



**EVALUASI KEHILANGAN AIR PADA JARINGAN PIPA
PDAM UNIT GROGOL KABUPATEN KEDIRI**

SKRIPSI

Oleh

**Fery Dwi Cahyo Efendi
NIM 141910301010**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**EVALUASI KEHILANGAN AIR PADA JARINGAN PIPA
PDAM UNIT GROGOL KABUPATEN KEDIRI**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**Fery Dwi Cahyo Efendi
NIM 141910301010**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT dengan rahmat, petunjuk dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu;
2. Ayahanda Mulyadi Efendi dan Ibunda Sari tercinta yang telah memberikan pengorbanan materi, kasih sayang, dukungan, do'a, dan motivasi;
3. Guru-guruku sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi;
4. Bapak maupun Ibu Dosen Teknik Sipil Universitas Jember beserta jajarannya yang banyak memberikan ilmu dan bimbingan;
5. Almamater yang saya banggakan, Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
6. PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri.

MOTO

“Wahai orang-orang yang beriman jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu, Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.”
(Q.S. Al-Baqarah [2]: 153)*



* Grafindo, K. 1994. *Al-Qur'an dan Terjemahnya*. Semarang: Departemen Agama Republik Indonesia.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fery Dwi Cahyo Efendi

NIM : 141910301010

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Evaluasi Kehilangan Air Pada Jaringan Pipa PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Juli 2018

Yang menyatakan,



Fery Dwi Cahyo Efendi
NIM 141910301010

SKRIPSI

**EVALUASI KEHILANGAN AIR PADA JARINGAN PIPA
PDAM UNIT GROGOL KABUPATEN KEDIRI**

Oleh:

**Fery Dwi Cahyo Efendi
NIM 141910301010**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ririn Endah Badriani, S.T., M.T.

NIP. 19720528 199802 2 001

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T.

NIP. 19730127 199903 2 002

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul "Evaluasi Kehilangan Air Pada Jaringan Pipa PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri" telah di uji dan di sahkan pada

Hari : Senin

Tanggal : 16 Juli 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

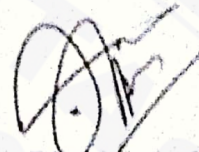
Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama



Ririn Endah Badriani, S.T., M.T.
NIP 19720528 199802 2 001

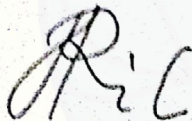
Pembimbing Anggota



Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T.
NIP 19730127 199903 2 002

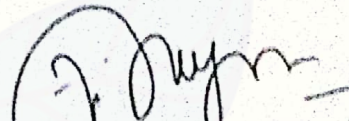
Tim Penguji:

Penguji 1,



Sri Sukmawati, S.T., M.T.
NIP 19650622 199803 2 001

Penguji 2,



Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T.
NIP 19700613 199802 2 001

Mengesahkan,

Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Evaluasi Kehilangan Air Pada Jaringan Pipa PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri; Fery Dwi Cahyo Efendi, 141910301010, 2018, 66 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Jaringan pipa distribusi yang kurang baik dapat menimbulkan berbagai macam permasalahan sehingga aliran air tidak terdistribusikan secara merata. Salah satu penyebabnya adalah tingkat kehilangan air yang tinggi akibat kebocoran dan ketidakakuratan meter pelanggan. Untuk mengatasi kendala-kendala tersebut, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap sistem jaringan distribusi air bersih.

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi tingkat kehilangan air teknis dan non-teknis dan menganalisis kondisi eksisting jaringan pipa wilayah pelayanan PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri. Penelitian ini menggunakan *software Epanet 2.0* dalam simulasi jaringan pipa kondisi eksisting, perhitungan neraca air yang didapatkan dari data primer dan sekunder yaitu konsumsi resmi dan kehilangan air secara lebih spesifik dan metode ILI (*Infrastructure Leakage Index*). Nilai ILI dianalisis dengan menggunakan Tabel Matriks Target Kehilangan Air.

Hasil simulasi program *Epanet 2.0* diperoleh jam puncak pemakaian air pada pukul 07.00 dan pukul 16.00, tekanan tertinggi yaitu 38,72 m dan 38,93 m sedangkan tekanan terendah yaitu 2,41 dan 2,43 m. Adapun jam pemakaian air terendah pada pukul 10.00, tekanan tertinggi yaitu 41,84 m sedangkan tekanan terendah yaitu 2,61 m. Hasil perhitungan neraca air debit rata-rata yang masuk pada tahun 2017 didapat nilai NRW sebesar 57.312 m³/tahun (27,45%) dan persentase kehilangan air dari meter air pelanggan diperoleh ketidakakuratan meter sebesar 7.515 m³/tahun (3,6%). Berdasarkan nilai ILI untuk tekanan rata-rata 16,5 m sebesar 6,78 (nilai kebocoran 100–200 l/sambungan.hari) termasuk golongan B.

SUMMARY

Evaluation of Water Loss on Pipe Network of PDAM Grogol Unit Kediri Regency; Fery Dwi Cahyo Efendi, 141910301010, 2018, 66 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Distribution network pipe can cause various problems so that the water flow is not distributed evenly. The one cause is the high water loss rate due to leakage and inaccuracy of customer meters.. To overcome these obstacles, it is necessary to evaluate the water distribution network system.

The purpose of this research are to evaluate the level technical and non-technical of water loss and to analyze the existing condition of service pipe network in PDAM Grogol Unit Kediri Regency. This research uses Epanet 2.0 software in simulation of the existing pipe network condition, water balance calculation obtained from primary and secondary data that is official consumption and water loss more specifically and method of ILI (Infrastructure Leakage Index). ILI values were analyzed using the Water Loss Target Matrix Table.

The results of the simulation Epanet 2.0 program obtained peak hours of water use at 07.00 and at 16.00, the highest pressure of 38.72 m and 38.93 m while the lowest pressure of 2.41 and 2.43 m. The lowest hours of water use at 10.00, the highest pressure is 41.84 m while the lowest pressure is 2.61 m. The result of calculation of balance of water of the average discharge entering in year 2017 got NRW value equal to 57.312 m³ (27,45%) and percentage of water loss from customer water meter obtained inaccuracy meter equal to 7,515 m³/year (3,6%). Based on ILI values for an average pressure of 16.5 m at 6.78 (leakage value of 100-200 l/connection.day) belongs to class B.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Evaluasi Kehilangan Air Pada Jaringan Pipa PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Ir. Hernu Suyoso, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
3. Ibu Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Jember;
4. Ibu Ririn Endah Badriani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, membimbing dengan tulus dan memberikan masukan dalam penyusunan skripsi ini;
5. Ibu Sri Sukmawati, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Ibu Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota atas masukan yang bermanfaat dalam penyusunan skripsi ini;
6. Bapak M. Farid Ma'ruf, ST., MT., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa;
7. Ayahanda Mulyadi Efendi, Ibunda Sari, Mbak Lita dan Adek Wulan beserta keluarga besar di Madura yang telah memberikan dukungan dan doa demi terselesainya skripsi ini;
8. PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri yang telah membantu dan memberikan pengetahuan serta bimbingan demi terselesainya skripsi ini;
9. Wulandari Eka Ariska dan Bastian Sanjaya Sinaga yang senantiasa menemani dan menjadi *partner* baik dalam proses pengerjaan skripsi ini hingga selesai;

10. Teman-teman terbaik Syahrul, Imam, Adel, Desy, April, Diah, Oliv, Ela, Pujo, Sofi, Romi, Satrio, Ma'ruf tanpa terkecuali, teman-teman angkatan sipil 2014, sipil 2015, sipil 2016 yang telah menghabiskan waktu bersama selama kuliah dan memberikan semangat selama ini;
11. Sahabat-sahabat terbaik Ario, Farhan, Yudo, Ateng yang telah banyak menjadi kawan dan saudara selama ini;
12. Keluarga besarku UKM-O "ESTER" Fakultas Teknik Universitas Jember dan KKN CINOP 09 yang telah menginspirasi, mendoakan, memberikan semangat serta motivasi selama ini;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis hanya dapat berdoa semoga Allah Swt. memberikan balasan yang berlipat ganda atas budi baik yang telah diberikan. Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca umumnya.

