

Upaya Penurunan Tingkat Kehilangan Air Secara Fisik Pada Sistem Distribusi PDAM Kota Malang Di *District Meter Area* (DMA) Mojo 1C Dan 2B4

(Efforts to Reduce the Level of Physical Water Loss in the Distribution System of PDAM Malang City In District Meter Area (DMA) Mojo 1C and 2B4

¹⁾ Desi Putri Dayanti, ²⁾ Sudiro, ³⁾ Evy Hendriarianti

^{1,2,3)} Prodi Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang

Email : ¹⁾ desiptr21@gmail.com ²⁾ sudiro_enviro@lecturer.itn.ac.id

³⁾ evyhendriarianti@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK, Dalam peningkatan pelayanan penyediaan air minum dan air bersih, PDAM Kota Malang memiliki upaya sehingga dapat memenuhi kriteria dari segi kuantitas, kualitas, dan kontinuitasnya. Salah satu upaya dalam peningkatan pelayanan penyediaan air minum adalah dengan mengoptimalkan sistem penyediaan air minum dengan menurunkan tingkat kehilangan air baik dari segi fisik maupun non fisik. Presentase kehilangan air (*Non Revenue Water*) dalam sistem penyediaan air minum PDAM Kota Malang saat ini adalah 19,80%. Hal tersebut tentunya dibawah standar toleransi angka kebocoran air bersih PDAM secara nasional menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2006 yaitu kehilangan air maksimal 20%. Tentunya mencapai target tersebut tidaklah mudah, karena pada kenyataannya analisis jumlah kebocoran fisik pada sistem penyediaan air minum sulit dilakukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merumuskan strategi penurunan tingkat kehilangan air secara fisik yang terjadi di DMA (*District Meter Area*) Mojo 1C dan Mojo 2B4 pada sistem distribusi PDAM Kota Malang. Rumusan tersebut dilakukan dengan menggunakan metode pengambilan keputusan AHP (*Analytical Hierarchy Process*) yang terdiri dari 4 kriteria dan 4 alternatif pengendalian kehilangan air secara fisik.

Hasil dari penelitian ini adalah penurunan persentase kehilangan air pada DMA Mojo 1C sebesar 58,33% dan DMA Mojo 2B4 sebesar 5%. Rekomendasi pengendalian kehilangan air secara fisik yang dihasilkan dari analisis AHP yaitu *Active Leakage Control* (Menerapkan pengecekan secara aktif pada lokasi DMA) dengan bobot tertinggi sebesar 0,464.

Kata Kunci : Kehilangan Air, PDAM, Kota Malang

ABSTRACT, In improving drinking water and clean water supply services, PDAM Malang City has an effort so that it can meet the criteria in terms of quantity, quality, and continuity. One of the efforts to improve drinking water supply services is to optimize the drinking water supply system by reducing the level of water loss, both physically and non-physically. The percentage of water loss (*Non Revenue Water*) in the drinking water supply system of PDAM Malang City is 19.80%. This is of course already below the national standard for tolerance for clean water leakage rates for PDAMs according to the Minister

of Public Works Regulation No. Of course, achieving this target is not easy, because in reality it is difficult to analyze the number of physical leaks in the drinking water supply system.

The purpose of this research is to formulate a strategy to reduce the level of physical water loss that occurs in the DMA (District Meter Area) Mojo 1C and Mojo 2B4 in the distribution system of PDAM Kota Malang. The formulation is carried out using the AHP (Analytical Hierarchy Process) decision making method which consists of 4 criteria and 4 alternatives to control physical water loss.

The result of this study is a decrease in the percentage of water loss at DMA Mojo 1C by 58.33% and DMA Mojo 2B4 by 5%. The recommendation for physical water loss control resulting from AHP analysis is Active Leakage Control (Applying active checks at DMA locations) with the highest weight of 0.464.

Keywords : Water Loss, PDAM, Malang City

PENDAHULUAN

Keberadaan air tidak dapat dilepaskan dari kehidupan makhluk hidup karena air mampu untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Sistem distribusi pipa merupakan komponen vital yang sangat diperlukan terutama oleh manusia. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) sebagai perusahaan daerah pengelola air bersih, PDAM diharapkan mampu untuk mendistribusikan dan memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat dengan baik dan merata. Bila sistem distribusi yang terjadi kurang baik, maka akan menimbulkan berbagai macam permasalahan sehingga aliran air tidak terdistribusi secara merata.

