



Kajian Kehilangan Air pada Perencanaan *District Meter Area* PDAM Kota Pasuruan

Ririn Endah Badriani*, Barajati Jala Ilmi, Audiananti Meganandi Kartini
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember
*ririn.teknik@unej.ac.id

Received: 17 Januari 2023 Revised: 24 Januari 2024 Accepted: 9 Februari 2024

Abstract

Water loss that occurred in the service area of the Pleret 1 Reservoir managed by PDAM Pasuruan City from January to November was 42.92%. The highest water loss occurred in January of 46.85% and the lowest in May of 33.43%. This is still very far from the standard 20%. The current condition of the Pasuruan City PDAM distribution pipeline network is that all systems are connected to each other, so that there are no separate systems. Efforts that can be made by PDAM Kota Pasuruan to reduce water loss and interconnection networks are to isolate the piping network by establishing a DMA (District Area Meter). Formation of DMA requires hydrolysis modeling simulation of distribution pipeline network using Epanet 2.2 software. Besides using Epanet 2.2 software, Quantum GIS 3.16.16 software is needed to create a pipeline. The validity test in the field uses the discharge parameter with a correlation coefficient between EPANET and field discharge data obtained at 0.61. The formation of DMA with good results to reduce air loss is by reducing air pressure, if the air pressure decreases, the air loss will be lower.

Keywords: *Loss of water, district meter area, epanet 2.2*

Abstrak

Kehilangan air yang terjadi di wilayah pelayanan Reservoir Pleret 1 yang dikelola PDAM Kota Pasuruan mulai bulan Januari-November sebesar 42,92%. Kehilangan air tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 46,85% dan terendah pada bulan Mei sebesar 33,43 %, hal itu masih sangat jauh dibandingkan dengan standar yaitu sebesar 20%. Kondisi jaringan pipa distribusi PDAM Kota Pasuruan saat ini keseluruhan saling interkoneksi antar sistem, sehingga tidak ada sistem yang terpisah. Upaya yang bisa dilakukan PDAM Kota Pasuruan untuk mengurangi kehilangan air dan jaringan yang interkoneksi yaitu dengan mengisolasi jaringan perpipaan dengan pembentukan DMA (District Meter Area). Pembentukan DMA memerlukan simulasi permodelan hidrolis jaringan pipa distribusi menggunakan bantuan software Epanet 2.2. Selain menggunakan software Epanet 2.2, untuk membuat jaringan pipa diperlukan software Quantum GIS 3.16.16. Uji validitas di lapangan menggunakan parameter debit dengan koefisien korelasi antara data debit epanet dan lapangan didapatkan sebesar 0,61. Pembentukan DMA dengan hasil yang baik untuk menurunkan kehilangan air yaitu dengan menurunkan tekanan air, apabila tekanan air semakin menurun maka kehilangan air semakin rendah.

Kata kunci: *Kehilangan air, district meter area, epanet 2.2*

Pendahuluan

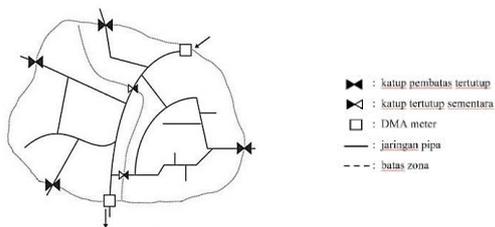
Berbagai masalah timbul semakin besar seiring dengan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi. Perusahaan Daerah Air Minum PDAM Kota Pasuruan pada tahun 2020 memiliki kapasitas produksi sebesar 6.379.258 m³/tahun dan untuk air yang terjual sebesar 4.755.167 m³/tahun. Persentase kehilangan air sebesar 25,46 % pada tahun 2020 dan 25,24% pada tahun 2021, hal itu masih sangat jauh

dibandingkan dengan satandar yaitu sebesar 20%. Kondisi jaringan pipa distribusi PDAM Kota Pasuruan saat ini keseluruhan saling interkoneksi antar sistem, sehingga tidak ada sistem yang terpisah. Hal tersebut mengakibatkan kondisi aliran tidak optimal antara kehilangan air.

Kehilangan air merupakan perbedaan antara volume air yang dikonsumsi dengan volume air yang didistribusikan. Kehilangan air digolongkan

menjadi dua jenis yaitu kehilangan air secara fisik dan nonfisik. Kehilangan air secara fisik yaitu kebocoran air secara nyata pada jaringan pipa oleh sebab-sebab tertentu. Sedangkan kehilangan air secara nonfisik adalah kehilangan air yang tidak nyata terlihat dan umumnya bersifat administrasi, contohnya yaitu penentuan pemakaian air dengan kira-kira, kesalahan pencatatan dan pembacaan meter air, adanya sambungan tanpa meter air, sambungan liar (*illegal connection*) (Diana *et al.*, 2020).