Jember, 16 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Standart Kebutuhan Air	4
2.2 Kehilangan Air	6
2.2.1 Definisi Kehilangan Air	6
2.2.2 Persentaase Kehilangan Air	6
2.2.3 Bentuk Kehilangan Air	7
2.2.4 Sumber Kehilangan Air	9
2.2.5 Kerugian Akibat Kehilangan Air	11
2.3 Neraca Air	13

2.4 <i>Infrastructure Leakage Index</i> (ILI)	16
2.4.1 Penghitungan Indeks Kehilangan Infrastruktur (<i>Infrastructure Leakage Index</i>).....	18
2.5 Kehilangan Tekanan.....	19
2.6 Kalibrasi Model.....	21
2.7 Pengukuran Elevasi Muka Tanah Menggunakan <i>Waterpass</i>	22
2.8 Diameter Pipa.....	23
2.9 Analisis Jaringan Pipa Menggunakan <i>Epanet 2.0</i>	23
2.10 Penelitian Terdahulu.....	24
BAB 3. METODE PENELITIAN	27
3.1 Lokasi Penelitian.....	27
3.2 Alat	28
3.3 Metode.....	28
3.4 Metode Pengumpulan Data	28
3.3.1 Tahap Persiapan	28
3.3.2 Survei Lapangan	28
3.3.4 Pengumpulan Data	28
3.5 Analisis Data	29
3.6 Simulasi Jaringan Pipa Distribusi dengan <i>Epanet 2.0</i>	30
3.7 Diagram Alur Penelitian.....	33
3.8 Diagram Alur <i>Software Epanet 2.0</i>	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Analisis Kondisi Eksisting	35
4.4.1 Analisis Produksi Air	35
4.4.2 Analisis Kebutuhan Air Bersih	37
4.2 Elevasi Muka Tanah Jaringan Pipa	40
4.3 Penentuan Blok dan <i>Tapping</i> Pelayanan.....	41
4.4 Simulasi Jaringan Pipa Kondisi Eksisting Menggunakan <i>Epanet 2.0</i>	43
4.5 Kalibrasi Data	48
4.5.1 Kalibrasi Tekanan	48

4.5.2 Kalibrasi Debit	49
4.6 Analisis Kehilangan Air	49
4.6.1 Persentase Kehilangan Air dari Meter Pelanggan.....	52
4.6.2 Kehilangan dalam Rupiah.....	57
4.7 Penghitungan Neraca Air	57
4.8 Penghitungan NRW Menggunakan ILI (<i>Infrastructure Leakage Index</i>)	59
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1	Standart Kebutuhan Penggunaan Air Berdasarkan Tempat Tinggal.....4
2.2	Kriteria Pemakaian Air Bersih5
2.3	Neraca Air 13
2.4	Matriks Target Kehilangan Fisik..... 17
2.5	Koefisien Kekasaran Dinding Pipa 19
2.6	Koefisien (K) Kehilangan <i>Minor</i>20
2.7	Diameter Pipa PVC Standart AW22
2.8	Penelitian Terdahulu.....24
4.1	Debit Produksi IPA PDAM Unit Grogol tahun 2017.....34
4.2	Debit Pemakaian Air PDAM Unit Grogol tahun 201736
4.3	Rata-rata Pemakaian Air Tiap Wilayah tahun 2017.....37
4.4	Kebutuhan Air Eksisting.....38
4.5	Debit per Blok Wilayah Pelayanan40
4.6	Data akurasi meter di Kecamatan Banyakan Desa Tiron52
4.7	Data akurasi meter di Kecamatan Banyakan Desa Manyaran53
4.8	Data akurasi meter di Kecamatan Banyakan Desa Parang54
4.9	Data akurasi meter di Kecamatan Grogol Desa Grogol54
4.10	Data akurasi meter di Kecamatan Banyakan Desa Jatirejo55
4.11	Data akurasi meter di Kecamatan Banyakan Desa Maron + Banyakan56
4.12	Rekapitulasi data akurasi meter56
4.13	Perhitungan Neraca Air60
4.14	Data Tekanan pada PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri 61

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Letak Kecamatan Banyakan Kabupaten Kediri	26
3.2 Peta Jaringan Pipa PDAM Unit Grogol.....	31
3.3 Diagram alur penelitian	32
3.4 <i>Flowchart Software Epanet 2.0</i>	33
4.1 Grafik Debit Produksi IPA PDAM Unit Grogol.....	35
4.2 Grafik <i>Time Pattern</i>	35
4.3 Grafik Pola Pemakaian Air Tiap Sambungan Rumah Tahun 2017	37
4.4 Detail Peta Blok Pelayanan PDAM Unit Grogol.....	41
4.5 Model Jaringan Pipa PDAM Unit Grogol dengan <i>Epanet 2.0</i>	43
4.6 Hasil <i>Running Epane 2.0</i> Kondisi Eksisting.....	44
4.7 Grafik Tekanan 14 Jam Kondisi Eksisting	45
4.8 Grafik Kecepatan 14 Jam Kondisi Eksisting	46
4.9 Hasil Kalibrasi Tekanan (<i>Pressure</i>)	47
4.10 Hasil Kalibrasi Debit (<i>Flow</i>).....	48
4.11 Grafik Perbandingan Rata-rata Kehilangan Air (2013 – 2017).....	49
4.12 Grafik Perbandingan Kehilangan Air per Bulan Tahun 2017.....	50
4.13 Detail Peta Kehilangan Air Dari Meter Pelanggan	55

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Rekapitulasi Pengukuran Elevasi Jaringan Pipa	67
4.2 Rekapitulasi Pemakaian Air Pelanggan PDAM Unit Grogol Tahun 2017	73
4.3 Hasil Analisis <i>Nodes</i> Eksisting (<i>Nodes at 7:00 Hrs</i>).....	76
4.4 Hasil Analisis <i>Nodes</i> Eksisting (<i>Nodes at 16:00 Hrs</i>).....	81
4.5 Hasil Analisis <i>Links</i> Eksisting (<i>Links at 7:00 Hrs</i>)	87
4.6 Hasil Analisis <i>Links</i> Eksisting (<i>Links at 16:00 Hrs</i>).....	92
4.7 Hasil Simulasi <i>Epanet 2.0</i> kondisi eksisting.....	92
4.8 Hasil Simulasi <i>Epanet 2.0</i> kondisi eksisting (Lanjutan)	92

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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

Berbagai faktor yang mempengaruhi kondisi pelayanan air minum yang tidak merata sehingga menyebabkan air yang diterima masyarakat belum memenuhi standar kualitas air minum. Kehilangan air atau Non Revenue Water (NRW), telah menjadi permasalahan umum bagi lembaga penyedia air, seperti halnya Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Tingkat kehilangan air yang tinggi juga menjadi alasan tidak meratanya pelayanan air bersih ke masyarakat. Hal ini dapat terjadi ketika air yang didistribusikan ke pelanggan namun karena berbagai alasan seperti kebocoran, tidak diukur atau dicatat secara akurat sehingga menyebabkan terjadinya kesalahan dalam jumlah konsumsi pelanggan. Hal ini merupakan salah satu permasalahan manajemen air minum yang juga masih sering terjadi di Indonesia.