Kehilangan air merupakan selisih yang terjadi antara air yang diproduksi dan tercatat masuk ke sistem dengan air produksi yang tercatat keluar dari sistem. Tindakan yang perlu dilakukan untuk mengurangi tingkat kehilangan air ialah mengidentifikasi seberapa besar dan dimana kehilangan air tersebut terjadi, serta kerugian finansial akibat kehilangan air tersebut. Besarnya nilai finansial kerugian akibat kehilangan air komersial merupakan alasan yang kuat mengapa harus dilakukan berbagai upaya untuk menurunkan tingkat kehilangan air komersial pada PDAM tersebut. Berbagai faktor yang mempengaruhi kondisi pelayanan air minum yang tidak merata sehingga dapat menyebabkan air yang diterima masyarakat belum memenuhi standar kualitas air minum. Kehilangan air atau Non Revenue Water (NRW), telah menjadi permasalahan

umum bagi lembaga penyediaan air, seperti halnya Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Tingkat kehilangan air yang tinggi juga dapat menjadi alasan tidak meratanya pelayanan air bersih kepada masyarakat. Hal ini dapat terjadi ketika air yang didistribusikan ke pelanggan namun karena berbagai alasan seperti kebocoran, tidak diukur atau dicatat secara akurat sehingga menyebabkan terjadinya kesalahan dalam jumlah konsumsi pelanggan (Fery Dwi Cahyi Efendi, 2018).

Berdasarkan data dari PDAM Kota Malang yang menunjukkan kehilangan air pada DMA Mojo 1C yang berlokasi di Jalan Candi Sawentar dengan jumlah pelanggan sebesar 496KK serta jumlah kehilangan air sebesar 36% dan DMA Mojo 2B4 yang berlokasi di Jalan Simpang Borobudur dengan jumlah pelanggan sebesar 488KK serta jumlah kehilangan air sebesar 40% yang dimana kedua DMA tersebut berada pada Zona Mojolangu. Kehilangan air yang terjadi pada kedua DMA tersebut telah melebihi ketentuan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2006 yaitu kehilangan air maksimal 20%. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya terhadap penurunan tingkat kehilangan air secara fisik di sistem distribusi PDAM Kota Malang tepatnya pada DMA Mojo 1C dan 2B4 tersebut, agar kualitas air hasil produksi dan pendistribusian air bersih kepada pelanggan tetap terjaga serta tidak terjadi penurunan pendapatan pada PDAM .

Menurut penjelasan diatas, maka peneliti melakukan penelitian terhadap berapa besar kehilangan air secara fisik, factor penyebab kehilangan air fisik, dan upaya dalam pengendalian kehilangan air fisik di DMA Mojo 1C dan 2B4 pada PDAM Kota Malang serta diharapkan hasil penelitian ini dapat merumuskan strategi upaya penurunan kehilangan air secara fisik yang terjadi.

METODOLOGI

Dalam penelitian ini menggunakan tahapan analisis data terdiri dari analisis kehilangan air secara fisik lalu menganalisis *water Balance*, *step test* dan *sounding*, dan tahapan terakhir yaitu melakukan sintesis.

Lokasi Penelitian adalah di District Meter Area (DMA) Mojo 1C yang berlokasi di Jalan Candi Sawentar dan Mojo 2B4 yang berlokasi di Jalan Simpang Borobudur. Kedua DMA tersebut berada pada Zona Mojolangu dan merupakan satu wilayah pelayanan dari PDAM Kota Malang.

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini, dibagi dua cara yaitu:

- a. Data Primer
Data primer diperoleh melalui hasil pengambilan data di lapangan.
- b. Data Sekunder
Data-data sekunder yang didapat dari instansi terkait.

Analisa data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu :

1. Analisa Zona pelayanan
2. Analisa Jumlah Pemakaian Air
3. Analisa Debit aliran
4. Analisa kehilangan air secara fisik
5. Analisa Kualitas Air
6. Analisa Pengambilan Keputusan dengan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*)

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam metode AHP adalah sebagai berikut :

- Tujuan Utama :
Penurunan tingkat kehilangan air fisik di jaringan distribusi DMA Mojo 1C dan 2B4.

