



TESIS - RE185401

**OPTIMALISASI TINGKAT KEHILANGAN AIR
PDAM KOTA MOJOKERTO DENGAN PENERAPAN
SISTEM DISTRICT METER AREA (DMA) DITINJAU
DARI ASPEK TEKNIS, KELEMBAGAAN DAN
FINANSIAL**

HIDAYATUL MUSTAFIDAH
03211450010021

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. NIEKE KARNANINGROEM, MSc

PROGRAM MAGISTER
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019



THESIS - RE185401

**OPTIMIZE OF WATER LOSSES LEVEL FROM
DRINKING WATER REGIONAL COMPANY (PDAM)
IN MOJOKERTO CITY USING DISTRICT METER
AREA (DMA) SYSTEMS REVIEWED FROM
TECHNICAL, INSTITUTIONAL AND FINANCIAL
ASPECT**

HIDAYATUL MUSTAFIDAH
03211450010021

SUPERVISOR
Prof. Dr. Ir. NIEKE KARNANINGROEM, MSc

MASTER PROGRAM
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL, ENVIRONMENTAL AND GEO ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (M.T.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Hidayatul Mustafidah

NRP. 03211450010021

Tanggal Ujian : 15 Januari 2019


Periode Wisuda : Maret 2019

Disetujui oleh:



Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc
NIP. 19550128 198503 2 001

(Pembimbing)



Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M.ScEs
NIP. 19540824 198403 1 001

(Penguji)



Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc.Ph.D
NIP. 19500114 197903 1 001

(Penguji)



Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Msc., Ph.D
NIP. 19600308 198903 1 001

(Penguji)



Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dekan



D.A. Warmadewanthi, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19750212 199903 2 001

OPTIMALISASI TINGKAT KEHILANGAN AIR PDAM MOJOKERTO DENGAN PENERAPAN SISTEM *DISTRIC METER AREA* (DMA) DITINJAU DARI ASPEK TEKNIS, KELEMBAGAAN DAN FINANSIAL

Nama Mahasiswa : Hidayatul Mustafidah
NRP : 03211450010021
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.

ABSTRAK

Kesiapan sarana air bersih sangat mendukung bagi perkembangan usaha di pusat kota. Tingkat kehilangan air PDAM Kota Mojokerto hingga bulan September 2017 sebesar 53, 73 % dengan harga air Rp 3.168,20, hal ini menyebabkan PDAM Kota Mojokerto banyak mengalami kerugian. PDAM Kota Mojokerto perlu melakukan suatu pengendalian tingkat kehilangan air. Tujuan penelitian ini yaitu mengidentifikasi kehilangan air dengan *water balance* dan simulasi perangkat lunak EPANET yang ditinjau dari aspek teknis, finansial dan kelembagaan.

Analisis hidrolika jaringan meliputi simulasi jaringan distribusi eksisting yang telah terisolasi menggunakan EPANET 2.0. Analisis kehilangan air dengan pembuatan neraca air, *Infrastructure Leakage Index* (ILI). Analisis finansial terdiri dari perhitungan kehilangan air dalam rupiah/ tahun, inventarisasi biaya penerapan DMA dan optimalisasi. Analisis kelembagaan meliputi rasio pegawai terhadap pelanggan, evaluasi tim NRW dan rasio peningkatan kompetensi.

Hasil yang didapatkan selama satu bulan dari neraca air dalam penelitian ini angka kehilangan air yaitu 47 %. Persentase volume kehilangan air tersebut didominasi oleh 44,6 % kehilangan air fisik sebesar 68756 m³, dan 2,4 % kehilangan air non fisik sebesar 3723 m³. Zona yang telah proses terisolasi yaitu Pulorejo dan Kedundung.

Aspek kelembagaan meliputi rasio pegawai terhadap 1000 pelanggan dan rasio peningkatan kompetensi. Rasio pegawai terhadap 1000 pelanggan menunjukkan hasil yang masih efisien dengan nilai 8 sedangkan rasio peningkatan kompetensi mendapatkan nilai 2. Hal ini menunjukkan bahwa masih kurangnya pegawai yang mengikuti diklat. Evaluasi tim NRW menunjukkan bahwa tingkat kompetensi para anggota tim sangatlah kurang. Perlu adanya peningkatan kompetensi agar lebih tepat dan cepat dalam mengatasi kehilangan air di PDAM Kota Mojokerto.

Aspek finansial menunjukkan bahwa selama satu tahun PDAM Kota Mojokerto dapat mengalami kerugian akibat kehilangan air non fisik Rp 129.311.515/tahun dan kerugian akibat kehilangan air fisik Rp 3.247.428.870/tahun. Penerapan DMA Kedundung diperlukan biaya investasi sebesar Rp 2.647.805.600,00. Penerapan DMA Pulorejo diperlukan biaya investasi sebesar Rp 2.861.241.900,00. Biaya optimalisasi sebesar Rp 70.610.000,00 dengan penambahan pompa.

Kata Kunci: kehilangan air, DMA, aspek finansial, teknis dan kelembagaan.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

OPTIMALIZE OF WATER LOSSES LEVEL FROM DRINKING WATER REGIONAL COMPANIES (PDAM) IN MOJOKERTO CITY USING DISTRICT METER AREA (DMA) SYSTEMS REVIEWED FROM TECHNICAL, INSTITUTIONAL AND FINANCIAL ASPECT

Name : Hidayatul Mustafidah
NRP : 03211450010021
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.

ABSTRACT

The readiness of the clear water facilities is very supportive for business development in the center of the city. The water losses rate of PDAM Mojokerto up to September 2017 amounted to 53.73% with the price of the water is Rp 3,168.20, that caused the PDAM Mojokerto to suffer a lot of losses. PDAM Mojokerto needs to control the level of water loss in terms of technical, institutional and financial aspects. The purpose of this study is to identify water losses with water balance and EPANET software simulation that is reviewed from the technical, financial and institutional aspects.

Analysis consists of network hydraulics, water losses, technical, financial and institutional aspects. Network hydraulics analysis includes simulation of existing distribution networks that have been isolated using EPANET 2.0. Analysis of water loss by making the water balance and Infrastructure Leakage Index (ILI). Financial analysis consists of calculating water losses in rupiahs/year, inventory upgrade of the costs of implementing DMA and optimize. Institutional analysis includes employee to customer ratio, NRW team evaluation, and competency improvement ratio.

The results obtained from the water balance in this study were 47 % water losses. The percentage of water loss volume is dominated by 44.6% of physical water loss of 68756 m³, and 2.4% of non-physical water loss of 3723 m³. The isolated process zones are Pulorejo and Kedundung.

Institutional aspects that include the ratio of employees toward 1000 customers and the ratio increase competence. The ratio of employees to 1000 customers shown the result that are still efficient with a value of 8 while the competency increase ratio gets a value of 2. This shows that there is still a lack of employees who attend training. NRW team evaluation shows that the team members competency is less. Needed to increase of the best and quick in overcome loss in PDAM Mojokerto City.

Financial aspect shows that in the one year PDAM Mojokerto City can be had lossess due to water losses of non physical Rp 129.311.515/year and loss dueto physical water losses Rp 2.647.805.600,00. The cost application of DMA Pulorejo is Rp 2.861.241.900,00. The cost application of DMA Kedundung is Rp 2.647.805.600,00. The cost of the optimalize is Rp 70.610.000,00 with add pumps.

Keywords: Water losses, DMA, technical, financial and institutional aspects.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT dimana atas limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya penyusunan tesis ini dapat diselesaikan tepat waktu.

Tesis “Optimalisasi Tingkat Kehilangan Air PDAM Kota Mojokerto dengan Penerapan Sistem Distric Meter Area (DMA) Ditinjau dari Aspek Teknis, Kelembagaan dan Finansial” dibuat dalam rangka mempersiapkan penelitian tesis. Dalam penyusunan laporan ini, penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc yang bersedia menjadi dosen pembimbing thesis dan arahan bimbingan selama penulisan.
2. Direktur dan seluruh pegawai PDAM Kota Mojokerto yang bersedia membimbing dan mengarahkan data tesis yang saya perlukan.
3. Bapak dan Ibu dosen pengarah yang telah memberikan saran dan kritik membangun sehingga penulisan tesis benar dan terstruktur dengan baik.
4. Bapak dan Ibu yang selalu ikhlas mendoakan anaknya dalam setiap doa yang dipanjatkan. Terima kasih atas dukungan dan nasihatnya selama ini.
5. Suami yang mendukung dengan segenap hati.
6. Teman-teman yang banyak memberikan inspirasi dan nasihat bagi penyusun dalam menyelesaikan tesis ini.

Tesis ini telah disusun semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, 9 Januari 2019

Penyusun

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II.....	5
KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Distribusi Air.....	5
2.1.1 Sistem Berkelanjutan (Continous System).....	5
2.1.2 Sistem Bergilir (Intermittent System)	5
2.2 Klasifikasi Jaringan Perpipaan.....	6
2.2.1 Sistem Makro	6
2.2.2 Sistem Mikro.....	7
2.3 Pola jaringan perpipaan.....	7
2.3.1 Pola cabang	7
2.3.2 Pola sistem gridion.....	8
2.3.3 Pola melingkar (loop).....	8
2.4 Sistem Hidrolika dalam Sistem Distribusi	8
2.4.1 Pengaliran Sistem Gravitasi	8
2.4.2 Pengaliran Sistem Pemompaan	8
2.4.3 Pengaliran Sistem Kombinasi	8
2.5 Komponen Sistem Distribusi Air Bersih	9
2.6 Tekanan Pipa.....	10
2.6.1 Keseimbangan Tekanan Air di Jaringan	10
2.7 Pompa	12

2.8	Kehilangan Air.....	13
2.8.1	Kehilangan Air Fisik.....	14
2.8.2	Kehilangan Air Non Fisik.....	15
2.9	Kerugian Akibat Kehilangan Air.....	15
2.10	Manfaat Pengendalian Kehilangan Air.....	16
2.11	Neraca Air.....	16
2.12	Distrik Meter Area (DMA).....	19
2.12.1	Pengertian DMA.....	19
2.13	Software Epanet.....	20
2.14	Gambaran Umum Kota Mojokerto.....	25
2.14.1	Kondisi Administrasi.....	25
2.14.2	Keadaan Geografis dan Topografi.....	25
2.14.3	Hidrologi dan Klimatologi.....	26
2.14.4	Demografi (Kependudukan).....	28
2.15	Kondisi Eksisting PDAM Kota Mojokerto.....	28
2.16	Benchmarking.....	33
2.16.1	Tujuan Pelaksanaan BENCHMARKING.....	33
BAB III METODA PENELITIAN.....		35
3.1	Umum.....	35
3.2	Metodologi Pelaksanaan.....	35
3.3	Pengumpulan Data.....	37
3.4	Analisis data dan pembahasan.....	37
3.4.1.	Analisis Hidrolika Jaringan.....	37
3.4.2	Analisis Kehilangan Air.....	39
3.5	Analisis Finansial.....	43
3.5.1.	Kehilangan air dalam rupiah/tahun.....	43
3.5.2.	Inventarisasi biaya penerapan DMA.....	43
3.6	Aspek kelembagaan.....	45
3.7	Wilayah studi penelitian.....	45
3.8	Kesimpulan dan Saran.....	45
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		47
4.1	Kondisi Eksisting Wilayah Studi.....	47
4.1.1	Instalasi Pengolahan Air (IPA) Wates.....	47
4.1.2	Jaringan Distribusi Kota Mojokerto.....	48
4.1.3	Karakteristik Pelanggan.....	49

4.1.4	Fluktuasi Konsumsi Air di Wilayah Studi Kota Mojokerto.....	50
4.2	Neraca Air Wilayah Studi.....	52
4.2.1	Kerugian Akibat Kehilangan Air	54
4.2.2	Kehilangan Air Tahunan (m ³ /tahun) dan Nilai Biaya (Rp).....	56
4.2.3	Perhitungan Infrastructure Leakage Index (ILI)	58
4.3	Simulasi EPANET Wilayah Penelitian.....	59
4.3.1	Hasil Simulasi dan Evaluasi Jaringan Distribusi Epanet	64
4.4	Pembentukan DMA	69
4.5	Analisa Finansial.....	71
4.6	Aspek kelembagaan	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		86
5.1	Kesimpulan	86
5.2	Saran	87
DAFTAR PUSTAKA		88
LAMPIRAN A.....		90
DOKUMENTASI PROSES ISOLASI JARINGAN		90

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Panjang Sungai Kota Mojokerto.....	26
Tabel 2. 2 Jumlah Penduduk masing – masing Kecamatan Kota Mojokerto	28
Tabel 2. 3 Sumur Bor Eksisting.....	30
Tabel 2. 4 Daftar Karyawan PDAM Kota Mojokerto Menurut Jenjang Pendidikan.....	31
Tabel 3. 1 Standar kecepatan aliran air dalam pipa	38
Tabel 3. 2 Matriks target kehilangan air fisik (BPSPAM, 2014).....	42
Tabel 4. 1 Jaringan Pipa Distribusi PDAM Kota Mojokerto.....	49
Tabel 4. 2 Jumlah Pelanggan Tiap DMA.....	50
Tabel 4. 3 Fluktuasi Pemakaian Air di Wilayah Pelayanan.....	50
Tabel 4. 4 Variasi Pemakaian Air Selama Satu Hari Di Amerika Serikat.....	52
Tabel 4. 5 Data Tarif Air dan Biaya Produksi/Distribusi Air per m ³	57
Tabel 4. 6 Matriks Target Kehilangan Air Fisik.....	59
Tabel 4. 7 Setting Hydraulic model jaringan distribusi EPANET	60
Tabel 4. 8 Dasar perhitungan kebutuhan investasi (Data Sekunder Penelitian, 2018).....	71
Tabel 4. 9 Investasi Penerapan DMA Kedundung (Data Primer, 2018)	72
Tabel 4. 10 Biaya Optimalisasi Penerapan DMA Kedundung (Data Primer, 2018).....	73
Tabel 4. 11 Investasi Penerapan DMA Pulorejo (Data Primer, 2018).....	74
Tabel 4. 12 Biaya Optimalisasi Penerapan DMA Pulorejo (Data Primer, 2018)	75
Tabel 4. 13 Perbandingan Biaya Optimalisasasi Tiap DMA.....	76
Tabel 4. 14 Biaya Optimalisai dengan Perhitungan.....	76
Tabel 4. 15 Biaya Metode Optimalisasi per DMA	76
Tabel 4. 16 Pay Off.....	77
Tabel 4. 17 Benchmark PDAM Kota Mojokerto dengan PDAM Kota Malang.....	82

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagan Untuk Membantu Staf Memahami Komponen Kehilangan Air.....	14
Gambar 2. 2 (Neraca air yang menunjukkan komponen NRW).....	17
Gambar 2. 3 Layout Software WB-EasyCalc	18
Gambar 2. 4 Angka Tingkat Kehilangan Air Tiap Tahun PDAM Kota Malang.....	20
Gambar 2. 5 Menentukan Satuan Dimensi	21
Gambar 2. 6 Menentukan rumus dan satuan yang digunakan	22
Gambar 2. 7 Langkah - langkah pemasukan peta	22
Gambar 2. 8 Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Mojokerto Tahun 2012 - 2013.....	27
Gambar 2. 9 Alur Pelayanan SPAM jaringan perpipaan Kota Mojokerto	30
Gambar 2. 10 Bagan Struktur Organisasi PDAM Kota Mojokerto	32
Gambar 3. 1 Metodologi Pelaksanaan	37
Gambar 3. 2 Input Neraca Air pada Software WB-Easycalc.....	40
Gambar 3. 3 Konfigurasi desain jaringan DMA (Farley, 2013)	44
Gambar 4. 1 IPA Wates	47
Gambar 4. 2 Jaringan Distribusi PDAM Kota Mojokerto	48
Gambar 4. 3 Grafik Fluktuasi Konsumsi Air Pelanggan di Wilayah Layanan.....	51
Gambar 4. 4 Neraca Air Wilayah Kota Mojokerto Bulanan	53
Gambar 4. 5 Neraca Air Tahunan	56
Gambar 4. 6 Persentase Air Berekening, Konsumsi Resmi Tak Berekening, dan Kehilangan Air Tahunan Wilayah Kota Mojokerto.	57
Gambar 4. 7 Kontur elevasi wilayah layanan Pulorejo dan Kedundung	61
Gambar 4. 8 Metode pendekatan asumsi base demand pada node berdasarkan jumlah household connection di sekitarnya (Walski, 2001)	62
Gambar 4. 9 Input time pattern yang digunakan dalam simulasi EPANET	63
Gambar 4. 10 Hasil Simulasi Epanet Wilayah Kedundung dan Pulorejo.....	65
Gambar 4. 11 Hasil Simulasi Program Penggantian Pipa DMA Pulorejo.....	66
Gambar 4. 12 Hasil Simulasi Program Penambahan Pompa DMA Pulorejo	67
Gambar 4. 13 Hasil Simulasi Program Penggantian Pipa DMA Kedundung.....	68

Gambar 4. 14 Hasil Simulasi Program Penambahan Pompa DMA Kedundung	69
Gambar 4. 15 Desain standar DMA (Data Sekunder Penelitian, 2018)	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Mojokerto adalah kota yang menyandang predikat kawasan pemerintahan dengan luas tersempit sekaligus terpadat di Indonesia. Jumlah penduduk Kota Mojokerto yaitu sejumlah 140.161 jiwa dengan luas wilayah 1.646,5 Ha. Kebutuhan air bersih merupakan upaya penting untuk berlangsungnya perkembangan kota. Air bersih di Kota Mojokerto dikelola oleh PDAM Maja Tirta Kota Mojokerto. Air baku yang digunakan PDAM Kota Mojokerto berasal dari air Sungai Berantas. Pelayanan PDAM Kota Mojokerto belum memenuhi kebutuhan air bersih seluruh Kota Mojokerto sehingga sebagian masyarakat menggunakan air sumur bor (Air Bawah Tanah).

Tingkat kehilangan air PDAM Kota Mojokerto hingga bulan September 2017 sebesar 53,73 % dengan harga air Rp 3.168,20, hal ini masih tinggi sekali. Padahal maksimal tingkat kehilangan air sebesar 20 %. Kehilangan air fisik, atau kebocoran, mengalihkan air yang semestinya terdistribusi sampai ke masyarakat, menjadi tidak terjangkau oleh karena terjadinya penurunan tekanan pada aliran distribusi. Masalah terkait kehilangan air di PDAM tentunya merupakan salah satu hal yang dapat menurunkan kinerja PDAM, terutama jika dikaitkan dengan jangkauan kuantitas dan kontinuitas pelayanan air bersih, serta tingkat pendapatan yang diterima perusahaan. Menurut Peraturan Pemerintah No.16 Tahun 2005, unit distribusi SPAM wajib memberikan kepastian kuantitas, kualitas air, dan kontinuitas pengaliran (Sya'bani, 2016).

Latar belakang masalah di atas menunjukkan bahwa perlu dilakukan suatu pengendalian tingkat kehilangan air yang terhadap PDAM Kota Mojokerto yang ditinjau dari aspek teknis, kelembagaan dan finansial. Masalah terkait kehilangan air di PDAM tentunya merupakan salah satu hal yang dapat menurunkan kinerja PDAM. Kinerja adalah suatu gambaran tentang pencapaian (Bastian, 2005). Strategi sangat diperlukan untuk menurunkan tingkat kehilangan air.

Keberhasilan strategi penurunan kehilangan air memerlukan manajemen tekanan, pengendalian kebocoran secara aktif, manajemen sambungan pipa dan aset, serta perbaikan yang cepat dan berkualitas tinggi. Konsep *District Meter Area* (DMA) merupakan sebuah strategi dalam mengelola kehilangan air yakni dengan membagi satu jaringan pasokan air terbuka menjadi zona-zona terisolasi bermeter yang lebih kecil dan lebih bisa dikelola. Penerapan konsep ini memungkinkan perusahaan air minum untuk bisa memahami jaringan secara lebih baik, sehingga lebih mudah menganalisis tekanan dan aliran. Sistem DMA di Indonesia masih tergolong sedikit. Terhitung hanya beberapa PDAM saja yang secara baik mampu menerapkan sistem ini dalam upaya menurunkan kehilangan air, diantaranya ialah PDAM Kota Malang, PDAM Kota Surabaya, PDAM Kota Bali, PDAM Kota Semarang, dan PDAM Kota Yogyakarta. PDAM Kota Malang menjadi Perusahaan yang tergolong cukup berhasil menurunkan kehilangan air menggunakan DMA. Kehilangan Air Tahun 2010-2013, dengan implementasi DMA di PDAM Kota Malang dapat menurunkan kebocoran (kehilangan air fisik) dari 41% di Tahun 2010 menjadi 26% di Tahun 2013 (PDAM Kota Malang, 2015). Hal yang sama juga diterapkan di PDAM Kota Surabaya, DMA mampu membantu menurunkan kehilangan air 4-5 % per tahunnya. Keberhasilan beberapa studi kasus ini, membuat PDAM Kota Mojokerto juga akan menerapkan sistem DMA.

PDAM Kota Mojokerto berencana memasang 5 DMA. Saat ini telah berproses mengisolasi dua wilayah untuk DMA. Dua wilayah tersebut yaitu Kedundung dan Pulorejo. Penulis akan menganalisa dua wilayah tersebut agar penggunaan DMA dapat optimal sebagai upaya penurunan kehilangan air yang ditinjau dari aspek teknis, kelembagaan dan finansial.

1.2 Rumusan Masalah

Latar belakang telah menguraikan yaitu bahwa belum optimalnya kinerja PDAM Kota Mojokerto untuk menurunkan kehilangan air yang ditinjau dari aspek teknik, kelembagaan dan finansial.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi angka kehilangan air melalui pembuatan neraca massa air (*water balance*) dan simulasi perangkat lunak EPANET 2.0.
2. Menganalisis kelayakan teknis, kelembagaan dan finansial dari penerapan sistem *District Meter Areas* di wilayah layanan yang dalam proses isolasi yaitu Kedundung dan Pulorejo di Kota Mojokerto.

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mereduksi permasalahan kehilangan air PDAM Kota Mojokerto.
2. Mengidentifikasi tingkat kehilangan air PDAM Kota Mojokerto.
3. Membantu kinerja PDAM Kota Mojokerto dalam permasalahan tingkat kehilangan air.

1.5 Ruang Lingkup

1. Lokasi penelitian adalah wilayah pelayanan PDAM Kota Mojokerto “Maja Tirta” yang telah proses terisolasi pipa perencanaan DMA yaitu Kedundung dan Pulorejo.
2. Analisis tingkat kehilangan air pada sistem distribusi.
3. Simulasi perangkat lunak EPANET 2.0.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Air

Sistem distribusi air minum didasarkan atas dua faktor utama yaitu kebutuhan air (*water demand*) dan tekanan air, serta ditunjang dengan faktor kontinuitas dan keamanan (*safety*). Fungsi pokok jaringan distribusi adalah menghantarkan air minum ke seluruh pelanggan dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas, kontinuitas dengan tekanan dan kecepatan air yang memenuhi standar. Kondisi yang diinginkan pelanggan adalah kapan saja mereka membuka kran air selalu tersedia. Air yang disuplai melalui jaringan pipa distribusi, sistem pengalirannya terbagi atas dua alternatif pendistribusian, yaitu:

2.1.1 Sistem Berkelanjutan (*Continous System*)

Pada sistem ini, suplai dan distribusi air kepada pelanggan dilaksanakan secara terus - menerus selama 24 (dua puluh empat) jam. Sistem ini diterapkan bila pada setiap waktu kuantitas air bersih dapat memenuhi kebutuhan konsumsi air di daerah pelayanan.

- a) Keuntungan menggunakan sistem ini adalah pelanggan akan mendapatkan air minum setiap saat dan air minum yang diambil dari titik pengambilan air dalam jaringan distribusi selalu dalam kondisi segar.
- b) Kerugian sistem ini adalah pemakaian air akan cenderung lebih boros, dan bila ada sedikit kebocoran, jumlah air terbuang akan sangat besar.

2.1.2 Sistem Bergilir (*Intermittent System*)

Pada sistem ini air minum yang disuplai dan didistribusikan kepada pelanggan dilakukan hanya selama beberapa jam dalam satu hari, yaitu dua sampai empat jam pada pagi dan sore hari. Sistem ini biasanya diterapkan apabila kuantitas air dan tekanan air tidak mencukupi.

- a. Keuntungan sistem ini adalah pemakaian air cenderung lebih hemat dan bila terjadi kebocoran maka jumlah air yang terbuang relatif kecil.
- b. Kerugian menggunakan sistem ini adalah:

- Bila terjadi kebakaran pada saat air tidak terdistribusi, maka air untuk pemadam kebakaran tidak akan tersedia.
- Setiap rumah perlu menyediakan tempat penyimpanan air yang cukup agar kebutuhan air dalam sehari dapat dipenuhi.
- Dimensi pipa yang dipakai lebih besar karena kebutuhan air yang akan disuplai dan didistribusikan dalam sehari ditempuh dalam waktu pendek.
- Air yang telah diproduksi di unit produksi harus didistribusikan kepada masyarakat sebagai pelanggan air minum. Hal ini untuk menjamin kepastian akan kuantitas, kualitas dan kontinuitas pengaliran. Pendistribusian air minum dapat dilakukan dengan (Masduqi dan Assomadi, 2012):
 - Sistem perpipaan, yaitu pendistribusian air minum melalui jaringan pipa distribusi hingga ke pelanggan. Pendistribusian menggunakan perpipaan ini dapat dilakukan dengan pemompaan atau pengaliran secara gravitasi. Hal ini tergantung pada perbedaan elevasi antara unit produksi dengan daerah pelayanan.
 - Sistem non-perpipaan, yaitu pendistribusian air minum tidak melalui jaringan pipa distribusi, melainkan menggunakan alat transportasi untuk mengangkut air dari unit produksi menuju ke pelanggan, seperti mobil tangki, gerobak dorong, dan lain-lain.

2.2 Klasifikasi Jaringan Perpipaan

Suplai air melalui pipa induk mempunyai dua macam sistem, yakni pada sistem distribusi, terdapat klasifikasi dari jaringan perpipaan yang terbagi menjadi dua bagian, yaitu :

2.2.1 Sistem Makro

Sistem ini berfungsi sebagai penghantar jaringan perpipaan. Jaringan penghantar ini tidak dapat langsung melayani konsumen karena dapat berakibat pada penurunan energi yang cukup besar. Sistem ini juga disebut sebagai sistem jaringan pipa hantar atau *feeder*, yang terdiri atas pipa induk (*primary feeder*) dan pipa cabang

(*secondary feeder*). Pipa induk merupakan pipa yang memiliki diameter terbesar dan jangkauan terluas, serta dapat melayani dan menghubungkan daerah-daerah (blok) pelayanan dan di setiap blok memiliki satu atau dua penyadap yang dihubungkan dengan pipa cabang. Pada setiap tempat bersambungannya pipa sekunder atau cabang dari pipa induk maupun pada pipa pelayanan dengan pipa sekunder atau cabang, selalu dilengkapi dengan penyadap (*tapping*).

2.2.2 Sistem Mikro

Sistem mikro adalah sistem yang berfungsi sebagai pipa pelayanan yaitu pipa yang melayani sambungan air bersih ke konsumen dengan memperoleh air dari pipa sekunder. Sistem mikro dapat membentuk jaringan pelayanan yang terdiri atas pipa pelayanan utama (*small distribution mains*) dan pipa pelayanan ke rumah-rumah (*house connection*).

Jaringan perpipaan distribusi terdapat beberapa jenis pipa diantaranya adalah pipa induk, pipa sekunder atau cabang, dan pipa pelayanan. Kapasitas aliran air yang melalui perpipaan distribusi menggunakan debit pada saat jam puncak untuk setiap daerah pelayanan. Besarnya diameter pipa yang digunakan pada pipa induk distribusi didasarkan atas kebutuhan air untuk masing-masing daerah pelayanannya. Besar diameter untuk pipa cabang dihitung dari banyak sambungan yang melayani konsumen dengan diameter pipa pelayanan tidak lebih dari 50 mm.

2.3 Pola jaringan perpipaan

Sistem perpipaan, pola jaringan pipa distribusi air bersih secara umum dapat dibagi menjadi tiga pola utama, yaitu (Mayangsari, 2007):

2.3.1 Pola cabang

Pola cabang berbentuk seperti gambar pohon dengan cabang-cabangnya. Sistem ini memiliki pipa induk yang semakin mengecil ke arah hilirnya. Sistem cabang memiliki ciri-ciri arah aliran satu arah, degradasi ukuran diameter pipa terlihat jelas, dan aliran berakhir pada titik-titik mati (*dead end*). Pola sistem cabang ini banyak diterapkan pada daerah perkotaan yang berkembang pesat dan pada daerah yang memiliki kondisi topografi berbukit.

2.3.2 Pola sistem gridion

Pola sistem gridion memiliki ciri-ciri arah aliran yang tidak satu arah, tidak memiliki titik-titik mati, dan ukuran atau dimensi pipa relatif sama. Sistem ini sangat baik digunakan untuk daerah yang relatif datar dan luas, juga untuk daerah yang memiliki pola jaringan jalan yang saling berhubungan satu sama lain dan pola pengembangan kota yang menyebar ke segala arah.

2.3.3 Pola melingkar (*loop*)

Sistem perpipaan dimana ujung pipa yang satu bertemu kembali dengan ujung pipa yang lain. Pipa induk utama terletak mengelilingi daerah layanan. Pengambilan dibagi menjadi dua dan masing-masing mengelilingi batas daerah layanan, dan keduanya bertemu kembali di ujung. Pipa perlintasan menghubungkan kedua pipa utama. Di daerah layanan, pipa pelayanan utama terhubung dengan pipa induk utama.

2.4 Sistem Hidrolika dalam Sistem Distribusi

Pendistribusian air minum terdapat tiga sistem pengaliran yang pemilihan jenisnya disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan yaitu:

2.4.1 Pengaliran Sistem Gravitasi

Sistem ini digunakan bila elevasi sumber air baku atau instalasi pengolahan secara topografi berada jauh diatas elevasi daerah pelayanan dan sistem ini dapat memberikan energi potensial yang cukup tinggi hingga pada daerah pelayanan terjauh.

2.4.2 Pengaliran Sistem Pemompaan

Sistem ini digunakan apabila beda elevasi antara sumber air atau instalasi pengolahan dengan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan air yang cukup, sehingga air yang akan didistribusikan, agar tekanan meningkat, di pompa ke jaringan pipa distribusi.

2.4.3 Pengaliran Sistem Kombinasi

Sistem ini merupakan kombinasi dari sistem gravitasi dan pemompaan dimana air minum dari sumber atau instalasi pengolahan dialirkan ke jaringan pipa distribusi dengan menggunakan pompa dan reservoir distribusi,

dioperasikan secara bergantian atau bersama-sama sesuai dengan keadaan topografi daerah pelayanan.

2.5 Komponen Sistem Distribusi Air Bersih

Untuk menjamin kualitas pelayanan yang baik maka sistem distribusi air bersih perpipaan biasanya mencakup beberapa komponen, yaitu :

1. Reservoir distribusi
2. Jaringan perpipaan, mencakup :
 - a. Pipa induk

Pipa induk merupakan pipa distribusi pada jaringan terluar, yang menghubungkan blok-blok pelayanan dalam kota, dari reservoir ke saluran jaringan utama. Pipa ini tidak bisa dipakai untuk melayani penyadapan (tapping) ke rumah-rumah. Pipa yang digunakan sebagai pipa induk ini

haruslah jenis pipa yang mempunyai ketahanan tinggi terhadap tekanan.

