

## PENGARUH PENGENDALIAN TEKANAN ALIRAN PADA PENURUNAN KEHILANGAN AIR FISIK

**Adrial Munis, Muhammad Sundoro, Eddy Setiadi Soedjono**

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Indonesia,

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Jakarta, Indonesia,

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Indonesia.

Email: adrialmunis.206014@mhs.its.ac.id, eddysoedjono@gmail.com

### Abstrak

Jalur Baru Cabang Kedung Halang merupakan salah satu pipa distribusi Perumda Air Minum Tirta Kahuripan yang memiliki *Non-Revenue Water (NRW)* 70,42% dengan tingkat kehilangan air fisik rata-rata 19.114 m<sup>3</sup>/bulan atau 24,69% dari debit air produksi. Salah satu upaya untuk menurunkan *NRW* adalah dengan mengurangi tingkat kehilangan air fisik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pengendalian tekanan aliran terhadap penurunan kehilangan air fisik. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan simulasi hidrolis sistem distribusi menggunakan program *software epanet 2.2*. Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa dengan mengendalikan tekanan aliran menggunakan *Pressure Reducing Valve (PRV)* dan mengatur jam operasi pompa berdasarkan *peak hour* dan *minimum hour* dapat menurunkan kehilangan air fisik 4,38% atau terdapat potensi penyelamatan air sebesar 40.656 m<sup>3</sup>/tahun.

**Kata kunci:** penurunan kehilangan air fisik; *non-revenue water*

### Abstract

*Jalur Baru Kedung Halang Branch is one of distribution pipeline in Perumda Air Minum Tirta Kahuripan which has 70,42% of Non-Revenue Water (NRW) value and 24,69% of physical water losses. Reducing physical water losses was an effort to reduce NRW value. The aim of this research was to determine the effect of pressure management on physical water losses. The method of the analysis in this research was carry out by simulation using the epanet 2.2. Based on the results of the analysis, the pressure management using Pressure Reducing Valve (PRV) and setting the work periode of pumps based on peak hours and minimum hours could reduce physical water losses by 4,38%, thus 40.656 m<sup>3</sup> of water can be saved in a year.*

**Keywords:** *reducing physical water losses; non-revenue water*

## Pendahuluan

*Non-Revenue Water (NRW)* menjadi salah satu permasalahan yang dihadapi oleh Perusahaan Daerah (Perumda) Air Minum yang dapat menyebabkan kerugian dalam penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM). Secara nasional, target penurunan *NRW* dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2020-2024 yaitu 25% (Deputi Bidang Perekonomian Sekretariat Kabinet, 2020). Pada tahun 2019, *NRW* distribusi Perumda Air Minum Tirta Kahuripan 28,79% yang mengakibatkan hilangnya potensi pendapatan Rp.139 milyar/tahun. *NRW* tertinggi terjadi di Cabang Kedung Halang sebesar 46,95%. Perumda Air Minum dengan *NRW* yang tinggi akan memiliki biaya operasional yang semakin tinggi untuk produksi, melakukan pemeliharaan dan perbaikan (Heston dan Pasawati, 2016). *NRW* merupakan salah satu penyebab buruknya kinerja perusahaan air minum (Tommy dan Arya, 2016).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pengendalian tekanan aliran terhadap penurunan tingkat kehilangan air fisik. Menurut (Farley, Malcolm, 2008) pengendalian tekanan dapat mengurangi kebocoran dan menstabilkan tekanan sistem yang akan menambah usia aset. Fluktuasi tekanan akan mempengaruhi frekuensi semburan melalui titik kebocoran. Tekanan aliran berkaitan dengan fluktuasi pemakaian air. Pada saat pemakaian air minimum seperti saat malam hari, maka tekanan akan semakin tinggi, sedangkan pada saat jam puncak tekanan akan semakin turun. Menurut (Syabani, 2016) semakin tinggi tekanan semakin tinggi kebocoran oleh karena itu penting dilakukan pengendalian tekanan. Pengendalian tekanan terlaksana dengan baik jika setiap *District Meter Area (DMA)* dilengkapi dengan *Pressure Reducing Valve (PRV)*. Terdapat perbedaan signifikan antara tekanan dan debit aliran pada *DMA* setelah dilakukan pemasangan *PRV* (Saparina, 2017). Penurunan kehilangan air fisik dapat dilakukan dengan pembentukan *DMA* dan analisis hidrolis, perbaikan pipa (Sarungallo dan Wardhani, 2016).

Menurut (Peraturan Menteri PUPR No.27/PRT/M/2016) debit pompa distribusi ditentukan berdasarkan fluktuasi pemakaian air dalam satu hari. Pompa harus mampu mensuplai debit air saat jam puncak dimana pompa besar bekerja dan saat pemakaian minimum pompa kecil yang bekerja. Ketentuan syarat minimum tekanan sebesar 5 m. Menurut (Farley dkk, 2008) tekanan maksimum 30 m sudah cukup memenuhi kebutuhan pelanggan. Simulasi tekanan air pada penelitian ini menggunakan *software epanet 2.2*. *Software epanet 2.2* adalah suatu program yang dapat mensimulasikan distribusi air minum pada wilayah tertentu untuk dianalisa dan dievaluasi kembali. Data yang dibutuhkan dalam simulasi *software epanet 2.2* berupa data pipa, data pelanggan, elevasi, debit, dan tekanan. *Output* yang dihasilkan antara lain adalah pola sebaran debit dan tekanan yang mengalir pada pipa (Riduan, Firmansyah, & Fadhilah, 2017).

Penelitian ini dilakukan di jalur baru yang merupakan salah satu jalur pipa distribusi IPA Kedung Halang yang memiliki dua *DMA* dan dua blok pelayanan, tingkat *NRW* jalur baru 70,42% dengan komponen kehilangan air fisik 24,69%. Berdasarkan latar belakang kehilangan air fisik yang tinggi, sehingga perlu dilakukan upaya

penurunan dengan melakukan kajian pengendalian tekanan aliran dan pengaturan jam operasi pompa.