- Kriteria :
 - a) Mudah dilakukan
 - b) Biaya yang digunakan ringan
 - c) Kesesuaian terhadap penyebab kehilangan air fisik
 - d) Mampu menyelesaikan masalah jangka panjang
- Alternatif dan sub alternatif program :
 - a) Pengaturan dan pengendalian tekanan pada aliran jaringan
 - 1a) Penyesuaian tekanan pada jaringan untuk mengatasi kehilangan tekanan karena gesekan
 - 2a) Sisa tekanan air paling rendah adalah 5 mka (meter kolom air) atau 0,5 atm (satu atm = 10 m)
 - 3a) Tekanan air minimum sebesar 10 mka atau 1 atm
 - 4a) Tekanan air maksimum adalah 22 mka (setara gedung 6 lantai)
 - b) Kecepatan dan kualitas perbaikan pipa dan aksesoris
 - 1b) Sistem pelaporan masyarakat ke PDAM
 - 2b) Meminimalisir waktu pencarian lokasi dan perbaikan kebocoran
 - 3b) Dibutuhkan pengawasan dalam perbaikan
 - 4b) Kebijakan dan prosedur perbaikan yang jelas
 - c) *Active Leakage Control* (Menerapkan pengecekan secara aktif pada lokasi DMA)
 - 1c) Deteksi kebocoran yang tampak
 - 2c) Deteksi kebocoran yang tak Nampak
 - 3c) Pengukuran secara terus menerus terhadap pengaliran dan tekanan
 - d) Pembentukan zonasi dan sub zonasi
 - 1d) Pembagian jaringan kedalam zona-zona hidrolis kecil berdasarkan wilayah
 - 2d) Menyusun prioritas penurunan kehilangan air
- A. Membuat struktur hirarki**
Struktur hirarki yang diperoleh merupakan struktur hirarki tak lengkap (*incomplete*), dimana elemen-elemen pada level keempat tidak dibandingkan ke seluruh elemen di level ketiga

B. Menyusun matriks perbandingan berpasangan

Menyusun matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya.

C. Sintesis

Untuk memperoleh prioritas secara keseluruhan maka perbandingan-perbandingan terhadap perbandingan berpasangan perlu disintesis.

Dalam langkah ini, hal yang perlu dilakukan yaitu :

1. Menjumlahkan nilai-nilai dari setiap kolom pada matriks
2. Membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks
3. Menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan nilai rata-rata

D. Menghitung konsistensi

Dalam pembuatan keputusan, tingkat konsistensi penting untuk diperhatikan. Pengambilan keputusan berdasarkan pertimbangan dengan konsistensi yang rendah dengan nilai maksimal *Consistency Ratio* (CR) $\leq 0,1$ atau 10%.

E. Menghitung nilai indeks konsistensi

Menghitung nilai Indeks Konsistensi, dengan rumus:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

Keterangan :

CI = *Consistency Index*

n = Banyaknya elemen

λ_{\max} = Nilai eigen terbesar dari matrik berordo n

F. Menghitung Rasio konsistensi

Menghitung Rasio Konsistensi, dengan rumus: $CR = CI/RI$ Jika $CR < 0,1$, maka nilai perbandingan berpasangan pada matriks kriteria yang diberikan konsisten.

G. Membuat kembali matrik alternatif terhadap kriteria

Menyusun matriks baris antar alternatif seperti pada matriks kriteria hingga tahap menghitung rasio konsistensi dari masing-masing alternatif.

H. Hasil Akhir

Hasil akhir berupa prioritas global sebagai nilai yang digunakan oleh pengambil keputusan berdasarkan nilai yang tertinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

GAMBARAN UMUM WILAYAH PENELITIAN

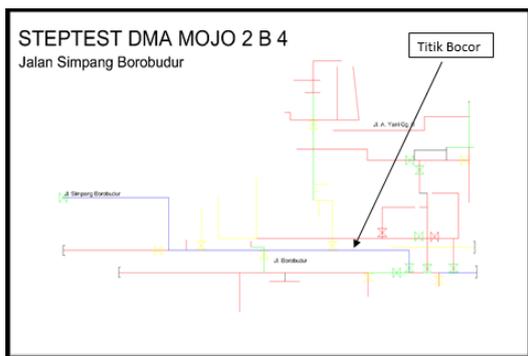
Kecamatan Lowokwaru terletak di bagian barat wilayah Kota Malang. Luas wilayah Kecamatan Lowokwaru Mencapai 2260 Km² dengan luas Kelurahan Mojolangu sebesar 288 Km² yang sebagian wilayahnya dilalui oleh Sungai Brantas. Kondisi iklim di Kecamatan Lowokwaru rata-rata suhu udara 26°C. Jumlah penduduk Kecamatan Lowokwaru pada tahun 2019 yaitu sebanyak 196.793 jiwa dengan kepadatan penduduk 9.735/Km² , sedangkan pada Kelurahan Mojolangu sendiri terdapat jumlah penduduk sebanyak 25.259 jiwa dengan kepadatan penduduk sebanyak 8.733/Km².

