2}{\gamma} = 22 + 0,002 + 0,0034 + 0,5139$$

$$= 22,51 \text{ meter}$$

$$= 2,25 \text{ bar}$$

## 5. SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap sistem jaringan distribusi di Desa Sembung dapat ditarik kesimpulan yaitu :

Dari hasil analisis yang dilakukan di jaringan pipa tidak ada penurunan tekanan yang signifikan di segmen A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, sehingga penyebab kebocoran sebesar 22,94% /tahun tersebut adalah bias antara biaya produksi dengan rekening yang tercatat pada meteran air. Sehingga terjadinya selisih pencatatan air antara air produksi dengan daftar rekening ditagih antara tingkat kebocoran rata – rata dengan kebocoran tahunan. Besarnya kerugian akibat kebocoran pada SPAM adalah Rp. 30.132.289,- /tahun. Jika diasumsikan batas ijin kebocoran hanya 5 (lima) persen maka total kerugian setahunnya menjadi Rp. 183.785.512,- /tahun

Usaha untuk mengatasi kehilangan air tersebut adalah melakukan evaluasi pada Pencatatan yang dilakukan oleh petugas dan pemeriksaan water meter konsumen secara berkala. Memeriksa jumlah tagihan air per bulan yang terlalu kecil (dibawah 10 m3/bulan) untuk memastikan kemungkinan adanya sambungan liar (illegal connection).

### **Saran Saran**

- a. Melakukan Evaluasi untuk menghindari pencurian air terutama letak dan posisi water meter di tempat yang terlihat jelas. Untuk kesalahan pencatatan dilakukan training kepada petugas agar lebih disiplin dan bertanggung jawab.
- b. Melakukan penggantian water meter pelanggan dan manometer secara berkala agar pembacaan meter lebih akurat.

### **6. DAFTAR PUSTAKA**

- Aprilliya Nugraheni. Analisa kehilangan air PDAM surakarta Tahun 2014.
- Arief Wahyudi, - Elvira, - Nurhayati. Analisa tingkat kehilangan air pada perusahaan daerah air minum (PDAM) Tirta galaherang Kabupaten mumpawah.
- Darmasetiawan, Martin. 2004, *Sarana sanitasi Perkotaan*. Ekamitra Engineering. Jakarta.
- Iis Puspitasari dan Purnomo. Studi kehilangan air komersial Jurnal Teknik ITS 2017.
- Lalan Deriana1), Kartini2), Henny Herawati3) Analisis kehilangan air jaringan distribusi air bersih PDAM Tirta Melawai.
- Laporan BPPSPAM Tahun 2015.
- Laporan PDAM Tirta Mangutama Badung Tahun 2018.
- Nikmad Arad Siregar. Evaluasi kehilangan air PDAM Tirta Nadi Padangsidempuan di Kecamatan Padangsidempuan selatan.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Peraturan Pemerintah No. 16 tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM).
- Saparina, Widy. 2017. Penurunan Kehilangan Air Di Sistem Distribusi Air Minum Pdam Kota Malang. *Tesis*. Program Magister Teknik Sanitasi Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Septinasari, Devi. 2008. Tugas Akhir Prediksi Kehilangan Air Pada 5 Tahun Mendatang (2013) PDAM Kecamatan Masaran Kabupaten Sragen.
- Putu Doddy Heka Ardana1, Erdi2 .2011 Supply dan demand, Elevasi dan Tekanan air.
- Yermia Kumaat Tumanan. 2017. Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Uuwan Kecamatan Dumoga Barat Kabupaten Bolaang Mongondow.
- Yudha Pracastio Heston(1), Nur Alvira Pasawati(2) Analisis Faktor Penyebab Kehilangan Air PDAM (PDAM Water Loss Factors Analysis)