Kerugian yang diakibatkan air tak berekening pada PDAM seluruh Indonesia, berdasarkan catatan Perpamsi tahun 2012, mengakibatkan kerugian sampai Rp 1,43 triliun. Selain merugikan secara finansial, NRW juga menyebabkan berkurangnya volume suplai air dan terganggunya tekanan air ke pelanggan. Hasil identifikasi NRW pada 371 PDAM di tahun 2016 (BPPSPAM), terdapat 39 PDAM dengan NRW di bawah 20%, sisanya 332 PDAM dengan NRW diatas 20%, dan PDAM Kabupaten Kediri memiliki NRW 30-40%. (Buku Kinerja PDAM, 2016)

Berdasarkan data dari PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri yang menunjukkan sumber air baku saat ini di intake Sungai Ngleyangan yang berkapasitas debit 20 L/detik dan tingkat kehilangan air hingga November 2016 sebesar 32%. Hal ini telah melebihi standar nasional tingkat kehilangan air yaitu 20%. Oleh karena itu jaringan pipa yang ada di PDAM Unit Grogol yang berfungsi mendistribusikan air bersih untuk memenuhi kebutuhan masyarakat perlu dilakukan evaluasi kembali Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) di wilayah pelayanan Kecamatan Banyakan dan Grogol terhadap perencanaan semula sehingga dapat ditemukan penyebab dan solusi yang tepat dalam menyelesaikan masalah tersebut.

Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kehilangan air, dan mengetahui tekanan pipa kondisi eksisting untuk lingkup wilayah pelayanan PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri dengan menganalisis menggunakan program Epanet 2.0.

1.2 Perumusan Masalah

1. Berapa tekanan pipa kondisi eksisting di wilayah pelayanan PDAM Unit Grogol dengan *Epanet 2.0* ?
2. Berapakah persentase kehilangan air dari meter pelanggan di wilayah pelayanan PDAM Unit Grogol ?
3. Berapakah tingkat kehilangan air di wilayah pelayanan PDAM Unit Grogol tahun 2017 dengan perhitungan *water balance* (neraca air) dan menggunakan *Infrastructure Leakage Index (ILI)* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui tekanan pipa kondisi eksisting di wilayah pelayanan PDAM Unit Grogol dengan menggunakan *software Epanet 2.0*.
2. Mengetahui persentase kehilangan air dari meter pelanggan di wilayah pelayanan PDAM Unit Grogol.

3. Mengetahui tingkat kehilangan air di wilayah pelayanan PDAM Unit Grogol pada tahun 2017 dengan perhitungan *water balance* (neraca air) dan menggunakan *Infrastructure Leakage Index* (ILI).

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mampu menemukan solusi dan rekomendasi pengendalian kehilangan air di PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri.
2. Sebagai evaluasi dan masukan terkait kehilangan air bagi PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri.
3. Sebagai optimalisasi pelayanan air bersih PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri.

1.5 Batasan Masalah

1. Perhitungan meliputi kebutuhan air dan persentase kehilangan air pelanggan pada tahun 2017.
2. Analisis data diperoleh berdasarkan data dari PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri tahun 2017.
3. Penelitian ini tidak membahas tentang cara pengendalian kehilangan air yang terjadi di PDAM Unit Grogol.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Standart Kebutuhan Air

Penggunaan air untuk masing-masing komponen secara pasti sulit untuk dirumuskan, sehingga dalam perencanaan atau perhitungan sering digunakan asumsi atau pendekatan-pendekatan berdasarkan kategori kota, yang ditampilkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Standar Kebutuhan Penggunaan Air Berdasarkan Tempat Tinggal

Kategori	Ukuran Kota	Kebutuhan air/ lt / orang / hari
I	Kota Metropolitan	190
II	Kota Besar	170
III	Kota Sedang	130
IV	Kota Kecil	100
V	Kota Pedesaan	80

Sumber : DPU Dirjen Cipta Karya, 2000

Adapun kriteria tingkat kebutuhan air pada masyarakat dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Kebutuhan air rata-rata, yaitu penjumlahan kebutuhan total (domestik dan non domestik) ditambah dengan kehilangan air.
2. Kebutuhan harian maksimum, yaitu kebutuhan air terbesar dari kebutuhan rata-rata harian dalam satu minggu.
3. Kebutuhan air pada jam puncak, yaitu pemakaian air tertinggi pada jam-jam tertentu selama periode satu hari.

Kebutuhan harian maksimum dan jam puncak sangat diperlukan dalam perhitungan besarnya kebutuhan air bersih, dimana tiap-tiap kota berbeda tergantung pada pola konsumsi air masyarakatnya. Untuk itu, besarnya kebutuhan air dibedakan menjadi dua kategori yaitu kebutuhan domestik dan non domestik. Kriteria pemakaian air bersih domestik dan non domestik ditampilkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Kriteria Pemakaian Air Bersih

No	Parameter	Kota			
		Metro	Besar	Sedang	Kecil
1	Kebutuhan Domestik (tingkat pemakaian air) : • Sambungan rumah (lt/org/hari)	190	170	150	130
2	Kebutuhan Non Domestik : • Industri (lt/det/ha) - Berat - Sedang - Ringan • Komersial (lt/det/ha) - Pasar - Hotel (lt/kamar/hari) □ Lokal □ Internasional • Sosial dan institusi - Sekolah (lt/siswa/hari) - Masjid (m ³ /hari/unit) - Rumah Sakit (m ³ /hari/unit) - Puskesmas (lt/hari) - Kantor (lt/pegawai/hari) - Militer (m ³ /hari/unit)		0,25 – 0,50 0,10 – 0,25 0,05 – 0,10 0,10 – 1,00 400 1.000 15 1 – 2 1 – 2 400 10 10		
3	Kehilangan Air	10% x Kebutuhan rata-rata			

Sumber : Rispam Kabupaten Kediri, 2015

Dalam memenuhi kebutuhan air domestik, data debit PDAM dirubah menjadi kebutuhan per unit per hari. Menghitung kebutuhan air untuk kebutuhan domestik dihitung berdasarkan persamaan 2.1.

$$Debit\ per\ unit = \frac{D \times 1000\ L/m^3}{N \times S} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

D = rata-rata pemakaian pemakaian air per bulan (m³/unit)

N = jumlah hari dalam 1 bulan

S = jumlah orang/SR

2.2 Kehilangan Air

2.2.1 Definisi Kehilangan Air

Masalah kehilangan air (*Unaccounted For Water*) masih merupakan salah satu masalah yang sangat besar bagi pengelola air minum di Indonesia. Tingkat kebocoran jaringan pipa sulit diukur secara teliti. PDAM pada umumnya menggunakan selisih antara produksi dan penjualan untuk melukiskan efektifitas pelayanan air minum dan efisiensi dalam upaya penurunan kehilangan air. Air yang bocor dari sistem penyediaan air, kesalahan meteran air, sambungan-sambungan yang tidak sah dan hilangnya air yang tidak diketahui penyebabnya digolongkan sebagai kehilangan dan pemborosan (*loss and waste*) (R. K Linsley & B. J. Franzini, 1985).