EVALUASI DISTRICT METER AREA

Dalam penelitian ini akan dilakukan pemilihan 2 DMA dengan kriteria memiliki tingkat kehilangan air yang tinggi, memiliki *Minimum Night Flow* (MNF) tinggi serta DMA tersebut harus memiliki status DMA sempurna atau DMA tersebut tidak memiliki koneksi dengan DMA lain. Dari beberapa kriteria yang telah disebutkan maka DMA yang terpilih yaitu DMA Mojo 1C dengan kehilangan air sebesar 36% dan DMA Mojo 2B4 dengan kehilangan air sebesar 40%.

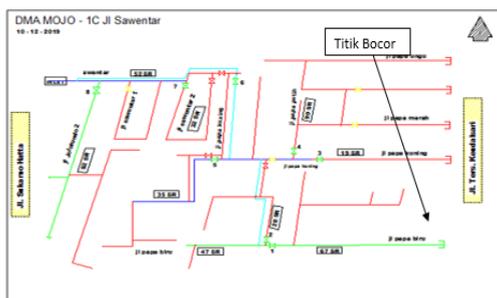
HASIL STEP TEST

Kebocoran yang ditemukan di DMA Mojo 2B4 menggunakan alat *ground microphone* yaitu terdapat korosi pada pipa lama Galvanis 2 Inch dan 4 Inch. Adapun titik bocor tersebut dapat dilihat pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Penemuan Titik Bocor Pada *Stepstest 1* DMA Mojo 2B4
 Sumber : Hasil Analisis, 2019

Kebocoran yang ditemukan di DMA Mojo 1C menggunakan alat *ground microphone* yaitu terdapat kebocoran pada zadel clam karena tekanan terlalu besar dan bocor pada pipa PVC 2 inch, selain itu terjadinya kebocoran ini juga dikarenakan pipa yang sudah berumur. Adapun titik bocor tersebut dapat dilihat pada gambar 4.13



Gambar 4.13 Penemuan Titik Bocor Pada *Step Test 2* DMA Mojo 1C
 Sumber : Hasil Analisis, 2019

EVALUASI KUALITAS AIR PRODUKSI ZONA MOJOLANGU

Data yang dimasukkan ke dalam perhitungan adalah temperature, pH, *Calcium Hardness*, total alkalinitas, dan TDS. Hasil dari perhitungan *software* tersebut adalah air PDAM Kota Malang yang berasal dari reservoir Mojolangu mengandung sifat korosif dengan nilai Langelier Index sebesar -1,41. Menurut (Widi Saparina, 2017) untuk mendapatkan nilai yang netral atau sebesar 0,00 langkah yang termudah adalah mensimulasikan nilai pH. Nilai pH dimasukkan secara coba-coba ke

dalam perhitungan *software* sampai hasilnya netral atau 0,00. Setelah dilakukan simulasi, maka didapatkan hasil nilai Langelier Index sebesar 0,00 dengan memasukkan input nilai pH sebesar 7,51. Hasil simulasi tersebut dapat diterapkan PDAM Kota Malang untuk menambah larutan yang bersifat basa seperti NaOH. Adapun Perhitungan simulasi menggunakan *software* Langelier & Ryznar Indices pada Reservoir Mojolangu dapat dilihat pada **Gambar 4.14** dan Perhitungan simulasi menggunakan *software* Langelier & Ryznar Indices setelah dilakukannya simulasi pH pada Reservoir Mojolangu dapat dilihat pada **gambar 4.15**

Temperature °C	29,5
pH	6,1
Calcium Hardness	130,15
Total Alkalinity	130,15
TDS	159
$p(Ca^{++}) =$	2,89
$p(Alk) =$	2,58
A =	1,89
B =	0,14
C =	0,00
pHs =	7,51
Langelier Index =	-1,41 (Corrosive)
Ryznar Index =	8,92 (Corrosive)

Gambar 4.14 Perhitungan simulasi menggunakan *software* Langelier & Ryznar Indices pada Reservoir Mojolangu
 Sumber : Hasil Analisis, 2020

Temperature °C	29,5
pH	7,51
Calcium Hardness	130,15
Total Alkalinity	130,15
TDS	159
$p(Ca^{++}) =$	2,89
$p(Alk) =$	2,58
A =	1,89
B =	0,14
C =	0,00
pHs =	7,51
Langelier Index =	0,00 (Neutral)
Ryznar Index =	7,51 (Corrosive)

Gambar 4.15 Perhitungan simulasi menggunakan *software* Langelier & Ryznar Indices setelah dilakukannya simulasi pH pada Reservoir Mojolangu
 Sumber : Hasil Analisis, 2020