- b. Pipa cabang/sekunder

Pipa cabang dipakai untuk menyadap air langsung dari pipa induk untuk mengalirkan ke suatu blok pelayanan. Pipa yang digunakan sebagai pipacabang sebaiknya memiliki kualitas yang sama dengan pipa induk (jika sedikit di bawah mutu pipa induk, masih bisa di toleransi). Pipa ini berhubungan dengan pipa servis dan diameternya dapat ditentukan berdasarkan banyaknya pipa servis yang masuk (berhubungan) dengan pipa cabang tersebut.

- c. Pipa servis

Pipa servis adalah pipa yang melayani konsumen langsung ke rumah-rumah. Pipa ini berhubungan dengan pipa cabang dan mengalirkan air ke rumahrumah dengan diameter tertentu sesuai dengan pemakaian konsumen.

- d. Fitting dan aksesoris

Fitting pipa dan aksesoris pipa digunakan menyambungkan, membelokkan, ataupun percabangan. Jenis-jenis fitting dan aksesoris pipa yang sering digunakan adalah *tee (T)*, *bend/elbow*, *wye (Y)*, *cross*, *adaptor*, *reducer*, *wall pipe*, *flexible joint*, dan *valve*.

e. Meter air

Meter air berfungsi untuk menyambungkan pipa induk ke konsumen. Penggunaan meteran air dianggap dapat mengurangi penggunaan air dan memperkecil pemborosan penggunaan air.

f. Keran kebakaran/hidran

Selain berfungsi sebagai titik pengambilan air pada saat kebakaran, juga dapat berfungsi sebagai ventilasi (air valve) dan suplai (blow off).

3. Pompa, yang dapat berfungsi untuk :

- a. Memompa air dari penjernihan ke reservoir
- b. Memompa air dari reservoir ke jaringan distribusi
- c. Menaikkan air ke daerah pelayanan yang lebih tinggi (*booster*)

2.6 Tekanan Pipa

Pipa yang telah ditanam di dalam tanah mengalami adanya dua tekanan yang datang dari dalam pipa sendiri yang diakibatkan oleh fluida yang berada di dalam pipa oleh akibat gaya berat tanah pelindung dan berat beban lain yang melewati jalan dimana pipa yang paling berpengaruh adalah tekanan statisnya sedangkan tekanan dinamisnya diabaikan karena sangat kecil. Tekanan statis ini terjadi karena beda muka air antara dua titik yang ditinjau atau elevasi muka air yang tertinggi terhadap muka air rendah. Maksimal tekanan yang diijinkan untuk jenis pipa PVC adalah sebesar 8 kg/cm^2 , sedangkan untuk pipa GIP dapat mencapai 12 kg/cm^2 .

2.6.1 Keseimbangan Tekanan Air di Jaringan

Beberapa hal perlu dilakukan untuk keseimbangan tekanan, yaitu evaluasi teknik pada jaringan pipa induk distribusi air minum. Hal - hal yang harus diperhitungkan adalah :

1. Kecepatan dalam aliran

Nilai kecepatan aliran dalam pipa yang diijinkan adalah sebesar $0,3 - 3 \text{ m/dtk}$ pada debit jam puncak. Kecepatan yang terlalu kecil menyebabkan terjadi endapan dalam pipa sehingga dapat mengganggu

aliran dalam pipa. Kecepatan yang terlalu besar dapat menyebabkan pipa cepat aus dan mempunyai *headloss* yang tinggi, berpengaruh pada penentuan elevasi reservoir (Al-Layla. dkk, 1978). Untuk menentukan kecepatan aliran dalam pipa, digunakan rumus:

$$Q = A.v = 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot v$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m³/dtk)

v = Kecepatan aliran
(m/det)

D = Diameter pipa (m)

2. Sisa Tekan

Perencanaan sisa tekan pada titik jaringan pipa induk minimum sebesar 10 m kolom air. Hal ini bertujuan agar laju air sampai di konsumen dengan tekanan yang cukup. Meningkatkan elevasi reservoir dan mengatur nilai kecepatan aliran dalam pipa serta *headloss* total.

3. Kehilangan Tekanan

Kehilangan tekanan air dalam pipa terjadi akibat adanya *friction* antara fluida dengan permukaan dalam pipa yang dilaluinya. Kehilangan tekanan maksimum 10 m/km panjang pipa. Ada beberapa jenis kehilangan dalam saluran terbuka maupun saluran tertutup (Al-Layla.dkk, 1978). Kehilangan tekanan ada dua tingkatan yaitu:

a. *Mayor Losses*

Yaitu kehilangan tekanan sepanjang pipa lurus, dapat dihitung dengan persamaan Hazen-William:

$$H_f = \left(\frac{Q}{0,278CD^{2,63}} \right) 1,85L$$

Dimana :

H_f = *Mayor losses* sepanjang pipa lurus (m).

L = Panjang pipa (m)

Q	=	Debit aliran (m ³ /detik)
C	=	Koefisien Hazen-William (tergantung jenis pipa)
D	=	Diameter Pipa (m)

b. Minor Losses

Yaitu kehilangan tekanan yang terjadi pada tempat-tempat yang memungkinkan adanya perubahan karakteristik aliran, misalnya pada belokan, *valve*, dan aksesoris lainnya. Persamaan yang digunakan:

$$H_f = K \frac{V^2}{2g}$$

H _{fm}	=	Minor losses (m)
K	=	Konstanta kontraksi (sudah tertentu) untuk setiap jenis peralatan pipa berdasarkan diameternya.
V	=	Kecepatan aliran (m/det)

2.7 Pompa

Dalam keadaan *steady state*, debit pompa selalu berbanding lurus dengan tegangan motornya, dengan asumsi tegangan dari power dan efisiensi sistem tidak berubah. Dalam operasional, pola ini akan berantakan karena dipengaruhi keadaan sekitar. Contoh pengaruh dari kondisi adalah motor berputar dengan ampere yang tinggi tapi tidak terdapat pengaliran karena pompa dalam kondisi *dead head* (Sularso dan Haruo, 2000).

Berikut ini adalah rumus dari sistem pompa.

$$P = \rho \times g \times Q \times H$$

$$P = V \times I$$

Dimana:

$$\rho = \text{massa jenis fluida (kg/m}^3\text{)}$$

$$g = \text{gravitasi bumi (m/dt}^2\text{)}$$

$$Q = \text{debit air (m}^3\text{/dt)}$$

$$H = \text{head pompa (m)}$$

$V =$ tegangan motor (v)

$I =$ arus (ampere)

Apabila kedua persamaan disubstitusikan, maka jelas antara kapasitas dan daya berbanding lurus. Namun *actual* dilapangan tidak seperti itu. Terjadi pelonjakan dikarenakan adanya kerusakan.

$$V \times I = \rho \times g \times Q \times H$$

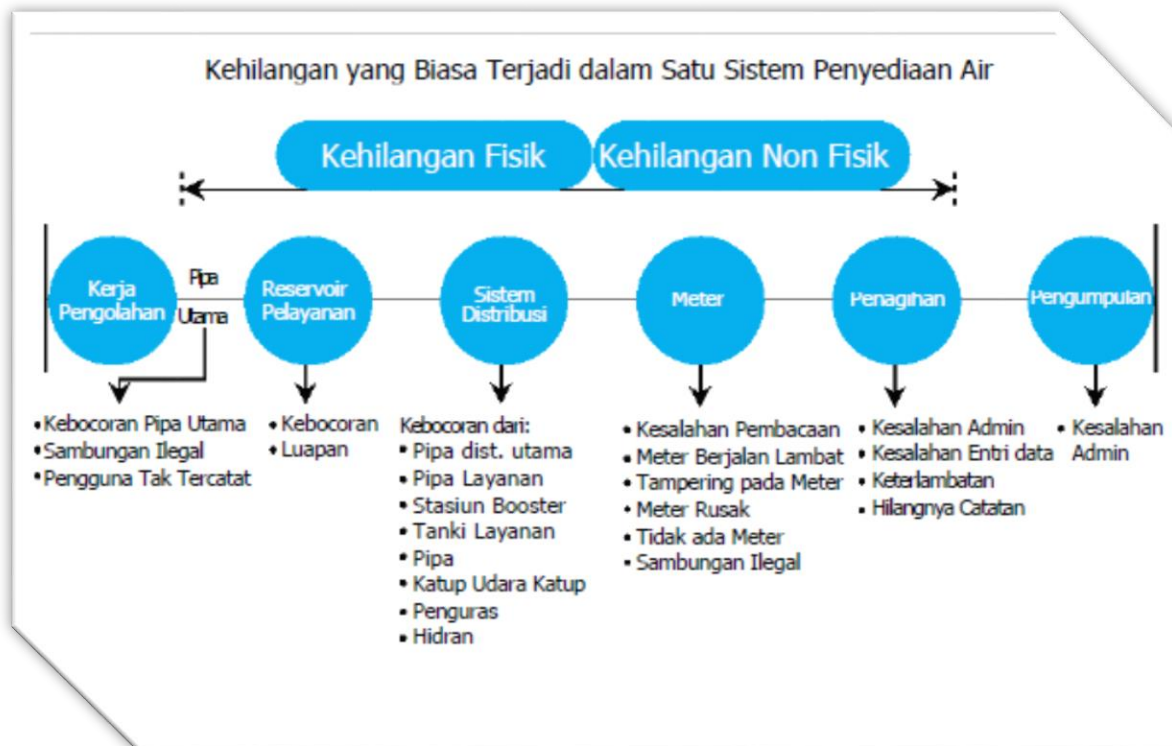
Beberapa korelasi dari persamaan diatas adalah sebagai berikut:

- Apabila I dan Q berubah, maka Hikut berubah. Pada titik ekstrem, Q bisa 0 (tidak ada pengaliran) dengan kondisi I dan H maksimum. Daya yang disupplai oleh motor pada desain adalah relatif tetap.
- Jika ditinjau dari performace pompa, variabel yang berubah dari sisi kanan persamaan diatas adalah debit dan head. Sedangkan pada sisi sebelah kiri adalah arus, karena tegangan biasanya konstanta. Perubahan bisa terjadi apabila terdapat gangguan atau tambahan selain Q dan H, misalnya beban gesekan akibat bearing yang sudah aus dan karet packing yang terlalu kencang.

Ampere yang dikonsumsi motor penggerak pompa adalah indikator dari daya yang diperlukan untuk menggerakan pompa ditambah inefisiensi transfer daya serta inefisiensi mekanik seperti gesekan pada bearing, turbulensi aliran, *power loss* pada coupling, *power loss* pada motor.

2.8 Kehilangan Air

Kehilangan air adalah selisih antara banyaknya air yang disediakan (*water supply*) dengan air yang dikonsumsi (*water consuntion*). Kehilangan air dalam suatu perencanaan sistem distribusi selalu ada.



Gambar 2. 1 Bagan Untuk Membantu Staf Memahami Komponen Kehilangan Air

Sumber: Ranhill

Kehilangan air yang sering terjadi dalam pengelolaan sistem penyediaan air minum PDAM dikelompokkan dalam 2 jenis yaitu kehilangan air secara fisik dan kehilangan air non fisik.

2.8.1 Kehilangan Air Fisik

Kehilangan air fisik terkadang disebut "kehilangan air sebenarnya (*real losses*)" atau "kebocoran", mencakup total volume kehilangan air dikurangi kehilangan nonfisik/komersial. Proses neraca air, menunjukkan bahwa kehilangan nonfisik merupakan hasil perkiraan dengan demikian hasil penghitungan volume kebocoran mungkin tidak benar. Para manajer perusahaan air minum dengan demikian harus melakukan verifikasi terhadap hasil-hasil mereka dengan menggunakan analisis komponen (pendekatan top-down) atau pengkajian kehilangan fisik (pendekatan *bottom up*, tentang agregasi aliran malam di DMA-DMA).

Tiga komponen utama kehilangan fisik antara lain adalah:

- Kebocoran dari pipa transmisi dan distribusi

- Kebocoran dan limpahan dari reservoir dan tanki penyimpanan perusahaan air minum
- Kebocoran pada pipa dinas hingga ke meter pelanggan

Jenis kebocoran pertama dan kedua biasanya cukup terlihat baik oleh masyarakat umum atau staf perusahaan air minum sehingga mudah dideteksi dan diperbaiki dengan relatif cepat. Jenis ketiga lebih sulit dideteksi dan dengan demikian membuat lebih besarnya volume kehilangan fisik.

2.8.2 Kehilangan Air Non Fisik

Kehilangan nonfisik (komersial), kadang-kadang disebut juga “*apparent losses*”, mencakup air yang dikonsumsi namun tidak dibayar oleh pengguna. Air sudah melalui meter namun tidak dicatat dengan akurat dalam beberapa kasus. Kebalikan dari kebocoran atau luapan penampungan air (reservoir), air yang hilang tidak nampak sehingga membuat banyak perusahaan penyedia layanan air minum mengabaikan kehilangan nonfisik dan sebaliknya konsentrasi pada kehilangan fisik. Kehilangan nonfisik bisa berupa volume air yang lebih besar daripada kehilangan fisik dan nilainya lebih tinggi karena mengurangi kehilangan nonfisik meningkatkan pendapatan sedangkan mengurangi kehilangan fisik mengurangi biaya produksi. Untuk perusahaan air minum yang berorientasi laba, tarif air akan lebih tinggi daripada biaya produksi variabel, kadang-kadang empat kali lipat. Kehilangan nonfisik dalam volume kecil pun akan memberikan dampak finansial yang besar. Kelebihan lain dalam mengurangi kehilangan nonfisik adalah bahwa ia dapat diwujudkan dengan cepat dan efektif. Hal ini dapat ditinjau dari empat elemen utama dalam kehilangan nonfisik dan memberikan opsi-opsi untuk mengatasinya (Farley, 2008).

2.9 Kerugian Akibat Kehilangan Air

Adanya kehilangan air dapat mengakibatkan kerugian baik bagi PDAM maupun bagi konsumen. Secara garis besar kerugian akibat kehilangan air dapat dikelompokkan menjadi :

1. Kerugian dari segi kuantitas (Debit)

Adanya kehilangan air, maka jumlah air yang dapat digunakan oleh konsumen menjadi berkurang.

2. Kerugian dari segi tekanan

Adanya kehilangan air (khususnya akibat kebocoran pada pipa distribusi dan adanya sambungan yang tidak tercatat/*illegal connection*) dapat mengakibatkan berkurangnya tekanan air yang dialirkan ke konsumen.

3. Kerugian dari segi kualitas air

Jika ada kebocoran air, maka pada saat pipa tidak terisi air atau terjadi tekanan negatif (*siphon*) ada kemungkinan kotoran dari luar pipa masuk ke dalam pipa, sehingga air yang ada di dalam pipa terkontaminasi oleh kotoran dari luar pipa tersebut.

4. Kerugian dari segi keuangan (Ekonomi)

Akibat dari adanya kehilangan air ini maka akan mengakibatkan kerugian dari segi keuangan bagi Perusahaan Air Minum. Dengan adanya kehilangan air ini maka biaya produksi per meter kubik air akan meningkat dan pendapatan hasil penjualan air akan berkurang, sehingga secara keseluruhan keuntungan yang didapat Perusahaan Air Minum akan mengecil.

2.10 Manfaat Pengendalian Kehilangan Air

Manfaat utama pengendalian kehilangan air diperoleh dari penghematan ekonomi atau pendapatan yang semakin meningkat oleh karena itu pelaksanaan pengukuran pengendalian kehilangan air pada umumnya hanya berguna apabila keuntungan ekonomi yang diperoleh lebih besar dari pada biaya pelaksanaan pengukuran pengendalian kebocoran itu sendiri. Maka besarnya manfaat ekonomi yang dihasilkan dari aplikasi pengukuran pengendalian kehilangan air akan memberikan dua sumber yang terpisah, sumber-sumber ini menghasilkan keuntungan, yakni Penurunan biaya operasi tahunan dan Penundaan pola modal atau bagian pola modal diperlukan untuk memenuhi peningkatan kebutuhan (sumber, reservoir, pekerjaan penjernihan instalasi, pipa dan lain sebagainya).

2.11 Neraca Air

Volume air tidak berekening (NRW) ditingkat global sungguh mencengangkan. Setiap tahun lebih dari 32 Milyar m³ air yang sudah diolah karena kebocoran dari jaringan – jaringan distribusi. Definisi dari adalah selisih antara Volume Input Sistem dan Konsumsi Resmi Berekening. NRW terdiri dari Konsumsi

Resmi Tak Berekening (biasanya merupakan satu komponen kecil dalam neraca air) dan kehilangan air. Adanya pengembangan satu struktur dan terminologi baku untuk neraca air internasional yang di buat oleh Asosiasi Air Internasional (*International Water Association/IWA*) telah banyak diadopsi oleh asosiasi Negara-negara di seluruh dunia berikut:

Volume Input Sistem	Konsumsi Resmi	Konsumsi Resmi Berekening	Konsumsi Bermeter Berekening	Air Berekening
			Konsumsi Tak Bermeter Berekening	
		Konsumsi Resmi Tak Berekening	Konsumsi Bermeter Tak Berekening	Air Tak Berekening (NRW)
			Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening	
	Kehilangan Air	Kehilangan Air Non-Fisik	Konsumsi Tak Resmi	
			Ketidakakuratan Meter Pelanggan dan Kesalahan Penanganan Data	
		Kehilangan Air Fisik	Kebocoran pada Pipa Distribusi dan Transmisi	
			Kebocoran dan Luapan dan Tangki-Tangki Penyimpanan Perusahaan Air Minum	
		Kebocoran di Pipa Dinas hingga ke Meter Pelanggan		

Gambar 2. 2 (Neraca air yang menunjukkan komponen NRW)

Sumber: *Non-Revenue Water Book, 2008*

Manajer perusahaan penyedia layanan air minum (PDAM) harus mempunyai informasi yang pasti tentang sambungan untuk menyusun neraca air:

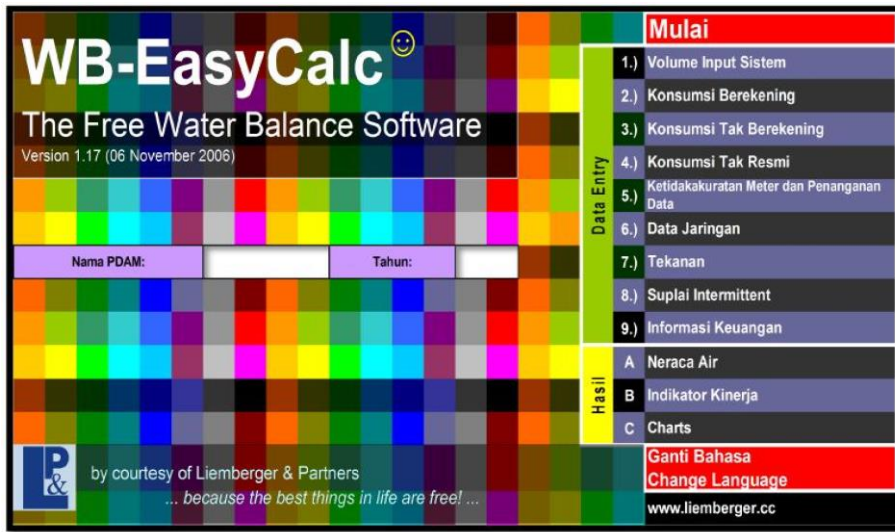
- a) Konsumsi berekening
- b) Konsumsi tak berekening
- c) Konsumsi tak resmi
- d) Ketidakakuratan meter pelanggan dan kesalahan penanganan data
- e) Data sambungan
- f) Panjang pipa transmisi, pipa distribusi dan pipa dinas
- g) Jumlah sambungan yang terdaftar
- h) Perkiraan jumlah sambungan illegal
- i) Tekanan rata – rata
- j) Data sebelumnya tentang pipa pecah
- k) Tingkat pelayanan (24 jam, tidak teratur, dll)

Empat langkah dasar untuk menyusun neraca air dirangkum berikut ini :

- Langkah 1. Menentukan Volume Input Sistem

- Langkah 2. Menentukan Konsumsi Resmi
 - Berekening – total volume air yang di tagih rekeningnya oleh perusahaan air minum.
 - Tak berekening – total volume air yang tersedia tanpa dipungut biaya.
- Langkah 3. Memperkirakan kerugian nonfisik/komersial
 - Pencurian air dan pemalsuan
 - Sedikitnya meter terdaftar
 - Kesalahan penanganan data
- Langkah 4. Menghitung kerugian fisik
 - Kebocoran pada pipa transmisi
 - Kebocoran pada pipa distribusi
 - Kebocoran pada tempat penampungan air dan luapan
 - Kebocoran pada sambungan pipa pelanggan

Suatu program untuk menghitung neraca air adalah “WB-EasyCalc” yang diterbitkan oleh Limberger and Partner. Program ini dapat dipergunakan secara gratis dan bebas. Program ini dijalankan mempergunakan program Microsoft Excel. Berikut ini adalah *lay out* dan komponen isian dari program tersebut.



Gambar 2. 3 Layout Software WB-EasyCalc

2.12 Distrik Meter Area (DMA)

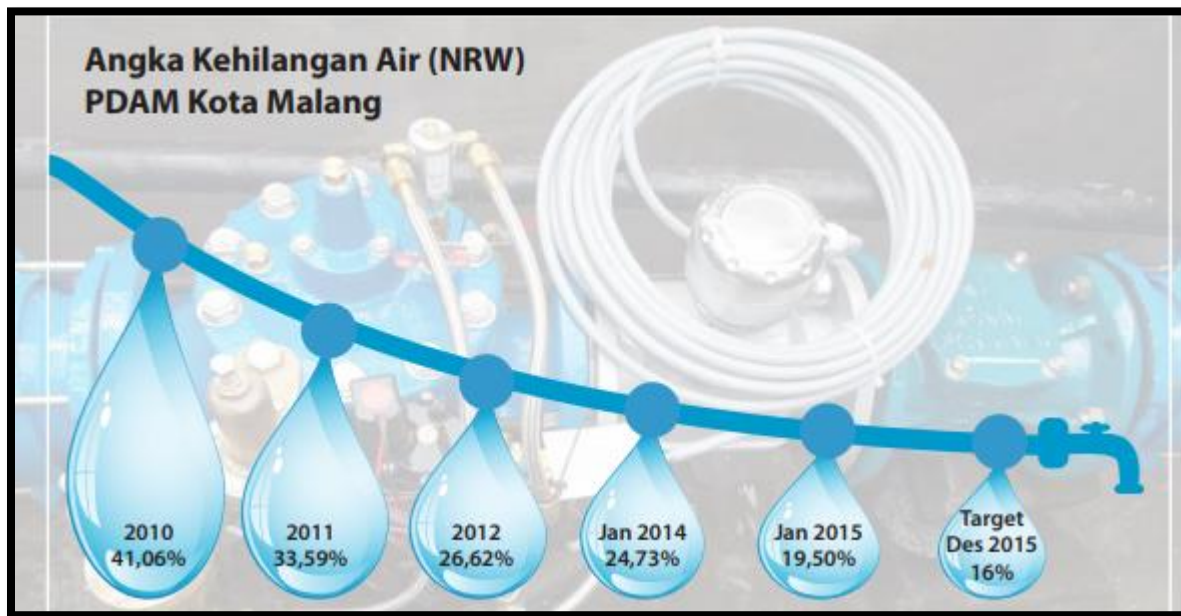
2.12.1 Pengertian DMA

DMA (District Meter Area) merupakan suatu sistem deteksi kebocoran yang lebih permanen berupa bagian daerah atau kawasan sistem jaringan distribusi yang dikhususkan menjadi daerah deteksi kebocoran dalam program penurunan kehilangan air.

2.12.1.1 Fungsi dan Sistem Kerja DMA

Langkah-langkah yang dilakukan oleh pihak perusahaan dalam upaya mendeteksi kebocoran dalam sistem jaringan distribusi air minum kebanyakan hanya upaya yang bersifat pasif atau deteksi terhadap kebocoran yang tampak ke permukaan saja sedangkan deteksi kebocoran yang tidak tampak belum bisa direalisasikan. Belakangan ini muncul peralatan yang dapat mendeteksi titiktitik kebocoran yang tidak muncul ke permukaan tanah. Tetapi untuk menggunakan peralatan ini memerlukan biaya yang besar, keterampilan khusus dan pengalaman panjang dari para operatornya dan waktu yang digunakan untuk mendeteksi juga cukup lama. Salah satu yang dapat menjadi solusi adalah DMA. District Meter Area (DMA) merupakan suatu sistem deteksi kebocoran yang lebih permanen berupa bagian daerah atau kawasan sistem jaringan distribusi yang dikhususkan menjadi daerah deteksi kebocoran dalam program penurunan kehilangan air. Beberapa pendekatan dalam pemilihan dan penetapan DMA adalah bahwa DMA dipilih untuk tipe permukiman domestik dan non domestik yang diprioritaskan untuk deteksi kebocoran. DMA ini merupakan bagian kecil dari daerah distribusi yang terdiri dari 500-2000 sambungan langsung yang dapat diisolasi sehingga air yang masuk dan yang keluar dari jaringan dapat dihitung. Suatu DMA sebaiknya aliran air masuk berupa input tunggal, tetapi jika input yang masuk lebih dari satu tetap dapat digunakan asal seluruh input tersebut dapat diukur dengan tepat. DMA diharapkan memiliki kelengkapan peralatan pengukuran seperti meter induk, meter pelanggan, gate valve/PRV, dan peralatan penunjang lainnya. DMA yang dipilih juga harus dapat mewakili dalam perhitungan untuk keseluruhan jaringan distribusi. Adanya DMA ini diharapkan dapat membantu dalam program penurunan kehilangan air pada jaringan

distribusi air minum. Berikut adalah gambaran PDAM Kota Malang yang telah berhasil menggunakan sistem DMA.



Gambar 2. 4 Angka Tingkat Kehilangan Air Tiap Tahun PDAM Kota Malang

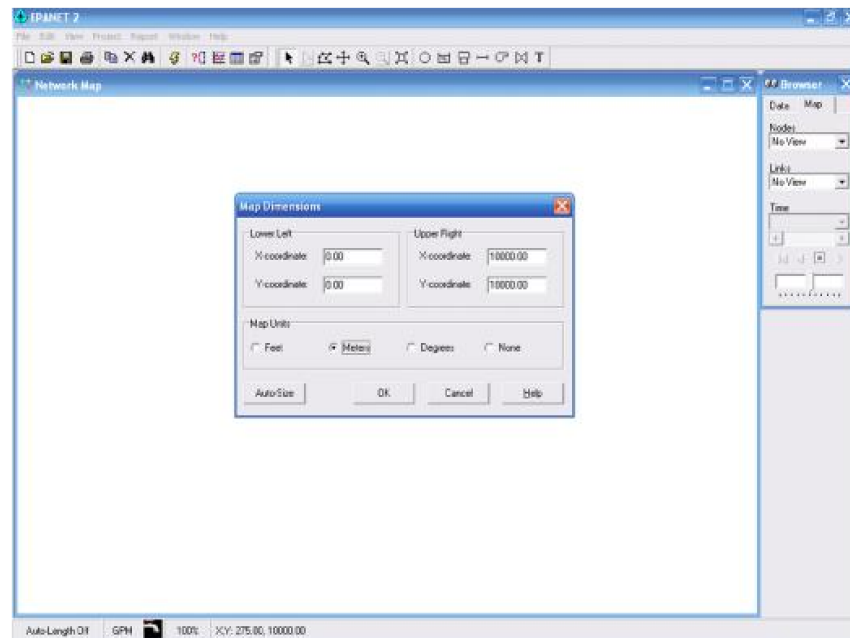
PDAM Kota Malang sangat memperhatikan kualitas DMA yang dipergunakan. Mereka ingin menggunakan DMA yang sesempurna mungkin agar distribusi air bisa maksimal. DMA sempurna yaitu DMA yang telah terisolasi menggunakan blind flange. Blind flange ini berfungsi menghindari buka – tutup batas DMA yang dapat mengacaukan perhitungan kebocoran dan sistim distribusi air. Rata-rata DMA yang dimiliki PDAM Kota Malang sudah dalam kategori Super DMA yaitu yang menggunakan alat pengatur tekanan otomatis atau pressure relief valve (PRV) yang sempurna. Fungsi PRV sangat penting, karena alat ini bisa mengontrol tekanan dan mengukur aliran (Percik, 2015).

2.13 Software Epanet

Epanet di *design* sebagai alat untuk mewujudkan dan mencapai suatu pemahaman tentang pergerakan dan nasib kandungan dalam air minum di jaringan distribusi. Contoh untuk pembuatan design, kalibrasi model hidrolis, analisa sisa klor, analisa pelanggan. Epanet dapat membantu dalam manajemen strategi untuk

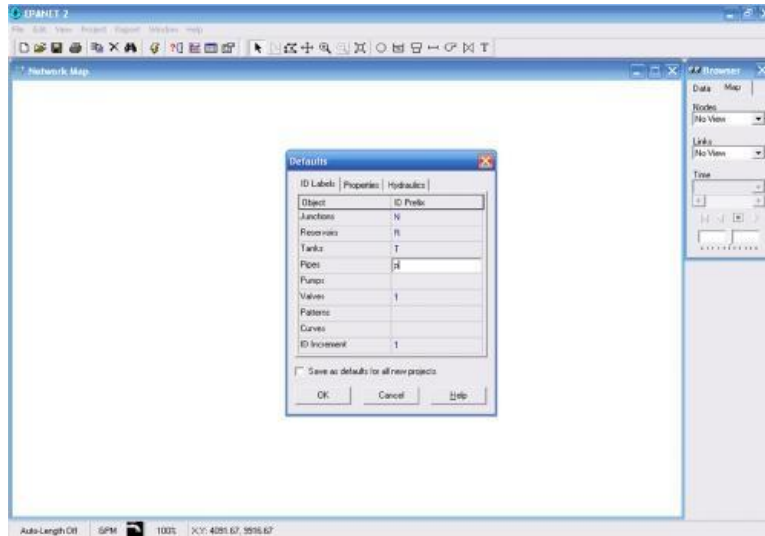
merealisasikan kualitas air dalam suatu sistem. Berikut buku manual cara penggunaan EPANET (Roosman, 2000):

- a. Buka program Epanet
 - b. Setelah muncul tampilan program Epanet2, yang pertama kali dilakukan adalah mengeset *dimension* dan *default*-nya sesuai satuan dan persamaan yang kita gunakan.
- Untuk membuka *dimension*, klik *view* pada toolbar, pilih *dimension* Selanjutnya akan muncul tampilan seperti Gambar 2.5. Pilihlah *map units* dalam meter. Ini menunjukkan satuan yang dipakai nanti adalah dalam meter



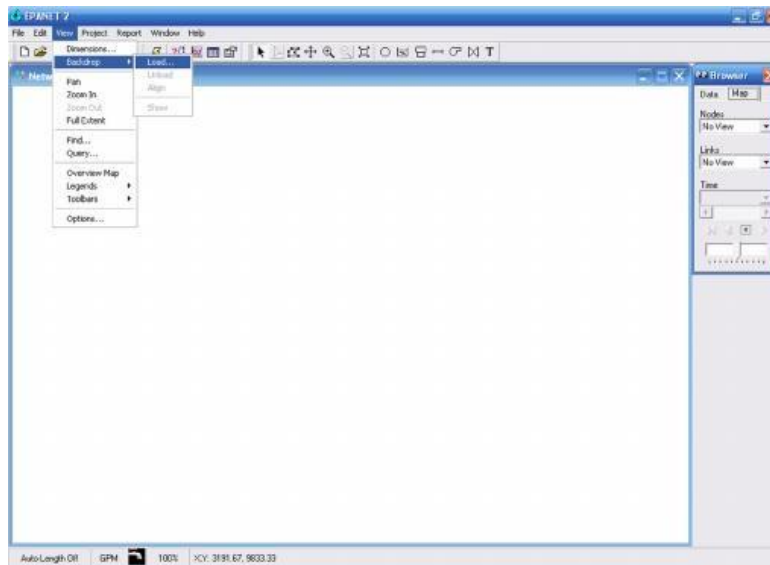
Gambar 2. 5 Menentukan Satuan Dimensi

Cara yang sama pada *toolbar – Project – default*, akan muncul tampilan, seperti Gambar 2.6, untuk mengatur mengenai pipa, satuan aliran yang digunakan, dan lain-lain yang perlu untuk diperhatikan.