Kehilangan air (Sari, 1999) berarti perbedaan jumlah air yang masuk ke dalam sistem penyediaan air bersih (*water supply system*) dengan jumlah air yang tercatat. Jenis kehilangan air dapat diklasifikasikan menjadi:

a. Kehilangan air yang tercatat / dapat dicatat

Kehilangan jenis ini misalnya pemakaian air untuk pengurusan pipa, pemakaian *fire hydrant*, pemakaian air untuk fasilitas keindahan kota, pemakaian air untuk penggunaan sosial yang tidak terbayar dan lain-lain.

b. Kehilangan air yang tak tercatat

Contoh kehilangan air jenis ini adalah kebocoran air pada jaringan pipa distribusi, pemakaian air konsumen yang tidak tercatat oleh meter karena meter rusak atau tidak teliti, pembuatan rekening yang salah dan sebagainya.

2.2.2 Persentase Kehilangan Air

Kehilangan air dalam hal ini sama dengan jumlah air tidak terbayar yang besarnya dihitung dari jumlah air yang didistribusikan dikurangi jumlah air yang terbayar atau terjual. Pada umumnya besarnya kehilangannya melebihi batas kewajaran (20%).

Jumlah kehilangan air yang diperoleh menurut batas-batas efisiensi dan ekonomi perusahaan (batas kewajaran):

- | | |
|---------------------------------------|--------|
| a) Kebocoran pada sistem distribusi | = 5% |
| b) Ketelitian pengukuran meter air | = 3-5% |
| c) Kebocoran pipa konsumen | = 5% |
| d) Pemakaian operasi dan pemeliharaan | = 3% |
| e) Kehilangan air non fisik | = 2% |

18 – 20% (Akatirta, 2012)

Pengukuran tekanan dengan menggunakan manometer. Manometer diletakkan pada awal, pertengahan dan ujung pipa distribusi untuk setiap jam selama 14 jam. Kemudian dari hasil survei ini akan diambil tekanan rata-rata agar dapat mengetahui tingkat kebocoran yang terjadi sesuai dengan Tabel Matriks Target. Debit di dapatkan dari jumlah air yang didistribusikan sesuai dengan pembacaan pada meter induk.

Akurasi water meter dilakukan dengan mengakurasi beberapa sampel air pelanggan daerah layanan PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri. Penghitungan meter air pelanggan dengan menggunakan gelas ukur yaitu pertama yang harus kita sediakan yaitu gelas ukur 1000 ml. Keran air pada rumah tangga dan meteran pelanggan, selanjutnya kita mengisi air keran ke dalam gelas ukur sampai penuh dan apabila angka yang ditunjukkan pada meter pelanggan kurang dari 1000 ml sedangkan jumlah air yang dikeluarkan dalam gelas ukur 1000 ml, maka PDAM mengalami kerugian.

Menghitung persen/besarnya kehilangan air dari meter air pelanggan, dihitung berdasarkan persamaan 2.2.

$$H = \frac{\text{Selisih angka meter air}}{\text{Jumlah sampel}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Menghitung persen/besarnya kehilangan air, dihitung berdasarkan persamaan 2.3 (Tornton, 2008)

$$H = \frac{D-K}{D} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

H = kehilangan air (%)

D = jumlah air yang didistribusikan (m^3)

K = jumlah air yang tercatat dalam rekening tagihan (m^3)

2.2.3 Bentuk Kehilangan Air

Kehilangan air ini juga dapat dibagi menjadi (Ristiarini, 1999):

1. Kehilangan Air Fisik

Kehilangan air fisik adalah kehilangan air yang secara fisik/nyata terbuang keluar dari sistem distribusi sehingga tidak dapat dimanfaatkan, misalnya kebocoran air pada pipa distribusi, kebocoran air pada pipa dinas atau kebocoran air pada katup. Kehilangan air ini pada umumnya tergolong kehilangan air tidak tercatat. Penyebab kehilangan air fisik merupakan faktor teknis yang sering terjadi pada sistem penyediaan air bersih, terutama pada jaringan-jaringan pipa yang sudah berumur tua, tetapi juga sering terjadi pada jaringan-jaringan pipa yang masih baru, dimana karena kelalaian pemasangan dan kualitas pipa yang digunakan akan menyebabkan kebocoran pipa. Macam-macam kehilangan air fisik, yaitu:

1) Kebocoran pada Pipa Transmisi dan Distribusi :

- a. Kebocoran pada badan pipa.
- b. Kebocoran pada alat sambung.
- c. Kebocoran pada air *valve*.
- d. Kebocoran pada *gate valve*.
- e. Perbaikan pipa.
- f. Pengurasan pipa.

2) Kebocoran pada Pipa Dinas :

- a. Kebocoran pada badan pipa.
- b. Kebocoran pada sambungan dan aksesoris.
- c. Kebocoran pada *water meter*.

3) Kebocoran pada Reservoir atau Tangki :

- a. Kebocoran pada bangunan *reservoir*.

- b. *Overflow*.
- c. Kebocoran pada peralatan.

2. Kehilangan Non Fisik

Kehilangan air non fisik tidak dapat terlihat atau tidak dapat diperhitungkan dalam proses penagihan. Sebagian besar kehilangan air non fisik disebabkan oleh faktor-faktor non teknis yang sulit dilacak maupun ditanggulangi karena menyangkut masalah kompleks baik di dalam maupun di luar PDAM itu sendiri. Kehilangan air dapat merupakan kehilangan air yang tercatat maupun yang tidak. Merupakan kehilangan air yang terpakai tetapi tidak dipertanggungjawabkan penggunaannya karena berbagai alasan. Beberapa contoh kehilangan air non fisik adalah:

1. Kesalahan membaca meteran.
2. Pencatatan angka meteran pelanggan yang tidak sesuai dengan semestinya, misalnya karena aliran air terlalu kecil atau karena ketidakteelitian meter air.
3. Kesalahan-kesalahan pembuatan rekening air.
4. Adanya sambungan liar.

2.2.4 Sumber Kehilangan Air

Pada dasarnya sumber-sumber kehilangan air sama pada setiap sistem, potensinya untuk menghasilkan kehilangan air juga tergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhinya (Ferijanto, 2007). Sumber-sumber kehilangan air antara lain:

1. Meter Air

a) Fungsi Meter Air

Meter air digunakan pada sistem penyediaan air bersih dengan tujuan, yaitu:

1. Untuk mengetahui jumlah produksi air.
2. Untuk mengetahui besar pemakaian air keperluan pelanggan.
3. Untuk mengetahui besar pemakaian air konsumen, termasuk kepentingan social.

4. Untuk dapat memperhitungkan tarif air.
5. Untuk dapat memperhitungkan rekening pelanggan.
6. Untuk memperkirakan besar kehilangan air dari sistem instalasi keseluruhan.
7. Untuk keperluan penelitian/pengendalian.

b) Ketelitian Meter Air

Hasil pengujian menunjukkan bahwa meter air tidak selalu dapat diandalkan kebenarannya. Ternyata untuk beberapa kondisi sistem pengaliran air, meter air memperlihatkan kekurangtelitian saat beroperasi. Disamping kecepatan aliran, yang dapat mempengaruhi ketelitian meter air adalah udara. Sebuah instalasi penyaluran air minum yang bekerja secara periodik, pada saat operasi berhenti, maka sejumlah udara akan masuk ke dalam pipa distribusi dari celah sambungan pipa, katup yang tidak tertutup sempurna atau dari pipa yang bocor. Aliran udara dalam meter air akan memutar dial meter dengan cepat. Peristiwa ini sering ditemui di lapangan pada meter air konsumen.