### Metode Penelitian

Metode penelitian ini diawali dengan pengumpulan data primer melalui pengukuran debit air menggunakan *data logger* pada jalur baru. Sedangkan data sekunder didapat dari data rekening ditagih (DRD), peta jaringan perpipaan, spesifikasi pompa distribusi, Sistem Laporan Teknik (Silatek) laporan bulan Februari 2021 Cabang Kedung Halang, Kabupaten Bogor dalam Angka 2020, dan buku kinerja BUMD Air Minum Tahun 2016-2019. Analisis teknis berdasarkan hasil simulasi jaringan distribusi air minum menggunakan program *epanet 2.2* dengan parameter hidrolis tekanan aliran. Analisis hidrolis dilakukan dengan melakukan perbandingan nilai tekanan rata-rata eksisting di wilayah *DMA* dengan nilai tekanan rata-rata optimalisasi manajemen tekanan. Manajemen tekanan dilakukan dengan pengaturan jam operasi pompa berdasarkan fluktuasi pemakaian air pelanggan dan pemasangan *PRV*. Analisis pengaruh pengendalian tekanan terhadap penurunan tingkat kehilangan air fisik menggunakan metode *FAVAD (Fixed and Variable Area Discharge)*.

### Hasil dan Pembahasan

#### A. Kondisi Eksisting Wilayah Studi

Hasil pengolahan data laporan bulan Februari, Data Rekening Ditagih (DRD) dan *data logger* air distribusi diketahui data masing-masing *DMA* sebagaimana dijabarkan pada Tabel 1.

**Tabel 1 Data Pelanggan dan Konsumsi Air Masing-Masing *DMA***

<i>DMA/Blok Pelayanan</i>	Jumlah Pelanggan (SR)	Q Distribusi (m <sup>3</sup> /bln)	Q DRD (m <sup>3</sup> /bln)	Q NRW (m <sup>3</sup> /bln)	Persentase NRW (%)
Duta Kencana	147	5.741	1.681	4.060	70,71
Budi Agung	76	2.968	680	2.288	77,08
Bukit Cimanggu City ( <i>DMA</i> )	1.330	51.942	16.388	35.554	68,44
Badan Usaha Graha ( <i>DMA</i> )	430	16.754	4.144	12.610	75,26

Neraca air Februari 2021 jalur baru, sebagaimana ditampilkan pada tabel 2.

**Tabel 2. Neraca Air Februari 2021**

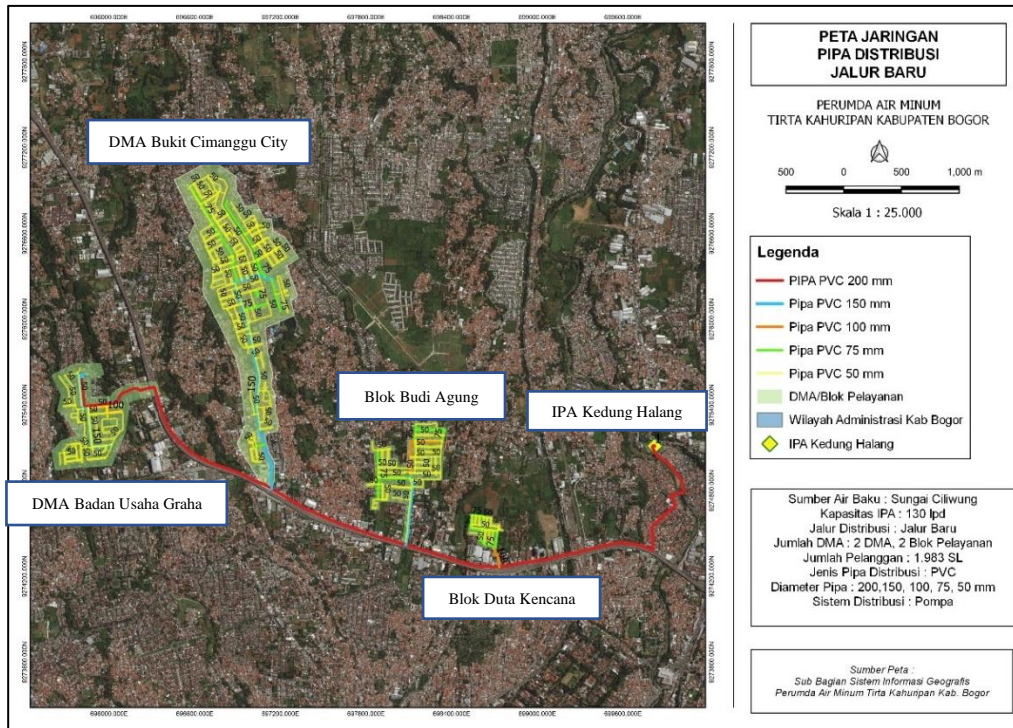
Air Produksi 77.405 m <sup>3</sup>	Konsumsi Resmi 31.859 m <sup>3</sup>	Konsumsi Resmi Berekening 22.893 m <sup>3</sup>	Konsumsi bermeter berekening 22.893 m <sup>3</sup>	Air Berekening 22.893 m <sup>3</sup>
			Konsumsi tak bermeter berekening 0 m <sup>3</sup>	
		Konsumsi Resmi Tak Berekening 8.966 m <sup>3</sup>	Konsumsi bermeter tak berekening 8.950 m <sup>3</sup>	
			Konsumsi tak bermeter tak berekening 16 m <sup>3</sup>	Air Tak Berekening 54.512 m <sup>3</sup>
	Kehilangan Air 45.546 m <sup>3</sup>	Kehilangan Air Non Fisik 26.432 m <sup>3</sup>	Konsumsi tak resmi 2.015 m <sup>3</sup> Ketidakakuratan meter dan penanganan data 24.416 m <sup>3</sup>	
Kehilangan Air Fisik 19.114 m <sup>3</sup>				

Menurut (Pradypna dkk, 2020) kehilangan air dapat disebabkan oleh faktor teknis seperti kebocoran pipa, pipa tua, meter air pelanggan rusak yang berumur lebih dari 5 tahun, meter air tertimbun dan buram yang menyebabkan kesalahan pembacaan dan ketidakakuratan meter air.