Konsep manajemen *district meter area* (DMA) pertama kali diperkenalkan oleh industri air yang berada di Inggris pada awal tahun 1980. DMA adalah metode pembagian suatu jaringan pasokan air bersih menjadi zona-zona kawasan bermeter untuk mengurangi penurunan kehilangan air. DMA berfungsi mendeteksi kebocoran pada suatu bagian sistem jaringan distribusi yang difokuskan menjadi satu wilayah. Sistem ini mengandung arti bahwa suatu daerah jaringan distribusi diisolasi untuk melihat potensi kebocoran di daerah tersebut (Wirawan *et al.*, 2020). Sistem DMA dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Yekti *et al.*, 2019

Gambar 1. District Meter Area ()

Fernando (2021) menjelaskan bahwa dalam membentuk sistem DMA harus melakukan beberapa tahapan antara lain melakukan analisis kondisi eksisting wilayah studi, melakukan analisis perencanaan alternatif optimasi DMA. Membentuk permodelan rencana optimasi jaringan distribusi DMA alternatif, melakukan analisis penurunan NRW dengan tiga alternatif. Upaya yang bisa dilakukan PDAM Kota Pasuruan untuk mengurangi kehilangan air dan jaringan yang interkoneksi yaitu dengan mengisolasi jaringan perpipaan dengan pembentukan DMA. Pembentukan DMA harus memperhatikan beberapa kondisi eksisting yaitu jumlah SR (sambungan rumah tangga), diameter pipa, elevasi tanah, dan jumlah debit air dari *reservoir*. Pembentukan DMA memerlukan simulasi permodelan hidrolis jaringan pipa distribusi, salah satunya adalah menggunakan bantuan *software Epanet 2.2*.

Pembentukan DMA dengan menggunakan *software Epanet 2.2* bertujuan untuk analisa hidrolis jaringan

pipa dengan output berupa *pressure* dan *velocity* pada pipa. Output yang dihasilkan digunakan dalam pembagian zona-zona DMA dan juga sebagai pembandingan antara kondisi eksisting dan perencanaan untuk menentukan skenario terbaik (PDAM Kota Pasuruan, 2021).

Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu (1) sebagai upaya dalam pengendalian kehilangan air tak berekening dan mengurangi kerugian akibat kehilangan air tak berekening; (2) Mengoptimalkan tekanan air dan meningkatkan durasi pengaliran pada jaringan pipa. Kajian ini menggunakan wilayah pelayanan *Reservoir Pleret 1* karena pada tahun 2023 PDAM Kota Pasuruan berencana akan membangun sistem DMA di wilayah tersebut. (PDAM Kota Pasuruan, 2021).

Metode Penelitian

Software Epanet digunakan dalam kajian ini adalah untuk mengetahui simulasi profil hidrolis dan perlakuan kuantitas air bersih pada jaringan pipa. *Epanet* menghasilkan output berupa debit air yang mengalir dalam pipa dan tekanan air dari masing-masing *junction*. Program ini akan menghasilkan peta jaringan dengan kode warna, grafik *time-series*, tabel data, dan plot kontur plot (Lasol *et al.*, 2014). Selain itu memiliki beberapa keuntungan yaitu: data survei dapat ditafsirkan ke dalam program dengan sedikit perbaikan dalam *microsoft excel*, semua kalkulasi cepat terselesaikan, pekerjaan orang lain dapat diperiksa dengan mudah, pergantian mudah dan cepat, dan ukuran jaringan dan kompleksitas tidak terbatas.

Pembentukan DMA membutuhkan analisis data untuk menentukan zona pelayanan, sebagai berikut

Analisis persentase kehilangan air

Analisis persentase kehilangan air dilakukan untuk mengetahui jumlah kehilangan air melalui volume air yang di distribusikan dikurangi dengan volume air yang tercatat dalam rekening tagihan. Persentase kehilangan air dicari dengan Persamaan 1

$$H = \frac{S-D}{S} \times 100\% \quad (1)$$

dimana, H adalah kehilangan air dalam persen (%), S adalah jumlah air yang didistribusikan (m^3) dan D adalah jumlah air yang tercatat dalam rekening tagihan (m^3)

Analisis kebutuhan air.

Analisis kebutuhan air dilakukan untuk mengetahui kebutuhan air pada setiap kelurahan yang

disesuaikan dengan data produksi air dari PDAM Kota Pasuruan. Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Pasuruan pada tahun 2021 menentukan bahwa ISR terdiri dari 3 jiwa, dan pemakaian rata-rata tiap orang perhari yang berasal dari lembar evaluasi PDAM Kota Pasuruan tahun 2021 sebesar 190 liter/jiwa/hari. Data jumlah sambungan rumah (SR) pelanggan dapat dilihat pada Tabel 1.