Tekanan yang bekerja pada pipa akan menentukan kecepatan aliran dalam pipa dan akan mempengaruhi besarnya *starting flow*. *Starting flow* adalah debit aliran terkecil yang diperlukan untuk dapat menggerakkan alat penghitung meter air. Kecepatan aliran di bawah *starting flow* akan mengakibatkan air tidak tercatat pada meter air.

2. Pipa Transmisi dan Distribusi

Kehilangan air pada pipa transmisi sering terjadi karena adanya kebocoran yang dipengaruhi oleh tekanan di dalam dan di luar pipa yang tidak seimbang. Beberapa hal yang mempengaruhi adalah konstruksi pemasangan, penyambungan serta kualitas material yang digunakan dan usia dari pipa. Pada pipa distribusi yang mengalirkan air kepada pelanggan, kehilangan air sangat besar karena banyaknya pipa-pipa kecil yang potensial sebagai sumber kebocoran.

a) Tekanan

Dalam kehilangan air, tekanan dalam pipa merupakan indikator terjadinya suatu kebocoran fisik pada jaringan distribusi. Tekanan yang besar dalam pipa

akan mengakibatkan udara di dalam pipa, udara yang terakumulasi dalam pipa akan mempengaruhi perputaran propeller dalam meter air (Ferijanto, 2007).

b) Konstruksi

Sambungan antar pipa ataupun dengan fitting harus kokoh. Pada lokasi penyeberangan perlu adanya jembatan pipa atau penyangga serta angker blok pada lokasi-lokasi rawan untuk meredam gaya-gaya dari luar. Penimbunan lapisan paling bawah dengan pasir, kerikil, dan dipadatkan dengan tanah. Sebelum penimbunan secara permanen, terlebih dahulu dilakukan pengetesan tekanan pada pipa.

c) Beban

Adanya getaran lalu lintas dan beban dari luar seperti kendaraan akan mengakibatkan beban yang dipikul pipa semakin besar. Beban ini dapat direduksi dengan cara penimbunan pipa yang mengikuti peraturan. Beban yang dipikul pipa akan semakin kecil pengaruhnya jika pemasangan pipa dilakukan dengan baik.

d) Korosi

Korosi internal merupakan proses korosi di dalam pipa akibat proses kimia antara air dengan pipa logam, sehingga pipa akan mudah retak/pecah jika beban bertambah atau tekanannya yang bertambah. Pengaruh kualitas air dapat menyebabkan korosi.

3. Sambungan Liar (*Illegal Connection*)

Sambungan yang terjadi dengan menapping pipa pelayanan tanpa diketahui pihak PDAM. Tujuannya agar pemakaian air tidak tercatat sehingga tidak perlu membayar beban rekening.

4. Kesalahan Administrasi

Administrasi kurang tertib, seperti penagihan yang kurang tertib dan tidak menurut sistem yang telah ditetapkan, proses pembacaan meter air, pencatatan meter, kesalahan pada pembukuan lainnya, proses pembuatan rekening ataupun karena petugas pembaca meter tidak membacanya. Pemakaian untuk infrastruktur, hidran, taman-taman kota seringkali tidak diketahui secara pasti karena tidak ada meter air. Kesalahan administrasi akan mengacaukan dan sulit untuk

dikendalikan. Jumlah pemakaian air menjadi tidak sesuai dengan kenyataan di lapangan, sehingga air yang didistribusi dengan yang terpakai menjadi tidak jelas.

2.2.5 Kerugian Akibat Kehilangan Air

Secara garis besar kerugian akibat kehilangan air dapat dikelompokkan menjadi 4, antara lain:

1. Kerugian dari segi Kuantitas Air

Dengan adanya kehilangan air maka jumlah air yang dapat digunakan oleh konsumen Perusahaan Air Minum menjadi berkurang.

2. Kerugian dari segi Tekanan Air

Dengan adanya kehilangan air (khususnya akibat kebocoran pada pipa) distribusi dan adanya sambungan yang tidak tercatat, maka hal ini akan mengakibatkan bertambahnya kebutuhan akan air minum yang selanjutnya akan mengakibatkan berkurangnya tekanan air pada sistem distribusi, termasuk tekanan air pada konsumen.

3. Kerugian dari segi Kualitas Air

Akibat kehilangan air ini (termasuk akibat kebocoran air pada pipa distribusi). Maka keadaan ini dapat mengakibatkan pengaruh terhadap kualitas air yang sampai ke konsumen. Dengan adanya kebocoran air, maka pada saat pipa tidak berisi air atau terjadi tekanan negatif, ada kemungkinan kotoran dari luar pipa masuk ke dalam pipa, sehingga terjadi kontaminasi air.

4. Kerugian dari segi Keuangan

Akibat kehilangan air ini, maka Perusahaan Daerah Air Minum akan mendapat kerugian dari segi keuangan. Kerugian keuangan akibat kehilangan air, antara lain:

- a. Biaya produksi per meter kubik air akan meningkat.
- b. Jumlah air yang dijual menjadi kecil, pendapatan hasil penjualan air juga makin kecil.
- c. Jumlah air yang diproduksi harus ditambah untuk menutupi air yang hilang.

- d. Makin lama kehilangan air tersebut dibiarkan, maka akan makin besar pula biaya yang diperlukan untuk mengurangi biaya kehilangan air tersebut. (Akatirta, 2012)

2.3 Neraca Air

Neraca air merupakan perhitungan kehilangan air yang diusulkan oleh IWA (*International Water Association*) pada konferensi di Berlin tahun 2001. Neraca air atau bentuk sederhana dalam audit kehilangan air yaitu memahami seberapa besar air yang memasuki sistem memahami penggunaan air dan air yang hilang. Neraca air adalah bentuk audit air yang paling sederhana, di mana:

$$\text{Input Sistem} = \text{Konsumsi Air} + \text{Air Tak Berekening}$$

Neraca air ini sangat penting karena dapat dijadikan sebagai kerangka dalam menilai kondisi kehilangan air dalam PDAM, sebagai *benchmarking* dan komunikasi antar PDAM, sebagai alat dalam merencanakan dalam strategi penurunan kehilangan air di PDAM. Dalam Buku Pedoman Penurunan *Non-Revenue Water* (NRW) Atau Air Tak Berekening (ATR) Departemen Pekerjaan Umum BPPSPAM program bantu untuk menghitung neraca air untuk menghitung neraca air menggunakan “*WB-EasyCalc*” yang diterbitkan oleh *Limberger and Partener*.