## B. Pembahasan

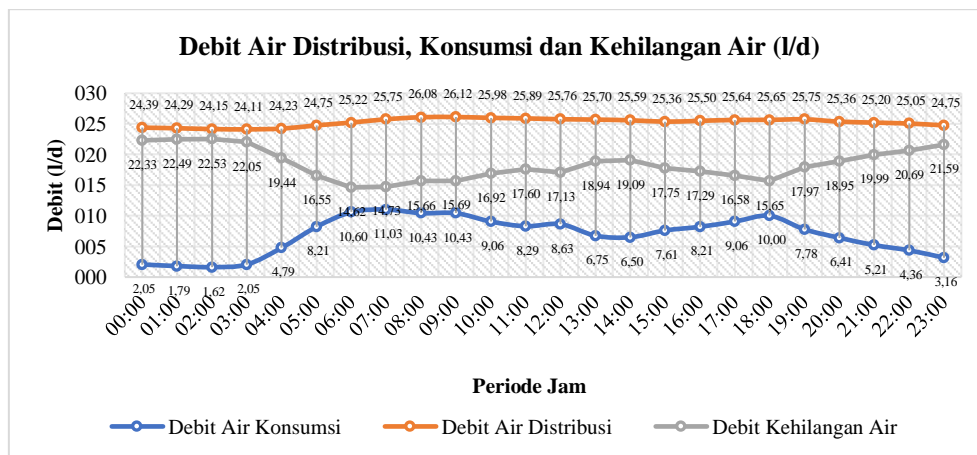
### 1. Sistem Distribusi Air Minum Eksisting

Sistem distribusi eksisting menggunakan dua pompa bergantian setiap satu bulan sekali. Dalam sehari operasi pompa bekerja pada nilai Q 28 l/d dan H 50 m (03:00-22:00), dan Q 25 l/d dan H 45 m (22:00-03:00). Pengaturan Q dan H menggunakan *Variable Speed Drive (VSD)*. Debit air distribusi rata-rata 26,12 l/d, debit air berekening (DRD) 8,55 l/d sehingga terdapat debit kehilangan air 17,57 l/d.



Gambar 1. Peta Pipa Distribusi Jalur Baru

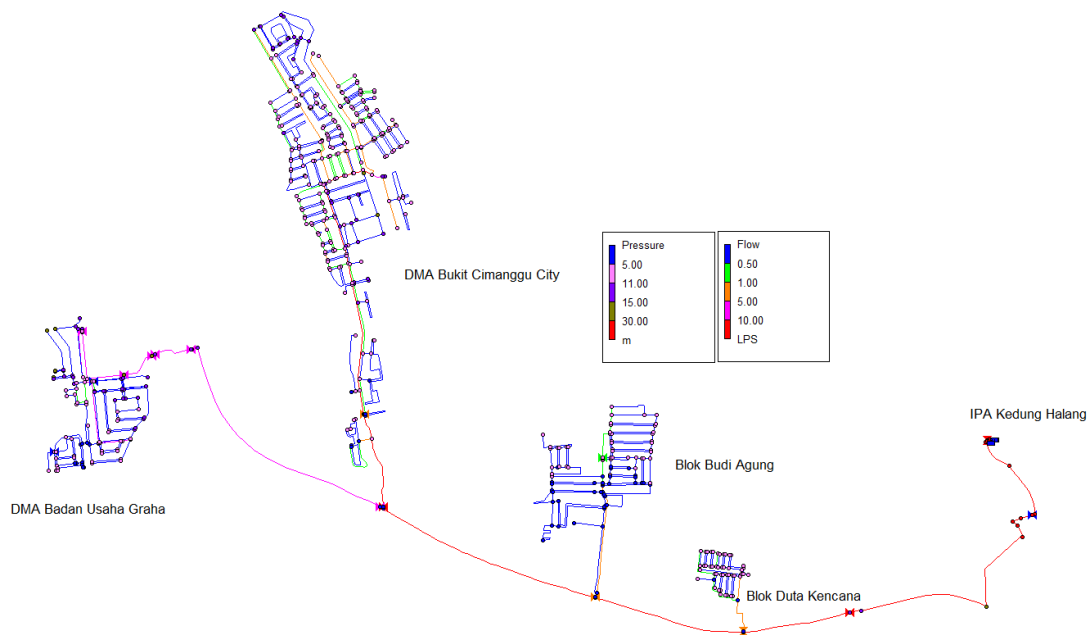
Perbandingan debit air distribusi, debit air konsumsi, dan debit kehilangan air sebagaimana disajikan pada Grafik 1.



Grafik 1. Perbandingan Debit Distribusi, Konsumsi, dan Kehilangan Air

Pada kondisi eksisting diketahui bahwa terdapat tekanan lebih kecil dari 5 m sebanyak 12,18% atau 68 dari total 558 nodes pada saat *peak hour* (06:00) yang tersebar di seluruh wilayah DMA dan blok pelayanan, sehingga belum memenuhi kriteria tekanan minimum. Sedangkan pada saat *minimum hour* (01:00) sebanyak 22,93% nodes memiliki nilai tekanan lebih dari 30 m atau 128 node dari total 558 nodes. Hasil simulasi hidrolis kondisi eksisting menggunakan *epanet 2.2*. sebagaimana disajikan pada Gambar 2.