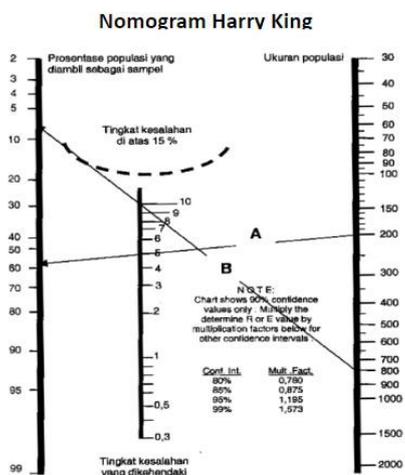
Tabel 1. Data pelanggan aktif perkelurahan Wilayah SPAM

No	Kelurahan	Kecamatan	Jumlah SR
1	Bukir	Gadingrejo	97
2	Gadingrejo	Gadingrejo	354
3	Gentong	Gadingrejo	476
4	Karangketug	Gadingrejo	646
5	Petahunan	Gadingrejo	823
6	Sebani	Gadingrejo	30
7	Ngemplakrejo	Panggungrejo	793
8	Tambahan	Panggungrejo	425
9	Pohjentrek	Purworejo	405
Jumlah			4049

Sumber: PDAM, 2022

Pengukuran elevasi tanah

Elevasi tanah diukur dengan menggunakan aplikasi *Google Earth* dan *Garmin Explore*. Pengukuran elevasi tanah di lapangan diukur menggunakan *autolevel (waterpass)* dengan mengambil beberapa titik sampel pada setiap kelurahan. Jumlah pengambilan titik sampel menggunakan nomogram Harry King dengan rumus, $n = \text{jumlah sampel} \times \text{persentase yang diambil sebagai sampel} \times \text{faktor pengali selang kepercayaan}$.



Sumber: Rawung, 2020

Gambar 2. Nomogram Harry King

Penentuan hasil kalibrasi data penelitian dan lapangan dihitung menggunakan metode koefisien korelasi yang ada pada Persmaan 2.

$$r = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (2)$$

Tingkat hubungan koefisien korelasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Interpretasi koefisien korelasi

Interval koefisien	Tingkat hubungan
0,800-1,00	Sangat tinggi
0,600-0,800	Kuat
0,400-0,600	Cukup
0,200-0,400	Rendah
0,000-0,100	Sangat rendah

Sumber : (Bertan *et al.*, 2016)

Analisis jaringan eksisting.

Analisis jaringan eksisting dilakukan untuk mempermudah ketika melakukan pembentukan DMA dengan mempertimbangkan kecepatan dan tekanan. Analisis jaringan eksisting memperhatikan beberapa aspek untuk menyesuaikan kondisi jaringan pipa di lapangan yaitu elevasi tanah, debit air, diameter pipa, dan jam puncak pelayanan air.

Analisis perencanaan skenario DMA.

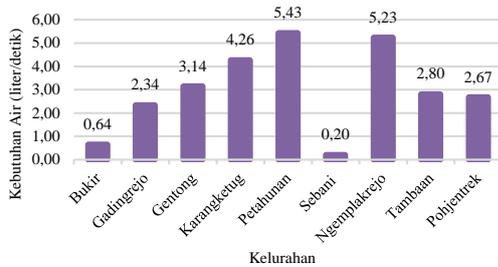
Pembentukan DMA dibuat menjadi beberapa skenario untuk membandingkan simulasi hidrolis dari setiap skenario. Skenario DMA dapat digunakan pihak PDAM untuk melakukan pemilihan sistem DMA yang sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan. Data lapangan dan data eksisting *Epanet* diuji dengan metode koefisien korelasi untuk mengetahui tingkat hubungan antara variabel terikat dan variabel bebas.

Hasil dan Pembahasan

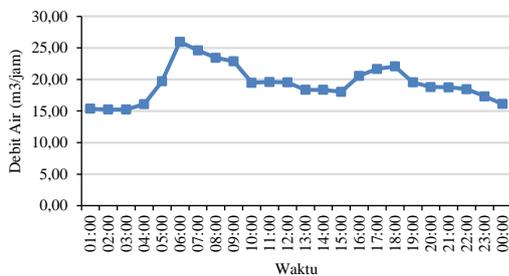
Kebutuhan dan pola pemakaian air

Kebutuhan air pada setiap kelurahan memiliki jumlah yang berbeda-beda. Kelurahan yang memiliki kebutuhan air terbanyak adalah Kelurahan Petahunan sebesar 5,43 liter/detik sedangkan kebutuhan air terkecil adalah Kelurahan Sebani sebesar 0,2 liter/detik. Kebutuhan air di Kelurahan Petahunan tinggi karena jumlah SR banyak, sedangkan di Kelurahan Sebani kebutuhannya kecil sesuai dengan jumlah SR yang sedikit. Grafik kebutuhan air pada wilayah pelayanan reservoir Pleret 1 dapat dilihat pada Gambar 3. Kebutuhan air pada Kelurahan Bukir dihitung dengan mengalikan jumlah penduduk dengan standar kebutuhan air. Dengan asumsi 1 SR terdiri dari 3 jiwa sehingga didapatkan $(97 \times 3) \text{ jiwa} \times 190$ atau 55.290 liter/jiwa/hari atau 0,64 liter/detik. Pola pemakaian air yang digunakan mengacu pada studi kasus di PDAM Giri Menang Kota Mataram karena

PDAM Kota Pasuruan tidak memiliki data terkait pola pemakaian air pada *water meter*. Jam puncak terjadi pada jam 06:00 dan tidak puncak pada jam 03:00, yang dapat dilihat pada Gambar 4. (Handayani *et al.*, 2019). Pola pemakaian air berfungsi untuk mengetahui pola debit pada salah satu *junction* di *software Epanet*, dan dimasukkan ke dalam data *pattern* yang ada di *Epanet*. *Pattern* di *Epanet* memiliki pola waktu (*time pattern*) yang digunakan untuk mengkarakteristik variasi waktu pada *demand* untuk kategori utama dari pelanggan pada *junction*.