Peristilahan neraca air yang saat ini baku telah banyak digunakan di negara- negara lain, telah juga diadopsi dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18 Tahun 2007. Penggunaan neraca air yang sudah dibakukan peristilahannya maupun perhitungannya, membuat kehilangan air pada suatu PDAM atau pengelola dibandingkan dengan PDAM atau pengelola lain, bahkan dari satu negara dengan negara lain bisa dibandingkan. (Sutjahjo, 2014). Selengkapnya neraca air dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Neraca Air

Volume Suplai Input ke dalam Sistem	Konsumsi Resmi	Konsumsi Resmi Berekoning	Konsumsi Bermeter Berekoning	Air Berekoning (ABR)
			Konsumsi Bermeter Tak Berekoning = Estimasi meter pelanggan rusak	
		Konsumsi Resmi Tak Berekoning	Konsumsi Bermeter Tak Berekoning = Pemakaian pada instansi tertentu	Air Tak Berekoning (ATR/NRW)
			Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekoning = Penggunaan air oleh pemadam kebakaran dan Pencucian pipa	
	Kehilangan Air	Kehilangan Air Non Fisik / Teknis	Konsumsi Tak Resmi = Pemakaian illegal / Sambungan Liar	
			Ketidak Akuratan Meter dan Kesalahan Penanganan Data	
		Kehilangan Air Fisik / Teknis	Kebocoran pada pipa distribusi dan transmisi	
			Kebocoran dan luapan dari tangki-tangki penyimpanan perusahaan air minum	
		Kebocoran di pipa dinas hingga ke meter pelanggan		

Sumber : IWA, 2001

Adapun pengertian dari istilah-istilah neraca air pada Tabel 2.3 diatas (Farley *et al.*, 2008), yaitu :

1. Volume Input Sistem (*System Input Volume*)
Input volume tahunan ke dalam sistem penyediaan air bersih.
2. Konsumsi Resmi (*Authorised Consumption*)

Volume tahunan air bermeter dan tidak bermeter dari pelanggan yang terdaftar, pemasok air dan lain-lain yang secara implisit atau eksplisit mempunyai kewenangan untuk mengambil air (misalnya air yang digunakan di kantor-kantor pemerintah atau hidran pemadam kebakaran). Ini mencakup air yang diekspor dan kebocoran serta luapan setelah meter pelanggan.

3. Kehilangan Air (*Water Losses*)
Selisih antara Volume Input Sistem dan Konsumsi Resmi. Kehilangan Air terdiri dari Kehilangan Air Non Fisik dan Kehilangan Air Fisik.
4. Konsumsi Resmi Berekening (*Billed Authorised Consumption*)
Komponen-komponen Konsumsi Resmi yang berekening (ditagih) dan menghasilkan pemasukan juga dikenal sebagai Air Berekening (*Revenue Water*).
5. Konsumsi Resmi Tak Berekening (*Unbilled Authorised Consumption*)
Komponen-komponen Konsumsi Resmi yang sah namun tidak berekening (tidak ditagih) dan oleh karena itu tidak menghasilkan pemasukan.
6. Kehilangan Air Non Fisik/Komersial (*Commercial Losses*)
Mencakup semua jenis ketidakakuratan yang berkaitan dengan meter pelanggan serta kesalahan-kesalahan penanganan data (pembacaan meter dan penagihan), serta konsumsi yang tidak resmi (pencurian atau penggunaan ilegal).
7. Kehilangan Air Fisik (*Physical Losses*)
Kehilangan air fisik dari sistem bertekanan dan tangki penyimpanan perusahaan air minum, hingga pemanfaatan oleh pelanggan. Dalam sistem-sistem bermeter, ini merupakan meter pelanggan sementara dalam situasi tidak bermeter ini merupakan titik penggunaan pertaman (stop keran/keran) di dalam properti.
8. Konsumsi Bermeter Berekening (*Billed Metered Consumption*)
Semua konsumsi bermeter yang juga berekening. Ini mencakup semua kelompok pelanggan seperti rumah tangga, komersial, industri atau lembaga dan juga mencakup air yang disalurkan melintasi batas operasional (air diekspor) yang bermeter dan berekening.
9. Konsumsi Bermeter Tak Berekening (*Billed Unmetered Consumption*)
Semua konsumsi berekening yang dihitung berdasarkan pada estimasi atau norma-norma namun tidak bermeter. Ini bisa merupakan satu komponen yang sangat kecil dalam sistem-sistem yang bermeter secara penuh (misalnya penagihan berdasarkan pada estimasi untuk jangka waktu meter pelanggan sedang tidak berfungsi) namun bisa menjadi komponen konsumsi kunci dalam sistem-sistem tanpa meter universal.

10. Konsumsi Bermeter Tak Berekening (*Unbilled Metered Consumption*)

Konsumsi Bermeter yang karena segala alasan tak berekening. Ini misalnya bisa mencakup konsumsi bermeter oleh perusahaan air minum sendiri atau air yang disediakan untuk lembaga-lembaga tanpa dipungut biaya, termasuk air yang disalurkan melintasi batas-batas operasional (air yang diekspor) yang bermeter namun tak berekening.

11. Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening (*Unbilled Unmetered Consumption*)

Segala jenis konsumsi resmi yang tak berekening dan tak bermeter. Komponen ini biasanya mencakup item-item seperti pemadaman kebakaran, penggelontoran pipa-pipa utama dan saluran pembuangan limbah, pembersihan jalan, perlindungan dari kebekuan, dan lain-lain.

12. Konsumsi Tidak Resmi (*Unauthorised Consumption*)

Segala penggunaan air secara tidak resmi. Ini bisa mencakup penggunaan air secara ilegal dari hidran air (misalnya untuk keperluan konstruksi), sambungan ilegal, *by pass* pada meter konsumsi atau perusakan (tampering) meter.

13. Ketidakakuratan Meter Pelanggan dan Kesalahan-Kesalahan Penanganan Data (*Customer Metering Inaccuracies and Data Handling Errors*)

Kehilangan air nonfisik (komersial yang disebabkan oleh ketidakakuratan meter pelanggan dan kesalahan-kesalahan penanganan data dalam pembacaan meter dan sistem penagihan).

14. Kebocoran pada Pipa Transmisi dan/atau Distribusi

Air yang hilang akibat kebocoran dan retakan pada saluran pipa transmisi dan distribusi. Ini bisa berupa kebocoran-kebocoran kecil yang masih tidak dilaporkan (misalnya kebocoran pada sambungan) atau semburan-semburan besar yang dilaporkan dan diperbaiki namun jelas bocor selama waktu tertentu setelah itu.

15. Kebocoran dan Limpahan di Tangki Penyimpanan Perusahaan Air Minum (*Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks*)

Air yang hilang karena struktur tangki penyimpanan mengalami kebocoran atau limpahan tangki-tangki seperti itu yang disebabkan oleh misalnya masalah-masalah operasional atau teknis.

16. Kebocoran pada Sambungan Pipa Pelanggan hingga ke titik Meter Pelanggan (*Leakage on Service Connections up to point of Customer Metering*)

Air yang hilang karena kebocoran dan retakan pada sambungan pipa pelanggan dari (dan termasuk) titik keran hingga titik penggunaan oleh pelanggan.

17. Air Berekening (*Revenue Water*)

Komponen-komponen dari Konsumsi Resmi yang berekening (ditagih) dan menghasilkan pemasukan (juga disebut sebagai Konsumsi Resmi Berekening).

18. Air Tak Berekening (*Non-Revenue Water*)

Komponen-komponen dalam Input Sistem yang tidak berekening (ditagih) dan tidak menghasilkan pemasukan.