Gambar 2. 6 Menentukan rumus dan satuan yang digunakan

- c. Masukkan peta daerah perencanaan melalui perintah *backdrop*, kemudian pilih peta yang akan dimasukkan (Gambar 2.7)



Gambar 2. 7 Langkah - langkah pemasukan peta

- d. Buatlah loop jaringan pipa distribusi dengan memasang node, reservoir/pompa, dan pipa, atau aksesoris lain yang diperlukan pada peta

- e. Buka *Property* masing-masing *node*, pipa dan reservoir dengan meng-kliknya dua kali. Masukkan data-data mengenai *node*, pipa dan reservoir:
- Untuk *node* perlu diisi data mengenai elevasi dan kebutuhan air
 - Untuk pipa perlu diisi data mengenai panjang dan asumsi diameter
 - Untuk reservoir perlu diisi data mengenai *total head* (elevasi+ketinggian reservoir)
- f. Setelah semua diisi, jalankan program (run), bila sistemnya benar dan air dapat mengalir, maka run akan sukses. Akan tetapi tidak semudah itu, karena air yang mengalir harus memenuhi kriteria yaitu dengan *velocity* minimal 0,3 dan *pressure* minimal 10 m
- g. Jika masih belum sesuai maka, ubah-ubahlah diameter pipa atau ketinggian dari resevoir hingga dapat memenuhi kriteria.
- h. Untuk menampilkan nilai dari *pressure*, *velocity*, *base demand*, Diameter, panjang pipa, elevasi di layar, dapat di klik kanan, pilih option, pilih notation, dan klik node value dan links value. Kemudian klik pada data atau map dan me-klik apa yang diinginkan.
- i. Jika menginginkan data berupa tabel, klik pada report, pilih table, pilih network table links atau network table nodes, kemudian pilih apa yang anda ingin masukkan dalam tabel.

Langkah-langkah Komputer (EPANET 2)

- a. Masuklah ke dalam program EPANET 2.
- b. Gambaralah secara digital peta kota yang diinginkan pada AUTOCAD.
- c. Kliklah menu VIEW dan masuklah pada pilihan program *Backdrop* lalu pilih program loadkan peta kota yang diinginkan dan telah disimpan pada AUTOCAD ke layer EPANET.
- d. Letakkan node – node, reservoir, pipa – pipa, dan pompa (bila perlu) sesuai dengan kebutuhan pada peta dengan menggunakan gambar – gambar
- e. Aturlah dimensi yang akan digunakan untuk data – data yang akan dimasukkan pada menu VIEW (DIMENSION) dan DATA (OPTIONS).

- f. Isilah data – data yang diinginkan pada tiap node, links (pipa), reservoir dan pompa (bila ada) ;
- Untuk Node data yang dimasukkan:
 - f.1 elevasi
 - f.2 debit tapping
 - f.3 patterns (bila perlu)
 - Untuk pipa data yang dimasukkan:
 - f.4 panjang pipa
 - f.5 diameter pipa (asumsi)
 - f.6 angka kekasaran (roughness = 150 : pipa pvc) □ Untuk Reservoir datanya:
 - f.7 total head
- g. Bila semua data yang diperlukan telah dimasukkan, maka kliklah menu RUN (gambar PETIR) lalu kliklah menu TABEL sehingga akan didapat yang diinginkan baik untuk node dan pipa (linksnya).
- h. Untuk mencetaknya dalam bentuk print, maka hasil yang akan diperoleh untuk:
- h.1 semua node adalah:
 - elevasi
 - *base demand*
 - *head dan pressure*
 - h.2 semua pipa:
 - velocity*
 - *headloss*
 - diameter
 - *roughness*
 - *length* (panjang pipa)
 - *friction factor*

Bila semua prosedur dari a – g telah dilakukan dengan teliti dan hasil yang telah diperoleh dapat dilihat pada proses ke-h sesuai dengan ketentuan yang berlaku maka hasilnya dapat dicetak.

i. Pada program EPANET 2 ini dapat pula diperoleh gambar sistem loopnya (bisa tanpa gambar peta) dan dapat diprintkan pula.

Perhatian:

Bila pada data yang diperoleh terdapat pressure negatif dan ada juga yang velocitynya kurang dari 0,3 m/det maka hasilnya jangan diprintkan dulu, kita dapat mengecek pada tiap node dan pipa yang perlu perubahan khususnya untuk elevasi dan debit tapping (pada node) dan diameter & panjang (untuk pipa) tanpa merubah semua data inputnya kemudian daia di RUN-kan dan lihat kembali pada TABLE.

2.14 Gambaran Umum Kota Mojokerto

2.14.1 Kondisi Administrasi

Kota Mojokerto mempunyai luas 16,470 km² atau sebesar 2,38 % dari seluruh wilayah Kabupaten Mojokerto dan terdiri dari 3 kecamatan dan 18 kelurahan. Kota Mojokerto merupakan satu-satunya daerah di Jawa Timur yang memiliki luas wilayah terkecil dengan kepadatan penduduk yang tinggi. Kota Mojokerto terletak ± 50 km arah barat dari Kota Surabaya. Kota Mojokerto terletak pada jalur jalan alternatif Surabaya-Semarang dan Surabaya-Solo. Selain itu, Kota Mojokerto menjadi pusat administrasi pemerintahan, perdagangan, pendidikan kesehatan dan rekreasi. Berikut ini adalah batas-batas administratif Kota Mojokerto sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Sungai Brantas
- Sebelah Timur : Kecamatan Puri
- Sebelah Selatan : Kecamatan Sooko
- Sebelah Barat : Kecamatan Sooko

2.14.2 Keadaan Geografis dan Topografi

Kota Mojokerto mempunyai letak yang strategis karena berada di tengah pusat kegiatan usaha ekonomi kerakyatan dari Kabupaten Mojokerto. Demografis dan kondisi ekonomi Pemerintah Kota Mojokerto terletak ditengah-tengah Kabupaten

Mojokerto, terbentang 7° 27' 0,16'' sampai dengan 7° 29'37,11'' Lintang Selatan dan 112° 27' 24'' Bujur Timur. Wilayah kota Mojokerto merupakan dataran rendah dengan ketinggian rata-rata 22m diatas permukaan air laut dengan kondisi permukaan tanah agak miring ke Timur dan Utara antara 0 – 3 %. Dengan demikian dapat terlihat bahwa Kota Mojokerto mempunyai permukaan tanah yang relatif datar sehingga aliran sungai / saluran menjadi relatif lebih lambat yang mengakibatkan terjadinya pendangkalan saluran yang dapat menyebabkan banjir. Jenis tanah pada Kota Mojokerto adalah tanah alluvial dan grumosol.

2.14.3 Hidrologi dan Klimatologi

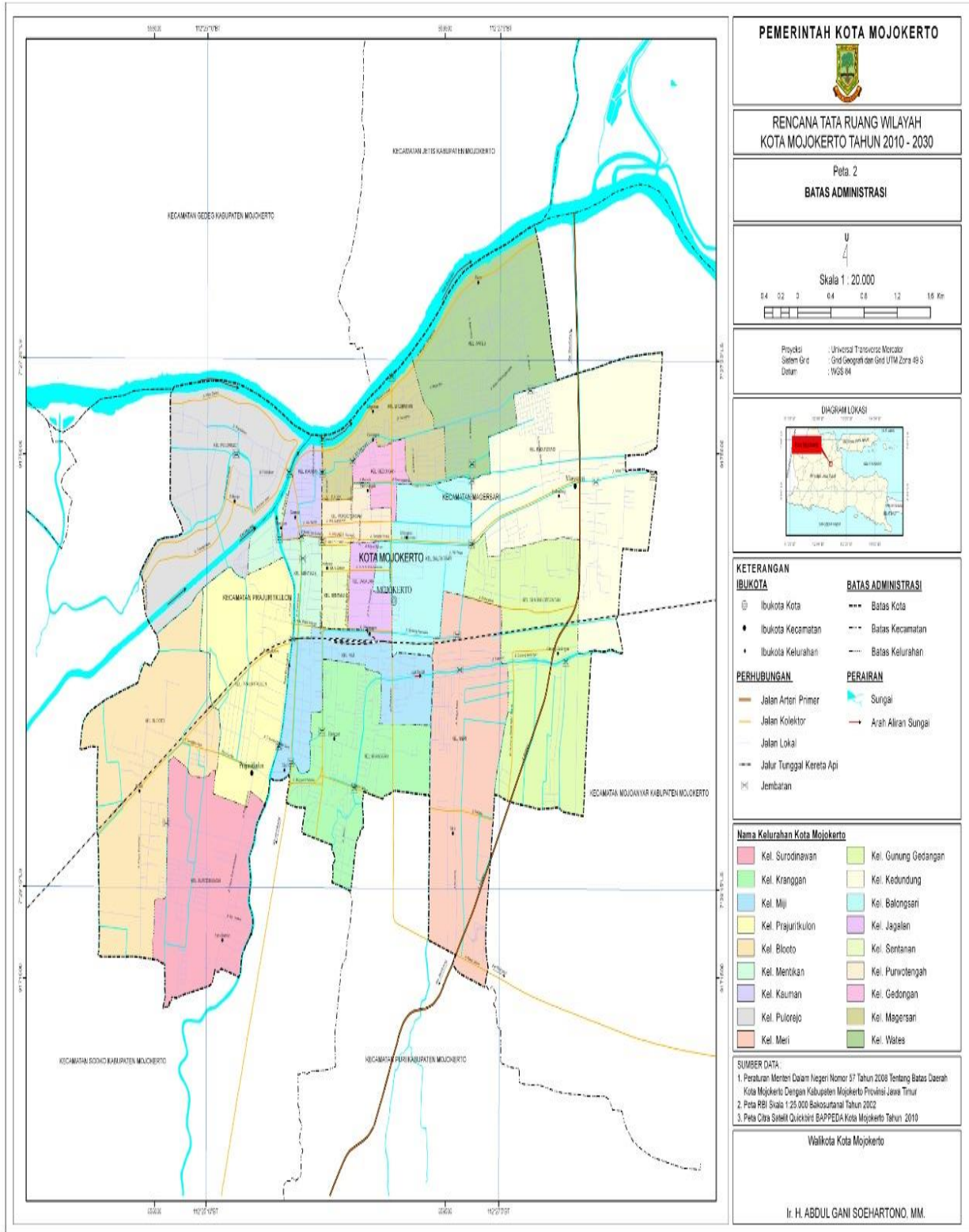
Kondisi hidrologi Kota Mojokerto sangat dipengaruhi oleh sungai – sungai yang melintasi Kota Mojokerto dan kedalaman air tanahnya. Terdapat 7 Sungai yang melintasi Kota Mojokerto yaitu Sungai Brantas, Sungai Brangkal, Sungai Sadar, Sungai Cemporat, Sungai Ngrayung, Sungai Watu Dakon, Sungai Ngotok. Detail panjang dan karakter sungai dapat dilihat dalam tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Panjang Sungai Kota Mojokerto

No	Sungai	Panjang (m)	Karakter
1	brantas	11088.66	bertanggul
2	brangkal	7616.542	bertanggul
3	Sadar	7860.713	bertanggul
4	cemporat	1874.852	bertanggul
5	ngrayung	3818.769	bertanggul
6	watu dakon	4211.452	bertanggul
7	ngotok/pulo	4902.914	bertanggul

Sumber : BPS Kota Mojokerto

Curah hujan di Kota Mojokerto dipengaruhi oleh keadaan iklim, keadaan orographi dan perputaran pertemuan arus udara. Jumlah curah hujan Kota Mojokerto tidak sama setiap bulannya. Jumlah air hujan diukur menggunakan pengukur hujan atau orometer yang dinyatakan sebagai kedalaman air yang terkumpul pada permukaan datar, dan diukur kurang lebih 0.25 mm. Satuan curah hujan menurut SI adalah milimeter, yang merupakan penyingkatan dari liter per meter persegi. Curah hujan rata-rata Kota Mojokerto sebesar 85 mm/bulan. Temperatur mencapai 22° - 31 °C dengan kelembapan udara sekitar 74,3 -84,8 % dan kecepatan angin rata-rata berkisar 3,88-6,88 knot/bulan.



Gambar 2. 8 Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Mojokerto Tahun 2012 - 2013

2.14.4 Demografi (Kependudukan)

Hasil dari registrasi penduduk akhir tahun 2016, Kota Mojokerto mempunyai penduduk sebanyak 140.161 jiwa yang tersebar di 3 kecamatan dan 18 kelurahan. Penduduk laki-laki sebanyak 69.487 jiwa atau sebesar 49,58 persen; dan penduduk yang berjenis kelamin perempuan adalah sebanyak 70.674 atau sebesar 50,42 persen. Dari komposisi penduduk laki-laki dan perempuan itu bisa dilihat bahwa Rasio Jenis Kelamin (*Sex Ratio*) Kota Mojokerto adalah sebesar 98,32 persen; artinya di setiap 100 penduduk wanita terdapat 98 penduduk laki-laki.

Besarnya jumlah penduduk di Kota Mojokerto dengan luas wilayah yang sangat kecil akan menyebabkan kepadatan Kota Mojokerto menjadi sangat tinggi, yaitu 8.511 penduduk per kilometer persegi (km²) di tahun 2016. Pada tahun 2016 wilayah yang mempunyai tingkat kepadatan tertinggi adalah Kelurahan Mentikan, yaitu sebesar 39.757 jiwa per km²; disusul oleh Kelurahan Miji sebesar 23.460 jiwa per km²; selanjutnya Kelurahan Jagalan sebesar 19.627 jiwa per km².

Data dan kondisi kependudukan dapat selengkapnya dilihat pada tabel 2.2 di bawah ini :

Tabel 2. 2 Jumlah Penduduk masing – masing Kecamatan Kota Mojokerto

NO.	KECAMATAN	JUMLAH PENDUDUK	PERSENTASE
1	Prajurit Kulon	41286	29,46
2	Magersari	60058	42,85
3	Kranggan	38817	27,69

Sumber: Kota Mojokerto dalam Angka, 2016

2.15 Kondisi Eksisting PDAM Kota Mojokerto

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Kota Mojokerto terdiri dari sistem penyediaan air minum melalui jaringan perpipaan dan sistem penyediaan air minum secara swadaya masyarakat non perpipaan berupa sumur gali. Penyediaan air bersih melalui jaringan perpipaan di Kota Mojokerto dikelola oleh PDAM Kota Mojokerto. PDAM Kota Mojokerto didirikan pada tahun 1982. Guna meningkatkan kinerja PDAM dalam memberikan pelayanan kepada masyarakat, perlu dilakukan penataan

dan pemberian identitas perusahaan. Sejalan dengan perkembangan peraturan perundang-undangan dan kebutuhan pelayanan kepada masyarakat, beberapa Peraturan Daerah Kota Mojokerto yang mengatur PDAM perlu diganti, maka dibentuklah PERDA No.11 TAHUN 2013 tentang PDAM MAJA TIRTA Kota Mojokerto.

SPAM Jaringan perpipaan oleh PDAM Kota Mojokerto dipusatkan pada daerah perumahan dan daerah padat penduduk di daerah pusat kota. Sumber air baku menggunakan air permukaan dari Sungai Brantas. Air baku diolah terlebih dahulu melalui IPA Wates yang terletak di wilayah Desa Wates Kecamatan Magersari Kota Mojokerto. Kinerja IPA Wates dipengaruhi oleh kondisi unit didalamnya yaitu bangunan intake, pembubuh koagulan, flokulasi, sedimentasi, filter, reservoir, pengolahan lumpur. Saat ini jaringan perpipaan yang melayani wilayah Kota Mojokerto adalah perpipaan dari air sungai Brantas dan IPA Wates dibangun pada tahun 1996 dengan kapasitas pengolahan adalah 110 l/dtk.

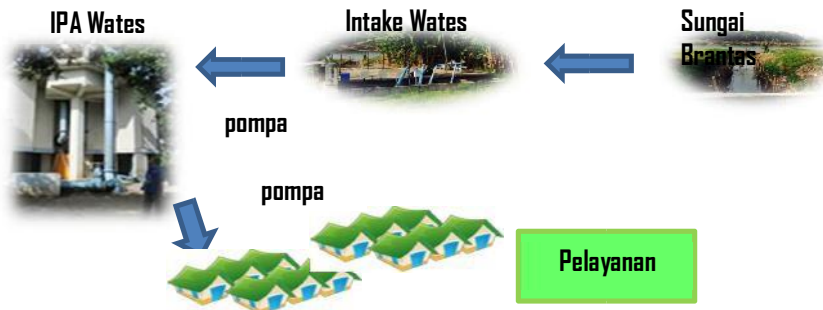
Untuk pelayanan jaringan SPAM perpipaan PDAM Kota Mojokerto, yaitu memanfaatkan adanya sumur bor sebelum adanya pembangunan IPA Wates yang dibangun tahun 1996, perpipaan PDAM Kota Mojokerto banyak dipusatkan di daerah padat dan di pusat penduduk yaitu pusat kota. Terdapat 9 sumur bor yang telah dibangun oleh PDAM (Mamik, 2017), dikarenakan menurunnya kuantitas dan kualitas kebutuhan pelanggan, pemerintah Kota Mojokerto tidak melakukan penambahan unit produksi.

Tabel 2. 3 Sumur Bor Eksisting

No	Lokasi	Kapasitas Produksi Terpasang(1/dtk)	Keterangan
1	Jalan Benteng Pancasila	10l/dtk	Sudah tidak beroperasi
2	Jalan Semeru	7,5 l/dtk	Sudah tidak beroperasi
3	Jalan RaungWates	7,5 l/dtk	Sudah tidak beroperasi
4	GunungGedangan	7,5 l/dtk	Sudah tidak beroperasi
5	KelurahanMeri	10l/dtk	Sudah tidak beroperasi
6	Jalan Welirang	10l/dtk	Sudah tidak beroperasi
7	Jalan Arjuna	10l/dtk	Sudah tidak beroperasi
8	KelurahanBalongsari	15l/dtk	Sudah tidak beroperasi
9	Jalan Penanggungan	10l/dtk	Sudah tidak beroperasi

(Sumber: Mamik, 2017)

Kehilangan air yang terjadi di Kota Mojokerto mencapai 55,83% yang terdiri dari kehilangan air di unit produksi dan kehilangan air di tingkat distribusi. Besarnya nilai kehilangan air ini mempengaruhi tingkat penjualan air.



Gambar 2. 9 Alur Pelayanan SPAM jaringan perpipaan Kota Mojokerto

Pelayanan air bersih jaringan perpipaan (JP) di Kota Mojokerto yang dikelola PDAM Kota Mojokerto sudah melayani 17 desa dari 18 desa yang ada di Kota Mojokerto, dengan tingkat pelayanan air bersih mencapai 19,70% atau 26.872 jiwa dari 136.373 jiwa penduduk Kota Mojokerto atau melayani 4.463 SR/jiwa dari 22.504 KK dengan rata-rata jumlah anggota keluarga 4 jiwa per KK. Jaringan perpipaan berupa Hidran Umum di Kota Mojokerto terdapat 1 unit di wilayah randegan Dusun Sekarputih desa Kedundung Kecamatan Magersari. Di wilayah sekitar TPA randegan

juga terdapat 1 unit terminal air yang diperuntukan ke masyarakat sekitar TPA yang mana air tanah (sumur) sudah tercemar oleh buangan TPA. Pengisian di terminal air tersebut dilakukan dengan tangki (bantuan) 5000 L/truk dengan frekuensi waktu 2 kali seminggu.

Organisasi pengelola SPAM di Kota Mojokerto adalah PDAM Kota Mojokerto. PDAM ini merupakan perusahaan milik daerah Kota Mojokerto yang bertanggung jawab terhadap ketersediaan air bersih di Kota Mojokerto. Secara kelembagaan Kota Mojokerto digunakan sebagai pusat pelayanan dan operasional PDAM melayani ketersediaan air bersih di masing-masing kecamatan.

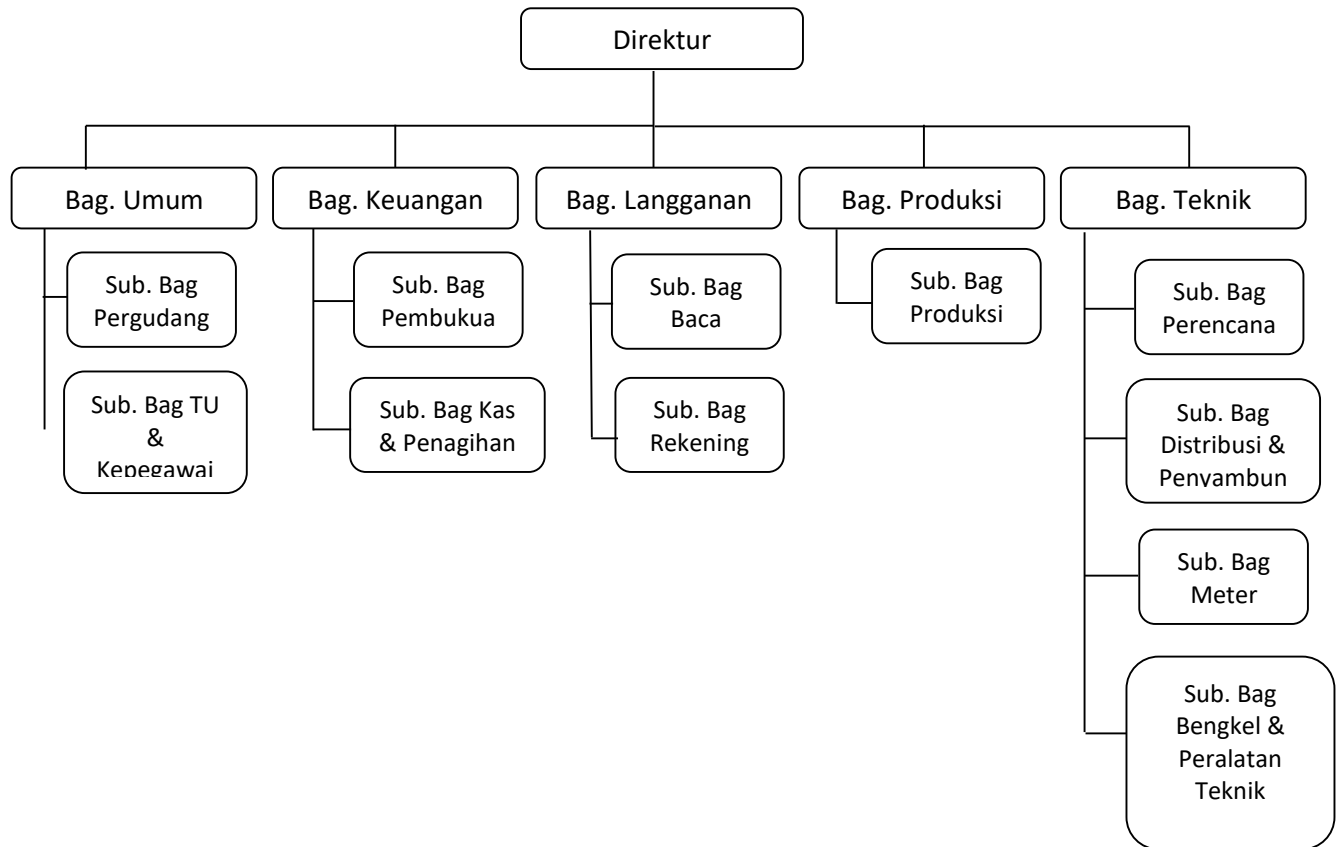
PDAM Kota Mojokerto dipimpin oleh seorang direktur dan beberapa kepala bagian serta staf pendukung yang bertanggung jawab pada masing-masing tugas dan fungsinya. Sedangkan di masing-masing unit PDAM, dikoordinir oleh Kepala Unit selaku pimpinan yang bertanggung jawab terhadap operasional dan pelayanan air bersih diwilayahnya. Berikut ini adalah daftar karyawan PDAM Kota Mojokerto:

Tabel 2. 4 Daftar Karyawan PDAM Kota Mojokerto Menurut Jenjang Pendidikan

No	Pendidikan	Jumlah
1	D3	1
2	SLTA	31
3	SLTP	4
4	SD	1
	JUMLAH	37

(Sumber: PDAM Kota Mojokerto 2017)

Struktur organisasi harus dapat menggambarkan aktivitas utama dalam sistem pengelolaan, pola kerja yang jelas dan mempunyai fungsi perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian, serta pengawasan dengan menguraikan tugas, wewenang dan tanggung jawabnya. Berikut ini adalah struktur organisasi PDAM Kota Mojokerto:



Gambar 2. 10 Bagan Struktur Organisasi PDAM Kota Mojokerto

Rincian tiap bagian sebagai berikut:

Direksi	: 1 orang
Bagian umum	: 5 orang
Bagian baca meter dan rekening	: 5 orang
Bagian hubungan langganan	: 9 orang
Teknik	: 7 orang
Bagian produksi	: 1 orang
Bagian teknik	: 4 orang
Sub. Distribusi	: 1 orang
Sub. Perencanaan	: 3 orang

2.16 Benchmarking

Benchmarking adalah proses pengukuran secara berkesinambungan dan membandingkan satu atau lebih bisnis proses perusahaan dengan perusahaan yang terbaik di proses bisnis tersebut, untuk mendapatkan informasi yang dapat membantu perusahaan untuk mengidentifikasi dan mengimplementasikan peningkatan proses bisnis (Andersen, 1996)

David Kearns (CEO Xerox) juga mendefinisikan *Benchmarking* sebagai suatu proses pengukuran terus menerus atas produk, jasa dan tata cara perusahaan terhadap pesaing yang terkuat. *Benchmarking* juga merupakan suatu proses yang membandingkan dan mengukur kinerja suatu perusahaan dengan perusahaan lain guna mendapatkan keuntungan informasi yang akan digunakan untuk perbaikan secara kontinyu (Tatterson, 1996).

2.16.1 Tujuan Pelaksanaan *BENCHMARKING*

Menentukan kunci atau rahasia sukses dari perusahaan pesaing yang paling unggul kemudian mengadaptasikan dan memperbaikinya secara lebih baik untuk diterapkan, yang akhirnya akan mengungguli pesaing yang *dibenchmarking*.

Benchmark adalah suatu ukuran kinerja yang bersifat tetap berdasarkan rumusan kriteria yang jelas, dari suatu perusahaan unggulan mengenai suatu kegiatan tertentu. *Benchmark* dengan demikian sama artinya dengan tolok ukur. *Benchmarking* adalah metode untuk mencari dan menerapkan *best practice* dari perusahaan unggulan melalui berbagai tahap aktivitas.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB III METODA PENELITIAN

3.1 Umum

Kegiatan penyusunan penelitian ini dilakukan di wilayah Kota Mojokerto. Penelitian ini meliputi identifikasi kehilangan air di sistem distribusi PDAM Mojokerto, dan menganalisa penerapan DMA ditinjau dari aspek teknis, finansial dan kelembagaan. Penyusunan penelitian ini meliputi *survey* data dan pengamatan lokasi.

Informasi dan data – data yang diperoleh bersifat kualitatif dan kuantitas yang diolah berdasarkan informasi PDAM selaku pengelola, masyarakat serta data langsung dari lapangan. Data – data di atas digunakan untuk mendapatkan pemecahan dan solusi dari permasalahan yang ada di lapangan maupun untuk tahapan analisis.

3.2 Metodologi Pelaksanaan

**OPTIMALISASI PENURUNAN KEHILANGAN AIR PDAM KOTA MOJOKERTO
DENGAN PENERAPAN JARINGAN DISTRIBUSI SISTEM DISTRICT METER
AREA DITINJAU DARI ASPEK TEKNIS, FINANSIAL DAN KELEMBAGAAN**

Latar Belakang Masalah:
Tingkat Kehilangan air PDAM Kota Mojokerto

Tujuan penelitian

Data Sekunder:

1. Peta jaringan perpipaan distribusi
2. Data tarif air per kategori
3. Data pelanggan dan SR
4. Peta administrasi dan kontur
5. Data laporan tiap triwulan PDAM Kota Mojokerto

Data Primer:

- Survey Lapangan
- Wawancara dengan PDAM Kota Mojokerto dan pelanggan
- Pola pemakaian air PDAM Kota Mojokerto

Pengolahan data

Analisa kehilangan air:

1. Pembuatan neraca air dengan software *WB Easycalc*
2. *Infrastructure Leakage Index (ILI)*

Aspek kelembagaan:

1. Rasio pegawai terhadap pelanggan
2. Rasio jumlah pegawai yang ikut pelatihan
3. Evaluasi Tim NRW

Analisis Hidrolika Jaringan:

1. Simulasi Jaringan distribusi eksisting menggunakan perangkat lunak EPANET 2.0 pada penerapan DMA Pulorejo dan Kedundung
2. Evaluasi tekanan dan kecepatan aliran

Analisis Ekonomi dan Finansial:

1. Perhitungan kehilangan air dalam rupiah/tahun
2. Inventaris biaya penerapan DMA dan optimalisasi

Analisis & Pembahasan

Kesimpulan & Saran

Gambar 3. 1 Metodologi Pelaksanaan

Masalah kehilangan air yang terjadi pada PDAM Kota Mojokerto diidentifikasi lalu dilakukan solusi dan tindakan perbaikan. Penelusuran dan pengumpulan literatur terkait penelitian yang diperoleh dari peraturan/undang – undang yang berlaku, penelitian terdahulu seperti tesis, jurnal, buku, maupun *proceeding*.

3.3 Pengumpulan Data

Tahap mengumpulkan data dibagi menjadi 2 (dua) yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer adalah data yang diperoleh dari:
 - Survey Lapangan
 - Wawancara dengan PDAM Kota Mojokerto dan pelanggan
 - Pola pemakaian air PDAM Kota Mojokerto
2. Data Sekunder adalah data yang didapatkan dari instansi terkait berupa dokumentasi, peta, data statistik dan sebagainya. Data sekunder meliputi:
 1. Peta jaringan perpipaan distribusi
 2. Data tarif air per kategori
 3. Data pelanggan dan SR
 4. Peta administrasi dan kontur
 5. Data laporan triwulan PDAM Kota Mojokerto

3.4 Analisis data dan pembahasan

Data yang diperoleh pada tahap pengumpulan data kemudian diolah untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian. Analisis data dilakukan berdasarkan hidrolika jaringan.