Gambar 3. Grafik kebutuhan air di Pelayanan Pleret 1



Gambar 4. Grafik pola pemakaian air

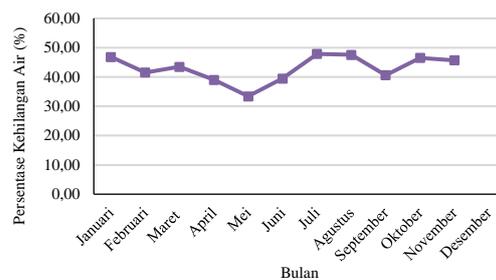
Pola pemakaian air menyediakan faktor pengali yang digunakan pada kebutuhan dasar (*base demand*) dalam menyatakan kebutuhan aktual yang diberikan pada periode waktu tertentu. Perhitungan faktor pengali pada jam 01:00 dapat dihitung dengan Q aktual dibagi dengan Q ideal. Q aktual sendiri merupakan debit yang mengalir pada jam tersebut dengan satuan m^3/jam , sedangkan Q ideal didapatkan dengan Q aktual mulai jam 01.00-24.00 dibagi dengan 24 jam sehingga didapatkan Q ideal sebesar $19,38 m^3$. Setelah itu mencari faktor pengali yaitu $15,37 m^3/jam$ dibagi dengan $19,38 m^3$ sehingga didapatkan hasil 0,79.

Kehilangan air

Wilayah pelayanan *Reservoir Pleret 1* pada saat ini disuplai oleh SPAM Umbulan yang dikelola oleh pihak swasta yaitu PT. Air Bersih Jawa Timur (PERSERODA). Pada tahun 2022 volume air yang terjual dari pihak PDAM Kota Pasuruan memiliki selisih yang jauh dari tagihan PT Air Bersih Jawa

Timur (PERSERODA). Volume air PDAM Kota Pasuruan yang terjual sedikit karena terjadi kehilangan air secara teknis dan nonteknis. Tingkat kehilangan air yang terjadi di wilayah pelayanan *Reservoir Pleret 1* yaitu lebih dari 30%.

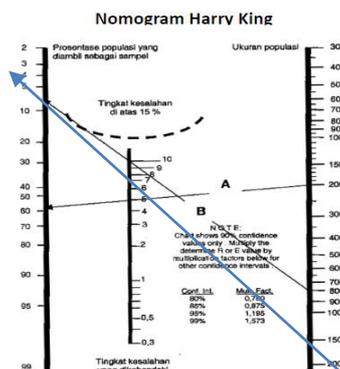
Persen kehilangan air pada bulan Januari dihitung dengan Persaman 1. Dengan jumlah air yang didistribusikan $97701 m^3$ dan jumlah air yang tercatat dalam rekening tagihan $51926 m^3$, didapat kehilangan air 46,85%. Persentase kehilangan air pada tahun 2022 di wilayah pelayanan *Reservoir Pleret 1* dihitung dengan Persaman 1, dan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik kehilangan air *Reservoir Pleret 1* Tahun 2022

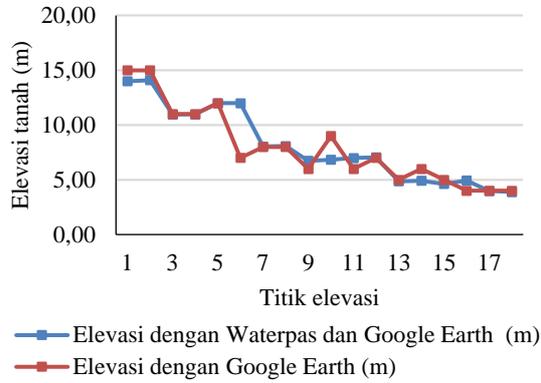
Pengukuran Elevasi Tanah

Elevasi tanah dicari menggunakan dua aplikasi yaitu *Google Earth* dan *Garmin Explore*. Jumlah sampel elevasi tanah dihitung menggunakan nomogram *Harry King*. Populasi sebesar 891 titik dan tingkat kesalahan diatas 15% didapatkan persentase populasi yang diambil sebagai sampel yaitu sebesar 2,6%. Selang kepercayaan yang diambil sebesar 80% didapatkan faktor pengali yaitu 0,780 sehingga sampel yang didapat berjumlah 18 titik. Penentuan jumlah sampel elevasi tanah dengan Nomogram Harry King dapat dilihat pada Gambar 6, yaitu $n = 891 \times (2,6\%) \times 0,78 = 18$.