ANALISIS PENYEBAB KEHILANGAN AIR FISIK

Dalam penelitian ini, responden dipilih dan dilakukan secara sengaja (*Purposing sampling*) dengan kriteria yang dapat memahami dalam hal penyebab kehilangan air fisik di DMA Mojo 1C dan 2B4, yaitu dalam bidang penanganan kehilangan air secara fisik yaitu terdiri dari 7 responden, diantaranya :

1. Satu responden dari asisten manajer pengendalian kehilangan air fisik
2. Dua responden dari supervisor (SPV) *Active Leakage Control* wilayah barat
3. Empat responden dari pegawai kontrak tukang lapangan wilayah barat

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil pengisian kuisioner mengenai penyebab kehilangan air secara fisik di DMA Mojo 1C dan Mojo 2B4 oleh beberapa responden yang telah disebutkan diatas bahwa penyebab kehilangan air tersebut ialah sering terjadi akibat kebocoran pipa yang dimana dalam satu bulan ditemukan kurang dari 3 kali dan selalu dilakukannya pengaturan tekanan yang dimana dalam satu bulan dilakukan kurang dari 3 kali. Menurut Mawiti Infantri Yekti, dkk 2019 penyebab kehilangan air secara fisik bisa terjadi karena aksesoris pipa yang aus, pipa bocor, usia jaringan dan besarnya tekanan.

ANALISIS PENGENDALIAN KEHILANGAN AIR FISIK

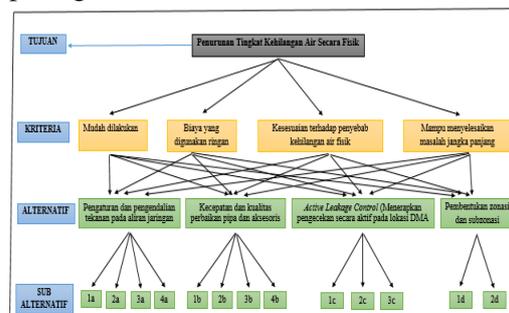
Dalam menganalisis pengendalian kehilangan air fisik dilakukan dengan penyebaran kuisioner, yang dimana kuisioner ini akan digunakan pada tahap analisis metode AHP. Pengisian kuisioner tentang pengendalian kehilangan air secara fisik oleh responden yang termasuk dalam praktisi, akademisi, dan pelaku. Dalam penelitian ini, responden dipilih dan dilakukan secara sengaja (*Purposing sampling*) dengan kriteria yang dapat memahami dalam hal pengendalian kehilangan air fisik, yaitu yang berpengalaman dalam bidang penanganan kehilangan air secara fisik yaitu terdiri dari 16 responden, diantaranya :

1. Dua orang responden sebagai praktisi, antara lain :
 - a. Satu orang responden dari PT. SMEC Denka Indonesia

- b. Satu orang responden dari Kementerian PUPR sebagai praktisi
2. Tiga orang responden sebagai akademisi, antara lain :
 - a. Dua orang responden dari Akatirta Magelang
 - b. Satu orang reponden dari Universitas Gadjah Mada
3. Sebelas orang responden sebagai pengelola dan pelaksana kegiatan pemerintah, antara lain:
 - a. Sembilan orang responden dari PDAM Kota Malang
 - b. Satu orang responden dari PDAM Tirta Mahakam Kutai Kartanegara
 - c. Satu orang responden dari PT. Air Minum Giri Menang

Analisis Pengendalian Kehilangan Air fisik dengan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process)

Tujuan pengambilan keputusan dengan metode AHP yaitu agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan dengan terstruktur sehingga tertata rapi dan mudah untuk dipahami. Adapun struktur hierarki proses dalam strategi penurunan tingkat dimana elemen-elemen pada level keempat tidak dibandingkan ke seluruh elemen di level ketiga sebagaimana terlihat pada gambar 4.12



Gambar 4.12 Struktur Hierarki Proses Penurunan Tingkat Kehilangan Air Untuk DMA 1C dan 2B4

Sumber : Hasil Analisis, 2020

PERHITUNGAN METODE AHP PERHITUNGAN KRITERIA

Normalisasi matriks berpasangan adalah menjumlah tiap kolom kriteria pada matriks perbandingan berpasangan untuk

kemudian membagi masing-masing nilai kriteria matriks perbandingan berpasangan dengan jumlah tiap kolom kriteria tersebut. Berdasarkan matriks perbandingan berpasangan yang ditunjukkan pada tabel 4.29