3.4.1. Analisis Hidrolika Jaringan

A. Simulasi perangkat lunak Epanet 2.0

Adapun langkah-langkah simulasi perangkat lunak Epanet 2.0 dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

- Mengumpulkan data sekunder yang diperlukan meliputi peta wilayah, peta jaringan, sambungan rumah, kapasitas produksi, jumlah pelanggan, jumlah KK, dll.
- Mengumpulkan data primer melalui observasi lapangan dan wawancara.
- Setelah mendapatkan data yang diperlukan yaitu data primer dan data sekunder maka akan dilakukan simulasi model jaringan air bersih dengan menggunakan Epanet 2.0. Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana distribusi aliran air bersih yang terjadi pada jaringan dan bagaimana pola pemakaian tersebut. Input data terdiri dari Tabel pipa (meliputi nomor pipa, panjang pipa, diameter pipa, kekasaran dalam pipa, serta titik/*node* pada ujung hulu dan hilir) dengan output yang dihasilkan meliputi kecepatan aliran dalam pipa ; kemudian Tabel titik/*node* (meliputi nomor *node*, elevasi *node*, kebutuhan/demand pada *node* tersebut, serta kordinasi *node*) ; dan terakhir tabel *inflow* merupakan data masukan mengenai sumber air yang memasok air ke jaringan (meliputi debit *inflow* ke jaringan melalui reservoir ataupun tangki, serta termasuk di dalamnya adalah pompa).
- Kemudian hasil dari simulasi Epanet 2.0 dapat dilakukan analisa data pada jaringan distribusi air bersih.

B. Evaluasi tekanan dan kecepatan aliran

Output dari hasil simulasi hidrolis menggunakan perangkat lunak Epanet 2.0 diatas diantaranya ialah tekanan di titik-titik tertentu dan kecepatan aliran dalam masing-masing pipa. Pada sistem pengaliran air distribusi harus memperhatikan kriteria teknis yakni besarnya tekanan dan kecepatan aliran pada pipa. Evaluasi dari simulasi hidrolis sebelumnya, maka dilakukan perbandingan hasil/output data tekanan dan kecepatan aliran *Epanet* dengan standar tekanan dan kecepatan aliran air dalam pipa yang tertera pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007. Tabel Standar kecepatan aliran air dalam pipa (Permen PU 18/2007).

Tabel 3. 1 Standar kecepatan aliran air dalam pipa

Kecepatan Minimum	V min	0,3 – 0,6 m/detik
Kecepatan Maksimum		
- Pipa PVC atau ACP	V max	3,0 – 4,5 m/detik
- Pipa Baja atau DCIP	V max	6,0 m/detik

Sistem distribusi yang perlu diperhatikan adalah batas tekanan maksimum pada titik terjauh yang akan dilayani. Hal tersebut diperlukan agar pada titik terjauh dapat memperoleh kecukupan (*head/pressure*) ketersediaan air secara optimal.

3.4.2 Analisis Kehilangan Air

Penelitian ini, secara garis besar analisis kehilangan air dilakukan dengan cara observasi dan pengukuran langsung dilapangan yang meliputi :

a. Penyusunan Neraca Air (*Water Ballance*)

Penelitian ini dilakukan pula penyusunan neraca air (*water ballance*) dengan menggunakan bantuan software WB-Easycalc. Langkah ini ditujukan untuk mendapatkan angka komponen kehilangan air secara lebih detail dan terperinci, yang mana nilai tersebut akan dapat menjadi pertimbangan yang lebih kuat sebagai dasar penentuan kerugian finansial yang diterima oleh PDAM Kota Mojokerto akibat dari kehilangan air di wilayah layanan IPA. Adapun langkah-langkah dalam penyusunan neraca air (*water balance*) ini ialah sebagai berikut (seperti pada Gambar 3.3) :

1. Tahap Persiapan

Tahap ini dilakukan studi literatur yakni mengumpulkan dan mempelajari literatur-literatur yang berkaitan dengan komponen penyusun kehilangan air yang terjadi di IPA maupun jaringan distribusi.

2. Tahap Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data skunder. Data skunder yaitu data yang diambil dari instansi terkait. Adapun data- data yang dimaksud adalah sebagai berikut :

a. Data sumber air

b. Data suplai air dari water meter induk di IPA

Kehilangan air fisik = Total *NRW* – Kehilangan air komersil/Non fisik

c. Data konsumsi bermeter berekening pelanggan PDAM Kota Mojokerto bulan Januari – Juni 2018

d. Data jaringan pipa distribusi

e. Data tekanan rata – rata air di jaringan pipa distribusi

f. Data jumlah sambungan yang ada di PDAM Kota Mojokerto.

3. Tahap Input dan Pengolahan Data

Dari data yang didapat dilakukan analisis dengan menggunakan software WB-Easycalc dengan tahapan sebagai berikut :

a. Untuk periode bulanan, dilakukan penginputan data sumber air dari laporan bulanan PDAM PDAM Kota Mojokerto pada software WB-Easycalc pada kolom volume input sistem.

b. Dilakukan input data konsumsi bermeter berekening.

c. Dilakukan input data konsumsi tak bermeter berekening.

d. Dilakukan input data konsumsi bermeter berekening.

e. Dilakukan input data konsumsi tak bermeter berekening.

f. Dilakukan input data jaringan distribusi pipa pelanggan pada kolom pipa distribusi dan transmisi.

g. Dilakukan input data jaringan distribusi pipa dinas pada kolom pipa dinas.

h. Dilakukan input data tekanan air di jaringan pipa distribusi pada kolom tekanan rata – rata.

i. Dilakukan input data perkiraan jumlah sambungan pipa distribusi di area layanan PDAM Kota Mojokerto pada kolom suplai intermittent.

j. Didapatlah hasil data informasi keuangan saat software WB-Easycalc dijalankan.

k. Didapatlah hasil data kehilangan air meter³/hari dan /bulan.

l. Didapatlah analisa tabel yang diperoleh dari software yaitu Neraca air dalam m³ untuk periode 30 hari – 6 bulan.



Gambar 3. 2 Input Neraca Air pada Software WB-Easycalc

c. Perhitungan *Infrastructure Leakage Index (ILI)*

Indeks Kebocoran Infrastruktur (*Infrastructure Leakage Index/ILI*) merupakan satu indikator kehilangan fisik yang sangat baik, yang mempertimbangkan bagaimana jaringan dikelola. ILI merupakan satu ukuran sejauh mana satu jaringan distribusi dikelola dengan baik (yaitu dirawat, diperbaiki dan direhabilitasi) untuk pengendalian kehilangan fisik, pada tekanan operasi saat ini. Ini merupakan rasio volume tahunan kehilangan fisik saat ini (*Current Annual Volume of Physical Losses/CAPL*) terhadap kehilangan fisik tahunan yang dapat dicapai secara minimal (*Minimum Achievable Annual Physical Losses/MAAPL*).

$$\text{Persamaan 2} \quad \text{ILI} = \frac{\text{CAPL}}{\text{MAAPL}}$$

Keterangan :

ILI = *Infrastructure Leakage Index*

CAPL = *Current Annual Volume of Physical Losses (L/hari)*

MAAPL = *Minimum Achievable Annual Physical Losses (L/hari)*

Karena merupakan satu rasio, ILI tidak mempunyai satuan dan dengan demikian membantu perbandingan antar perusahaan air minum dan negara-negara yang menggunakan berbagai satuan pengukuran berbeda yang berbeda. Komponen-komponen awal yang kompleks dalam rumus MAAPL ini telah diubah ke dalam satu format dengan menggunakan satu tekanan yang sudah ditentukan sebelumnya untuk penggunaan secara praktis :

$$\text{MAAPL} = (18 \times L_m + 0.8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P$$

Persamaan 3

Keterangan :

L_m = Panjang pipa utama (km)

N_c = Jumlah sambungan pipa pelanggan

L_p = Total panjang pipa pelanggan, batas persil ke meter pelanggan (km)

P = Tekanan rata-rata (m)

Rasio CAPL terhadap MAAPL, atau ILI, merupakan ukuran sejauh mana perusahaan melaksanakan tiga fungsi pengelolaan infrastruktur dengan baik, yaitu perbaikan, manajemen perpipaan dan aset, dan pengendalian kebocoran aktif.

Meskipun sebuah sistem yang dikelola dengan baik bisa mempunyai ILI 1,0 (CAPL = MAAPL), perusahaan air minum mungkin tidak dengan sendirinya menargetkan untuk mencapai angka ini karena ILI merupakan satu indikator yang betul-betul teknis semata dan tidak menggunakan pertimbangan-pertimbangan ekonomi.

Prosedur perhitungan ILI :

1. Menghitung MAAPL
2. Menghitung CAPL (misalnya dari Neraca Air)
3. Menghitung ILI (CAPL/MAAPL)
4. Menyesuaikan dengan pasokan tak teratur (bagi MAAPL dengan jumlah rata-rata jam pasokan per hari)
5. Membandingkan ILI dengan matriks target kehilangan fisik

Matriks target kehilangan fisik menunjukkan Tingkat ILI yang diharapkan dan kehilangan fisik dalam l/c/hari dari perusahaan air minum di berbagai negara dengan berbagai tingkat tekanan jaringan.

Tabel 3. 2 Matriks target kehilangan air fisik (BPSPAM, 2014)

Kategori	Kinerja Teknis	ILI	Kehilangan Fisik (liter/sambungan/hari) (Kondisi sistem bertekanan pada tekanan rerata)				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Negara Maju	A	1 - 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 - 4		50 - 100	75 - 150	100 - 200	125 - 250
	C	4 - 8		100 - 200	150 - 300	200 - 400	250 - 500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
Negara Sedang 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

Kategori A – Baik.

Pengurangan kehilangan lebih jauh mungkin tidak ekonomis dan diperlukan analisis yang seksama untuk mengidentifikasi perbaikan-perbaikan yang efektif dari segi biaya.

Kategori B – Berpotensi untuk menghasilkan perbaikan yang nyata.

Pertimbangkan manajemen tekanan, pengendalian kebocoran aktif yang lebih baik, dan pemeliharaan yang lebih baik.

Kategori C – Lemah.

Hanya bisa ditoleransi apabila air banyak tersedia air dan murah, kemudian mengintensifkan upaya-upaya pengurangan NRW.

Kategori D - Buruk.

Perusahaan air minum menggunakan sumber daya secara tidak efisien dan program-program pengurangan NRW merupakan keharusan.

3.5 Analisis Finansial

3.5.1. Kehilangan air dalam rupiah/tahun

Total kehilangan air dihitung berdasarkan akumulasi dari jumlah m³ kebocoran fisik pipa dan kehilangan air komersial (non fisik) dalam periode waktu tertentu, kemudian dikonversi dalam volume kehilangan air tahunan, dan dibandingkan dengan jumlah/ volume input sistem distribusi pada periode tahun yang sama.

Untuk mendapatkan kerugian dalam rupiah, maka angka kehilangan air dikalikan dengan harga air rata-rata pada tahun tersebut. Secara teoritis, persen kehilangan air dan total kerugian rupiah/tahun akibat kehilangan air dapat dihitung berdasarkan rumus dibawah ini :

$$H = \frac{D-K}{D} \times 100$$

Persamaan 4

$$NRW = (H \times D) \times B$$

Persamaan 5

Keterangan :

H = Kehilangan air (%)

D = Volume input sistem / air yang didistribusikan (m³)

K = Jumlah air yang tercatat berekening (m³)

NRW = Kerugian rupiah akibat kehilangan air (Rp/tahun)

B = Harga air rata-rata (Rp)

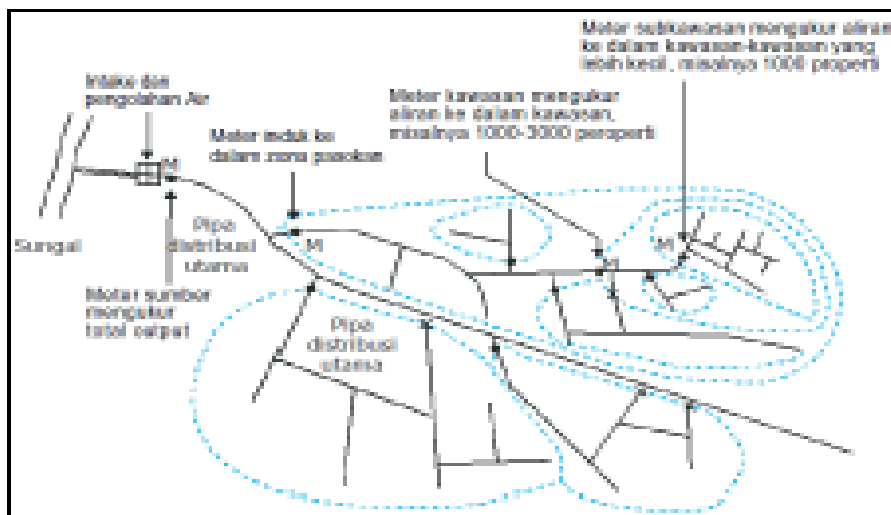
3.5.2. Inventarisasi biaya penerapan DMA

Perencanaan DMA, idealnya didahului dengan pemodelan hidraulika untuk memahami operasi jaringan distribusi. Hal ini dilakukan dengan bantuan perangkat

lunak Epanet 2.0. Perencanaan DMA memerlukan kajian yang spesifik, baik terkait profil aliran maupun biaya. Umumnya dimulai dari pipa induk dan maju kearah pipa lain yang lebih kecil, dengan ketersediaan valve sebagai instrumen untuk mengisolasi jaringan, kemudian pemasangan meter induk sebagai kontrol volume input yang masuk jaringan. Tujuannya adalah memisahkan sedapat mungkin suatu DMA dari pipa induk, jadi memperbaiki pengendalian tanpa dampak yang berarti pada sistem secara keseluruhan (misal pada pemadaman kebakaran, dll).

Prinsip pendekatan pembentukan DMA (*District Metered Area*) adalah :

- Pembagian jaringan perpipaan distribusi menjadi zona-zona hidrolik kecil-kecil
- Pengukuran tekanan dan aliran secara berkelanjutan untuk mengetahui kebocoran pipa dan memperbaikinya



Gambar 3. 3 Konfigurasi desain jaringan DMA (Farley, 2013)

Perkiraan biaya yang akan dikeluarkan untuk penerapan DMA ini meliputi biaya investasi yakni penggalian tanah, penyediaan peralatan, pemasangan peralatan (valve dan meter induk), dll. Kemudian biaya operasional meliputi biaya pemeliharaan (bulanan atau tahunan), pembentukan tim pengelola, pelaksanaan steptest, dll.

3.6 Aspek kelembagaan

Aspek ini menitik beratkan pada sumber daya manusia sebagai penggerak PDAM Kota Mojokerto serta manajemen pelaksanaan kinerja. Aspek kelembagaan ini dilakukan perhitungan berdasarkan rumus penilaian kinerja BPPSPAM.

Analisis aspek ini meliputi :

1. Rasio pegawai terhadap pelanggan

Perhitungan ini menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\text{Jumlah pegawai}}{\text{Jumlah pelanggan}/1000}$$

2. Rasio pendidikan dan pelatihan pegawai

Perhitungan ini menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\text{Jumlah pegawai yang ikut diklat}}{\text{Jumlah pegawai}} \times 100 \%$$

3. Evaluasi Tim NRW PDAM Kota Mojokerto yang akan dievaluasi yaitu kualitas kinerja yang akan dibandingkan PDAM yang telah berhasil menerapkan sistem DMA yaitu PDAM Kota Malang dengan metode *benchmark*.

3.7 Wilayah studi penelitian

Wilayah studi penelitian meliputi wilayah pelayanan PDAM Kota Mojokerto yang telah terisolasi pipa perencanaan DMA. Terdapat 2 wilayah yaitu Kedundung dan Pulorejo. Jumlah pelanggan PDAM Kota Mojokerto sebesar 4962 dengan 10 golongan pelanggan.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Tahapan penarikan kesimpulan mengenai hasil analisis dan pembahasan yang merupakan jawaban atas tujuan penelitian terhadap analisis. Saran diberikan terhadap hasil penelitian bertujuan untuk perbaikan di PDAM Kota Mojokerto.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Wilayah Studi

4.1.1 Instalasi Pengolahan Air (IPA) Wates

Air baku PDAM Kota Mojokerto berasal dari Sungai Brantas yang diolah terlebih dahulu di IPA Wates. IPA Wates mempunyai kapasitas produksi 110 liter/detik. Air baku dialirkan oleh pompa intake ke dalam pipa header diameter 300 mm bahan steel dengan panjang 100 meter.



Gambar 4. 1 IPA Wates

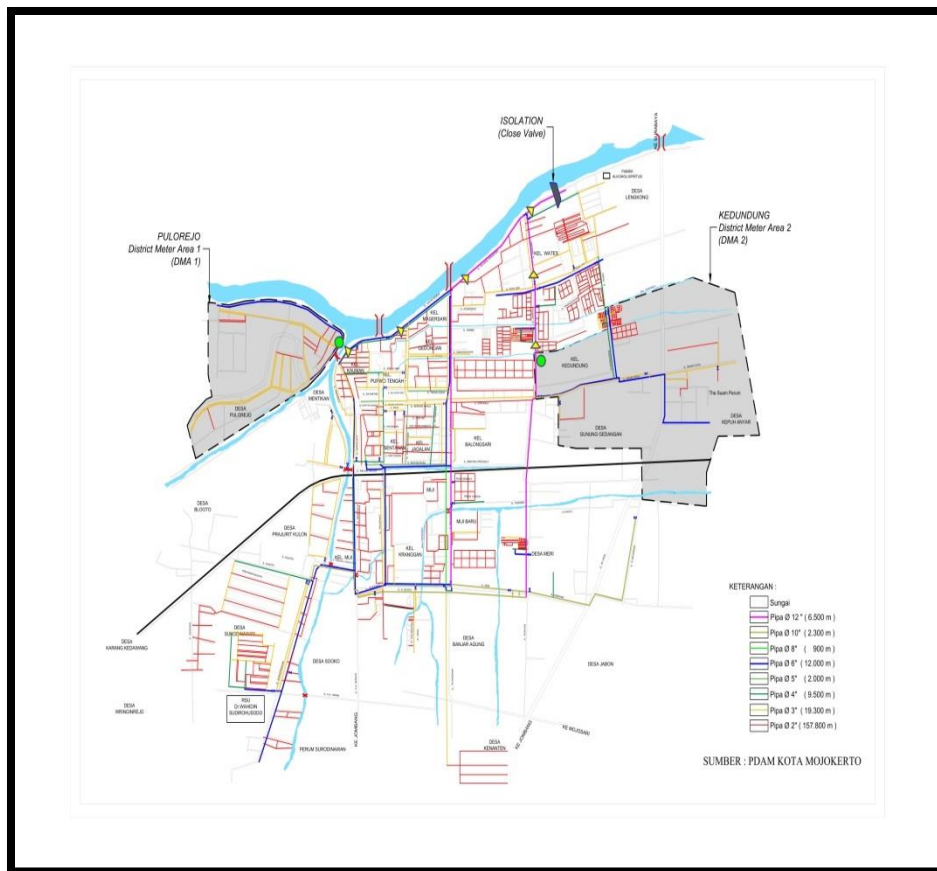
(Data Primer, 2018)

4.1.2 Jaringan Distribusi Kota Mojokerto

Wilayah yang dilayani oleh IPA Wates terdiri dari beberapa wilayah Kedundung, Magersari Indah dan Kawi. Suplai pengaliran air bersih ke semua wilayah ini hanya berasal dari sumber tunggal, yakni IPA Wates. Wilayah yang telah terisolasi hanya 2 wilayah yaitu Pulorejo dan Kedundung. Luas area DMA Pulorejo yaitu 1.42 km² sedangkan Kedundung yaitu 2,29 km². IPA Wates memiliki 3 suplai reservoir yang terdiri dari :

1. Reservoir IPA Wates = 2000 m³
2. Reservoir Arjuno = 700 m³
3. Reservoir Meri = 500 m³

Lokasi reservoir yang terletak di IPA Wates berada di belakang bak sedimentasi pada ketinggian 48 m di Desa Wates yang dibangun untuk menjangkau pelayanan air bersih diseluruh wilayah Kota Mojokerto.



Gambar 4. 2 Jaringan Distribusi PDAM Kota Mojokerto

Sumber: PDAM Kota Mojokerto, 2018

Pipa distribusi PDAM Kota Mojokerto secara keseluruhan terdiri dari pipa jenis GI, ACP dan PVC dengan range diameter 2” – 12”.

Tabel 4. 1 Jaringan Pipa Distribusi PDAM Kota Mojokerto

No	Jenis Pipa	Diameter (mm)	Panjang		Keterangan
			Aktif	Mati	
1	PVC 2”	50			
2	PVC 3”	75	159.643	-	
3	PVC 4”	100	12.046	-	
4	PVC 6”	150	3.896	-	
5	PVC 8”	200	5.590	-	
6	PVC 10”	250	-	-	
7	PVC 12”	300	2.652	-	
8	GI	50	6.518	-	
9	GI	75	-	9.300	Dimatikan
10	GI	100	-	3.000	Dimatikan
11	GI	125	-	2.000	Dimatikan
12	GI	150	-	4.000	Dimatikan
13	GI 10”	250	114	-	Pipa Lama
14	GI	300	65	-	Pipa Lama
15	GI	350	84	-	Pipa Transmisi
16	ACP 4”	100	3.000	-	Th. 1982
17	ACP 6”	150	4.000	-	Th. 1982
18	ACP 8”	200	900	-	Th. 1982
19	ACP 10”	250	2.300	-	Th. 1982
JUMLAH			200.808	18.300	

Sumber: PDAM Kota Mojokerto, 2014

4.1.3 Karakteristik Pelanggan

IPA Wates melayani pelanggan 4971(SR) aktif yang tersebar di beberapa wilayah di Kota Mojokerto. Pelanggan tersebut terdiri dari 4 sosial umum, 10 sosial khusus, 2025 rumah tangga A, 2757 rumah tangga B, 38 instansi pemerintah, 107 niaga kecil, 21 niaga besar, 2 industri besar, 6 ABRI, kepolisian, 1 TA RANDEGAN.

Tabel 4. 2 Jumlah Pelanggan Tiap DMA

DMA	Jumlah Pelanggan	Kelas Pelanggan				
		Rumah Tangga A	Rumah Tangga B	Sosial Khusus	Niaga Kecil	Instansi Pemerintah
Pulorejo	388	345	36	1		3
Kedundung	406	145	260		1	

Sumber : PDAM Kota Mojokerto, 2018

4.1.4 Fluktuasi Konsumsi Air di Wilayah Studi Kota Mojokerto

Observasi dilakukan terhadap volume air yang terdistribusi ke wilayah studi pada tiap jam dalam sehari. Hal ini dilakukan untuk mengetahui fluktuasi konsumsi air harian seluruh pelanggan di wilayah pelayanan. Survei fluktuasi pemakaian air dilakukan dengan pengamatan meter induk di IPA Wates selama 30 hari. Selisih angka *watermeter* pada jam ke-0 dengan jam ke-1 merupakan jumlah pemakaian air (m^3) pada jam ke-1 oleh seluruh pelanggan di wilayah layanan.

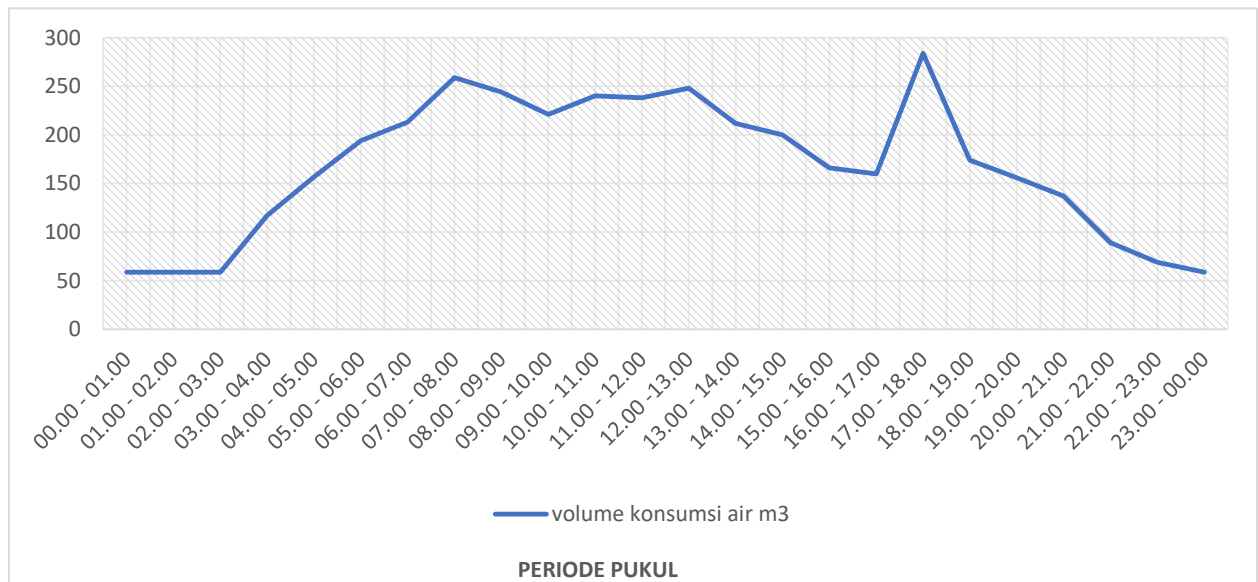
Tabel 4. 3 Fluktuasi Pemakaian Air di Wilayah Pelayanan

Periode Pukul	Konsumsi Air Rata-Rata (m^3)	Faktor Konsumsi (<i>demand patern</i>)
00.00 - 01.00	59	0,35
01.00 - 02.00	59	0,35
02.00 - 03.00	59	0,35
03.00 - 04.00	117	0,70
04.00 - 05.00	157	0,94
05.00 - 06.00	194	1,16
06.00 - 07.00	213	1,27
07.00 - 08.00	259	1,55
08.00 - 09.00	244	1,46
09.00 - 10.00	221	1,32
10.00 - 11.00	240	1,43
11.00 - 12.00	238	1,42
12.00 -13.00	248	1,48
13.00 - 14.00	212	1,27
14.00 - 15.00	200	1,20
15.00 - 16.00	166	0,99

Periode Pukul	Konsumsi Air Rata-Rata (m ³)	Faktor Konsumsi (<i>demand patern</i>)
16.00 - 17.00	160	0,96
17.00 - 18.00	284	1,70
18.00 - 19.00	174	1,04
19.00 - 20.00	156	0,93
20.00 - 21.00	137	0,82
21.00 - 22.00	89	0,53
22.00 - 23.00	69	0,41
23.00 - 00.00	59	0,35

Sumber : Data Primer, 2018

Grafik fluktuasi konsumsi air (*demand patern*) harian per jam seluruh pelanggan di wilayah layanan IPA Wates sesuai tabel 4.3 , seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4. 3 Grafik Fluktuasi Konsumsi Air Pelanggan di Wilayah Layanan

(Sumber : Data Primer, 2018)

Grafik pada Gambar 4.3 diatas, dapat terlihat bahwa konsumsi air tertinggi terjadi pada periode jam puncak yakni pada pukul 17.00 s.d 18.00 dengan koefisien *peak factor* mencapai 1,7. Konsumsi minimum terjadi pada pukul 23.00 s.d 03.00 tengah malam hari dengan koefisien *minimum factor* sebesar 0,35.

Tabel 4. 4 Variasi Pemakaian Air Selama Satu Hari Di Amerika Serikat

No.	Uraian	Jam Pemakaian Air
1.	Laju pemakaian air terendah	23.00 - 5.00
2.	Laju pemakaian air tertinggi	5.00 - 12.00 (pemakaian puncak pada jam 07.00 - 08.00)
3.	Laju pemakaian air menengah	12.00 - 17.00 (ketenangan pemakaian air sekitar jam 15.00)
4.	Pemakaian malam hari meningkat	17.00 - 23.00 (puncaknya pada jam 18.00 - 20.00)

Pada tabel 4.4 menggambarkan aktivitas pemakaian air yang sangat berkaitan dengan pemakaian air pada jam puncak dan harian maksimum, pemakaian air tersebut tentunya sangat berkaitan dengan aktivitas rutin dari setiap rumah tangga. Pemakaian air di Kota Mojokerto tentunya sangat berbeda seperti yang diungkapkan oleh Leeden *et al.* (1990) di Amerika Serikat.

4.2 Neraca Air Wilayah Studi

Kalkulasi perhitungan neraca air di wilayah studi, perhitungan dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* analisa kehilangan air *WB EasyCalc*. Adapun data yang digunakan sebagai input *software* berasal dari data sekunder yakni laporan Triwulan produksi, distribusi, keuangan dan hubungan pelanggan selama 181 hari (periode Bulan Januari - Juni 2018).

Langkah awal adalah menentukan volume input sistem. Sumber air yang dipakai di wilayah pelayanan PDAM Kota Mojokerto adalah IPA Wates. Volume input sistem adalah volume air distribusi yaitu 153980 m³. Langkah kedua adalah menginput volume air bermeter dan tidak bermeter yang digunakan oleh pelanggan resmi maupun pihak lain yang diperbolehkan. Komponen terdiri atas konsumsi bermeter berekening, konsumsi bermeter tidak berekening, berekening tak bermeter dan tak bermeter tak berekening. Konsumsi bermeter berekening adalah seluruh golongan pelanggan, konsumsi air didapat dari jumlah air rekening. Konsumsi berekening tak bermeter adalah tangki air randegan dan tangki air permintaan pelanggan. PDAM Kota Mojokerto tidak terdapat komponen bermeter tak

berekening. Konsumsi tidak bermeter tak berekening ada beberapa, yaitu: perbaikan pipa, tapping, pasang baru, ganti meter, spreya produksi dan proyek jaringan pipa.

Langkah selanjutnya adalah mengestimasi jumlah kehilangan air komersial. Komponen kehilangan air komersial, atau kehilangan air non fisik, adalah konsumsi tidak resmi dan ketidakakuratan pembacaan meter dan penanganan data. Pendataan PDAM Kota Mojokerto belum maksimal pada jumlah sambungan ilegal hal ini disebabkan kurangnya tenaga pemeriksa meter dan sambungan. Jumlah sambungan ilegal didapat dari jumlah temuan sambungan tidak bermeter dan jumlah pemutusan sambungan. Petugas pencatat meter juga terkadang melakukan kesalahan pencatatan, hal ini terkadang disebabkan oleh kondisi meter yang buram atau akses petugas terhalang. Konsekuensi dari kesalahan ini adalah laporan oleh konsumen. Apabila jumlah yang dilaporkan tidak besar maka dilakukan revisi langsung pada bagian penagihan. Namun apabila bulan berganti dan buku kas sudah ditutup, maka dihitung sebagai reduksi atau diskon. Komponen terakhir adalah perhitungan kehilangan air fisik. Kehilangan air fisik ini dihitung dari panjang pipa distribusi total, jumlah sambungan pelanggan dan pipa dinas.