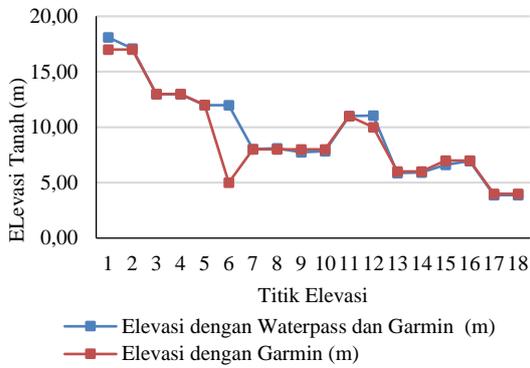


Gambar 6. Penentuan jumlah titik sampel elevasi

Uji validitas elevasi tanah antara *google earth* dan *waterpass* dengan Garmin dan *waterpass* dihitung menggunakan metode koefisien korelasi. Koefisien korelasi untuk elevasi *google earth* dan *waterpass* sebesar 0,89. Sedangkan Garmin dan *waterpass* sebesar 0,91. Grafik elevasi tanah dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Grafik elevasi tanah antara *google earth* dan *waterpass*



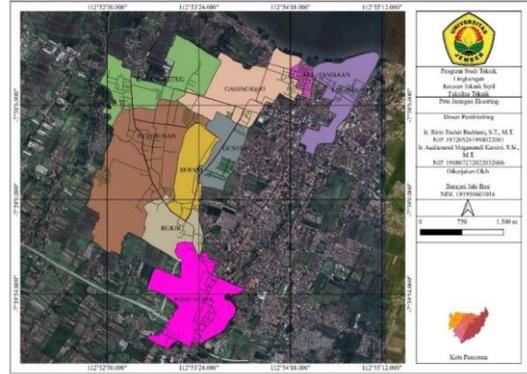
Gambar 8. Grafik Elevasi tanah antara *Garmin* dan *waterpass*

Analisis jaringan eksisting

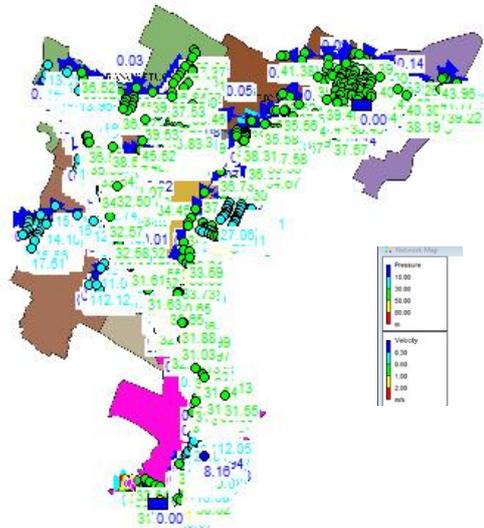
Jaringan pipa pada wilayah pelayanan *Reservoir Pleret 1* terdiri dari 3 jenis yaitu pipa primer, sekunder, dan tersier. Pipa primer memiliki ukuran diameter sebesar 315 dan 160 mm, pipa sekunder sebesar 110 mm dan 160 mm, dan pipa tersier sebesar 50 mm dan 75 mm. Jaringan pipa primer, sekunder, dan tersier pada pelayanan *Pleret 1* dapat dilihat pada Gambar 9. dan analisis jaringan eksisting di *epanet* dapat dilihat pada Gambar 10.

Uji validitas di lapangan menggunakan parameter debit dengan koefisien korelasi antara data debit *epanet* dan lapangan didapatkan sebesar 0,61. Data debit di lapangan diukur menggunakan *digital turbine flowmeter*. Penentuan jumlah sampel untuk kalibrasi pada debit menggunakan metode *Nomogram Harry King* dengan jumlah populasi sebesar 891 dengan tingkat kesalahan diatas 15%

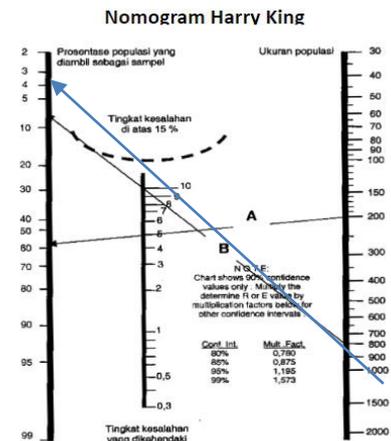
didapatkan persentase populasi yang diambil sebanyak 3,9%. Selang kepercayaan yang diambil sebesar 80% didapatkan faktor pengali yaitu 0,780 sehingga sampel yang didapat berjumlah 27 titik. Penentuan jumlah sampel debit dengan *Nomogram Harry King* dapat dilihat pada Gambar 11, yaitu $891 \times 3,9\% \times 0,78 = 27$.



Gambar 9. Peta jaringan eksisting



Gambar 10. Analisis jaringan eksisting



Gambar 11. Penentuan jumlah titik sampel debit

Pola pemakaian air menunjukkan terkecil pada jam 03:00 dan tertinggi pada jam 06:00. Kondisi eksisting di *epanet* menunjukkan pada jam 03:00 kecepatan tertinggi yaitu 2,66 m/s dan terendah 0 m/s, sedangkan pada jam 06:00 kecepatan tertinggi yaitu 2,66 m/s dan terendah 0 m/s. Sedangkan kondisi eksisting di *epanet* menunjukkan pada jam 03:00 tekanan tertinggi yaitu 72,41 m dan terendah 6,91 m dan pada jam 06:00 tekanan tertinggi yaitu 72,41 dan terendah 6,92 m. Data perbandingan tekanan dan kecepatan pada kondisi eksisting yang sesuai dengan kriteria antara jam 03:00 dan 06:00 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tekanan dan kecepatan kondisi eksisting