2.4 *Infrastructure Leakage Index (ILI)*

Setelah menghitung neraca air, selanjutnya identifikasi lebih dalam terhadap pola kehilangan air yang terjadi dengan menggunakan metode pendekatan analisa perhitungan, yaitu *Infrastructure Leakage Index (ILI)*. ILI saat ini semakin banyak digunakan di dunia Internasional, sebagai salah satu indikator yang paling baik, untuk menilai kehilangan air fisik. Indeks ini dikembangkan oleh IWA dan WLCC (*Water Loss Control Committee*) dari AWWA (*American Water Works Association*).

ILI merupakan rasio atau perbandingan antara CAPL dengan MAAPL, mengukur seberapa baik fungsi manajemen infrastruktur perbaikan, jaringan perpipaan, aset manajemen dan *active leakage control*. Rasio CAPL dan MAAPL adalah ILI, dihitung berdasarkan pers. 2.4.

$$ILI = \frac{CAPL}{MAAPL} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

CAPL : *Current (real) Annual Physical Losses*, kehilangan fisik tahunan saat ini (riil), bisa diperoleh dari neraca air.

MAAPL : *Minimum Achievable Annual Physical Losses*, tingkat kehilangan minimum yang bisa dicapai pada pengelola penyedia air minum yang memiliki jaringan dalam kondisi baik dan melakukan pengendalian kebocoran secara aktif secara intensif.

2.4.1 Penghitungan Indeks Kehilangan Infrastruktur (*Infrastructure Leakage Index*)

Menghitung ILI bisa dilakukan dengan tata cara sebagai berikut :

1. Menghitung MAAPL

MAAPL bisa dihitung menggunakan persamaan 2.5.

$$\text{MAAPL (l/hari)} = (18 \times \text{LM} + 0.8 \times \text{NC} + 25 \times \text{LP}) \times \text{P} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

LM = panjang total pipa induk (km)

NC = jumlah sambungan rumah

LP = panjang pipa dinas dari batas persil pelanggan sampai meter pelanggan dikalikan dengan jumlah sambungan rumah (km)

P = Tekanan rata-rata (m)

2. Hitung CAPL

CAPL atau *Current Annual Physical Losses* adalah kehilangan fisik per hari saat ini, bisa diperoleh dari perhitungan neraca air.

3. Menghitung ILI

ILI bisa dihitung dengan rumus : CAPL / MAAPL

4. Evaluasi ILI

Membandingkan ILI dengan matriks target kehilangan fisik seperti lihat pada Tabel 2.4. Matriks target kehilangan fisik menunjukkan tingkat ILI yang diharapkan dan kehilangan fisik dalam L/sambungan/hari dari perusahaan-perusahaan air minum di negara-negara dengan berbagai tingkat tekanan jaringan.

Tabel 2.4 Matriks Target Kehilangan Fisik

Kategori	Kinerja Teknis (Golongan)	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 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 : World Bank Institute

Berikut penjelasan mengenai kinerja teknik matriks target kehilangan fisik sebagai berikut:

1. Golongan A (Baik)

Kebocoran sangat tidak signifikan sehingga bila dilakukan upaya penurunan kebocoran mungkin malah tidak ekonomis, kecuali dalam kasus terjadi kekurangan air baku. Perlu dilakukan analisis yang teliti untuk menemukan cara perbaikan yang paling efektif.

2. Golongan B (Berpotensi)

Ada potensi keberhasilan yang nyata. Kegiatan yang dapat dilakukan adalah pengaturan tekanan, pengendalian kebocoran aktif (ALC) yang lebih baik, serta perawatan jaringan yang lebih baik.

3. Golongan C (Lemah)

Kebocoran cukup parah, dapat ditoleransi hanya jika air melimpah dan murah. Harus dilakukan analisis keparahan dan sifat kebocoran, serta melakukan upaya-upaya penurunan tingkat kebocoran yang intensif.

4. Golongan D (Buruk)

Kebocoran sangat parah, terjadi pemborosan sumber daya yang luar biasa. Program penurunan kebocoran menjadi keharusan dan harus diprioritaskan.

2.5 Kehilangan Tekanan

Kehilangan energi (*head loss*) pada aliran didalam pipa tersebut terdiri dari kehilangan mayor akibat kekasaran dinding pipa dan kehilangan minor akibat perubahan bentuk pipa. Kehilangan tenaga mayor secara matematis menggunakan formula *Hazen-Williams* dengan persamaan 2.6.

$$H_f = \frac{10,684 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

- H_f = kehilangan tekanan karena gesekan (m)
- C = koefisien kehalusan Chw
- L = panjang pipa (m)
- D = diameter pipa (m)
- Q = debit aliran pipa (lt/dt)

Kekasaran dinding pipa merupakan bilangan relatif terhadap diameter (dalam) pipa, semakin besar diameter pipa semakin pipa tersebut tampak relatif halus dan koefisien kehilangan energi akibat gesekan juga berkurang. Koefisien kekasaran dinding pipa sesuai pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Koefisien Kekasaran Dinding Pipa

<i>Materials</i>	<i>Hazen-Williams (Unitless)</i>
<i>Cast Iron</i>	130 - 140
<i>Concrete or Concrete Lined</i>	120 - 140
<i>Galvanized Iron</i>	120
<i>Plastic</i>	140 - 150
<i>Steel</i>	140 - 150
<i>Vitrified Clay</i>	110

Sumber : Epanet 2 User Manual, 2000

Kehilangan tenaga *minor* adalah kehilangan tekanan pada aksesoris seperti pada sambungan (*reducer*) peralatan pipa lainnya (*bend, tee, dan valve*). Koefisien (K) Kehilangan Minor sesuai pada Tabel 2.6, dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7.

$$H_L = K \times \frac{v^2}{2g} \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

H_L = Kehilangan *minor* (m)

K = Koefisien kehilangan *minor*

v^2 = Kecepatan aliran (m/dt)

g = Gravitasi bumi 9,8

Ada beberapa macam kehilangan tinggi tekan minor yaitu sebagai berikut:

1. Kehilangan tinggi tekan minor karena pelebaran pipa.
2. Kehilangan tinggi tekan minor karena penyempitan mendadak pada pipa.
3. Kehilangan tinggi tekan minor karena belokan pada pipa.
4. Kehilangan tinggi tekan minor karena sambungan pada pipa.

Tabel 2.6 Koefisien (K) Kehilangan *Minor*

<i>Fitting</i>	<i>Loss Coefficient</i>
<i>Globe valve, fully open</i>	10,0
<i>Angle valve, fully open</i>	5,0
<i>Swing check valve, fully open</i>	2,5
<i>Gate valve, fully open</i>	0,2
<i>Short-radius elbow (90°)</i>	0,9
<i>Medium-radius elbow (60°)</i>	0,8
<i>Long-radius elbow (15°)</i>	0,6
<i>45 degree elbow</i>	0,4
<i>Closed return bend</i>	2,2
<i>Standar tee - flow through run</i>	0,6
<i>Standar tee - through branch</i>	1,8
<i>Square entrance (Lubang Mas uk)</i>	0,5
<i>Exit (keluar)</i>	1,0

Sumber : Epanet User Manual, 2000

2.6 Kalibrasi Model

Kalibrasi adalah proses perhitungan untuk membandingkan hasil simulasi dengan data terukur di lapangan. Kalibrasi dilakukan untuk titik lokasi terpilih pada model jaringan. Dalam proses kalibrasi pada *Epanet 2.0*, terlebih dahulu memasukkan data kalibrasi ke dalam *file* dan terdaftar pada proyek. Kalibrasi *file* adalah sebuah teks yang mengandung data hasil pengukuran kuantitas secara terpisah pada periode yang terpisah pula di dalam sistem distribusi (Fadhilah,

2016). *File* kalibrasi tersebut menyediakan data observasi yang dapat dibandingkan dengan data model jaringan pipa dari *Epanet 2.0*.