Tabel 4.29 Matriks Perbandingan Berpasangan Pada Kriteria

Kriteria	K1	K2	K3	K4
K1	1	1	0,11	0,11
K2	1	1	0,11	0,11
K3	9	9	1	0,14
K4	9	9	7	1
Total	20	20	8,22	1,37

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Contoh proses perhitungan normalisasi matriks perbandingan berpasangan sebagai berikut :

Normalisasi matriks perbandingan berpasangan pada baris ke-1 kolom ke-1 :

$$X_{1.1} = \frac{1}{1+1+9+9} = 0,050$$

Nilai hasil normalisasi matriks perbandingan berpasangan dari kolom pertama hingga keempat ditunjukkan pada tabel 4.30

Tabel 4.30 Daftar Nilai Hasil Normalisasi Matriks Berpasangan

Kriteria	K1	K2	K3	K4
K1	0,050	0,050	0,014	0,081
K2	0,050	0,050	0,014	0,081
K3	0,450	0,450	0,122	0,105
K4	0,450	0,450	0,851	0,733
Total	1	1	1	1

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Proses hitung nilai bobot sintesis merupakan lanjutan dari proses normalisasi matriks perbandingan berpasangan. Bobot sintesis didapatkan dari penjumlahan secara vertical setiap baris dari hasil normalisasi matriks perbandingan berpasangan

Nilai sintesis kriteria 1

$$(0,050 + 0,050 + 0,014 + 0,081) = 0,195$$

Hasil perhitungan bobot sintesis selengkapnya ditunjukkan pada tabel 4.31

Tabel 4.31 Nilai Bobot Sintesis

Kriteria	Nilai
K1	0,195
K2	0,195
K3	1,126
K4	2,484
Total	4

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Proses menghitung nilai eigen dimulai dengan mengalikan matriks perbandingan berpasangan dalam satu baris. Hasil kali matriks perbandingan berpasangan tersebut kemudian dipangkatkan dengan 1/jumlah kriteria yang ada. Proses perhitungan nilai eigen adalah sebagai berikut:

Nilai eigen kriteria 1

$$\lambda_1 = (1 \times 1 \times 0,11 \times 0,11)^{1/4} = 0,333$$

Hasil perhitungan pada proses kali ini berupa nilai eigen kriteria 1-4 ditunjukkan pada Tabel 4.32 Hasil perhitungan nilai eigen seluruhnya dijumlahkan. Total penjumlahan dari nilai eigen digunakan untuk menghitung nilai bobot prioritas.

Tabel 4.32 Nilai Eigen

Kriteria	Nilai
K1	0,333
K2	0,333
K3	1,844
K4	4,880
Total	7,391

Sumber : Hasil Analisi, 2020

Nilai eigen yang telah didapatkan dari proses perhitungan sebelumnya, digunakan untuk menghitung nilai bobot prioritas. Perhitungan nilai bobot prioritas ini dilakukan pada setiap kriteria dengan cara membagi nilai eigen tiap kriteria dengan total nilai eigen. Contoh perhitungan nilai bobot prioritas berdasarkan nilai eigen pada Tabel 2.33 adalah sebagai berikut:

Nilai bobot prioritas kriteria 1

$$BP_1 = \frac{0,333}{7,391} = 0,045$$

Pada Tabel 2.33 adalah hasil dari nilai bobot prioritas dari masing-masing kriteria yang digunakan pada sistem

Tabel 4.33 Nilai Bobot Prioritas

Kriteria	Nilai
K1	0,045
K2	0,045
K3	0,250
K4	0,660
Total	1

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Setelah memperoleh bobot prioritas masing-masing kriteria, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai kepentingan tiap kriteria untuk mendapatkan nilai eigen maksimum. Adapun rumus untuk menghitung nilai kepentingan tiap kriteria dengan cara membagi bobot sintesis dengan bobot prioritas. Nilai kepentingan yang diperoleh dari proses ini selanjutnya digunakan pada proses cek nilai konsistensi CI dan CR. Proses Perhitungan nilai kepentingan adalah sebagai berikut:

Nilai kepentingan kriteria 1

$$\lambda_1 = \frac{0,195}{0,045} = 4,322$$

Hasil dari perhitungan nilai eigen maksimum selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.34

Tabel 4.34 Nilai Kepentingan dan Nilai Eigen Max

Kriteria	Nilai
K1	4,322
K2	4,322
K3	4,513
K4	3,762
Total λ_{max}	16,918
Nilai Eigen Max = Nilai Total/ total kriteria	4,230