Pengaruh Pengendalian Tekanan Aliran Pada Penurunan Kehilangan Air fisik  
(Studi Kasus: Perumda Air Minum Tirta Kahuripan)



**Gambar 2. Tekanan saat Peak Hour (06:00)**

Terdapat perbedaan nilai tekanan di *critical point* yang diukur pada jam 14:00 antara hasil pengukuran lapangan dan simulasi dengan *epanet*. Tekanan hasil pengukuran lapangan lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil simulasi dengan *epanet*. Penurunan tekanan rata-rata di seluruh DMA dan blok pelayanan yaitu 9,79%. Menurut (Erianik dkk, 2020) perbedaan nilai tekanan tersebut dapat dipengaruhi oleh pemakaian air selama jam pengukuran lapangan sehingga mempengaruhi tekanan, perbedaan data input aplikasi atau koefisien *PRV* dan *setting* lapangan, dan indikasi kebocoran di jaringan distribusi. Hasil simulasi selama periode 24 jam diketahui pada setiap jam terdapat tekanan kurang dari 5 m dan tekanan lebih dari 30 m. Nilai tekanan air eksisting sebagaimana dijabarkan pada Tabel 3

**Tabel 3. Tekanan di Nodes saat Peak Hour dan Minimum Hour Kondisi Eksisting**

Jumlah <i>node</i>	P (Tekanan) Hasil Simulasi saat <i>Peak Hour</i> (06:00)							
	P<0 m	%	P<5 m	%	P>5 m	%	P>30 m	%
558	1	0.17	71	12.72	487	87.27	13	2.90
Jumlah <i>node</i>	P (Tekanan) Hasil Simulasi saat <i>Minimum Hour</i> (01:00)							
	P>30 m	%	P>50 m	%	P>80 m	%	P>100 m	%
558	128	22.93	18	3.2	0	0	0	0

## 2. Analisis Kebutuhan Debit dan Head Pompa Distribusi

Untuk memenuhi kriteria tekanan air distribusi 5-30 m di wilayah pelayanan dilakukan upaya pengendalian tekanan aliran. Menurut (Direktorat PSPAM, 2018) pengendalian tekanan air distribusi dapat dilakukan dengan mengatur operasi pompa, sesuai kebutuhan debit dan tekanan di jaringan, serta penggunaan *Variable Speed Drive (VSD)*, memasang *Pressure Reducing Valve (PRV)*. Pompa besar bekerja pada saat *peak hour* sedangkan pompa kecil bekerja pada saat *minimum hour*.

### a) Perhitungan kebutuhan debit pompa (Q Pompa)

Kebutuhan debit pompa saat *peak hour* yaitu 33 l/d, sedangkan pada saat *minimum hour* yaitu 25 l/d sebagaimana dijabarkan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Perhitungan Kebutuhan Debit (Q) Pompa saat Peak Hour dan Minimum Hour**

No	DMA/Blok	Kebutuhan Debit			Peak Hour		Minimum Hour	
		Q DR D (l/d)	Q NRW (l/d)	Q Total (l/d)	Peak Factor Terbesar	Q Pompa (l/d)	Min Factor Terbesar	Q Pompa (l/d)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)= (3)+(4)	(6)	(7)= (5)*(6)	(8)	(9)=(5)* (8)
1	Duta Kencana	0.63	1.57	1.94		2,50		1,88
2	Budi Agung	0.25	0.88	0.99	1,29	1,27	0,97	0,96
3	BCC	6.12	13.72	17.58		22,67		17,05
4	BUG	1.55	4.86	5.61		7,23		5,44
<b>Jumlah</b>		<b>8,55</b>	<b>17,57</b>	<b>26,12</b>		<b>33,67</b>		<b>25,33</b>

### b) Perhitungan kebutuhan head pompa (H Pompa)

Pengaturan periode jam operasi pompa berdasarkan *demand pattern* sebagaimana pola fluktuasi pemakaian air pelanggan pada Grafik 1. Kebutuhan *head* pompa diatur menjadi 2 periode yaitu jam 05:00-18:00 saat *peak hour*, dan jam 18:00-05:00 saat *minimum hour*. Konsumsi air terbesar terjadi pada jam 06:00, dan konsumsi air terendah pada jam 01:00.

Kebutuhan *head* pompa disimulasikan dengan menggunakan *input* data debit 33,67 l/d tanpa menggunakan pompa distribusi sehingga diketahui pada periode *peak hour*, *headloss system* tertinggi sebesar 44,19 m di *node* J166 blok Budi Agung. Periode *minimum hour* menggunakan *input* data debit 25,33 l/d diketahui *headloss system* 43,07 m. Jika syarat minimum tekanan sebesar 5 m di *critical point* maka kebutuhan *head* pompa saat *peak hour* adalah 50 m sedangkan pada saat *minimum hour* 48 m. Pengaturan debit dan *head* pompa menggunakan *Variable Speed Drive (VSD)* eksisting.