Kembali Volume Input Sistem 153.980 [m3] Margin Error [+/-] 2,0%	Konsumsi Resmi 81.501 [m3] Margin Error [+/-] 0,1%	Konsumsi Resmi Berekening 80.991 [m3]	Konsumsi Bermeter Berekening 80.926 [m3]	Air Berekening 80.991 [m3]
			Konsumsi Tak Bermeter Berekening 65 [m3]	
	Kehilangan Air 72.479 [m3] Margin Error [+/-] 4,3%	Konsumsi Resmi Tak Berekening 510 [m3] Margin Error [+/-] 15,9%	Konsumsi Bermeter Tak Berekening 0 [m3]	Air Tak Berekening 72.989 [m3] Margin Error [+/-] 4,2%
		Kehilangan Air Non-Fisik 3.723 [m3] Margin Error [+/-] 24,9%	Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening 510 [m3] Margin Error [+/-] 15,9%	
			Konsumsi Tak Resmi 402 [m3] Margin Error [+/-] 20,0%	
		Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data 3.321 [m3] Margin Error [+/-] 27,8%		
Kehilangan Air Fisik 68.756 [m3] Margin Error [+/-] 4,7%				

Gambar 4. 4 Neraca Air Wilayah Kota Mojokerto Bulanan

Hasil uraian komponen penyusun kehilangan air yang telah dijelaskan sebelumnya, telah dilakukan input data *software WB EasyCalc* untuk pembuatan neraca air di wilayah layanan distribusi Kota Mojokerto, yakni selama periode analisis Bulan Januari hingga Juni 2018 (181 hari), maka didapatkan output neraca air hasil simulasi *software WB EasyCalc*. Output neraca air tersebut terdiri dari beberapa periode waktu, diantaranya neraca air harian, bulanan, tahunan, dan per periode waktu analisis yang telah ditentukan. Neraca air hasil simulasi *software WB EasyCalc* selama periode analisis Bulan Januari hingga Juni 2018 (181 hari), didapatkan persentase volume kehilangan air mencapai 47 %. Persentase volume kehilangan air tersebut didominasi oleh 44,6 % kehilangan air fisik sebesar 68756 m³, dan 2,4 % kehilangan air non fisik sebesar 3723 m³. Tingginya kehilangan air fisik ini disebabkan oleh adanya kebocoran pipa distribusi yang terlihat maupun tidak terlihat (*Background Leakage*), kebocoran akibat fitting dan sambungan pipa, serta kebocoran yang terjadi di pipa persil sambungan rumah hingga ke meter air pelanggan. Kehilangan air non fisik disebabkan oleh kurang baiknya akurasi bacaan meter pelanggan dan masih adanya sambungan tak resmi (*illegal connection*) oleh masyarakat di wilayah layanan Kota Mojokerto.

Volume air tak berekening (*non-revenue water/NRW*) atau kehilangan air di tingkat global sungguh mencengangkan. Setiap tahun lebih dari 32 milyar m³ air yang sudah diolah hilang karena kebocoran dari jaringan-jaringan distribusi. Sementara, 16 milyar m³ lainnya tersalurkan ke pelanggan tanpa ditagih karena pencurian, pembacaan meter yang buruk, atau korupsi. Satu perkiraan konservatif tentang biaya tahunan total yang harus ditanggung perusahaan air minum di seluruh dunia adalah US\$14 milyar. Di sejumlah negara berpenghasilan rendah, kerugian ini mewakili 50-60% dari pelayanan air dengan perkiraan global sekitar 35%. Penghematan separuh saja dari jumlah ini akan memberikan pelayanan air kepada 100 juta penduduk lainnya tanpa investasi lebih lanjut (World Bank, 2006) .

4.2.1 Kerugian Akibat Kehilangan Air

Tingginya kehilangan air dapat mengakibatkan kerugian baik bagi PDAM Kota Mojokerto maupun bagi konsumen. Secara garis besar kerugian akibat kehilangan air dapat dikelompokkan menjadi 4, yakni sebagai berikut :

1. Kerugian dari segi kuantitas (Debit)

Adanya kehilangan air, maka jumlah air yang dapat digunakan oleh pelanggan menjadi berkurang. Hal ini dikarenakan ada air yang seharusnya mengalir sampai ke pelanggan terbuang sia-sia akibat terjadinya kebocoran pipa selama mengalir pada jaringan distribusi di lapangan, ditambah lagi dengan keberadaan sambungan ilegal, akan menyebabkan air yang seharusnya terdistribusi penuh ke pelanggan resmi menjadi terbagi-bagi dan berkurang.

2. Kerugian dari segi tekanan

Kehilangan air (khususnya akibat kebocoran pada pipa distribusi dan adanya sambungan yang tidak tercatat/*illegal connection*) dapat mengakibatkan berkurangnya tekanan air yang dialirkan ke konsumen.

3. Kerugian dari segi kualitas air

Jika ada kebocoran air, maka pada saat pipa tidak terisi air atau terjadi tekanan negatif ada kemungkinan kotoran dari luar pipa masuk ke dalam pipa, sehingga air yang ada di dalam pipa terkontaminasi oleh kotoran dari luar pipa tersebut.

4. Kerugian dari segi keuangan (Ekonomi)

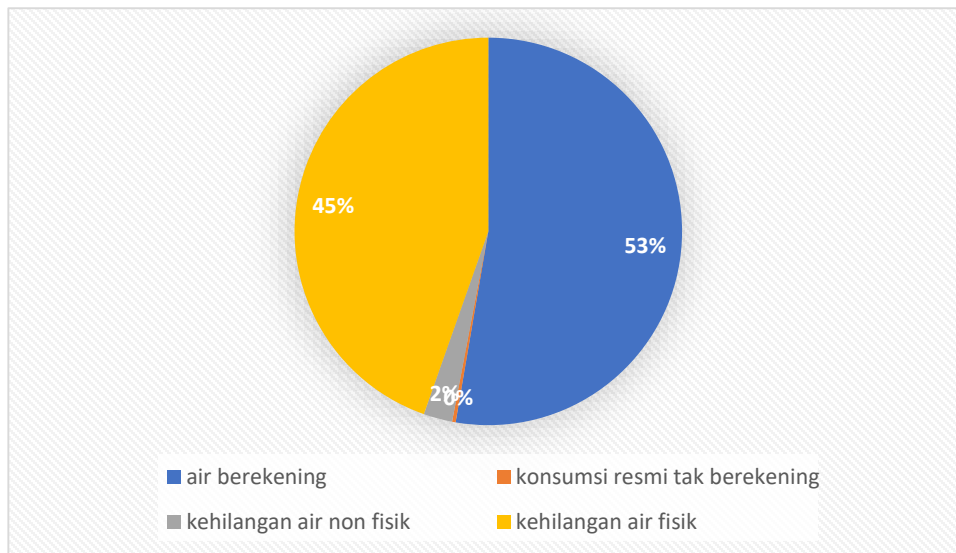
Akibat dari adanya kehilangan air ini maka akan mengakibatkan kerugian dari segi keuangan bagi Perusahaan Air Minum. Adanya kehilangan air ini maka biaya produksi per meter kubik air akan meningkat dan pendapatan hasil penjualan air akan berkurang, sehingga secara keseluruhan keuntungan yang didapat Perusahaan Air Minum akan mengecil.

4.2.2 Kehilangan Air Tahunan (m³/tahun) dan Nilai Biaya (Rp)

Kembali Volume Input Sistem 1.873.423 m ³ /tahun Margin Error [+/-] 2,0%	Konsumsi Resmi 991.596 m ³ /tahun Margin Error [+/-] 0,0%	Konsumsi Resmi Berekening 985.391 n ³ /tahun	Konsumsi Bermeter Berekening 984.600 m ³ /tahun	Air Berekening 985.391 n ³ /tahun	
			Konsumsi Tak Bermeter Berekening 791 m ³ /tahun		
	Kehilangan Air 881.828 n ³ /tahun Margin Error [+/-] 4,2%	Konsumsi Resmi Tak Berekening 6.205 n ³ /tahun Margin Error [+/-] 1,3%	Konsumsi Bermeter Tak Berekening 0 m ³ /tahun	Air Tak Berekening 888.033 n ³ /tahun Margin Error [+/-] 4,2%	
		Kehilangan Air Non-Fisik 45.293 n ³ /tahun Margin Error [+/-] 24,9%	Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening 6.205 m ³ /tahun Margin Error [+/-] 15,9%		Konsumsi Tak Resmi 4.888 m ³ /tahun Margin Error [+/-] 20,0%
			Kehilangan Air Fisik 836.535 m ³ /tahun Margin Error [+/-] 4,7%		Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data 40.405 m ³ /tahun Margin Error [+/-] 27,8%

Gambar 4.5 Neraca Air Tahunan

Neraca air yang tertera pada Gambar 4.5, diatas adalah neraca air periode tahunan. Hasil perhitungan diatas kemudian disajikan dalam grafik, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4. 6 Persentase Air Berekening, Konsumsi Resmi Tak Berekening, dan Kehilangan Air Tahunan Wilayah Kota Mojokerto.

Air berekening	52,70%
Konsumsi Resmi Tak Berekening	0,30%
Kehilangan Air Non Fisik	2,40%
Kehilangan Air Fisik	44,60%

Masing-masing kehilangan air fisik dan non fisik sebesar 44,6 % dan 2,4 %, selanjutnya berdasarkan data sekunder dari Laporan Triwulan Rekening Pelanggan PDAM Kota Mojokerto tahun 2018, didapatkan rata-rata tarif penjualan air per m³ dan rata-rata biaya produksi/distribusi air per m³ seperti yang terlihat pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4. 5 Data Tarif Air dan Biaya Produksi/Distribusi Air per m³

Biaya dan tarif	Rupiah (Rp)
Tarif rata-rata penjualan air per m ³	2855
Biaya rata-rata produksi/distribusi	3882

(Data Sekunder, 2018)

Kemudian dihitung kerugian dalam rupiah yang diterima PDAM Kota Mojokerto akibat kehilangan air dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Kehilangan air non fisik berupa meter pelanggan yang kurang akurat serta adanya sambungan ilegal menyebabkan air yang telah dikonsumsi seharusnya menjadi pendapatan tarif air per m³ secara langsung oleh PDAM Kota Mojokerto.
2. Kehilangan air fisik berupa kebocoran pipa distribusi jika direduksi maka tidak akan secara langsung menjadi pendapatan tarif air per m³, melainkan akan meningkatkan efektivitas volume input distribusi, yang mana akan secara langsung mengurangi biaya produksi dan distribusi air per m³.

- ✓ Jumlah kerugian yang diterima PDAM Kota Mojokerto akibat kehilangan air tersebut dapat dihitung sebagai berikut :
- ✓ Kerugian akibat kehilangan air non fisik (Rp/tahun) = Rp 2.855 x 45293 m³ = Rp 129.311.515 / tahun.

- ✓ Kerugian akibat kehilangan air fisik (Rp/tahun) = Rp 3.882 x 836535 m³ = Rp 3.247.428.870 / tahun.

4.2.3 Perhitungan Infrastructure Leakage Index (ILI)

Penelitian ini juga menghitung *Non Revenue Water* (NRW) menggunakan pendekatan Indeks Kebocoran Infrastruktur (*Infrastructure Leakage Index/ILI*). Indeks ini merupakan suatu indikator kehilangan fisik yang cukup baik, dimana dengan mempertimbangkan bagaimana jaringan distribusi tersebut dikelola. ILI merupakan satu ukuran sejauh mana satu jaringan distribusi dikelola dengan baik (yaitu dirawat, diperbaiki dan direhabilitasi) untuk pengendalian kehilangan fisik, pada tekanan operasi saat ini. Ini merupakan rasio volume tahunan kehilangan fisik saat ini (*Current Annual Volume of Physical Losses/CAPL*) terhadap kehilangan fisik tahunan yang dapat dicapai secara minimal (*Minimum Achievable Annual Physical Losses/MAAPL*). Adapun perhitungannya ialah sebagai berikut :

Panjang pipa induk (LM) = 204,6 km

Total pelanggan (NC) = Jumlah pelanggan resmi + Estimasi pelanggan ilegal

$$= 4971 \text{ SR} + 27 \text{ SR}$$

$$= 4998 \text{ SR}$$

Panjang pipa dinas (LP) = 4998 SR x 5 m/SR

$$= 24990 \text{ m} \approx 25 \text{ km}$$

Tekanan rata-rata (P) = 10 m

MAAPL (L/hari) = $\{(18 \times \text{LM}) + (0,8 \times \text{NC}) + (25 \times \text{LP})\} \times P$

$$= \{(18 \times 204,6) + (0,8 \times 4998) + (25 \times 25)\} \times 10$$

$$= 3682,8 + 3998,4 + 625 = 83062 \text{ L/hari}$$

Kehilangan fisik (CAPL) = 2292 m³/hari = 2292000 L/hari

Indeks Kebocoran (ILI) =

$$\frac{\text{CAPL}}$$

$$\text{MAAPL}$$

$$= \frac{2292000}{83062}$$

$$= 27,6 \approx 28$$

Hasil perhitungan diatas, didapatkan bahwa nilai *Infrastructure Leakage Index* (ILI) pada wilayah layanan Kota Mojokerto ialah 28. Hasil perhitungan ILI ini, kemudian bandingkan dengan matriks target, yaitu tabel kehilangan fisik/teknis yang disederhanakan untuk mendapatkan hasil penilaian kinerja relatif PDAM Mojokerto. Hasil penilaian berupa perkiraan kebocoran dalam liter per sambungan per hari yang disesuaikan dengan tekanan aliran air dalam sistem jaringan distribusi seperti dalam Tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4. 6 Matriks Target Kehilangan Air Fisik

Kategori	Kinerja Teknis	ILI	Kehilangan Fisik (liter/sambungan/hari) (Keadaan sistem bertekanan pada tekanan rerata)				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Negara Maju	A	1 – 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 – 4		50 – 100	75 – 150	100 – 200	125 – 250
	C	4 – 8		100 – 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
Negara Sedang 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: BPPSPAM, 2004)

Nilai ILI yang diketahui sebesar 28 pada tekanan rata-rata 10 m, wilayah layanan distribusi Kota Mojokerto masuk dalam kategori D untuk daerah yang sedang berkembang, sehingga didapatkan hasil penilaian untuk menentukan tindak lanjut dari hasil perhitungan sehingga memudahkan dalam mengambil keputusan untuk pengendalian kehilangan air yakni, “Telah terjadi pemborosan sumber daya secara luar biasa, sehingga program penurunan kehilangan air sangat penting dan merupakan prioritas utama” (*International Water Association*).

4.3 Simulasi EPANET Wilayah Penelitian

Sistem jaringan distribusi air yang ada di wilayah layanan PDAM Kota Mojokerto yang telah terisolasi dimodelkan sebagai suatu sistem jaringan distribusi air dengan *software Epanet 2.0*. Karakteristik model jaringan Epanet tersebut meliputi komponen fisik jaringan dan non fisik jaringan. Input data model jaringan distribusi meliputi : perpipaan,

junction/node/titik output air, tangki dan pompa. Selain itu, dimasukkan pula input faktor pengali konsumsi air (*demand patern*) serta persamaan hidrolis yang digunakan. Adapun informasi *setting hydraulic* model Epanet untuk wilayah layanan PDAM Kota Mojokerto yang telah terisolasi dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4. 7 Setting Hydraulic model jaringan distribusi EPANET

Informasi	Keterangan
headloss formula	hazen williams
flow unit	liter/detik
jumlah iterasi	40 kali
asumsi nilai kekasaran pipa (<i>roughness</i>)	150 untuk pipa Ø 50 mm
	150 untuk pipa Ø 75 mm
	150 untuk pipa Ø 150 mm
	130 untuk pipa Ø 150 mm
	130 untuk pipa Ø 75 mm
	130 untuk pipa Ø 50 mm
	130 untuk pipa Ø 100 mm
jumlah <i>junction/node</i>	214 <i>node</i>
jumlah <i>pipe</i>	308 <i>pipe</i>
durasi analisis	24 jam
<i>demand patern</i>	sesuai tabel 4.3

Sumber: Data Primer Penelitian, 2018

Beberapa komponen objek penyusun model jaringan distribusi Epanet dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Perpipaan

Simulasi model jaringan distribusi Epanet, jaringan perpipaan dimodelkan mulai dari pipa distribusi terbesar yakni diameter 150 mm sampai pada pipa diameter terkecil yakni 50 mm. Input yang dimasukkan dalam memodelkan pipa adalah diameter pipa, panjang pipa, *lost coefficient* dan koefisien kekasaran (*roughness*). Pada jaringan perpipaan

eksisting, pipa dalam sistem distribusi air berjumlah 308 pipa dengan asumsi nilai kekasaran pipa (*roughness*) seperti terlihat pada Tabel 4.7 sebelumnya. Gambar perpipaan distribusi eksisting yang akan dimodelkan pada sebuah model Epanet ini dapat dilihat pada Gambar 4.2

2. Junction/Node

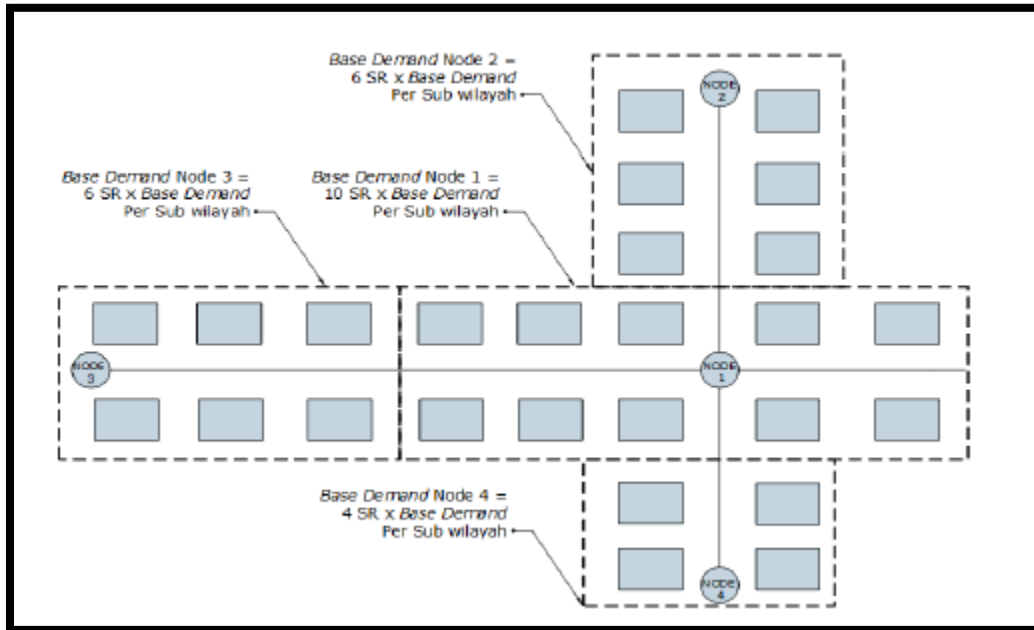
Junction/node adalah titik pada jaringan dimana pipa bertemu satu dengan yang lain (sambungan pipa) dan dimana air masuk dan keluar pada jaringan. Jumlah *junction/node* dalam model jaringan eksisting berjumlah 214 buah. *Junction/node* ada beberapa nilai yang menjadi input penting untuk analisis, yakni yang pertama ialah elevasi. Adapun gambaran dari ketinggian elevasi di wilayah layanan distribusi Kota Mojokerto dapat dilihat pada Gambar 4.7 di bawah ini:



Gambar 4. 7 Kontur elevasi wilayah layanan Pulorejo dan Kedundung

Nilai penting yang diinput dalam model simulasi selain elevasi ialah kebutuhan air (*base demand*). Asumsi awal, kebutuhan air (*base demand*) di masing-masing node ditentukan berdasarkan rata-rata pemakaian air per sambungan rumah (SR) dalam satu sub wilayah dikalikan dengan jumlah rumah yang terlayani disekitar node tersebut. Besaran asumsi nilai *base demand* di masing-masing sub wilayah ini didapatkan melalui data sekunder terkait rekap kubikasi rekening air seluruh pelanggan sambungan rumah IPA Wates pada Bulan Januari – Juni 2018, selanjutnya dikonversi/ disajikan dalam satuan liter/SR/detik.

Rata-rata kebutuhan air per sambungan rumah di masing-masing sub wilayah diketahui dari *base demand* tiap *node* dengan ketentuan asumsi nilai menggunakan pendekatan jumlah sambungan rumah/*household connection* (Walski, 2001), secara lebih jelas ilustrasi penentuan *base demand* dapat dilihat pada Gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4. 8 Metode pendekatan asumsi base demand pada node berdasarkan jumlah household connection di sekitarnya (Walski, 2001)

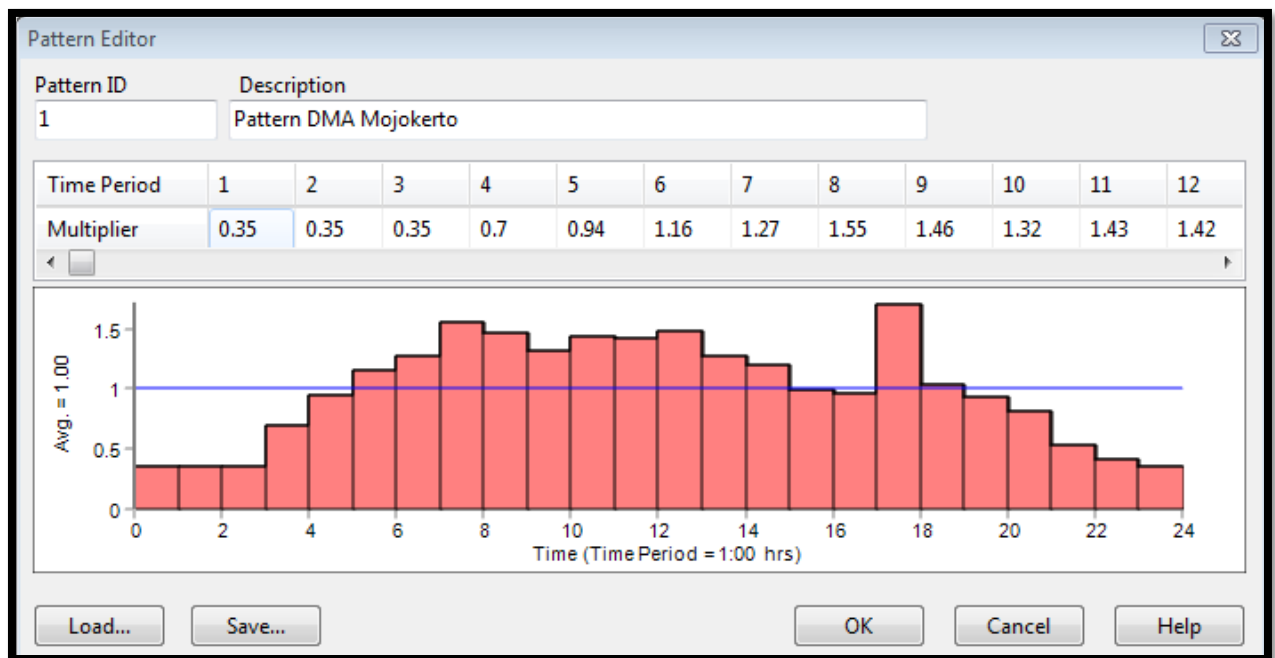
3. Tangki/reservoir

Pada simulasi model Epanet jaringan distribusi Pulorejo dan Kedundung jumlah tangki dan reservoir masing-masing berjumlah 1 buah yakni reservoir IPA Wates berkapasitas 2000 m^3 . Input data tangki yang dimasukkan dalam model adalah elevasi dasar, diameter yang diekuivalenkan dari dimensi luas area eksisting reservoir, serta ketinggian muka air yang terdiri dari 3 jenis, yaitu: *initial level* (ketinggian muka air pada tangki saat simulasi awal dilakukan), *minimum level* dan *maximum level* (ketinggian muka air minimum dan maksimum yang diperolehkan untuk dapat digunakan dalam simulasi). Input data reservoir ialah total head (total tinggi muka air reservoir dan elevasi di lokasi reservoir). Adapun tipe model pengadukan pada tangki disimulasikan merupakan tipe pengadukan sempurna (*mixing model*). Input data tangki/reservoir yaitu:

1. R1 (Pulorejo) dengan total head 24,38
2. R2 (Kedundung) dengan total head 23

4. Pattern

Untuk membuat model dinamis, yaitu yang memiliki profil analisa terhadap waktu, maka dibutuhkan *time pattern* untuk masing-masing demand yang ada pada tiap-tiap *node*. *Time pattern* (pola pemakaian air) yang dipakai adalah berdasarkan Tabel 4.3 pada pembahasan awal mengenai pola konsumsi rata-rata harian per jam (*demand pattern*), yang mana digambarkan dalam input Epanet seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.9 di bawah ini :



Gambar 4. 9 Input time pattern yang digunakan dalam simulasi EPANET

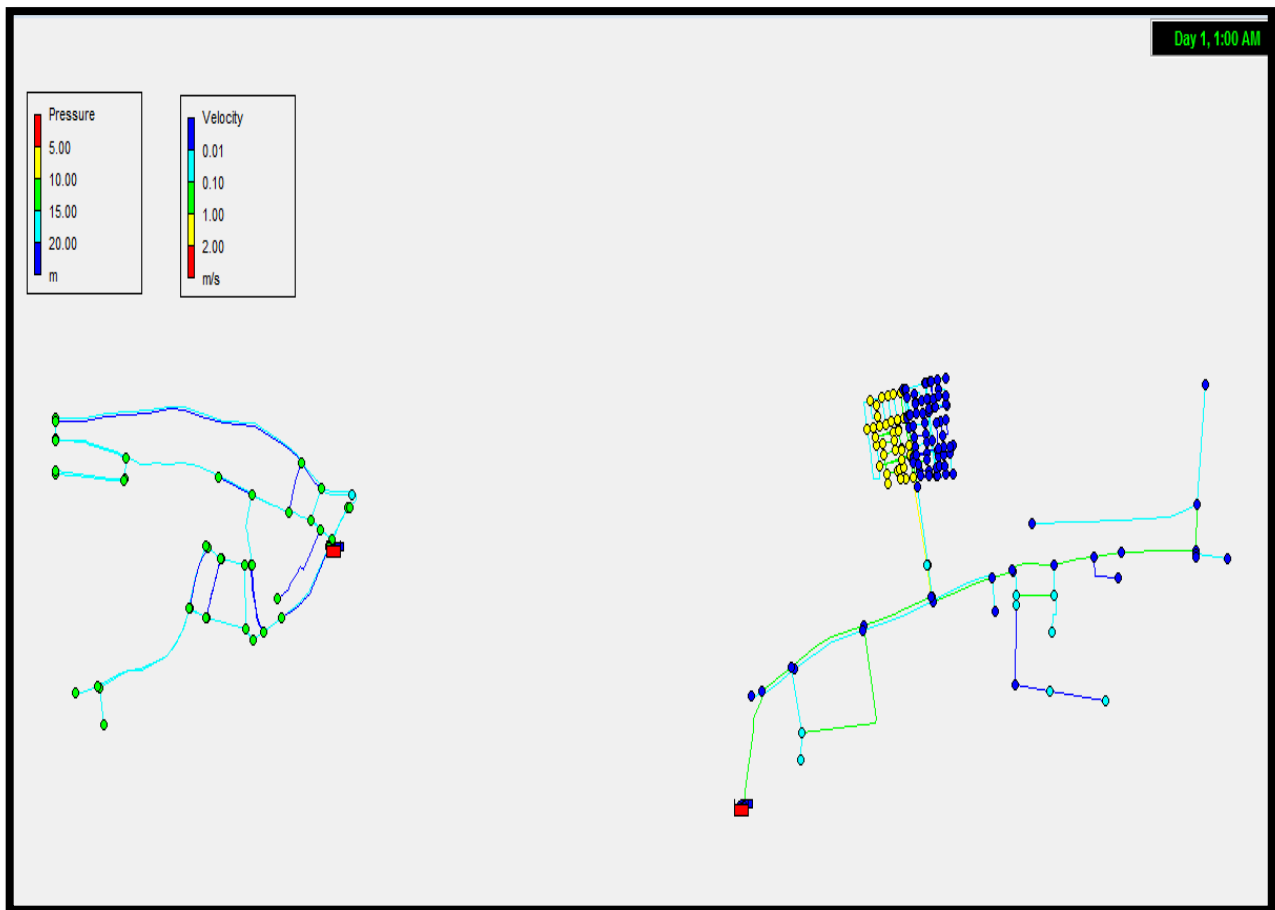
Sumber: Data Primer, 2018

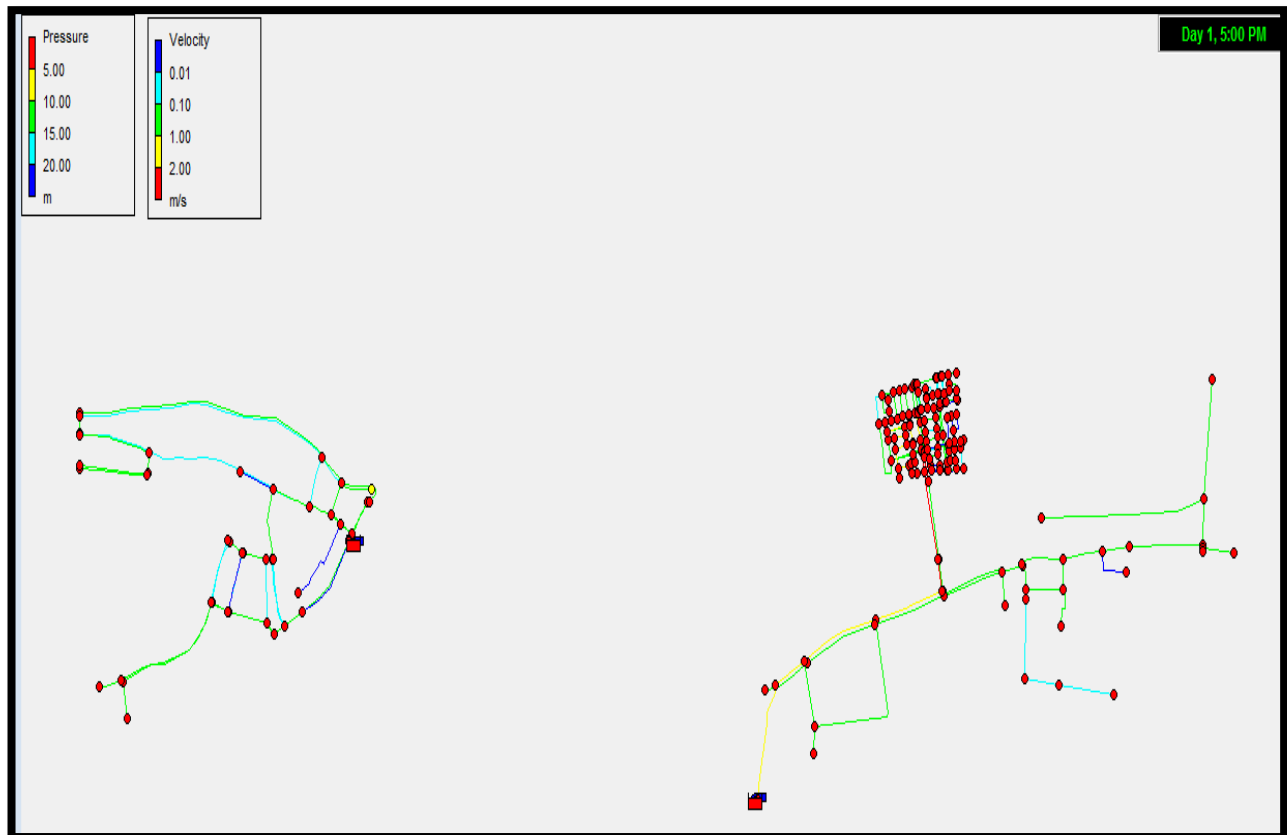
5. Pompa

IPA Wates didesain untuk dapat mengolah air dengan kapasitas maksimum 200 l/dtk. Pompa distribusi Wates berjumlah 4 buah dengan kerja operasional secara bergantian sesuai kebutuhan, dan dinyalakan secara terus-menerus 24 jam dalam sehari. Terdapat 3 pompa booster dan 1 pompa centrifugal. Setiap harinya, rata-rata jumlah air bersih yang didistribusikan oleh IPA Wates ke sistem input adalah 100 l/dtk hingga 150 l/dtk.