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Nilai eigen maksimum yang didapatkan dari langkah perhitungan sebelumnya digunakan pada proses pertama untuk cek nilai konsistensi yaitu menghitung nilai CI. Kemudian dilanjutkan proses perhitungan terakhir untuk tahap cek nilai konsistensi yaitu menghitung nilai CR. Proses hitung pertama yaitu menghitung nilai CI. Perhitungan CI adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} CI &= (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \\ &= (4,230 - 4) / (4 - 1) \\ &= (0,23) / (3) \\ &= 0,077 \end{aligned}$$

Proses terakhir pada penerapan metode AHP yaitu menghitung nilai CR juga. Nilai IR yang digunakan pada proses kali ini didapatkan dari Tabel *Index Random Consistency*. Dengan melihat jumlah kriteria yang ada yaitu 4 kriteria, nilai IR yang digunakan yaitu 0,90. Proses hitung nilai CR adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} CR &= CI / IR \\ &= 0,077 / 0,90 \\ &= 0,085 \end{aligned}$$

Dari proses hitung yang telah dilakukan, didapatkan nilai CR sebesar 0,085 atau kurang dari 0,1 /10%. Karena nilai CR > 0,1, maka penelitian responden terhadap perbandingan berpasangan antar kriteria dapat dikatakan konsisten.

PERHITUNGAN ALTERNATIF

Berdasarkan tabel 4.43 nilai dari alternatif pengendalian kehilangan air secara fisik akibat kebocoran pipa sesuai dengan kriteria-kriteria yang telah ditentukan didapatkan nilai pada alternatif *Active Leakage Control* (menerapkan pengecekan secara aktif pada lokasi DMA) sebagai peringkat I dengan nilai 0,464, alternatif pengaturan dan pengendalian tekanan pada aliran jaringan sebagai peringkat II dengan nilai 0,204, alternatif pembentukan zonasi dan subzonasi sebagai peringkat III dengan nilai 0,199 dan alternatif kecepatan dan kualitas perbaikan pipa dan aksesoris sebagai peringkat IV dengan nilai 0,133.

Berdasarkan struktur AHP yang telah dibuat, alternatif *Active Leakage Control* (menerapkan pengecekan secara aktif pada lokasi DMA) memiliki subalternatif diantaranya dengan melakukan deteksi kebocoran yang tampak, deteksi kebocoran yang tak nampak dan pengukuran secara terus menerus terhadap pengaliran dan tekanan. Menurut Rizky Ageng Fahrizal, 2016 penyelidikan dan pengontrolan secara aktif dapat dilakukan dengan cara *sounding*, pengendalian tekanan, pengukuran zona, dan *Steepest*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Tingkat kehilangan air yang terjadi pada bulan Oktober di DMA Mojo 1C sebesar 36% dan DMA 2B4 sebesar 40%. Setelah dilakukan pengendalian kehilangan air maka persentase kehilangan air pada DMA Mojo 1C menjadi 15% dan DMA Mojo 2B4 menjadi 38%. Adapun Faktor fisik yang menyebabkan kehilangan air pada DMA Mojo 1C dan Mojo 2B4, antara lain usia pipa, kebocoran pipa dan aksesoris akibat tekanan yang terlalu besar dan air pada reservoir mengandung sifat korosif atau mengandung kerak sebesar -1,41

Berdasarkan hasil analisis perhitungan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan pengendalian kehilangan air secara fisik di DMA Mojo 1C dan Mojo 2B4. Adapun rekomendasi untuk pengendalian kehilangan air secara fisik tersebut ialah peringkat I yaitu dilakukannya *Active Leakage Control* (Menerapkan pengecekan secara aktif pada lokasi DMA), peringkat II yaitu dilakukannya Pengaturan dan pengendalian tekanan pada aliran jaringan, peringkat III yaitu dilakukannya pembentukan zonasi dan subzonasi, dan peringkat IV yaitu dilakukannya Kecepatan dan kualitas perbaikan pipa dan aksesoris