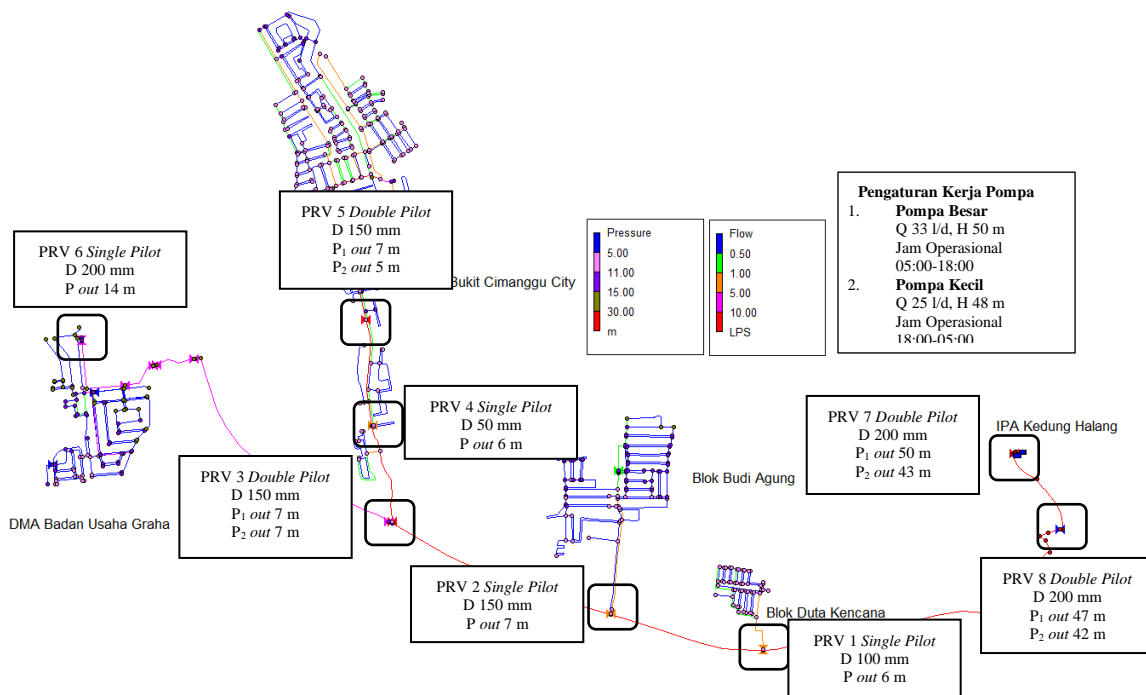
## 3. Pengendalian Tekanan Aliran Menggunakan PRV

## Pengaruh Pengendalian Tekanan Aliran Pada Penurunan Kehilangan Air fisik (Studi Kasus: Perumda Air Minum Tirta Kahuripan)

Alternatif optimalisasi dilakukan dengan pemasangan *PRV* di *inlet DMA* dan jaringan pipa distribusi sekunder *DMA* BCC yang memiliki perbedaan elevasi cukup besar antara hulu dan hilir *DMA* sebesar 29 m, dan memasang *PRV* di pipa *JDU* yang memiliki tekanan yang tinggi, nilai tekanan *output PRV* ( $P_2$  out) diatur pada nilai tertentu. Tujuan Pemasangan *PRV* pada *inlet DMA* untuk mendapatkan nilai tekanan optimum di setiap antara 5-30 m.

Menurut (Farley, Malcolm, 2008) Pemasangan *PRV* merupakan salah satu pengelolaan tekanan yang lebih baik. Pengendalian tekanan dilakukan untuk menstabilkan tekanan sistem, menambah usia aset, *PRV* dapat mengurangi tekanan sepanjang hari, menstabilkan fluktuasi tekanan, dan mengurangi stres pada pipa.

Menurut (Samir dkk, 2017) manajemen tekanan dengan menggunakan *PRV* adalah cara yang efektif untuk mengontrol jumlah kebocoran dalam sistem distribusi air minum. Menurut (Monsef, Naghashzadegan, Farmani, & Jamali, 2018) penggunaan *PRV* untuk manajemen tekanan pada sistem distribusi air dapat mengurangi *background leakage* secara signifikan. Pada malam hari konsumsi air lebih rendah sehingga tekanan tinggi, kebocoran akan meningkat, pemasangan *PRV* untuk mengurangi tekanan berlebih, pengurangan tekanan berlebih tidak meningkatkan kualitas layanan kepada pelanggan. Rencana pemasangan *PRV* di 8 titik strategis sebagaimana Gambar 3.



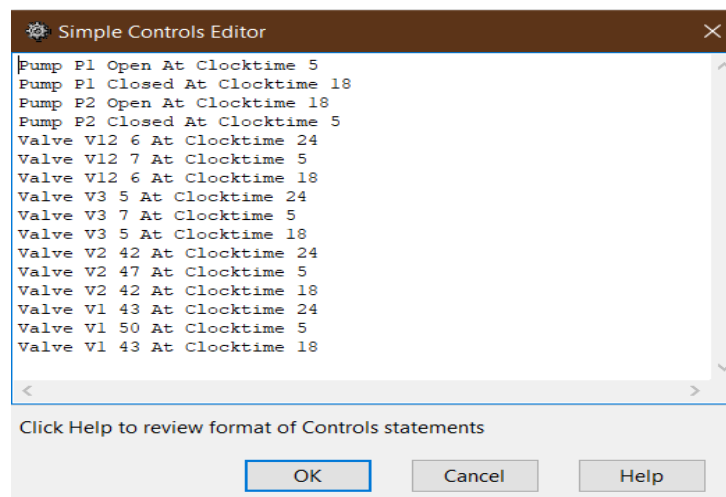
Gambar 3. Rencana Titik Pemasangan *PRV*



**Tabel 5. Pengaturan Tekanan PRV dengan PRV Controller**

Uraian	Kode PRV	D PRV (mm)	Lokasi	P PRV (m) (05:00-18:00)	P PRV (m) (18:00-05:00)	Penurunan P <sub>1</sub> ke P <sub>2</sub> (%)	Setting P <sub>1</sub> dan P <sub>2</sub>
PRV 1	V10	100	Inlet Blok	6	6	-	1 kali
PRV 2	V9	150	Inlet Blok	7	7	-	1 kali
PRV 3	V17	150	Inlet DMA	7	5	28,57	2 kali
PRV 4	V12	50	Pipa	6	6	-	1 kali
PRV 5	V3	150	Pipa Sekunder	7	5	28,57	2 kali
PRV 6	V14	200	Inlet DMA	14	14	-	1 kali
PRV 7	V1	200	Pipa JDU	50	43	14,00	2 kali
PRV 8	V2	200	Pipa JDU	47	42	10,63	2 kali

Berdasarkan Tabel 5, PRV 1 di inlet Blok Duta Kencana, PRV 2 di inlet Blok Budi Agung, PRV 4 DMA BCC, PRV 6 DMA BUG dilakukan 1 kali pengaturan dengan justifikasi bahwa *node* di wilayah pelayanan tersebut memiliki tekanan aliran yang telah stabil, sedangkan PRV 3, PRV 5, PRV 7, PRV 8 memiliki *node* dengan tekanan tinggi yang memiliki potensi untuk diturunkan dalam upaya menurunkan tingkat kebocoran pipa. Penurunan tekanan keluar (P<sub>2</sub> out) PRV dilakukan pada saat *minimum hour* periode jam 18:00-05:00. Simulasi pengaturan tekanan PRV pada *epanet* menggunakan *simple control editor epanet* sebagaimana Gambar 4



**Gambar 4. Simulasi Pengaturan P<sub>1</sub> dan P<sub>2</sub> PRV**

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai tekanan seluruh *nodes* di telah memenuhi tekanan minimum 5 m pada saat *peak hour*. Nilai tekanan hasil analisis hidrolis sebagaimana dijelaskan pada Tabel 6.