4.3.1 Hasil Simulasi dan Evaluasi Jaringan Distribusi Epanet

Simulasi hidrolis jaringan distribusi eksisting di wilayah layanan Pulorejo dan Kedundung dilakukan menggunakan software Epanet 2.0. *Running analysis* simulasi hidrolis dari model jaringan distribusi eksisting menghasilkan beberapa nilai output, yakni nilai output pada pipa berupa debit (*flow*), kecepatan aliran (*velocity*), dan kehilangan tekanan (*headloss*). Sementara itu nilai output pada node berupa tekanan (*pressure*), total head, dan kebutuhan air aktual (*actual demand*). Analisis dan evaluasi dalam penelitian ini menitikberatkan pada nilai tekanan dan kecepatan aliran pipa, yakni mengacu pada Permen PU No.18 Tahun 2007. Adapun hasil simulasi hidrolis untuk output data tekanan (*pressure*) dan kecepatan aliran (*velocity*) pada jaringan distribusi eksisting di wilayah layanan Pulorejo dan Kedundung ditinjau dari jam konsumsi air minimum (pukul 02:00) dan jam konsumsi air puncak (pukul 17:00) secara lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.10 di bawah ini :





Gambar 4. 10 Hasil Simulasi Epanet Wilayah Kedundung dan Pulorejo

Hasil simulasi Epanet, tekanan pada jam konsumsi air minimum (pukul 01:00) di seluruh wilayah Kedundung dan Pulorejo masih memenuhi standar Permen PU No.18 Tahun 2007, yaitu lebih dari 10 m. Jam konsumsi air puncak (pukul 17:00), terjadi penurunan tekanan di beberapa wilayah di Kedundung dan Pulorejo mencapai tekanan di bawah standar (< 10 m). Farley dan Istandar (2008), Dalam buku pedoman tersebut mengatur tekanan air di pipa merupakan langkah awal untuk menurunkan tingkat kehilangan air. Pipa yang buntu tetapi mendapat tekanan air yang tetap ini mengakibatkan pipa akan pecah dan bocor.

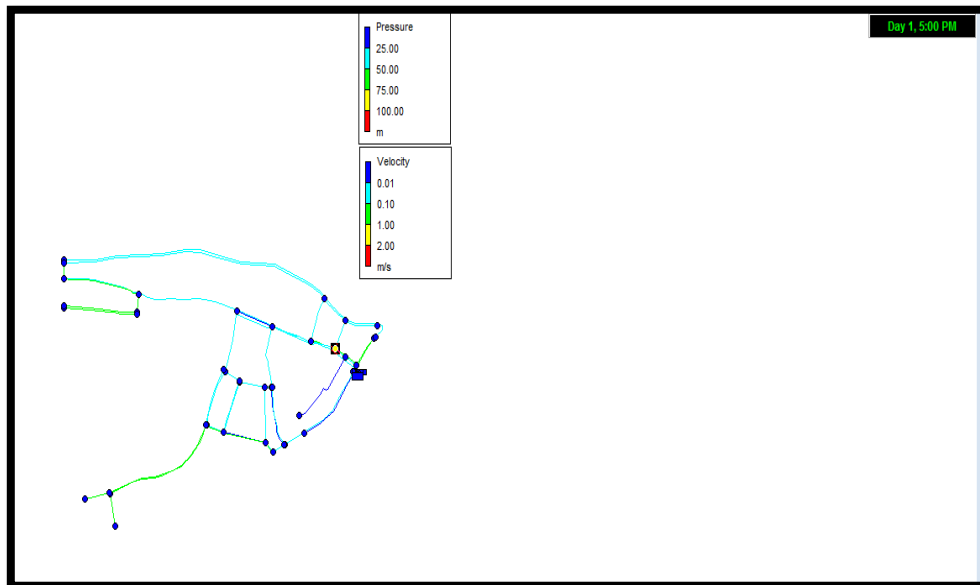
Kecepatan aliran (*velocity*), berdasarkan hasil simulasi Epanet ini, banyak sekali perpipaan distribusi di wilayah layanan ini tidak memenuhi standar kecepatan aliran dalam pipa PVC (0,3 – 3 m/detik) menurut Permen PU No.18 Tahun 2007. Sebesar 76 % perpipaan di wilayah ini memiliki kecepatan aliran kurang dari 0,3 m/detik (dibawah standar Permen PU No.18 Tahun 2007) saat jam konsumsi air puncak (Pukul 17:00), kemudian meningkat di jam konsumsi air minimum (Pukul 01:00). Hal ini disebabkan oleh sistem pengaliran yang belum optimal oleh karena beberapa faktor yakni tekanan yang masih rendah, desain

perpipaan yang kurang efektif, debit distribusi yang belum mencukupi, serta adanya peningkatan kebutuhan air yang tinggi melebihi kapasitas desain perpipaan awal. Mitchell (2012), perlunya menganalisis tekanan air di malam hari antara lain mengetahui tingkat kebocoran dan memverifikasi audit water balance, memprioritaskan kebocoran pada jalur distribusi, dan mengkuantifikasi tingkat kebocoran serta meminimalkan biaya perbaikan.

Hasil tekanan dan kecepatan agar memenuhi maka, ditambahkan pompa dan pipa.

A. Wilayah DMA Pulorejo

1. Program penambahan pipa yaitu dengan menambah pipa DN 200 mm di P-681 dan DN 150 mm di P-680 keterangan dapat dilihat di lampiran. Hasil simulasi saat jam pemakaian maksimum adalah sebagai berikut:

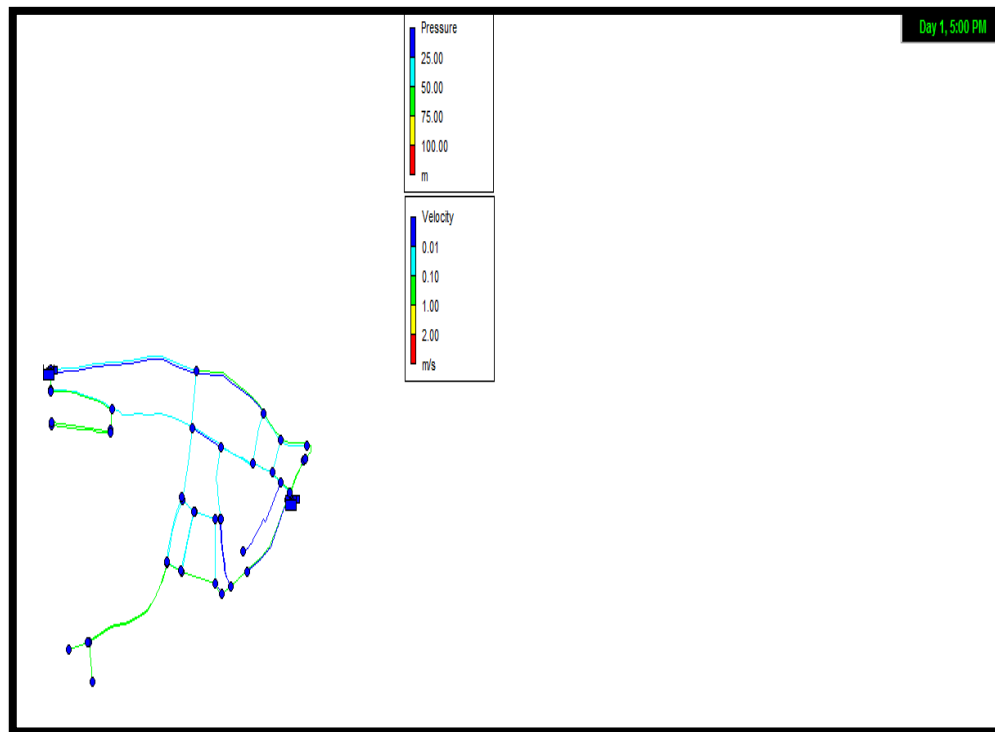


Gambar 4. 11 Hasil Simulasi Program Penggantian Pipa DMA Pulorejo

Sumber : Hasil Penelitian, 2019

Gambar diatas menunjukkan dengan simulasi penggantian pipa maka tekanan dan kecepatan sudah memenuhi saat jam penggunaan maksimum yaitu jam 17.00. sehingga pengaliran air dapat terdistribusikan hingga ke pelanggan.

2. Program penambahan pompa yaitu 1 set Pompa Panel Elektromotor Kapasitas 5 lt/s Head. Hasil simulasi saat jam pemakaian air maksimum adalah sebagai berikut:

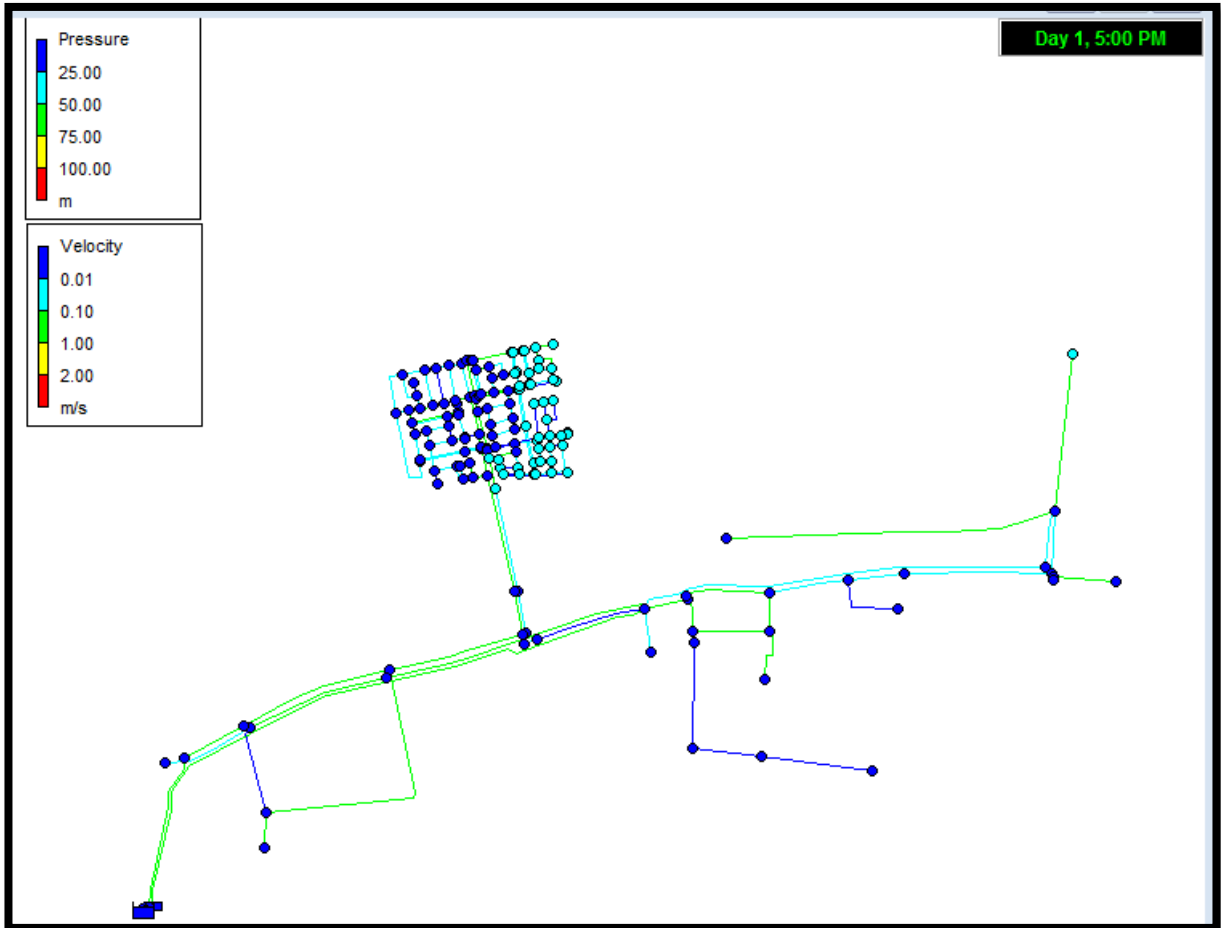


Gambar 4. 12 Hasil Simulasi Program Penambahan Pompa DMA Pulorejo
Sumber : Hasil Penelitian, 2019

Gambar diatas menunjukkan dengan simulasi penambahan pompa disebelah kiri atas maka tekanan dan kecepatan sudah memenuhi di semua titik saat jam pemakaian air maksimum yaitu jam 17.00. sehingga pengaliran air dapat terdistribusikan hingga ke semua pelanggan.

B. Wilayah DMA Kedundung

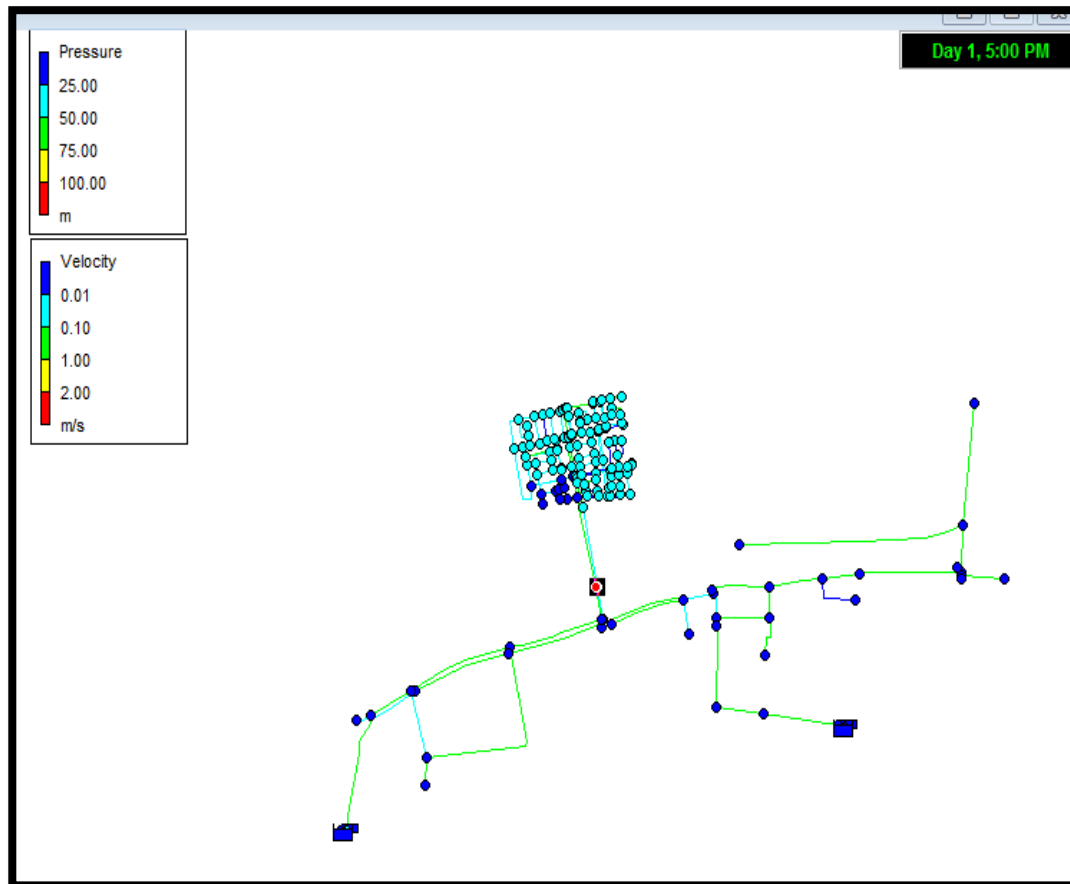
1. Program penambahan pipa yaitu dengan menambahkan pipa DN 150 mm di P-678 dan DN 200 mm di P-679 keterangan dapat dilihat di lampiran. Hasil simulasi saat jam pemakaian maksimum adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 13 Hasil Simulasi Program Penggantian Pipa DMA Kedundung

Dari gambar diatas dengan simulasi penggantian pipa makan tekanan dan kecepatan sudah memenuhi saat jam penggunaan maksimum yaitu jam 17.00. sehingga pengaliran air dapat terdistribusikan hingga ke pelanggan.

2. Program penambahan pompa yaitu 1 set Pompa Panel Elektromotor Kapasitas 5 lt/s Head. Hasil simulasi saat jam pemakaian maksimum adalah sebagai berikut:



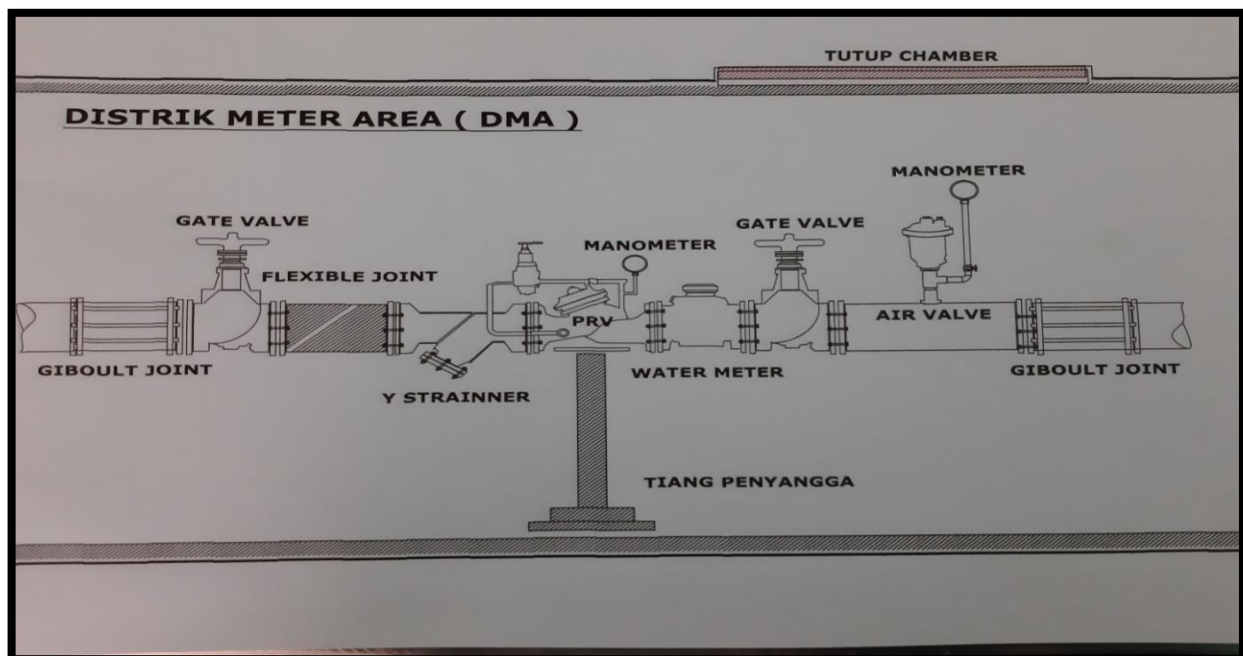
Gambar 4. 14 Hasil Simulasi Program Penambahan Pompa DMA Kedundung

Gambar diatas menunjukkan dengan simulasi penambahan pompa disebelah kanan bawah maka tekanan dan kecepatan sudah memenuhi di semua titik saat jam penggunaan maksimum yaitu jam 17.00. sehingga pengaliran air dapat terdistribusikan hingga ke semua pelanggan.

4.4 Pembentukan DMA

DMA atau *Distric Meter Area* adalah metode pendeteksian kebocoran yang lebih ditujukan pada kebocoran yang tidak dilaporkan dan tidak terlihat dengan cara membagi jaringan menjadi zona-zona hidrolik kecil yang terisolasi dan memiliki satu titik inlet dengan pengukur debit, kemudian dilakukan monitor terhadap volume dan tekanan air yang terdapat

di area pelanggan tersebut. Perbedaan debit pada zona yang lebih kecil serta penurunan tekanan mengindikasikan adanya kebocoran pada area tersebut. Pembentukan DMA ini juga dapat disertai dengan ditunjuknya personel sebagai penanggungjawab zona tersebut, serta pemberlakuan sistem insentif dan disinsentif untuk memacu kinerja masing-masing zonasi. Adapun contoh proses pembentukan DMA di wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.15 di bawah ini.



Gambar 4. 15 Desain standar DMA (Data Sekunder Penelitian, 2018)

Sebuah desain DMA, pada inlet ditempatkan beberapa peralatan utama sesuai dengan standar DMA, yakni strainer sebagai penyaring kotoran, *Pressure Reduction Valve* (PRV) sebagai pengatur tekanan masuk, manometer sebagai pencatat angka tekanan, dan *Watermeter* sebagai pencatat rekaman angka debit masuk (PDAM Kota Mojokerto, 2018).

4.5 Analisa Finansial

Analisa finansial ini meliputi biaya investasi penerapan DMA dan biaya optimalisasi DMA. Ada beberapa penyebab tekanan dan kecepatan pada jam puncak belum memenuhi standar berdasarkan analisis yang telah dilakukan sebelumnya diantaranya desain perpipaan yang kurang efektif dalam mendistribusikan air serta tidak maksimalnya alat. Rekomendasi teknis terkait bagaimana meningkatkan kinerja jaringan distribusi pada masing-masing DMA dengan dasar perhitungan kebutuhan investasi (Tabel 4.8) sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Dasar perhitungan kebutuhan investasi (Data Sekunder Penelitian, 2018)

No	Paramater	Sumber
1.	Harga satuan investasi	1. Permen PU No.21 Tahun 2009 tentang Pedoman Teknis Kelayakan Investasi Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum oleh Perusahaan Daerah (PDAM) 2. Harga satuan daerah setempat

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 21/PRT/M/2009 tentang Pedoman Teknis Kelayakan Investasi Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum oleh Perusahaan Daerah Air Minum, dalam menganalisa kelayakan finansial suatu proyek perlu dibuat suatu proyeksi keuangan proyek. Salah satunya yaitu rencana investasi proyek berdasarkan rencana teknis SPAM.

Tabel 4. 9 Investasi Penerapan DMA Kedundung

No	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga	Jumlah
				Satuan	Biaya
I	Pressure Management				
1.a	Pengadaan dan pemasangan Chamber DMA	Unit	1	Rp 110.000.000,00	Rp 110.000.000,00
1.b	Pengadaan dan pemasangan PRV dn.150	bh	1	Rp 265.000.000,00	Rp 110.000.000,00
1.c	Pengadaan dan pemasangan PRV V Controller	bh	1	Rp 172.000.000,00	Rp 220.000.000,00
1.d	Pengadaan dan pemasangan Strainer	bh	1	Rp 223.000,00	Rp 440.000.000,00
	Total I				Rp 880.000.000,00
II	Rehab Jaringan perpipaan				
2.a	Perbaikan/ rehab pipa dn.75mm menjadi dn.150mm	Meter	1475	Rp 254.000,00	Rp 374.650.000,00
2.b	Perbaikan/ rehab pipa dn.50mm menjadi dn.100mm	Meter	5202	Rp 173.000,00	Rp 899.946.000,00
2.c	Pengadaan dan pemasangan valve sustaining dn.150mm	bh	2	Rp 1.500.000,00	Rp 3.000.000,00
2.d	Pengadaan dan pemasangan valve sustaining dn.100mm	bh	2	Rp 1.000.000,00	Rp 2.000.000,00
	Total II				Rp 1.279.596.000,00
III	Perbaikan Kebocoran				
3,1	Deteksi Kebocoran (Step Tes)	Titik	6	Rp 500.000,00	Rp 3.000.000,00
3,2	Pekerjaan Gali Urug, memunculkan valve	Ls	6	Rp 150.000,00	Rp 900.000,00
3,3	Pengadaan dan Pemasangan 1 set SR				
	Penggantian saddle pipa	bh	240	Rp 115.000,00	Rp 27.600.000,00
	Penggantiaan Meter Pelanggan	bh	240	Rp 700.000,00	Rp 168.000.000,00
	Penggantian Perpipaan Sambungan rumah	nh	240	Rp 200.000,00	Rp 48.000.000,00
	Total III				Rp 247.500.000,00
				Jumlah	Rp 2.407.096.000,00
Terbilang				Pembulatan	Rp 2.407.096.000,00
				PPn 10%	Rp 240.709.600,00
	Dua Milyar Enam Ratus Empat Puluh Tujuh Juta Delapan Ratus Lima Ribu Enam Ratus Rupiah			Total	Rp 2.647.805.600,00

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

Tabel 4. 10 Biaya Optimalisasi Penerapan DMA Kedundung

No	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga	
				Satuan	Jumlah Biaya
I	Pressure Management				
1.a	Pengadaan dan pemasangan Chamber DMA	Unit	1	Rp 110.000.000,00	Rp 110.000.000,00
1.b	Pengadaan dan pemasangan PRV dn.150	bh	1	Rp 265.000.000,00	Rp 110.000.000,00
1.c	Pengadaan dan pemasangan PRV V Controller	bh	1	Rp 172.000.000,00	Rp 220.000.000,00
1.d	Pengadaan dan pemasangan Strainer	bh	1	Rp 223.000,00	Rp 440.000.000,00
	Total I				Rp 880.000.000,00
II	Rehab Jaringan perpipaan				
2.a	Perbaikan/ rehab pipa dn.75mm menjadi dn.150mm	Meter	1475	Rp 254.000,00	Rp 374.650.000,00
2.b	Perbaikan/ rehab pipa dn.50mm menjadi dn.100mm	Meter	5202	Rp 173.000,00	Rp 899.946.000,00
2.c	Pengadaan dan pemasangan valve sustaining dn.150mm	bh	2	Rp 1.500.000,00	Rp 3.000.000,00
2.d	Pengadaan dan pemasangan valve sustaining dn.100mm	bh	2	Rp 1.000.000,00	Rp 2.000.000,00
	Total II				Rp 1.279.596.000,00
III	Perbaikan Kebocoran				
3,1	Deteksi Kebocoran (Step Tes)	Titik	6	Rp 500.000,00	Rp 3.000.000,00
3,2	Pekerjaan Gali Urug, memunculkan valve	Ls	6	Rp 150.000,00	Rp 900.000,00
3,3	Pengadaan dan Pemasangan 1 set SR				
	Penggantian saddle pipa	bh	240	Rp 115.000,00	Rp 27.600.000,00
	Penggantiaan Meter Pelanggan	bh	240	Rp 700.000,00	Rp 168.000.000,00
	Penggantian Perpipaan Sambungan rumah	nh	240	Rp 200.000,00	Rp 48.000.000,00
	Total III				Rp 247.500.000,00
				Jumlah	Rp 2.407.096.000,00
Terbilang				Pembulatan	Rp 2.407.096.000,00
				PPn 10%	Rp 240.709.600,00
	Dua Milyar Enam Ratus Empat Puluh Tujuh Juta Delapan Ratus Lima Ribu Enam Ratus Rupiah			Total	Rp 2.647.805.600,00

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa biaya penerapan DMA Kedundung sebesar Rp 2.647.805.600,00 dan Tabel 4.10 besar biaya optimalisasi yaitu Rp 2.647.805.600,00.

Tabel 4. 11 Investasi Penerapan DMA Pulorejo

No	URAIAN	SATUAN	JML	Harga	
				Satuan	Jumlah Biaya
I	Pressure Management				
1.a	Pengadaan dan pemasangan Chamber DMA	Unit	1	Rp 110.000.000,00	Rp 110.000.000,00
1.b	Pengadaan dan pemasangan PRV dn.150	bh	1	Rp 265.000.000,00	Rp 110.000.000,00
1.c	Pengadaan dan pemasangan PRV V Controller	bh	1	Rp 172.000.000,00	Rp 220.000.000,00
1.d	Pengadaan dan pemasangan Strainer	bh	1	Rp 223.000,00	Rp 440.000.000,00
	Total I				Rp 880.000.000,00
II	Rehab Jaringan perpipaan				
2.a	Perbaikan/ rehab pipa dn.75mm menjadi dn.150mm	Meter	776	Rp 254.000,00	Rp 197.104.000,00
2.b	Perbaikan/ rehab pipa dn.50mm menjadi dn.100mm	Meter	8600	Rp 173.000,00	Rp 1.487.800.000,00
2.c	Pengadaan dan pemasangan valve sustaining dn.150mm	bh	2	Rp 1.500.000,00	Rp 3.000.000,00
2.d	Pengadaan dan pemasangan valve sustaining dn.100mm	bh	2	Rp 1.000.000,00	Rp 2.000.000,00
	Total II				Rp 1.689.904.000,00
III	Perbaikan Kebocoran				
3,1	Deteksi Kebocoran (Step Tes)	Titik	9	Rp 500.000,00	Rp 4.500.000,00
3,2	Pekerjaan Gali Urug, memunculkan valve	Ls	9	Rp 150.000,00	Rp 1.350.000,00
3,3	Pengadaan dan Pemasangan 1 set SR				
	Penggantian saddle pipa	bh	25	Rp 115.000,00	Rp 2.875.000,00
	Penggantian Meter Pelanggan	bh	25	Rp 700.000,00	Rp 17.500.000,00
	Penggantian Perpipaan Sambungan rumah	nh	25	Rp 200.000,00	Rp 5.000.000,00
	Total III				Rp 31.225.000,00
				Jumlah	Rp 2.601.129.000,00
Terbilang				Pembulatan	Rp 2.601.129.000,00
				PPn 10%	Rp 260.112.900,00
	Dua Milyar Delapan Ratus Enam Puluh Satu Juta Dua Ratus Empat Puluh Satu Ribu Sembilan Ratus Rupiah			Total	Rp 2.861.241.900,00

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

Tabel 4. 12 Biaya Optimalisasi Penerapan DMA Pulorejo

No	URAIAN	SATUAN	JML	Harga		Jumlah
				Satuan	Biaya	
I	Optimalisasi dengan Program Perpipaan					
1.a	Pengadaan Pipa dan aksesoris PVC DN.200mm	Meter	477	Rp	800.000,00	Rp 381.600.000,00
1.b	Pemasangan Pipa dan aksesoris PVC DN.200mm	Meter	477	Rp	200.000,00	Rp 95.400.000,00
1.c	Pengadaan Valve isolasi untuk kebutuhan DMA	bh	8	Rp	1.500.000,00	Rp 12.000.000,00
1.d	Pemasangan Valve isolasi untuk kebutuhan DMA	bh	8	Rp	120.000,00	Rp 960.000,00
	Total I					Rp 489.960.000,00
II	Optimalisasi dengan Program Perpompaaan					
2.a	Pengadaan 1 set Pompa Panel Elektromotor Kapasitas 5lt/s Head	Unit	2	Rp	17.000.000,00	Rp 34.000.000,00
2.b	Pemasangan 1 set Pompa Panel Elektromotor Kapasitas 5lt/s Head	Unit	2	Rp	1.500.000,00	Rp 3.000.000,00
2.c	Pengadaan Reservoir Booster	bh	2	Rp	8.000.000,00	Rp 16.000.000,00
2.d	Pemasangan Reservoir Booster	bh	2	Rp	750.000,00	Rp 1.500.000,00
2.e	Pengadaan Instalasi Booster	Unit	1	Rp	2.500.000,00	Rp 2.500.000,00
2.f	Pemasangan Instalasi Booster	Unit	1	Rp	650.000,00	Rp 650.000,00
2.g	Pengadaan Valve isolasi untuk kebutuhan DMA	bh	8	Rp	1.500.000,00	Rp 12.000.000,00
2.h	Pemasangan Valve isolasi untuk kebutuhan DMA	bh	8	Rp	120.000,00	Rp 960.000,00
	Total II					Rp 70.610.000,00

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa total penerapan DMA Pulorejo yaitu Rp 2.861.241.900,00 dan biaya optimalisasi sebesar Rp 70.610.000,00.