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebaiknya perlu dilakukan pengontrolan terhadap nilai pH air pada unit distribusi, agar air yang dihasilkan bersifat netral atau tidak menghasilkan kerak maupun bersifat korosif. Selanjutnya setelah dilakukannya pengontrolan terhadap pH air, tahap selanjutnya perlu dilakukannya penggantian pipa secara berkala yaitu pipa yang terbuat dari besi maupun sejenisnya menggunakan pipa HDPE yang lebih lentur, tahan lama, dan tidak menimbulkan karat maupun kerak.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2019. Kota Malang Dalam angka 2019
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2019. Kecamatan Lowokwaru Dalam angka 2019
- Bhaskoro, R.Gagak Eko. Dkk, 2016, Pelatihan Penegndalian Kebocoran Non Revenue Water (NRW) di PDAM Kota Cirebon, Vol.1, No.1 :6-10
- Dirjen Cipta Karya. 2009, Pedoman Pengelolaan Program Pamsimas. Jakarta: Departemen PU
- Effendi, Fery Dwi Cahyo. 2018, Evaluasi Kehilangan Air Pada Jaringan Pipa PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri, Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Jember.
- El-Ahmady, Imanullah Imsawan dan Emenda Sembiring. 2014, Pemilihan Program Pengendalian Kehilangan Air Serta Pengaruh Implementasinya Terhadap Peningkatan Pendapatan PDAM. Jurnal Teknik Lingkungan, Vol.20, No. 2: 142-151
- Fahrizal, Rizky Ageng. 2016, Pembentukan Sub Zona/ *District Meter Area* (DMA) Untuk Penurunan Kehilangan Air Tak Berekoning (*Non Revenued Water*) Di Perumahan Graha Indah I dan Graha Indah II Kota Balikpapan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Nasional Malang. Malang.
- Fitriadi dan Yusra. 2018, Analisis Sistem Distribusi Produksi Air Dan Strategi Untuk Penurunan Losses Pada PDAM Tirta Meulaboh Kabupaten Aceh Barat, Staf Pengajar Fakultas Teknik UTU. Aceh
- K, Dinda Rita dan Winardi Dwi Nugraha, 2010. Studi Kehilangan Air Akibat Kebocoran Pipa Pada Jalur Distribusi PDAM Kota Magelang (Studi Kasus: Perumahan Armada Estate Dan DEPKES, Kramat Utara Kecamatan Magelang Utara). Jurnal Presipitasi, Vol.7, No.2
- Munthafa, Agnia Eva dan Husni Mubarak. 2017, Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process Dalam Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Mahasiswa Berprestasi. Jurnal Siliwangi, Vol.3, No.2, ISSN:2477-3891
- Nugraha, Deddy Prawira. 2015, Analisis Prioritas Pemeliharaan Dan Optimasi Biaya Pemeliharaan Distrik Meter Area (DMA) PDAM Kota Malang, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2016

- tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum. Jakarta : Kementerian PUPR
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2006 tentang Kebijakan Dan Strategi Nasional Pengembangan Sistem Penyediaan Air minum (KSNP-SPAM). Jakarta
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 20015 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Jakarta
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum. Jakarta
- Puspitasari, Iis dan Alfian Purnomo. 2017, Studi Kehilangan Air Komersial (Studi Kasus: PDAM Kota Kendari Cabang Pohara). *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 6, No.2, ISSN : 2337-3539
- Putra, Syafruddin Agustina. Dkk, 2017, Rekomendasi Pemilihan Properti Kota Malang Menggunakan Metode AHP-SAW. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol.1, No.10 : 1201-1209
- Rivai, Yuliana. Dkk. 2016, Evaluasi Sistem Distribusi Dan Rencana Peningkatan Pelayanan Air Bersih PDAM Kota Gorontalo, Jurusan teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi September. Surabaya
- Saefudin dan Farhan AN. 2019, Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Pemberian Bonus Tahunan Pada Karyawan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP), *Jurnal Sistem Informasi*, Vol.6, No.1 :54-61
- Saparina, Widi. 2017, Penurunan Kehilangan Air Di Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Sari, Andi Kartini. 2019. Studi Kehilangan Air PDAM Tirta Bukae Luwu utara (Studi Kasus Kec. Masamba) Tahun 2017-2018. *Jurnal Dynamic Saint*, Vol 4, No. 1.
- Wardhana, Irawan Wisnu, dkk. 2013. Kajian Sistem Penyediaan Air Bersih Sub Sistem Bribin Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal Presipitasi*, Vol 10, No,1, ISSN 1907-187X
- Wulan, Anisa Intan Sari. 2005. Kualitas Air Bersih Untuk Pemenuhan Kebutuhan Rumah Tangga Di Desa Pesarean Kecamatan Adiwerna Kabupaten Tegal. Skripsi. Semarang: Jurusan Geografi.Fakultas Ilmu Sosial.Universitas Negeri Semarang.
- Yekti, Mawiti Infantri. Dkk, 2019. Mitigasi Non revenue Water (NRW) Sistem Jaringan Distribusi Pada District Meter Area (DMA) Zona Kota Blahbatuh PDAM Gianyar. *Media Komunikasi teknik Sipil*, Vol.25, No.2 :180-19