**Tabel 6. Tekanan di Nodes saat Peak Hour dan Minimum Hour (Optimalisasi)**

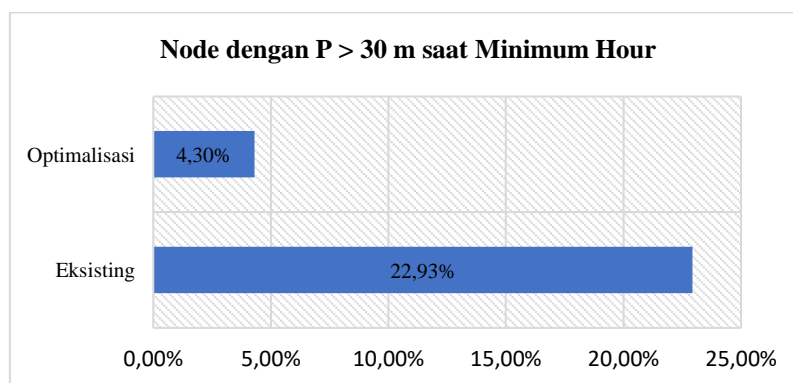
Jumlah h node	P (Tekanan) Hasil Simulasi saat Peak Hour (06:00)							
	P < 0 m	%	P < 5 m	%	P > 5 m	%	P > 30 m	%
558	0	0	0	0	558	100	15	2,68

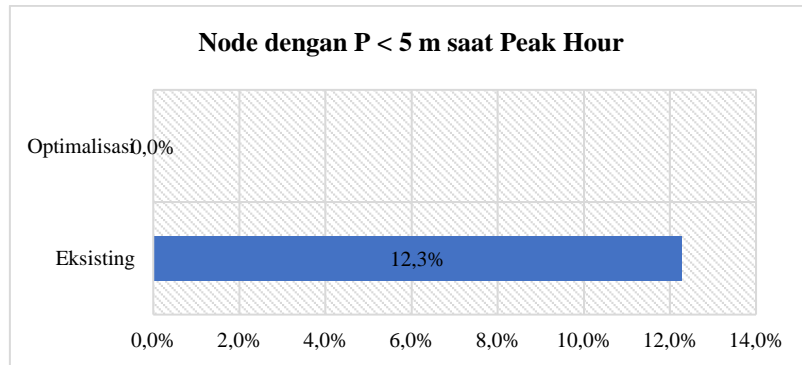
Jumlah h node	P (Tekanan) Hasil Simulasi saat Minimum Hour (01:00)							
	P > 30 m	%	P > 50 m	P > 30 m	P > 80 m	%	P > 30 m	%
558	24	4,3	5	0,8	0	0	0	0

#### 4. Pengaruh Pengendalian Tekanan Aliran terhadap Kehilangan Air

Pada kondisi eksisting saat *peak hour* nilai tekanan aliran belum memenuhi ketentuan nilai tekanan 5-30 m dan terjadi *negative pressure* di 1 node yaitu node J166 di *inlet* Blok Budi Agung. Saat *minimum hour*, pada kondisi eksisting terjadi *over pressure* atau tekanan lebih besar dari 30 m sejumlah 22.93% dari total *nodes*. Pengaturan operasi pompa dan pemasangan *PRV* berpengaruh terhadap stabilitas tekanan di wilayah pelayanan. Menurut (Farley, Malcolm, 2008), terdapat hubungan fisik antara laju aliran kebocoran, tekanan, dan frekuensi semburan baru. Semakin tinggi tekanan, semakin tinggi kebocoran, sebaliknya apabila semakin rendah tekanan, semakin rendah aliran kebocoran. Terdapat hubungan linear antara tekanan dan kebocoran dimana tekanan rendah 10% sama dengan kebocoran 10% lebih rendah. Tinggi tekanan dan siklus tekanan sangat mempengaruhi frekuensi semburan. Perbandingan tekanan antara kondisi eksisting dan alternatif optimalisasi sebagaimana ditampilkan pada Grafik 2 dan Grafik 3



**Grafik 2. Node dengan Tekanan > 30 m saat Minimum Hour**



**Grafik 3. Node dengan Tekanan < 5 m saat Peak Hour**

Pada kondisi eksisting tekanan rata-rata sebesar 15.64 m. Setelah dilakukan pengaturan periode jam operasi pompa dan pemasangan *PRV* tekanan rata-rata turun menjadi 13.18 m. Saat *minimum hour* tekanan sebesar 22 m pada kondisi eksisting. Sedangkan pada alternatif optimalisasi tekanan turun sebesar 32,81% menjadi 14,78%. Saat *peak hour* tekanan rata-rata pada kondisi eksisting sebesar 9.29 m, tekanan rata-rata yang rendah tersebut dipengaruhi oleh nilai tekanan kurang dari 5 m pada 12,3% dari total *nodes*, Pada alternatif optimalisasi nilai tekanan di seluruh wilayah *DMA* rata-rata sebesar 11.57 m dan telah memenuhi kriteria 5m-30 m.