Jam 03:00		Jam 06:00	
Tekanan (%)	Kecepatan (%)	Tekanan (%)	Kecepatan (%)
100,00	16,15	100,00	16,25

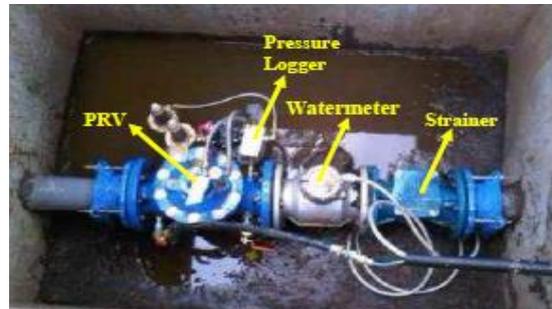
Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M 2007 menjelaskan bahwa tekanan memiliki batas sebesar 5-80 m, sedangkan untuk kecepatan memiliki batas yaitu sebesar 0,3-3 m/s. Jam tidak puncak (03:00) dari total 891 *junction* untuk *pressure* sudah sesuai dengan kriteria, sedangkan untuk *velocity* terdapat 160 jalur pipa yang memenuhi kriteria dan 831 jalur pipa tidak memenuhi kriteria. Jam puncak (06:00) dari total 891 *junction* untuk *pressure* sudah sesuai dengan kriteria, sedangkan untuk *velocity* terdapat 161 jalur pipa yang memenuhi kriteria dan 830 jalur pipa tidak memenuhi kriteria.

Perencanaan skenario DMA

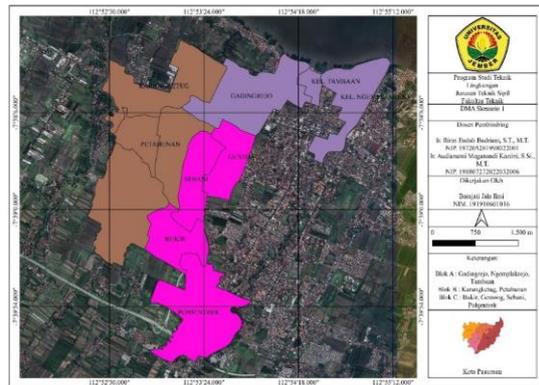
DMA merupakan sistem pendeteksi kebocoran yang lebih ditujukan pada kebocoran yang tidak dilaporkan dan tidak terlihat. Prinsip kerja DMA adalah dengan membagi jaringan pipa menjadi zona hidrolis yang lebih kecil dan terisolasi serta memiliki satu titik *inlet* dengan pengukur debit dan kemudian dilakukan pemantauan terhadap volume dan tekanan air yang berada pada wilayah pelayanan tersebut. Kebocoran diindikasikan dengan adanya perbedaan debit pada zona yang lebih kecil dan penurunan tekanan pada suatu wilayah DMA. Desain DMA memerlukan empat peralatan utama yaitu 1 buah *strainer* sebagai penyaring kotoran, 1 buah PRV (*pressure reduction valve*) sebagai pengatur tekanan masuk, 1 buah *pressure loger* sebagai pencatat rekaman angka tekanan, dan 1 buah *watermeter* untuk pencatatan rekaman angka debit yang masuk. Desain DMA dapat dilihat pada Gambar 12.

DMA Skenario 1; Wilayah pelayanan DMA terdiri dari 3 blok yaitu blok A, B, dan C. Blok A meliputi

Kelurahan Gadingrejo, Ngemplakrejo, dan Tambaan dengan jumlah 1572 SR. Blok B meliputi Kelurahan Karangketug dan Petahunan dengan jumlah 1469 SR. Blok C meliputi Kelurahan Bukir, Gentong, Sebani, dan Pohjentrek. Peta DMA Skenario 1 dapat dilihat pada Gambar 13.

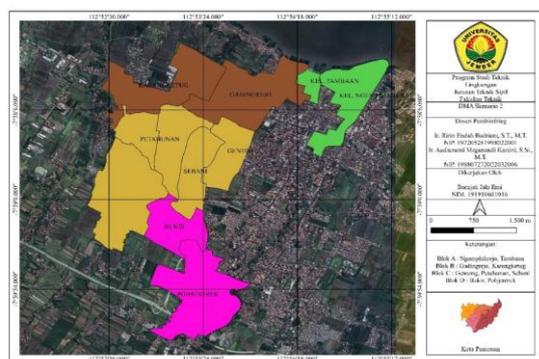


Gambar 12. Desain DMA (Sya'bani, 2016)