Tabel 4.9 dan Tabel 4.11 di atas, merupakan biaya investasi yang masih terbatas pada keperluan biaya pengadaan peralatan DMA, serta keperluan biaya dalam mengubah jaringan distribusi eksisting menjadi beberapa zona (DMA) yang terisolasi lebih kecil. Pada tabel 4.10 dan 4.12 ialah biaya optimalisasi dengan pertimbangan bagaimana pembentukan DMA tersebut seminimal mungkin tidak menurunkan kualitas pengaliran (dari segi tekanan) atau bahkan direncanakan dapat meningkatkan kualitas pengaliran dengan beberapa perbaikan lanjutan. Solusi perbaikan agar optimal yaitu dengan penambahan pipa dan penambahan

pompa. Analisis solusi mana yang lebih optimal sangat diperlukan maka, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Perbandingan Biaya Optimalimasasi Tiap DMA

No	Optimalisasi DMA	Tahun	RAB	
			Program Pompa	Program Perpipaan
1	Pulurejo	2019	Rp 70.610.000,00	Rp 489.960.000,00
2		2023	Rp 81.201.500,00	Rp 563.454.000,00
3	Kedundung	2019	Rp 134.610.000,00	Rp 1.279.596.000,00
4		2023	Rp 154.801.500,00	Rp 1.919.394.000,00

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

Tabel 4. 14 Biaya Optimalisasi dengan Perhitungan

No	Optimalisasi DMA	Tahun	Perhitungan	
			P	F
1	Pulurejo	2019	Rp 489.960.000,00	Rp 502.209.000,00
2		2023	Rp 563.454.000,00	Rp 637.496.483,19
3	Kedundung	2019	Rp 2.963.960.000,00	Rp 3.038.059.000,00
4		2023	Rp 3.408.554.000,00	Rp 3.856.465.989,68

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

Tabel 4. 15 Biaya Metode Optimalisasi per DMA

No	Optimalisasi DMA	Tahun	Perhitungan		Nilai P per Metode Optimalisasi DMA
			F	P	
1	Pulurejo	2019	Rp 502.209.000,00	Rp 466.303.621,17	Rp 906.249.523,27
2		2023	Rp 637.496.483,19	Rp 439.945.902,10	
3	Kedundung	2019	Rp 3.038.059.000,00	Rp 2.820.853.296,19	Rp 5.482.258.423,10
4		2023	Rp 3.856.465.989,68	Rp 2.661.405.126,91	

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

Tabel 4. 16 Pay Off

Strategi	Kondisi			
	Plan 2019		Plan 2023	
Pompa	Rp	70.610.000,00	Rp	81.201.500,00
Pompa	Rp	134.610.000,00	Rp	154.801.500,00
Pipa	Rp	489.960.000,00	Rp	563.454.000,00
Pipa	Rp	1.279.596.000,00	Rp	1.919.394.000,00
Min	Rp	70.610.000,00	Rp	81.201.500,00
	Perbandingan Plan		Keterangan	
Minimin	Rp	70.610.000,00	Pompa	Plan 2019
Minimax	Rp	81.201.500,00	Pompa	Plan 2023

Analisa di atas menunjukkan bahwas solusi perbaikan yang paling optimal yaitu program penambahan pompa sebesar Rp 70.610.000,00 Plan 2019 dan Plan 2023 sebesar Rp 81.201.500,00. Optimalisasi adalah proses pencarian solusi terbaik, tidak selalu keuntungan yang paling tinggi tertinggi yang bisa dicapai jika tujuan pengoptimalan adalah memaksimalkan keuntungan, atau tidak selalu biaya yang paling kecil yang bisa ditekan jika tujuan pengoptimalan adalah meminimumkan biaya (Siringoringo, 2005).

4.6 Aspek kelembagaan

Organisasi pengelola SPAM di Kota Mojokerto adalah PDAM Kota Mojokerto. PDAM ini merupakan perusahaan milik daerah Kota Mojokerto yang bertanggung jawab terhadap ketersediaan air bersih di Kota Mojokerto. Kota Mojokerto secara kelembagaan digunakan sebagai pusat pelayanan dan operasional PDAM melayani ketersediaan air bersih di masing-masing kecamatan.

Aspek ini menitik beratkan pada sumber daya manusia sebagai penggerak PDAM Kota Mojokerto serta manajemen pelaksanaan kinerja. Total pegawai di PDAM Kota Mojokerto berjumlah 39 orang.

1. **Rasio Pegawai terhadap 1000 pelanggan**, untuk mengukur efisiensi penggunaan tenaga kerja dalam melayani setiap 1000 pelanggan. Rumus yang digunakan yaitu:

$$\frac{\text{Jumlah pegawai}}{\text{Jumlah pelanggan}/1000}$$

$$= 39 / (4971 / 1000)$$

$$= 8$$

Rasio pegawai terhadap 1000 pelanggan 8 maka mendapatkan nilai 5

Jumlah pelanggan PDAM Kota Mojokerto mencapai 4.971 SR dengan jumlah karyawan sebanyak 39 orang. Jumlah pegawai adalah pegawai yang tercatat sebagai pegawai tetap dan honorer. Hasil perhitungan rasio karyawan adalah 8 orang. Untuk Kota Mojokerto, nilai ini dikatakan baik dan masih dianggap efisien.

- 2. Rasio Pendidikan dan Pelatihan Pegawai**, mengukur kepedulian perusahaan untuk meningkatkan kompetensi pegawai.

$$\frac{\text{Jumlah pegawai yang ikut diklat}}{\text{Jumlah pegawai}} \times 100 \%$$

Jumlah pegawai

$$= 9 / 39 \times 100 \%$$

$$= 23 \%$$

Rasio Pendidikan dan Pelatihan Pegawai lebih dari 20 % mendapatkan nilai 2

Rasio pendidikan dan pelatihan (diklat) pegawai ini bisa dipakai sebagai indikator kepedulian perusahaan dalam upaya meningkatkan kompetensi pegawai. Program diklat dapat diselenggarakan oleh instansi maupun swasta dengan materi yang disesuaikan dengan kebutuhan kompetensi di seluruh bagian PDAM. Jumlah pegawai yang mengikuti diklat sebanyak 9 orang dari total 39 pegawai. Rasio diklat ini sebesar 23 %, dimana baru seperempat dari pegawai yang diberi kesempatan untuk diklat. Jumlah program diklat sangat banyak dengan variasi kompetensi. Perlu pemerataan dan konsistensi, sehingga tidak terdapat unsur *like and dislike* dalam penentuan pegawai yang akan mengikuti diklat. Mengurangi penumpukan diklat pada satu pegawai sehingga gagal dalam aplikasi di lapangan.

- 3. Evaluasi tim NRW**

Keputusan Direktur PDAM Kota Mojokerto 29 Desember 2017 tentang Tim Penurunan NRW dan Peningkatan pendapatan PDAM Kota Mojokerto menunjuk beberapa staf untuk menjadi tim yang terstruktur. Susunan tim penurunan kehilangan air akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Kasubag distribusi sebagai ketua kordinator
2. kasubag perencanaan sebagai wakil kordinator
3. staf baca meter dan rekening sebagai sekretaris
4. kasubag hubungan langganan sebagai anggota
5. kasubag pemeliharaan sebagai anggota
6. staf pemeliharaan sebagai anggota
7. staf pemeliharaan sebagai anggota
8. staf distribusi sebagai anggota

Tugas dan tanggung jawab :

1. Pencarian bocoran fisik dengan melakukan aktif leakage secara periodik di wilayah pelayanan.
2. Melakukan evaluasi konsumsi pelanggan terutama pelanggan potensial (IP, niaga, industri, dll).
3. Melakukan sidak terkait meter pelanggan (umur, kualitas, spek dan pemasangan meter) khususnya pelanggan potensial (IP, niaga, industri, dll) serta melakukan tindakan untuk membenahan.
4. Cek pelanggan non aktif dan melaksanakan tindakan yang diperlukan terkait pemakaian air PDAM.
5. Melakukan tindakan jika ada pelanggan komplain terkait aliran distribusi air PDAM pengecekan ke pelanggan dan penelurusan jaringan.
6. Melaporkan semua kegiatan ke direktur.
7. Melakukan rapat koordinasi tiap hari jumat dengan anggota, secara periodik minimal 2 X perbulan dengan menghasilkan rencana kerja yang akan dilaksanakan dan target yang akan dicapai (laporan rencana kerja dan hasilnya disampaikan kepada direktur setiap hari senin).
8. Mencari dan mensosialisasikan serta menggaet calon pelanggan potensial (IP,niaga, industri, dll) menjadi pelanggan aktif PDAM.

Untuk pelatihan selama ini tim NRW hanya mengirim satu orang. Hal ini sangat kurang sekali sebab tidak adanya pemerataan kompetensi pada tim. Berikut adalah tim NRW PDAM Kota Malang.

No	Jabatan	Uraian Pekerjaan	Pelatihan
1	Manajer Kehilangan Air	<ul style="list-style-type: none"> • Penyusunan rencana pengembangan jangka pendek di bagian kehilangan air. • Merencanakan dan mengawasi kegiatan <i>pressure management</i>. • Merencanakan dan mengawasi kegiatan pembentukan <i>District Meter Area</i> (DMA). • Merencanakan dan mengawasi kegiatan pengendalian <i>Water Balance</i> pada setiap <i>District Meter Area</i> pada Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM). • Merencanakan dan mengawasi kegiatan pengendalian pelaksanaan penurunan kehilangan air. • Merencanakan dan mengawasi kegiatan penyusunan laporan pada bagian kehilangan air. • Melakukan pembinaan pegawai pada bagian kehilangan air. 	<ul style="list-style-type: none"> • Leadership & problem solving • Menejemen air minum tingkat madya • Balanced Score Card • HPS • SPAM • Hidrolika • NRW
2	Asisten Manajer Pengendalian Jaringan	<ul style="list-style-type: none"> • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pengendalian jaringan distribusi air. • Mengatur dan mengendalikan kegiatan penggantian pipa dan aksesorisnya untuk perbaikan sistem distribusi dan tekanan . • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pembentukan DMA berdasarkan model hidrolika. • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pemeliharaan kebersihan lingkungan <i>reservoir</i> distribusi air. • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pemutakhiran data <i>Geographic Information System</i> (GIS). • Mengatur dan mengendalikan kegiatan penyusunan laporan pada divisi pengendalian jaringan. • Melakukan pembinaan pegawai pada divisi pengendalian jaringan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Leadership & problem solving • Menejemen air minum tingkat madya • Balanced Score Card • HPS • SPAM • SmallWorld (GIS)
3	Asisten Manajer Pengendalian Kehilangan Air	<ul style="list-style-type: none"> • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> dan <i>District Meter Area</i> yang ditentukan. • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pengukuran <i>water balance</i> setiap DMA dan keseluruhan SPAM. • Membuat usulan penanggulangan kehilangan air baik fisik maupun <i>commercial</i>. • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pemutakhiran GIS. • Membuat laporan dan hasil DMA meter produksi. • Mengatur dan mengendalikan 	<ul style="list-style-type: none"> • Leadership & problem solving • SPAM • NRW • Hidrolika • GIS

No	Jabatan	Uraian Pekerjaan	Pelatihan
		<ul style="list-style-type: none"> kegiatan penyusunan laporan pada divisi pengendalian kehilangan air. Melakukan pembinaan pegawai pada divisi pengendalian kehilangan air. 	
4	Supervisor <i>Water Balance</i>	<ul style="list-style-type: none"> Mengukur debit inlet di DMA yang terbentuk. Identifikasi batas DMA terbentuk. Mengoperasikan software integrasi neraca air. Membuat laporan bulanan neraca air. 	<ul style="list-style-type: none"> NRW Hidrolika GIS SPAM Instrumen ArcGIS NRW
5	Supervisor Active <i>Leakage Control</i> wilayah timur	<ul style="list-style-type: none"> Menganalisa hasil kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> pada DMA yang ditentukan di wilayah timur. Membuat laporan temuan hasil kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> pada DMA yang ditentukan di wilayah timur. 	<ul style="list-style-type: none"> NRW Hidrolika GIS SPAM Instrumen ArcGIS NRW SIPPDAM Microsoft Access
6	Supervisor Active <i>Leakage Control</i> wilayah Barat	<ul style="list-style-type: none"> Menganalisa hasil kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> pada DMA yang ditentukan di wilayah barat. Membuat laporan temuan hasil kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> pada DMA yang ditentukan di wilayah barat. 	<ul style="list-style-type: none"> NRW Hidrolika GIS SPAM Instrumen ArcGIS NRW SIPPDAM Microsoft Access
7	Supervisor DMA & Model Hidrolika	<ul style="list-style-type: none"> Menganalisa pembentukan DMA Menganalisa kalibrasi model hidrolika jaringan perpipaan distribusi air pada semua DMA. Membuat laporan analisa hidrolika dan pembentukan DMA 	<ul style="list-style-type: none"> NRW Hidrolika GIS SPAM
8	Supervisor <i>Pressure Management</i>	<ul style="list-style-type: none"> Menganalisa dan memonitoring <i>pressure management</i> / pengaturan tekanan air pada DMA terbentuk. Melakukan kegiatan <i>maintenance pressure reducing valve (PRV)</i> dan strainer. Monitoring level air pada reservoir. Membuat laporan kegiatan <i>pressure management</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> NRW Hidrolika GIS SPAM
9	Supervisor <i>Complaint Response</i>	<ul style="list-style-type: none"> Analisa dan penanganan air tidak mengalir di seluruh wilayah pelayanan. Penanganan perbaikan tekanan. Penyusunan laporan kegiatan air tidak mengalir dan perbaikan tekanan. 	<ul style="list-style-type: none"> NRW Hidrolika GIS SPAM
10	Supervisor <i>Commercial Losses</i>	<ul style="list-style-type: none"> Membuat jadwal kegiatan survey <i>commercial losses</i> pada DMA terbentuk. Membuat jadwal pemasangan radio AMR pada DMA terbentuk. Mendonload rekaman audio AMR yang terpasang di DMA. Menganalisa kegiatan pencarian <i>commercial losses</i> dari segi meter pelanggan dan audit elektronik data pelanggan. Menganalisa hasil rekaman audio AMR dibandingkan dengan meter 	<ul style="list-style-type: none"> SQL Excel Expert

No	Jabatan	Uraian Pekerjaan	Pelatihan
		induk di DMA. <ul style="list-style-type: none"> Membuat hasil laporan temuan pencarian <i>commercial losses</i> pada DMA yang ditentukan dan hasil audit elektronik data pelanggan. Membuat laporan hasil analisa rekaman radio AMR dibandingkan dengan meter induk di DMA yang ditentukan. 	

Sumber: Saparina, 2017

Tabel di atas menunjukkan bahwa perbedaan kualitas kinerja tim NRW PDAM Kota Mojokerto dan PDAM Kota Malang. PDAM Kota Malang merupakan contoh PDAM yang berhasil dalam penerapan DMA. Maka, dengan metode *benchmark* kualitas kinerja tim NRW PDAM Kota Mojokerto akan dibandingkan dengan tim NRW PDAM Kota Malang. *Benchmark* yaitu patokan pendugaan sebagai proses pembandingan dan pengukuran operasi atau proses internal organisasi terhadap mereka yang terbaik dalam kelasnya, baik dari dalam maupun dari luar industri. Isu-isu yang dibahas dalam studi *benchmarking* ini biasanya meliputi; bagaimana membangun kompetensi yang mampu menunjang keunggulan kompetitif sebuah perusahaan, bagaimana mengembangkan inovasi-inovasi, dan bagaimana mempersiapkan perusahaan dalam menghadapi perubahan di masa yang akan datang (Lubis, 2016). Pada penelitian ini hal yang dibandingkan yaitu *jobdesk* dan kompetensi pelatihan. PDAM Kota Mojokerto dalam hal pelatihan masih kurang. Hasil wawancara menunjukkan bahwa PDAM Kota Mojokerto baru bulan September mengikuti pelatihan neraca air dengan menggunakan WB *easy calc*. Kompetensi tim NRW PDAM Kota Mojokerto sangat perlu ditingkatkan agar memudahkan dalam mengatasi kehilangan air dengan penerapan DMA. Detail uraian pekerjaan dan pelatihan yang harus dimiliki tim NRW PDAM Kota Mojokerto dapat dilihat di tabel berikut.

Tabel 4. 17 Benchmark PDAM Kota Mojokerto dengan PDAM Kota Malang

No	tugas dan tanggung jawab PDAM Kota Mojokerto	URAIAN PEKERJAAN PDAM Kota Malang	Pelatihan
1.	Pencarian bocoran fisik dengan melakukan aktif leakage secara periodik di wilayah pelayanan.	Mengatur dan mengendalikan kegiatan pengendalian jaringan distribusi air.	NRW
		Mengatur dan mengendalikan kegiatan penggantian pipa dan aksesorisnya untuk perbaikan sistem distribusi dan tekanan .	Hidrolika

		Mengatur dan mengendalikan kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> dan <i>District Meter Area</i> yang ditentukan.	GIS
		Membuat usulan penanggulangan kehilangan air fisik	SPAM
		Menganalisa hasil kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> pada DMA yang ditentukan.	Instrumen NRW ArcGIS
		Membuat laporan temuan hasil kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> pada DMA yang ditentukan	SIPDAM Microsoft Access
		Menganalisa kalibrasi model hidrolika jaringan perpipaan distribusi air pada semua DMA.	
		Menganalisa dan memonitoring <i>pressure management</i> / pengaturan tekanan air pada DMA terbentuk.	
		Analisa dan penanganan air tidak mengalir di seluruh wilayah pelayanan.	
		Penanganan perbaikan tekanan.	
		Penyusunan laporan kegiatan air tidak mengalir dan perbaikan tekanan.	
2.	Melakukan evaluasi konsumsi pelanggan terutama pelanggan potensial (IP, niaga, industri, dll).	Menganalisa kegiatan pencarian <i>commercial losses</i> dari segi meter pelanggan dan audit elektronik data pelanggan.	
3.	Melakukan sidak terkait meter pelanggan (umur, kualitas, spek dan pemasangan meter) khususnya pelanggan potensial (IP, niaga, industri, dll) serta melakukan tindakan untuk pembenahan		
4.	Cek pelanggan non aktif dan melaksanakan tindakan yang diperlukan terkait pemakaian air PDAM.	Membuat jadwal kegiatan survey <i>commercial losses</i> pada DMA terbentuk.	Leadership & problem solving
5.	Melakukan tindakan jika ada pelanggan komplain terkait aliran distribusi air PDAM pengecekan ke pelanggan dan penelurusan jaringan.	Penyusunan rencana pengembangan jangka pendek di bagian kehilangan air.	Menejemen air minum tingkat madya
		Merencanakan dan mengawasi kegiatan <i>pressure management</i> .	SPAM

		Merencanakan dan mengawasi kegiatan pembentukan <i>District Meter Area (DMA)</i> .	SmallWorld (GIS)
		Mengatur dan mengendalikan kegiatan pemutakhiran data <i>Geographic Information System (GIS)</i> .	
6.	Melaporkan semua kegiatan ke direktur.	Membuat laporan dan hasil DMA meter produksi	
		Membuat laporan temuan hasil kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> pada DMA yang ditentukan	
		Menganalisa hasil kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> pada DMA yang ditentukan	
7.	Melakukan rapat koordinasi tiap hari jumat dengan anggota, secara periodik minimal 2 X perbulan dengan menghasilkan rencana kerja yang akan dilaksanakan dan target yang akan dicapai (laporan rencana kerja dan hasilnya disampaikan kepada direktur setiap hari senin).	Mengatur dan mengendalikan kegiatan penyusunan laporan pada divisi pengendalian jaringan	
		Membuat laporan kegiatan pressure management.	
8.	Mencari dan mensosialisasikan serta menggaet calon pelanggan potensial (IP,niaga, industri, dll) menjadi pelanggan aktif PDAM		

Sumber : Hasil analisa, 2019

Tabel di atas dapat menjadi masukan untuk PDAM Kota Mojokerto untuk meningkatkan kualitas kinerja tim NRW dalam proses pembentukan DMA saat ini. Komitmen yang kuat antar tim. Hal ini diperlukan karena dengan adanya komitmen, tentu saja program-program yang akan dirancang dapat dilaksanakan dengan baik dan dapat mencapai target. Dalam hal ini target yang dimaksud adalah penurunan kehilangan air. Oleh karena itu perlu dibentuk suatu tim khusus dibawah manajer kehilangan air yang berwenang dan memiliki cukup akses kepada sumber daya perusahaan (BPPSPAM, 2008).

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Wilayah layanan PDAM Kota Mojokerto memiliki persentase air tak berekening/ *Non Revenue Water* (NRW) yang cukup tinggi yakni 47,3 %. Tingginya angka kehilangan air di wilayah ini terdiri dari 2,4 % kehilangan air non fisik/komersil dan 44,6 % kehilangan air teknis/fisik. Faktor yang menyebabkan kehilangan air non teknis/komersil yaitu akurasi meter pelanggan dan penanganan data yang kurang baik, serta adanya pelanggan tak resmi (*illegal*). Kehilangan air fisik disebabkan kebocoran pipa distribusi dan sambungan pelanggan.
2. A. Aspek teknis menunjukkan dengan simulasi Epanet wilayah DMA Kedundung dan Pulorejo saat jam puncak kecepatan dan tekanan masih belum memenuhi standar sehingga distribusi air saat jam pemakaian maksimum terganggu.
B. Aspek finansial menunjukkan bahwa selama satu tahun PDAM Kota Mojokerto dapat mengalami kerugian akibat kehilangan air non fisik Rp 129.311.515/tahun dan kerugian akibat kehilangan air fisik Rp 3.247.428.870/ tahun. DMA Kedundung dan Pulorejo dalam penerapannya perlu adanya investasi diperlukan biaya sebesar Rp 5.509.047.500,00. Biaya optimalisasi yaitu dengan penambahan pompa sebesar Rp 70.610.000,00 Plan 2019 dan Plan 2023 sebesar Rp 81.201.500,00.
C. Aspek kelembagaan yang mengacu pada sumber daya manusia PDAM Kota Mojokerto menunjukkan jumlah pegawai dan jumlah pelanggan masih efisien akan tetapi jumlah pegawai yang mengikuti diklat guna penambahan pengetahuan masih rendah begitu pula yang terjadi pada tim NRW bahwa tingkat kompetensi sangat kurang sekali sehingga perlu peningkatan kualitas kinerja dalam rangka persiapan pembentukan DMA.

5.2 Saran

Penelitian ini hanya merujuk pada simulasi 2 DMA sehingga perlu dilakukan penelitian lebih detail tentang DMA secara keseluruhan di PDAM Kota Mojokerto yang ditinjau dari aspek yang lain seperti aspek pelayanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, B., Pettersen, P. (1996). *The Benchmarking Handbook*. Chapman & Hall: London.
- BPPSPAM. (2014). *Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja PDAM*, Kementerian Pekerjaan Umum – BPPSPAM: Jakarta.
- BPPSPAM. (2014). *Pedoman Penurunan Air Tak Berekoning (Non Revenue Water)*. Kementerian Pekerjaan Umum BPPSPAM : Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Kota Mojokerto. (2016). *Kota Mojokerto dalam Angka 2016*. Kota Mojokerto: Badan Pusat Statistik Kota Mojokerto.
- Badan Pusat Statistik Kota Mojokerto (2017). *Kota Mojokerto dalam Angka 2017*. Kota Mojokerto: Badan Pusat Statistik Kota Mojokerto.
- Farley, M. Wyeth, G. Zainuddin, Istandar, A. and Singh, S. (2008), *The Managers Non Revenue Water Handbook: A Guide To Understanding Water Loses*, USAID & Ranhill, Bangkok.
- Farley, Malcom. (2012): *The Manager's Non-Revenue Water*. Ranhill Utilities Berhad: Malaysia.
- Leeden, V.D.F., Troise, F.L., dan Todd, D.K. (1990). *The Water Encyclopedia*. Second Edition, Lewis Publishers, Inc., USA
- Lubis, A (2016). *Peningkatan Kinerja Melalui Strategi Benchmarkin*. Dosen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam IAIN Padangsidempuan, At-Tijarah: Volume 2, No. 1, Januari-Juni 2016.
- Mamik, F. A. (2017), *Evaluasi Eksisting dan Upaya Perbaikan Pelayanan SPAM PDAM Kota Mojokerto*, Tesis: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Masduqi, A. dan Assomadi, A. F. (2012), *Operasi dan Proses Pengolahan Air*, ITS Press, Surabaya.
- Mayangsari, M (2008): *Kajian Teknis Jaringan Distribusi Air Minum Kota Bandung Tahun 2010 menggunakan Epanet 2.0*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- PDAM Kota Mojokerto. (2018): *Laporan Triwulan PDAM Maja Tirta Kota Mojokerto*. PDAM Maja Tirta: Mojokerto.

Perusahaan Daerah Air Minum Kota Mojokerto. (2014). *Laporan Evaluasi Kinerja PDAM Maja Tirta Kota Mojokerto Tahun 2014*. Kota Mojokerto: Perusahaan Daerah Air Minum Kota Mojokerto.

PDAM Kota Surabaya. (2014). *Non Revenue Water (NRW) Management Strategy for Surabaya Water Company. PDAM Surya Sembada: Surabaya*

Pemerintah Republik Indonesia. (2005): *Peraturan Pemerintah No.16 Tahun 2005 Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Pemerintah Republik Indonesia : Jakarta.

Percik, (2015). *Optimis 100% Akses Air Minum dan Sanitasi Layak*, Media Informasi Air Minum dan Sanitasi.

Roosman, (2000). *Epanet 2: User Manual, Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati*.

Saparina, Widy. (2017). *Penurunan Kehilangan Air Di Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang*, Tesis : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Hotniar, Siringoringo. (2005). *Pemrograman Linier: Seri Teknik Riset Operasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Sularso and Tahara, H. (2000). *Pompa dan Kompresor: Pemilihan, Pemakaian Dan Pemeliharaan*, Cetakan ketujuh, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Sya'bani, M.R. (2016). *Penerapan Jaringan Distribusi Sistem Distric 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)*, Tesis, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Tatterson, J.G. (1996). *Benchmarking Basics: Looking for A Better Way*. Manlow Park, Ca: Christ Publication.

Walski, Thomas. M. (2001). *Water Distribution Modelling, 1st Edition*. Headstad Press: United State of America.