### 5. Hubungan antara Tekanan dan Kebocoran Pipa

Penurunan kehilangan air dapat dilakukan dengan melakukan perbaikan pipa dan manajemen tekanan (Nugroho dkk, 2018), pemasangan *PRV* untuk penurunan tekanan dalam upaya penurunan kehilangan air (Fakhirah dan Sururi, 2020). Menurut (Direktorat Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, 2018), keuntungan pengelolaan tekanan antara lain:

1. Pengurangan tekanan merupakan metode penurunan kehilangan air yang paling “*cost effective*”, karena tidak memerlukan banyak biaya namun mampu menurunkan kebocoran secara signifikan, mampu mengurangi frekuensi pipa pecah sehingga investasi pipa dapat ditunda atau dialihkan.
2. Pengelolaan tekanan bisa memperpanjang umur pipa, pipa menjadi awet karena kerusakan pipa akibat tekanan tinggi dapat dicegah.

Hubungan antara tekanan dan kebocoran menggunakan metode perhitungan *FAVAD* (*Fixed and Variable Area Discharges*). Menurut (Thornton, 2003) manajemen tekanan bertujuan untuk memenuhi standar layanan tekanan, meminimalkan frekuensi kebocoran dan memperpanjang masa kerja infrastruktur, mengurangi tekanan berlebih. Tingkat kebocoran air berubah-ubah sesuai dengan tekanan, secara sederhana kebocoran merupakan aliran dari dalam pipa melalui lubang kebocoran. Luas lubang kebocoran dan/atau koefisien *discharge* juga berubah tergantung tekanan, maka debit aliran yang melalui lubang lebih sensitif terhadap tekanan dibandingkan prediksi hubungan “akar kuadrat”. Untuk keperluan praktis dalam memprediksi hubungan antara debit kebocoran air dan tekanan ditulis dalam persamaan:

Pengaruh Pengendalian Tekanan Aliran Pada Penurunan Kehilangan Air fisik  
(Studi Kasus: Perumda Air Minum Tirta Kahuripan)

$$\frac{Q_{f1}}{Q_{f0}} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N_1}$$

Dimana:

$Q_{f1}$  = Debit air yang hilang/keluar setelah perubahan tekanan

$Q_{f0}$  = Debit air yang hilang/keluar setelah perubahan tekanan

$P_1$  = Tekanan setelah dilakukan perubahan

$P_0$  = Tekanan sebelum dilakukan perubahan

$N_1$  = Eksponen kebocoran

Nilai  $N_1$  umumnya berkisar antara 0,5 dan 1,5, namun dapat juga mencapai 2,5 atau lebih (Thornton dkk, 2008). Umumnya nilai eksponen rata-rata sebesar 1,14 berdasarkan hasil pengujian nilai eksponen kebocoran di lapangan terhadap beberapa jaringan pada negara atau wilayah yang berbeda. Menggunakan persamaan 1.1. maka diperoleh prediksi nilai kebocoran setelah dilakukan pengendalian tekanan sebagai berikut:

Diketahui:

$Q_{f0}$  = 19.114 m<sup>3</sup>/bulan (debit kehilangan air fisik eksisting)

$Q_{f1}$  = Debit kebocoran setelah perubahan tekanan (m<sup>3</sup>/bulan)

$P_0$  = 15.64 m (Tekanan rata-rata eksisting)

$P_1$  = 13.18 m (Tekanan setelah optimalisasi)

$N_1$  = 1,14

$$Q_{f1} = \left(\frac{13,18}{15,64}\right)^{1,14} \times 19.114$$
$$Q_{f1} = 15.726 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

Penurunan tekanan sebesar 2,46 m setelah dilakukan pengaturan periode jam operasi pompa dan pemasangan *PRV*, hasil pengendalian tekanan aliran diketahui debit kebocoran dapat diturunkan menjadi 15.726 m<sup>3</sup>/bulan, penurunan kehilangan air fisik sebesar 3.386 m<sup>3</sup>/bulan. Pada kondisi eksisting debit produksi sebesar 77.405 m<sup>3</sup>/bulan, dengan kehilangan air fisik mencapai 19.114 m<sup>3</sup>/bulan atau 24,69%. Dengan melakukan pengendalian tekanan dan pendekatan pengaruh tekanan terhadap kebocoran pipa menggunakan metode *FAVAD* maka diperoleh penurunan kehilangan air fisik sebagaimana Tabel 7.

**Tabel 7. Penurunan Kehilangan Air Fisik dengan Pengendalian Tekanan**

	<b>Kehilangan Air Fisik Eksisting</b>	<b>Kehilangan Air Fisik Optimalisasi</b>
Debit (m <sup>3</sup> /bulan)	19.114	15.726
Penurunan Kehilangan Air Fisik	-	3.388
Tingkat Kehilangan Air Fisik	24,69%	20,31%

Komponen manfaat yang diperhitungkan pada penelitian ini yaitu debit air yang bisa diselamatkan dan potensi penambahan pelanggan. Jika tarif air rata-rata Cabang Kedung Halang Rp.8.371/m<sup>3</sup>, maka terdapat potensi penambahan pendapatan dari air yang diselamatkan dengan proyeksi pendapatan sebagai berikut:

1. Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting, kehilangan air fisik sebesar 19.114 m<sup>3</sup>/bulan

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan hilang} &= \text{tarif air} \times \text{kehilangan air} \\ &= \text{Rp.8.371/m}^3 \times 19.114 \text{ m}^3/\text{bulan} \\ &= \text{Rp.160.003.294/bulan} \end{aligned}$$

2. Potensi penambahan pendapatan dari optimalisasi pengendalian tekanan

Debit penyelamatan air (*water saving*) = 3.388 m<sup>3</sup>/bulan  $\approx$  40.656 m<sup>3</sup>/tahun

$$\begin{aligned} \text{Penambahan pendapatan} &= \text{tarif air} \times \text{water saving} \\ &= \text{Rp.8.371/m}^3 \times 3.388 \text{ m}^3/\text{bulan} \\ &= \text{Rp.28.360.948/bulan} \approx \text{Rp.340.331.376/tahun} \end{aligned}$$