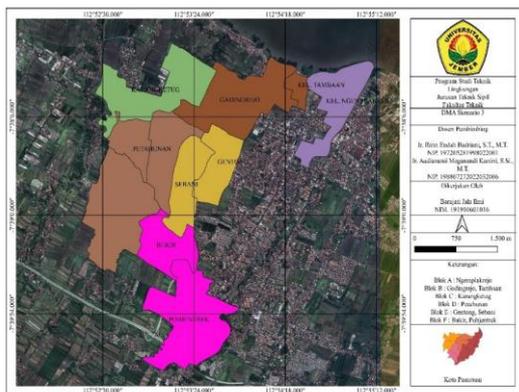
Gambar 13. Peta DMA Skenario 1

DMA Skenario 2; Wilayah pelayanan DMA terdiri dari 4 blok yaitu blok A,B,C,dan D. Blok A meliputi Kelurahan Ngemplakrejo dan Tambaan dengan jumlah 1218 SR. Blok B meliputi Kelurahan Gadingrejo dan Karangketug dengan jumlah 1000 SR. Blok C meliputi Kelurahan Gentong, Petahunan, dan Sebani dengan jumlah 1329 SR. Blok D meliputi Kelurahan Bukir dan Pohjentrek dengan jumlah 502 SR. Peta DMA Skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Peta DMA Skenario 2

DMA Skenario 3; Wilayah pelayanan DMA terdiri dari 6 blok yaitu blok A,B,C,D,E,dan F. Blok A meliputi Kelurahan Ngemplakrejo dengan jumlah 793 SR, blok B meliputi Kelurahan Gadingrejo dan Tambaan dengan jumlah 779 SR, blok C meliputi Kelurahan Karangketug dengan jumlah 646 SR, blok D meliputi Kelurahan Petahunan dengan jumlah 823 SR, blok E meliputi Kelurahan Gentong dan Seban dengan jumlah 506 SR, dan blok F meliputi Kelurahan Bukir dan Pohjentrek dengan jumlah 502 SR. Peta DMA Skenario 3 dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Peta DMA Skenario 3

Kajian tekanan dan kecepatan DMA

Perbandingan skenario DMA dilakukan untuk mengetahui tingkat persentase *pressure* dan *velocity*. dari yang terkecil dan terbesar. Perbandingan tekanan dan kecepatan masing-masing skenario DMA terhadap kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Persentase tekanan dan kecepatan DMA

Skenario	Pressure (%)	Velocity (%)
Jam 03:00		
1	98,20	9,79
2	76,43	14,83
3	58,59	16,04
Jam 06:00		
1	96,18	10,09
2	76,09	14,53
3	58,59	16,15
Aksesoris		
1	3 PRV, 3 closed valve, 2 control valve	
2	4 PRV, 4 closed valve, 5 control valve	
3	6 PRV, 6 closed valve, 5 control valve	

Skenario 1 memiliki kenaikan *pressure* sebesar 98,20% pada jam 03:00 dan sebesar 96,18% pada jam 06:00 dari kondisi eksisting. Skenario 2 memiliki kenaikan *pressure* sebesar 76,43% pada jam 03:00 dan sebesar 76,09% pada jam 06:00 dari

kondisi eksisting. Skenario 3 memiliki kenaikan *pressure* sebesar 58,59% pada jam 03:00 dan sebesar 58,59% pada jam 06:00 dari kondisi eksisting. Skenario 1 memiliki kenaikan *velocity* sebesar 9,79% pada jam 03:00 dan sebesar 10,09% pada jam 06:00 dari kondisi eksisting. Skenario 2 memiliki kenaikan *velocity* sebesar 14,83% pada jam 03:00 dan sebesar 14,53% pada jam 06:00 dari kondisi eksisting. Skenario 3 memiliki kenaikan *pressure* sebesar 16,04% pada jam 03:00 dan sebesar 16,15% pada jam 06:00 dari kondisi eksisting. Skenario 1 memerlukan 3 PRV (*Pressure Reducing Valve*), 3 *closed valve*, 2 *control valve*. Skenario 2 memerlukan 4 PRV, 4 *closed valve*, 5 *control valve*. Skenario 3 memerlukan 6 PRV, 6 *closed valve*, 5 *control valve*. Perbandingan skenario DMA yang sesuai dengan kriteria dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Skenario DMA yang sesuai dengan kriteria

Skenario	Jam 03:00		Jam 06:00	
	Pressure (%)	Velocity (%)	Pressure (%)	Velocity (%)
1	100,00	16,15	100,00	16,25
2	100,00	16,15	100,00	16,25
3	100,00	17,76	100,00	17,86

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M 2007 menjelaskan bahwa tekanan memiliki batas sebesar 5-80 m, sedangkan untuk kecepatan memiliki batas yaitu sebesar 0,3-3 m/s. Skenario 1,2, dan 3 memiliki persentase *pressure* sebesar 100% pada jam 03:00 dan jam 06:00 yang sesuai dengan kriteria. Skenario 1 memiliki persentase 16,15% untuk *velocity* pada jam 03:00 dan 16,25 % pada jam 06:00 yang sesuai dengan kriteria. Skenario 2 memiliki persentase 16,15% untuk *velocity* pada jam 03:00 dan 16,25 % pada jam 06:00 yang sesuai dengan kriteria. Skenario 3 memiliki persentase 17,76% untuk *velocity* pada jam 03:00 dan 17,86 % pada jam 06:00 yang sesuai dengan kriteria.