World Bank Discussion Paper No. 8, December 2006

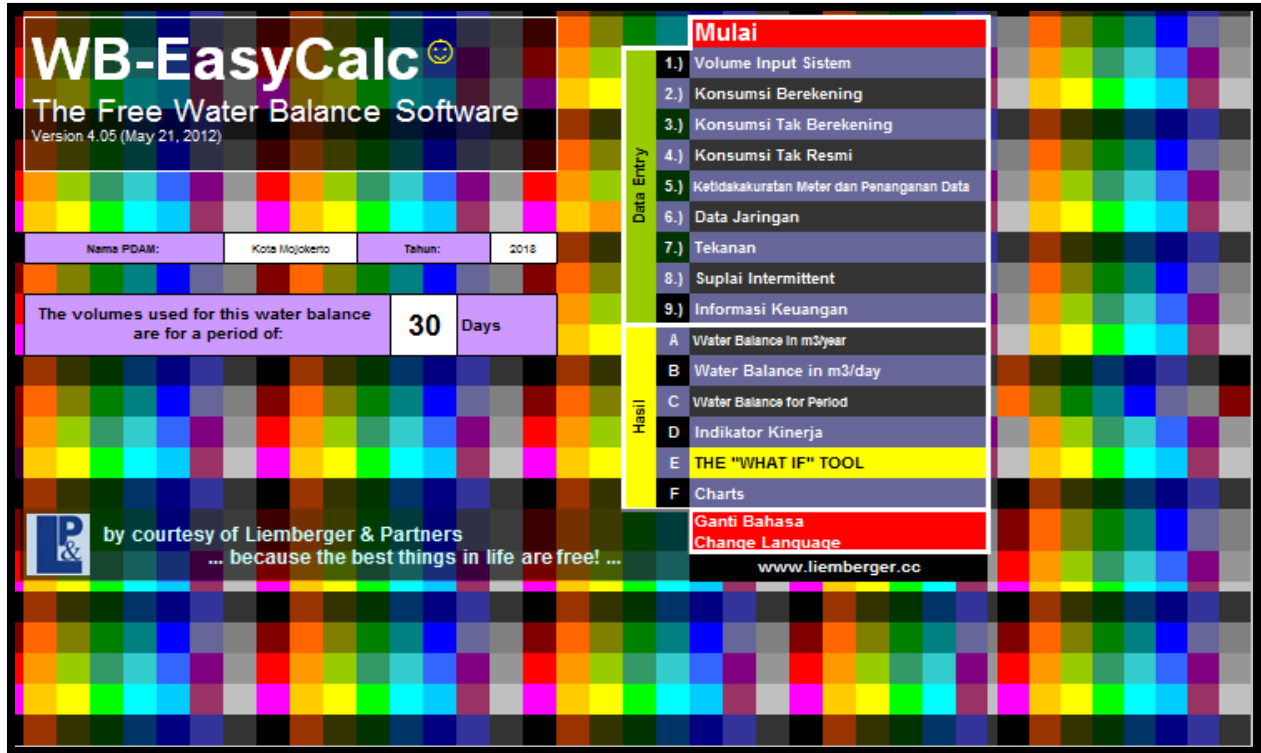
LAMPIRAN A
DOKUMENTASI PROSES ISOLASI JARINGAN





LAMPIRAN B

NERACA AIR DENGAN WB EASY-CALC



Volume Input Sistem			Kembali
Sumber Air	[m3]	Margin Error [+/- %]	
IPA Wates	153.980	2,0%	

Margin Error [+/-]	2,0%
Volume Input Sistem [m3]	
Minimum	150.900
Maksimum	157.060
Estimasi Terbaik	153.980

Konsumsi Bermeter Berekening		Konsumsi Tak Bermeter Berekening		Kembali
Deskripsi	[m3]	Deskripsi	[m3]	
Suplai Air Curah (ekspor)		Suplai Air Curah (ekspor)		
Sosial umum	240	TA Randegan	65	
Sosial Khusus	153			
Rumah Tangga A	28.952			
Rumah Tangga B	45.256			
Instansi Pemerintah	2.226			
Niaga Kecil	1.848			
Niaga Besar	1.558			
Industri Besar	384			
A B R I	309			
Konsumsi Bermeter Berekening		Konsumsi Tak Bermeter Berekening		
[m3] 80.926		[m3] 65		

Konsumsi Bermeter Tak Berekening		Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening			Kembali
Deskripsi	[m3]	Deskripsi	[m3]	Margin Error [+/- %]	
Suplai Air Curah (ekspor)		Spey distribusi		20,0%	
		Perbaikan Pipa	387	20,0%	
		Tapping	-	50,0%	
		Pasang Baru		20,0%	
		Ganti meter	-	20,0%	
		Tutupan		20,0%	
		Overflow tandon		25,0%	
		Pengurasan tandon	-	25,0%	
		Spey Produksi	123	20,0%	
		Proyek Jaringan Pipa		20,0%	
		Pindah meter	-	20,0%	
Konsumsi Bermeter Tak Berekening					
[m3]	-	Margin Error [+/-]		15,9%	
		Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening [m3]			
		Minimum	429		
		Maksimum	591		
		Estimasi Terbaik	510		

Konsumsi Tak Resmi						Kembali
Deskripsi	Estimasi Jumlah	Margin Error [+/- %]	Jumlah orang per Rumah Tangga	Konsumsi [liter/orang/hari]	Total [m3]	
Sambungan Ilegal - rumah tangga	27	20%	4,0	124	402	
Sambungan Ilegal - lainnya				Konsumsi [liter/sambungan/hari]	-	
Tampering meter, bypass, dll pada pelanggan resmi				Konsumsi [liter/pelanggan/hari]	-	
				Konsumsi [m3/hari]	-	
					-	
					-	
					-	
Margin Error [+/-]		20,0%				

Konsumsi Tak Resmi [m3]	
Minimum	321
Maksimum	482
Estimasi Terbaik	402

Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data

Deskripsi	Total [m3]	Pencatatan Meter Lebih Rendah (meter under-registration)	Total [m3]	Margin Error [+/- %]
Enter 1 to use an overall % for meter under-registration or 2 for manual entering of volumes and under-registrak of different meter or customer types		1		
1 Konsumsi Bermeter Berekening (tanpa Suplai Air Curah)	80.926	3%	2.503	35%
2 Konsumsi Bermeter Berekening (tanpa Suplai Air Curah)				

Kembali

Suplai Air Curah Bermeter (ekspor)	-		-	
Konsumsi Bermeter Tak Berekening (tanpa Suplai Air Curah)	-	3%	-	35%
		Estimasi % dari pembacaan lebih rendah		
Kecurangan Bacaan Meter	80.991	1%	818	35%
Kesalahan Penanganan Data (kantor)				35%
Margin Error [+/-]				28%
Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data				
Minimum			2.399	
Maksimum			4.243	
Estimasi Terbaik			3.321	

Pipa Distribusi dan Transmisi		Pipa Dinas			Kembali
Deskripsi	Panjang [km]	Deskripsi	Jumlah	Margin Error [+/- %]	
ACP dia. 10"	2,3	Jumlah Sambungan Pelanggan Terdaftar Catatan: angka ini biasanya lebih kecil daripada jumlah pelanggan Number of inactive accounts with existing service connection Estimasi Jumlah Sambungan Ilegal Margin Error [+/-] Jumlah Sambungan Minimum Maksimum Estimasi Terbaik	4.971	2%	
ACP dia. 8"	0,9				
ACP dia. 6"	4,0				
ACP dia. 4"	3,0				
GI dia. 12"	0,1				
GI dia. 10"	0,1				
GI dia. 2"	6,5				
PVC dia. 12"	2,6				
PVC dia. 8"	5,5				
PVC dia. 6"	3,9				
PVC dia. 4"	12,0				
PVC dia. 3"	163,7				
Total [km]	204,6				Rata-rata Panjang Pipa Dinas dari Batas Persil Pelanggan ke Meter Pelanggan [meter]
Kemungkinan di Bawah Taksiran	1%				
Panjang Pipa [km]					
Minimum	204,6				

Total [km]	204,6	Rata-rata Panjang Pipa Dinas dari Batas Persil Pelanggan ke Meter Pelanggan [meter]	1,5	2%
Kemungkinan di Bawah Taksiran	1%			
Panjang Pipa [km]		Total Panjang Pipa Dinas dari Batas Persil Pelanggan ke Meter Pelanggan [kilometer]	7	3%
Minimum	204,6			
Maksimum	206,7			
Estimasi Terbaik	205,7			

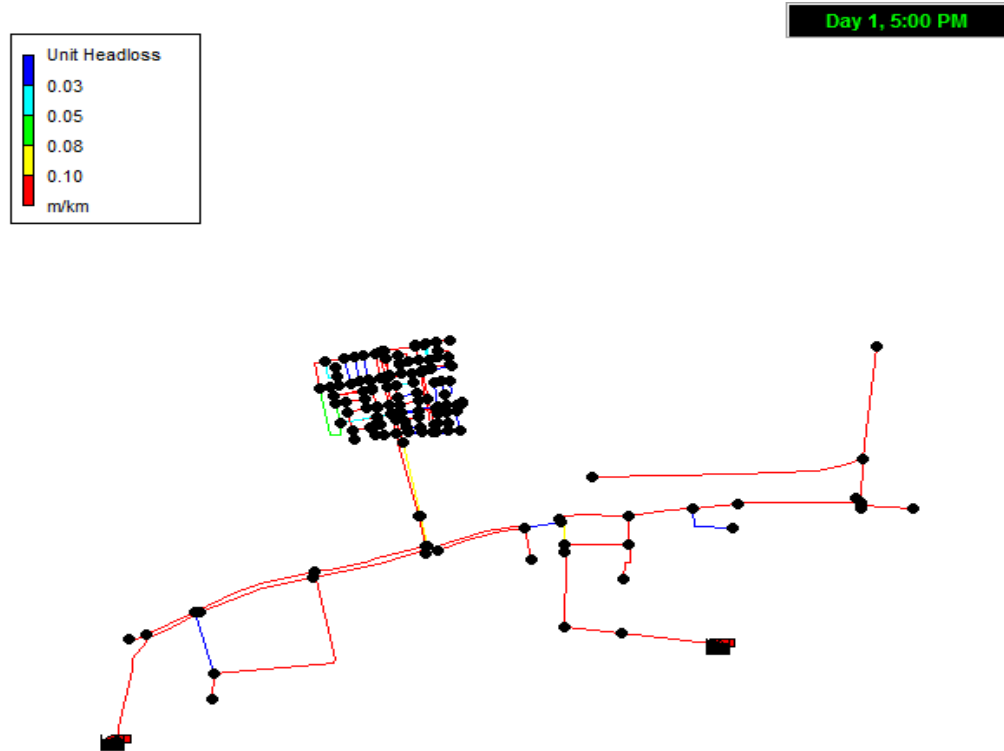
Informasi Keuangan			
		per m3	Mata Uang
Tarif Rata-rata	1	2.855,00	Rp.
Biaya Produksi dan Distribusi	2	3.882,00	Rp.
<p>Komponen Air Tak Berekening yang harus dinilai apakah (i) Tarif rata-rata - jika dapat dijual atau (ii) Biaya Produksi dan Distribusi jika penurunan komponen ATR hanya akan menurunkan Volume Sistem Input. Untuk Tarif Rata-rata masukkan 1, untuk Biaya Produksi dan Distribusi masukkan 2.</p>			
Komponen Air Tak Berekening		Annual Value	
Konsumsi Bermeter Tak Berekening	1	-	Rp.
Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening	2	24.087.810	Rp.
Kehilangan Air Non-Fisik	1	129.311.673	Rp.
Kehilangan Air Fisik	2	3.247.428.008	Rp.
Nilai Total Air Tak Berekening		3.400.827.491	Rp.
Biaya Operasional Tahunan (tanpa penyusutan)			
		316.553.899	Rp.

Kembali

LAMPIRAN C

GAMBAR SIMULASI HEADLOSS SAAT PENAMBAHAN POMPA

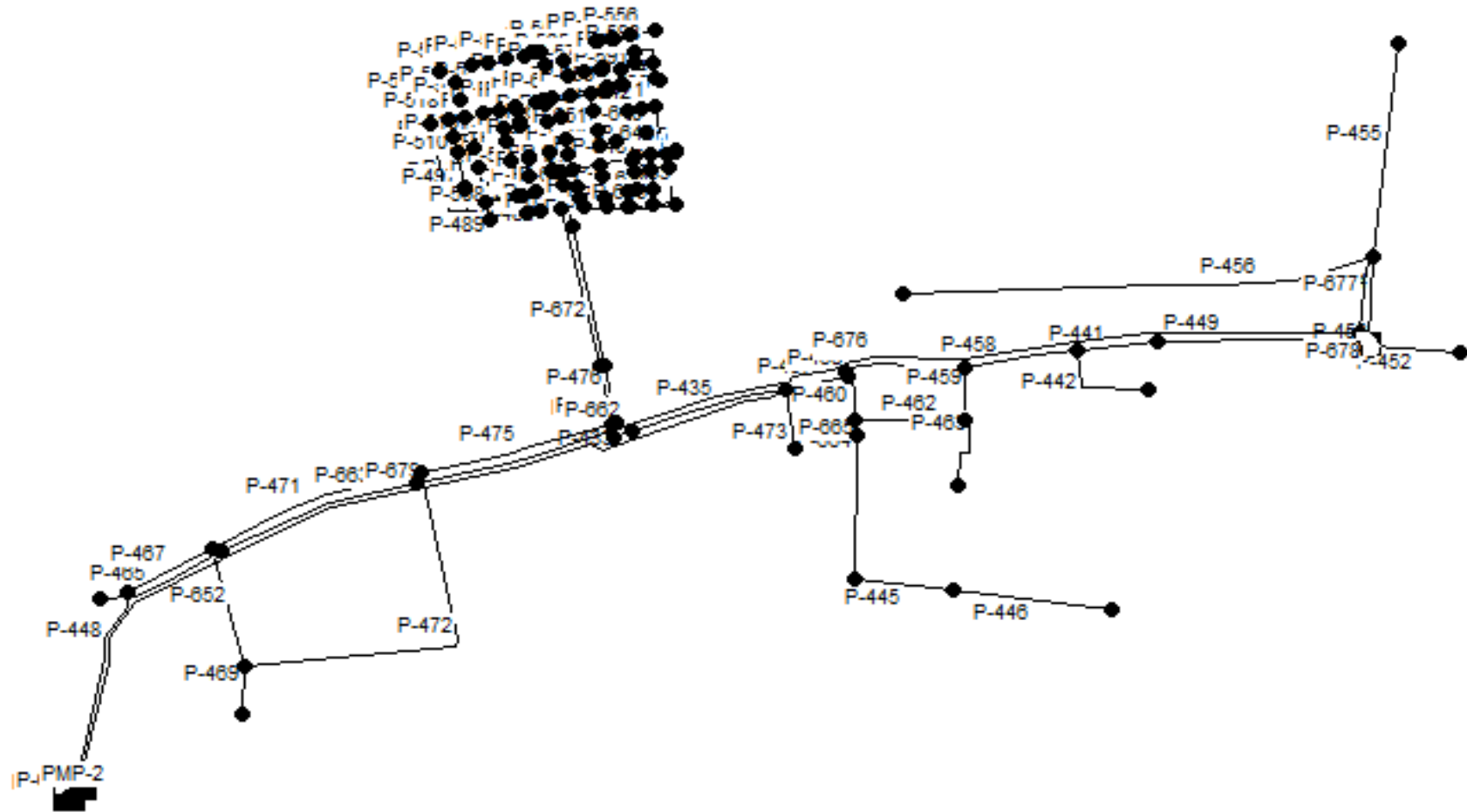
1. Wilayah DMA Kedundung saat jam pemakaian maksimum



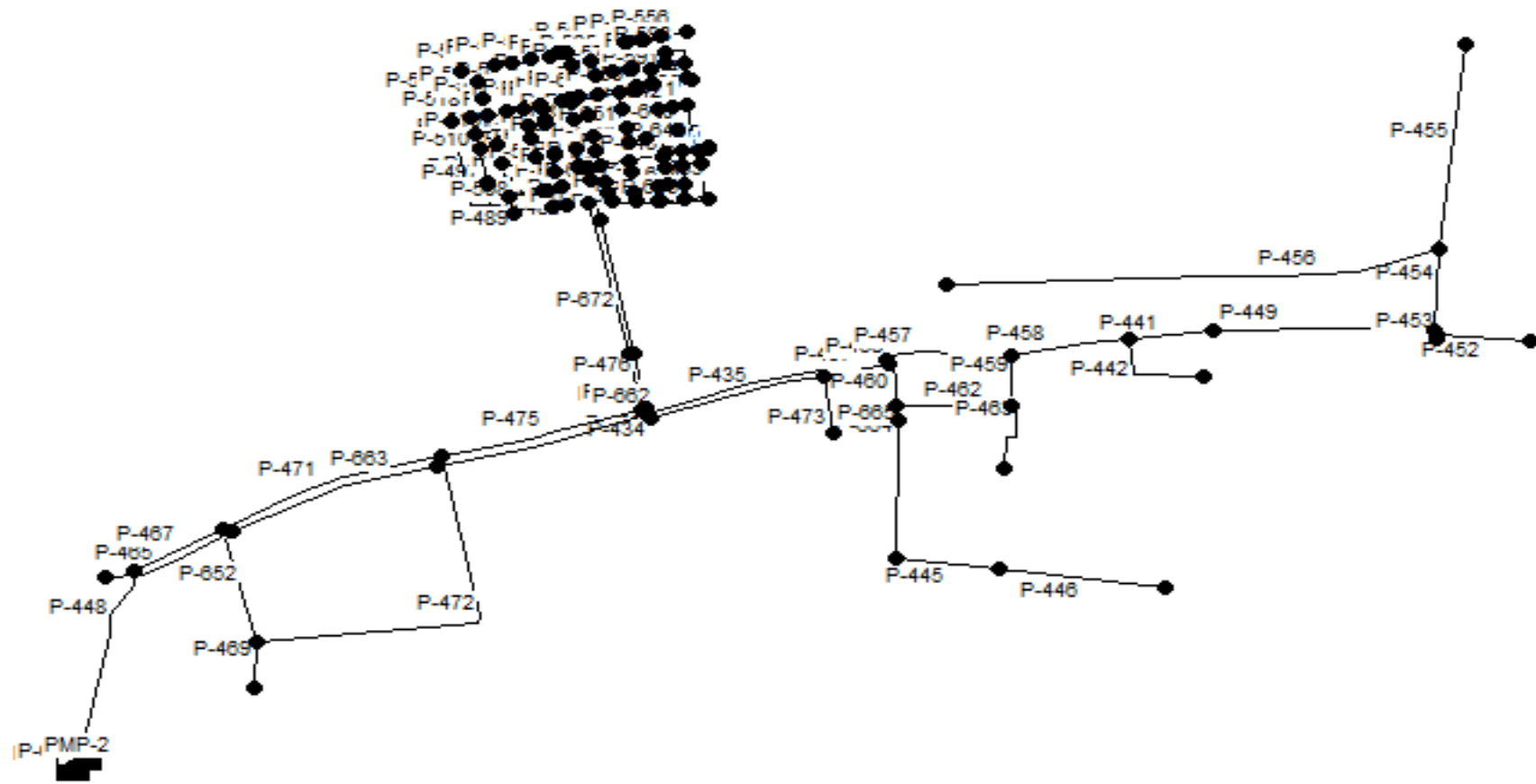
2. Wilayah DMA Pulorejo saat jam pemakaian maksimum



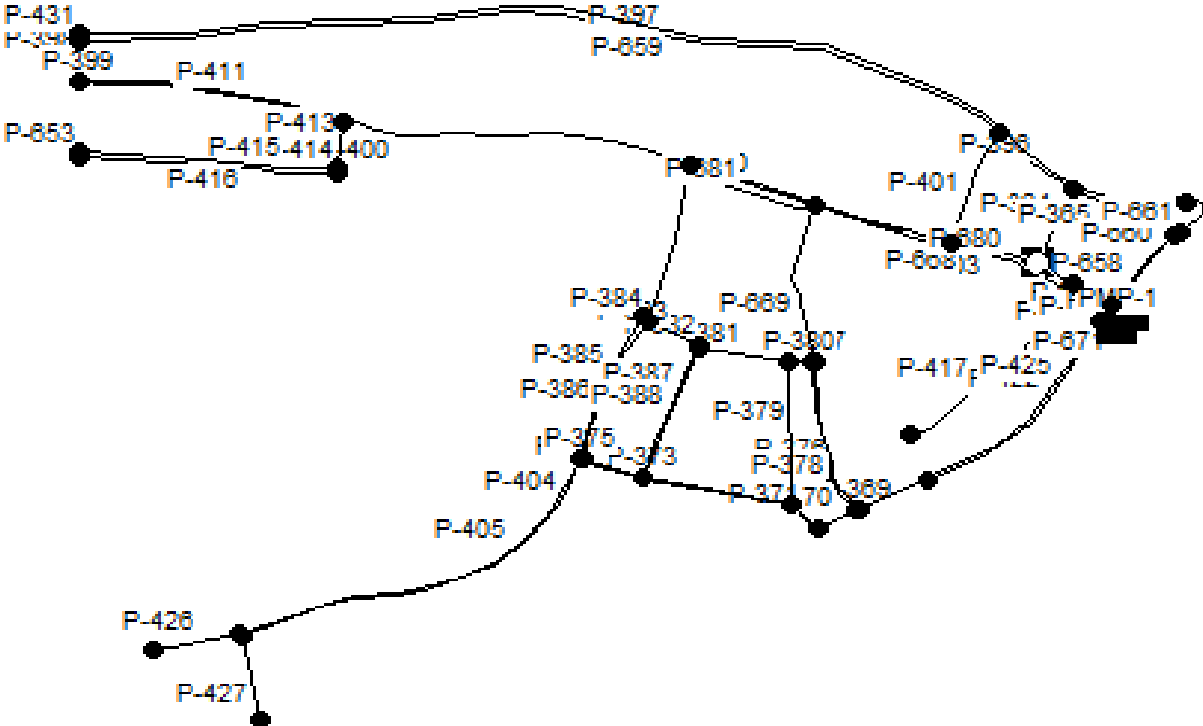
HASIL SIMULASI SETELAH PENAMBAHAN PIPA WILAYAH KEDUNDUNG



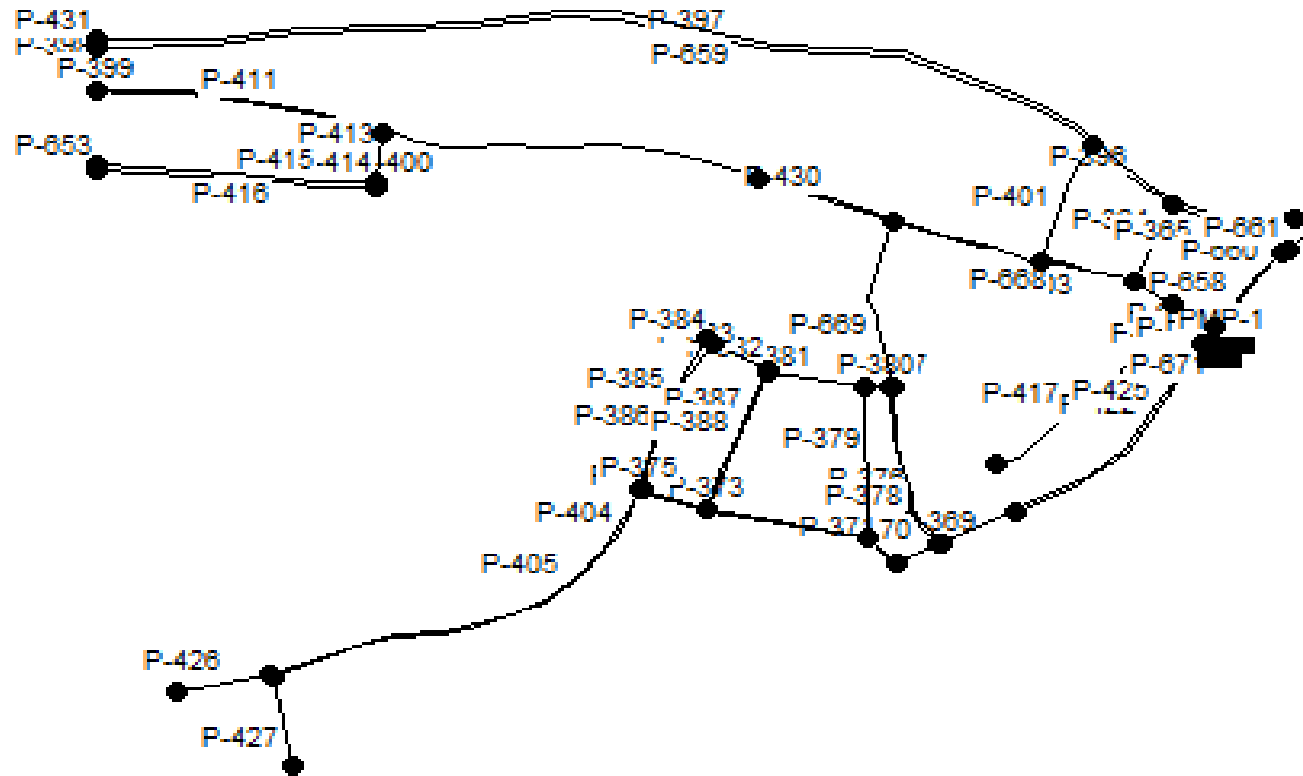
HASIL SIMULASI SEBELUM PENAMBAHAN PIPA WILAYAH KEDUNDUNG

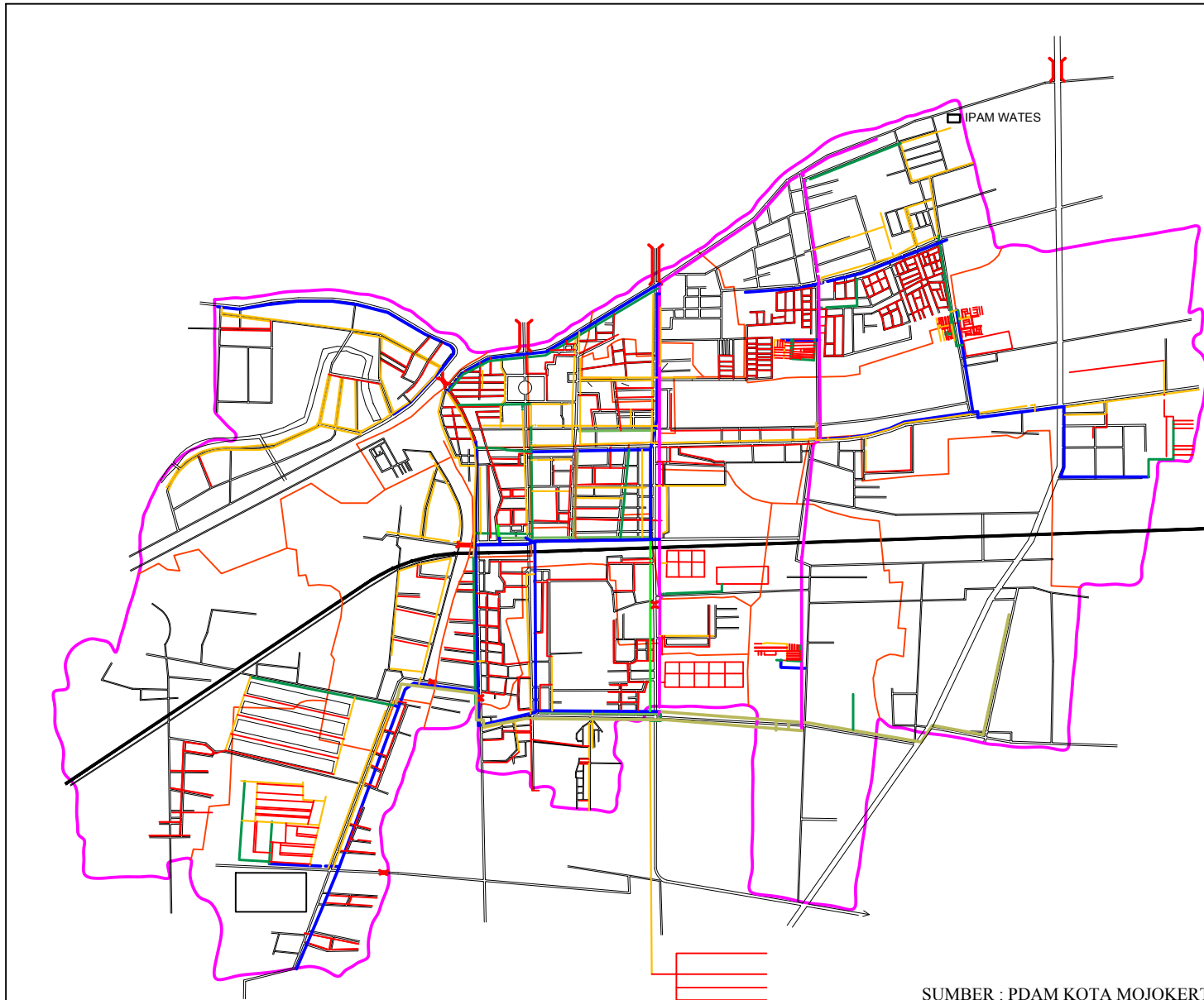


HASIL SIMULASI SETELAH PENAMBAHAN PIPA WILAYAH PULOREJO



HASIL SIMULASI SEBELUM PENAMBAHAN PIPA WILAYAH PULOREJO





LEGENDA

- Batas Kota
- Batas Kelurahan/Desa
- Jalan
- Pipa Ø 12"
- Pipa Ø 10"
- Pipa Ø 8"
- Pipa Ø 6"
- Pipa Ø 5"
- Pipa Ø 4"
- Pipa Ø 3"
- Pipa Ø 2"

TESIS

Optimalisasi Tingkat Kehilangan Air PDAM Kota Mojokerto dengan Penerapan Sistem Distric Meter Area (DMA) Ditinjau dari Aspek Teknis, Finansial dan Kelembagaan

NAMA MAHASISWA

Hidayatul Mustafidah
03211450010021

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc

JUDUL GAMBAR

Peta Jaringan Distribusi Kota Mojokerto

SUMBER : PDAM KOTA MOJOKERTO

BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 1 Maret 1992. Pendidikan formal yang telah ditempuh yaitu SD Zainuddin Sidoarjo, SMP Ulul Albab Sidoarjo, SMA Alfalah Surabaya, dan S1 Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menempuh pendidikan sarjana, penulis pernah mengikuti Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) menjadi anggota bidang Hubungan Luar (Hublu).

Pada tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan magister di jurusan Teknik Lingkungan Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Masa-masa selama menempuh pendidikan magister penulis juga menjadi konsultan di bidang lingkungan.



FORMULIR TESIS ULT-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing / Co-Pembimbing
Ujian Lisan Tesis

Hari, tanggal : Selasa, 15 Januari 2019
Jam : 13.00 - 15.00
Tempat : R. Sidang Pascasarjana DTL
KAJIAN DE IDENTIFIKASI WILAYAH KOTA MOJOKERTO
Judul Tesis : Optimalisasi Penurunan Tingkat Kehilangan Air Pda Kota Mojokerto Dengan Penerapan Jaringan Distrik Meter Area Ditinjau Dari Aspek Teknis Kelembagaan Dan Finansial
Nama Mahasiswa : Hidayatul Mustafidah
NRP : 03211450010021
Program Studi : S-2 Teknik Lingkungan ITS
Bidang Studi : Magister Teknik Lingkungan

No./Hal	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Tesis
1.	Abstrak 3 alinea menurut aturan.
2.	Judul perlu diperbaiki & kt pengantar,
3.	lek penambahan pompa & penggantian pipa.

23/2019
01 nee Mike

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KT-02 ke Sekretariat Pascasarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa pada saat asistensi dengan Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, Dipl. SE. N (.....)



FORMULIR TESIS ULT-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah
Ujian Lisan Tesis


Hari, tanggal : Selasa, 15 Januari 2019
Jam : 13.00 - 15.00
Tempat : R. Sidang Pascasarjana DTL
Judul Tesis : Optimalisasi Penurunan Tingkat Kehilangan Air Pdam Kota Mojokerto Dengan Penerapan Jaringan Distrik Meter Area Ditinjau Dari Aspek Teknis Kelembagaan Dan Finansial
Nama Mahasiswa : Hidayatul Mustafidah
NRP : 03211450010021
Program Studi : S-2 Teknik Lingkungan ITS
Bidang Studi : Magister Teknik Sanitasi Lingkungan

No./Hal	Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah Tesis
1	Ditambahkan lokasi IPDM eksisting.
2.	Bagaimana bila pipa eksisting tidak diganti dg pipa baru tapi pipa eksisting diparalet dg pipa baru ?
3:	Konsistensi penulisan "optimalisasi" di judul, tujuan, kesimpulan, dan pembahasan.
4.	Kehilangan air \neq NRW.

Formulir KT-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KT-03 ke Sekretariat Pascasarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa pada saat asistensi dengan Dosen Pengarah
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing

Dosen Pengarah :

E. Soedjono

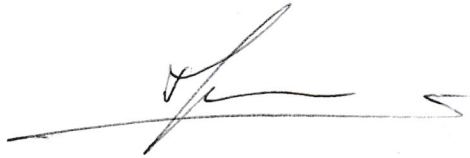




FORMULIR TESIS ULT-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah
Ujian Lisan Tesis


Hari, tanggal : Selasa, 15 Januari 2019
Jam : 13.00 - 15.00
Tempat : R. Sidang Pascasarjana DTL
Judul Tesis : Optimalisasi Penurunan Tingkat Kehilangan Air Pdam Kota Mojokerto Dengan Penerapan Jaringan Distrik Meter Area Ditinjau Dari Aspek Teknis Kelembagaan Dan Finansial
Nama Mahasiswa : Hidayatul Mustafidah
NRP : 03211450010021
Program Studi : S-2 Teknik Lingkungan ITS
Bidang Studi : Magister Teknik Sanitasi Lingkungan

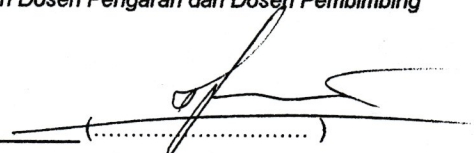
No./Hal	Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah Tesis
1.	Kehilangan air teknis ?
2.	Metode teknis penurunan kehilangan teknis
3.	Area optimum distric system

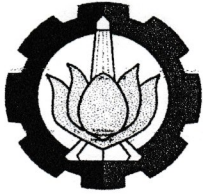

27-01-19

Formulir KT-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KT-03 ke Sekretariat Pascasarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa pada saat asistensi dengan Dosen Pengarah
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing

Dosen Pengarah :







FORMULIR TESIS ULT-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah
Ujian Lisan Tesis

Hari, tanggal : Selasa, 15 Januari 2019
Jam : 13.00 - 15.00
Tempat : R. Sidang Pascasarjana DTL
Judul Tesis : Optimalisasi Penurunan Tingkat Kehilangan Air Pdam Kota Mojokerto Dengan Penerapan Jaringan Distrik Meter Area Ditinjau Dari Aspek Teknis Kelembagaan Dan Finansial
Nama Mahasiswa : Hidayatul Mustafidah
NRP : 03211450010021
Program Studi : S-2 Teknik Lingkungan ITS
Bidang Studi : Magister Teknik Sanitasi Lingkungan

No./Hal	Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah Tesis
1,	penggantian pipa vs ⁺ pipa paralel
2.	Pompa → kelil air ↑
3.	Komponen kehilangan air? Fisik vs non fisik? Optimisasi?
4.	Lingkup penelitian 2 area → Judul?

Wahyono Hadi 22/1/19

Formulir KT-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KT-03 ke Sekretariat Pascasarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa pada saat asistensi dengan Dosen Pengarah
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing

Dosen Pengarah : Wahyono Hadi (*Wahyono Hadi*)