3. Potensi penambahan pelanggan dari debit penyelamatan air

Jika rata-rata kebutuhan pokok air minum pelanggan kategori kota besar adalah 150 l/org/hari, maka terdapat potensi penambahan pelanggan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah orang per SR} &= 4,07 \text{ (BPS-Kab. Bogor, 2020)} \\ \text{Kebutuhan pokok air minum} &= 150 \text{ l/org/hari} \\ \text{Kebutuhan pokok air minum} &= 610,5 \text{ l/SR/hari} \approx 222,83 \text{ m}^3/\text{SR/tahun} \\ \text{Potensi penyelamatan air} &= 40.656 \text{ m}^3/\text{tahun} \\ \text{Potensi penambahan pelanggan} &= 182 \text{ SR/tahun} \end{aligned}$$

### **Kesimpulan**

Pengendalian tekanan aliran dengan mengatur periode jam operasi pompa sesuai dengan fluktuasi pemakaian air pelanggan, pemasangan *PRV* pada 8 titik strategis, penurunan tekanan aliran pada saat *minimum hour* berpotensi untuk menurunkan tingkat kehilangan air fisik sebesar 4,38% dari 24,69% menjadi 20,31%, potensi penyelamatan air 40.656 m<sup>3</sup>/tahun dengan penambahan pendapatan Rp.340.331.376/tahun, atau terdapat potensi penambahan pelanggan 182 SR/tahun.

## BIBLIOGRAFI

- BPS-Kab. Bogor. (2020). *Kabupaten Bogor Dalam Angka*. [Google Scholar](#)
- Deputi Bidang Perekonomian Sekretariat Kabinet. *Lampiran I Peraturan Presiden Nomor 18 Tahun 2020 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2020-2024.*, (2020). [Google Scholar](#)
- Direktorat Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Modul Air Tak Berekening Tahun 2018*. [Google Scholar](#)
- Erianik, D., Marsono, B. D., & Soedjono, E. S. (2020). Evaluation of Zona Air Minum Prima (ZAMP) Program in Ngagel Tirto Surabaya. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 506(1). [Google Scholar](#)
- Farley, Malcolm, Wyeth Gary. (2008). *Farley 2008 - The Managers Non-Revenue Water Handbook - A Guide to Understanding Water Losses*. [Google Scholar](#)
- Heston, Yudha Pracastio, & Pasawati, Alvira. (2016). Analisis Faktor Penyebab Kehilangan Air PDAM. *Temu Ilmiah IPLBI 2016*, (1), 6 hal. [Google Scholar](#)
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No.27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum*, X, (2016). [Google Scholar](#)
- Monsef, H., Naghashzadegan, M., Farmani, R., & Jamali, A. (2018). Pressure management in water distribution systems in order to reduce energy consumption and background leakage. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, 67(4), 397–403. [Google Scholar](#)
- Muhammad Rizky Sya'bani. (2016). *Penerapan Jaringan Distribusi Sistem District Meter Area (DMA) Dalam Optimalisasi Penurunan Kehilangan Air Fisik Ditinjau Dari Aspek Teknis Dan Finansial (Studi Kasus: Wilayah Layanan IPA Bengkuring PDAM Tirta Kencana Kota Samarinda)* (Vol. 25714003). Universitas Teknologi Bandung. [Google Scholar](#)
- Nugroho, Searphin, Meicahayanti, Ika, & Nurdiana, Juli. (2018). Analisa Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 (Studi Kasus di Kelurahan Harapan Baru, Kota Samarinda). *E-Journal Universitas Diponegoro*, 39(1), 5 hal. [Google Scholar](#)
- Pradypna, F. F., Marsono, B. D., & Soedjono, E. S. (2020). A Study of Drinking Water Supply and Demand in Surabaya in the Year 2039. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 506(1). [Google Scholar](#)
- Riduan, Rony, Firmansyah, Muhammad, & Fadhilah, Shelda. (2017). Evaluasi Tekanan Jaringan Distribusi Zona Air Minum Prima (Zamp) PDAM Intan Banjar

Menggunakan Epanet 2.0. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(1), 20 hal. [Google Scholar](#)

Samir, Nourhan, Kansoh, Rawya, Elbarki, Walid, & Fleifle, Amr. (2017). Pressure control for minimizing leakage in water distribution systems. *Alexandria Engineering Journal*, 56(4), 601–612. [Google Scholar](#)

Saparina, Widy. (2017). *Penurunan Kehilangan Air di Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. [Google Scholar](#)

Sarungallo, Goberth Atto, & Wardhani, E. K. A. (2016). Evaluasi Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih di Kecamatan Pontianak Selatan Kota Pontianak Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Rekayasa Lingkungan, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 4(1), 8 hal. [Google Scholar](#)

Syanocty Putri Farah Fakhirah, Mohammad Rangga Sururi, Arief Dhany Sutadian. (2020). Evaluasi hidrolis pada jaringan distribusi PDAM Tirta Jati Kabupaten Cirebon sistem cibodas. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(2), 12 hal. [Google Scholar](#)

Thornton, Julian. (2003). Managing Leakage by Managing Pressure: A Practical Approach. *Water 21, October 20*, 1–2. [Google Scholar](#)

Thornton, Julian, Sturm, Reinhard, & Kunkel, George. (2008). *Water Loss Control*. [Google Scholar](#)

Tommy, Ervando, & Arya, Al hanif. (2016). Pengendalian Kehilangan Air Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Tirta Dharma Kota Malang. *Jurnal Universitas Diponegoro*, 20 hal. [Google Scholar](#)

---

**Copyright holder:**

Adrial Munis, Eddy Setiadi Soedjono, Muhammad Sundoro (2021)

**First publication right:**

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

**This article is licensed under:**