Menurut Farley (2008) manajemen tekanan adalah salah satu parameter dasar dari kehilangan air yang dapat dikembangkan dengan baik. Hubungan fisik antara tingkat kehilangan air dan tekanan yaitu: (1) Semakin tinggi tekanan, maka kehilangan air semakin tinggi. Sedangkan, jika tekanan semakin rendah, maka semakin rendah kehilangan air. (2) Terdapat hubungan linier antara tekanan dan kehilangan air (tekanan lebih rendah 10% = kehilangan air 10% lebih rendah) dan (3) Tingkat tekanan dan siklus tekanan sangat berpengaruh pada frekuensi semburan dan kecepatan aliran. Apabila mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Farley (2008) untuk menurunkan kehilangan air maka tekanan dalam analisa hidrolis pada program epanet

harus mencari tekanan dengan hasil penurunan terkecil. Dari ketiga skenario didapatkan skenario 3 mengalami penurunan tekanan paling rendah yaitu sebesar 58,59% dari kondisi eksiting pada jam 03.00 dan jam 06.00.

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian untuk menurunkan kehilangan air yang cocok pada jaringan pelayanan Reservoir Pleret 1 adalah skenario 3 karena terdiri dari 6 blok pelayanan sehingga isolasi wilayah lebih kecil. Isolasi wilayah yang kecil dapat memudahkan dalam mengontrol debit air. Skenario 3 juga mengalami penurunan tekanan paling tinggi yaitu sebesar 39,51% dari kondisi eksiting pada jam 03.00 dan jam 06.00.

Daftar Pustaka

- Ardiansyah, Juwono, P. T., & Ismoyo, M. J. (2012). Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih pada PDAM di Kota Ternate. *Jurnal Teknik Pengairan*, 3(2), 211–220.
- Ariyanto, Kurniawan, D. E., & Fatulloh, A. (2018). Rancang Bangun Aplikasi WebGIS untuk Pemetaan Kondisi Sosial Ekonomi Kota Batam. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 2(1), 27–30.
- Bertan, C. V., Dundu, A. K. T., & Mandagi, R. J. M. (2016). Pengaruh Pendayagunaan Sumber Daya Manusia (Tenaga Kerja) Terhadap Hasil Pekerjaan (Studi Kasus Perumahan Taman Mapanget Raya (Tamara)). *Jurnal Sipil Statik*, 4(1), 13–20.
- Diana, E. W., Sholichin, M., & Haribowo, R. (2020). Kajian Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih pada PDAM Tirta Barito Kota Buntok. *Jurnal Teknik Pengairan*, 11(1), 8–17.
- Farley, M., Wyeth, G., Bin, Z., Ghazali, M., Istandar, A., Singh, S., van Dijk, N., Raksakulthai, V., & Kirkwood, E. (2008). *The Manager's Non-Revenue Water Handbook A Guide to Understanding Water Losses*.
- Fernando, J. A., Masduqi, A., & Pandin, G. N. R. (2021). Studi Optimisasi District Meter Area (DMA) Zona Pelayanan 2 Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor Dalam Upaya Penanggulangan Non-Revenue Water (NRW). *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(2).
- Handayani, S. T., Setiawan, A., & Sasmito. (2019). *Pola Pemakaian Air Harian Perumahan Lingkar Pratama dan Perumahan Pemda Gerung*.
- Lasol, H. N., Suharnoto, Y., Ridwan, D., & Joubert, M. D. (2014). Evaluasi Kinerja Jaringan Irigasi Curah Melalui Simulasi Hidrolis Menggunakan Epanet 2.0. *Jurnal Irigasi*, 9(1).
- Laucelli, D. B., Simone, A., Berardi, L., & Giustolisi, O. (2016). Optimal Design of District Metering Areas. *Procedia Engineering*, 162, 403–410.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.081>
- Nugroho, B. T. B., Sarminingsih, A., & Samadikun, B. P. (2022). Penerapan Jaringan Distribusi Sistem District Meter Area (DMA) SPAM Semarang Barat dalam Optimalisasi Penurunan Kehilangan Air Ditinjau dari Aspek Teknis dan Finansial (Studi Kasus: Area Pelayanan Reservoir Manyaran 1). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(4), 872–879.
- PDAM Kota Pasuruan. (2021). *Dokumen Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum (RISPAM) Kota Pasuruan*. PDAM Kota Pasuruan.
- Lampiran III Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2016, JDIH Kementerian PUPR 1 (2016).
- Rawung, D. T. (2020). *Bahan Ajar Diklat Statistisi Ahli BPS Angkatan XXI (Mata Diklat: Metode Penarikan Sampel)*.
- Sya'bani, M. R. (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)*. Institut Teknologi Bandung.
- Wirawan, T., Helard, D., & Komala, P. S. (2020). Pemetaan Prioritas Lokasi District Metered Area (DMA) dengan Penentuan Potensi Non Revenue Water (NRW) dengan Geographical Information System (GIS). *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 182–194.
- Wulandari, R. D., & Santosa, B. (2021). Analisis Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Perumahan Golden Vienna 1 dan 2 Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 20(1), 84–97.
- Yekti, M. I., Pratama, I. B. G. P. P., & Purbawijaya I. B. N. (2019). Mitigasi Non Revenue Water (NRW) Sistem Jaringan Distribusi pada District Meter Area (DMA) Zona Kota Blahbatuh PDAM Gianyar. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 25(2), 180–190.