Parameter yang digunakan dalam kalibrasi penelitian Tugas Akhir ini adalah tekanan dan debit yang akan menghasilkan nilai korelasi mendekati 1 untuk diperoleh hasil kalibrasi data dalam *Epanet 2.0* sesuai dengan keadaan di lapangan.

2.7 Pengukuran Elevasi Muka Tanah Menggunakan *Waterpass*

Waterpass (penyipat datar) adalah suatu alat ukur tanah yang dipergunakan untuk mengukur beda tinggi antara titik-titik saling berdekatan. Beda tinggi tersebut ditentukan dengan garis-garis visir (sumbu teropong) horizontal yang ditunjukkan ke rambu - rambu ukur yang vertikal. Sedangkan pengukuran yang menggunakan alat ini disebut dengan *Levelling* atau *Waterpassing*. Pengukuran ini dilakukan untuk mencari beda tinggi suatu titik dalam suatu jaringan pipa yang akan ditentukan ketinggiannya berdasarkan referensi atau bidang acuan.

Bagian-bagian dari alat *Waterpass* adalah:

1. Sekrup A, B, C adalah sekrup yang digunakan untuk menyetting nivo kotak agar gelembung tepat ditengah lingkaran.
2. Cermin yaitu komponen dari *waterpass* yang berfungsi untuk melihat kedudukan gelembung udara pada nivo pada saat bersamaan membidik rambu.
3. Sekrup penggerak halus horizontal yaitu sekrup yang digunakan untuk memutar alat ke arah horizontal secara halus.
4. Sekrup pengatur fokus adalah sekrup yang digunakan untuk mengatur fokus objek sehingga terlihat dengan jelas. Kurang lebih sama dengan fokus pada kamera DSLR.
5. *Optical Alignment Index* yaitu digunakan untuk acuan pengukuran tinggi alat ke tanah.
6. Lensa objektif yaitu lensa yang digunakan untuk menangkap objek.

7. Lensa okuler yaitu lensa yang digunakan untuk melihat objek yang terletak didepan mata pembidik.

Yang diamati dilapangan adalah pembacaan adalah:

- a. Bentang tengah (BT)
- b. Bentang bawah (BB)
- c. Bentang atas (BA)

Angka-angka pada BT, BB, BA dapat kita baca pada rambu yang ditegakan pada strat pot (patok kayu yang diberi paku payung) melalui *waterpass* yang telah distel.

2.8 Diameter Pipa

Berdasarkan data dari PDAM Unit Grogol diameter pipa yang digunakan adalah pipa diameter Ø150, Ø100, Ø80, dan Ø50. Pipa yang digunakan berjenis pipa PVC Standart AW Maspion. Diameter pipa yang dimasukkan dalam *software Epanet 2.0* adalah dimensi dalam pipa. Selengkapnya data diameter pipa dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Diameter Pipa PVC Standart AW

Dimensi		Dimesi Dalam	Panjang (m)	SDR		Kedalaman Pipa (cm)
OD	ND			Tebal (mm)	Rupiah/ Meter	
18	1/2"	14,8	6	1,6		
20	3/4"	16,2	4	1,9		
25	1"	20,4	6	2,3	50	
30	1 1/4"	25,2	4	2,4		
40	1 1/2"	34,6	6	2,7	50	
50	2"	43,4	6	3,3	50	
75	2 1/2"	68,2	6	3,4		
80	3"	72,6	6	3,7	70	
100	4"	90,8	6	4,6	70	
125	5"	111,4	6	6,8		
150	6"	135,4	6	7,3	80	
200	8"	183,6	6	8,2		

Sumber : PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri

2.9 Analisis Jaringan Pipa Menggunakan Epanet 2.0

Epanet 2.0 adalah program komputer yang berbasis *windows* yang merupakan program simulasi dari perkembangan waktu dari profil hidrolis dan perlakuan kualitas air bersih dalam suatu jaringan pipa distribusi, yang di dalamnya terdiri dari *node/junction* pipa, pompa, *valve* (aksesoris) dan *reservoir* baik *ground reservoir* maupun *reservoir* menara. Output yang dihasilkan dari program *Epanet 2.0* ini antara lain debit yang mengalir dalam pipa, tekanan air dari masing masing *node/junction* yang dapat dipakai sebagai analisis dalam menentukan operasi instalasi, pompa dan *reservoir* serta besarnya konsentrasi unsur kimia yang terkandung dalam air bersih yang didistribusikan dan dapat digunakan sebagai simulasi penentuan lokasi sumber sebagai arah pengembangan. *Epanet 2.0* merupakan analisis hidrolis yang terdiri dari:

1. Analisis ini tidak dibatasi oleh letak lokasi jaringan.
2. Kehilangan tekanan akibat gesekan (*friction*) dihitung dengan menggunakan persamaan *Hazen-Williams*, *Darcy-Weisbach*, *Chezy* atau *Manning formula*.
3. Disamping *major losses*, *minor losses* (kehilangan tekanan di *bend*, *elbow*, *fitting*) dapat dihitung.
4. Model konstanta atau variabel kecepatan pompa.
5. Berbagai tipe model *valve* yang dilengkapi dengan *shut off*, *check*, *pressure regulating* dan *valve* yang dilengkapi dengan kontrol kecepatan.
6. *Reservoir* dalam berbagai bentuk dan ukuran.
7. Faktor fluktuasi pemakaian air.

Sebagai dasar *operating system* untuk mengontrol level air di *reservoir* dan waktu.

2.10 Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian terdahulu merupakan referensi bagi peneliti untuk melakukan penelitian ini. Dalam penelitian ini penulis memaparkan penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang akan diteliti tentang kehilangan air. Penelitian terdahulu selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Variabel	Hasil
1.	K. R. Friedman dan J. P. Heaney (2009)	Water Loss Management: Conservation Option in Florida's Urban Water Systems	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tujuan Penelitian Untuk memperkirakan kehilangan air public pada pasokan sistem di Florida sebagai bagian dari rencana konservasi air. Penelitian ini hanya membahas kehilangan air di jaringan distribusi / transmisi saja. 2. Metode Penelitian Penelitian ini menghitung kehilangan air dengan metode dari IWA yaitu neraca air dan ILI. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Berdasarkan perhitungan neraca air didapat nilai NRW (Air Berekening) sebesar 3,258.0 juta galon/tahun dan NRW sebesar 1,143.3 juta galon/tahun. 2. Pehitungan ILI didapat sebesar 8.9. Nilai ILI di kisaran 5 sampai 8 dapat ditoleransi jika air relatif murah dan pasokan berlimpah. Nilai ILI kurang dari 1.0 dianggap mustahil didapat karena artinya utilitas air relatif mahal dan kontrol kebocoran harus benar-benar ketat.
2.	Dinda R. K. dan W. D.Nugraha (2010)	Studi Kehilangan Air Akibat Kebocoran Pada Jalur Distribusi PDAM Kota Magelang (Studi Kasus: Perumahan Armada Estate dan Depkes, Kramat Utara Kecamatan Magelang Utara)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tujuan Penelitian Untuk melakukan studi kasus tentang kehilangan air yang disebabkan oleh kebocoran pipa di perumahan Armada Estate dan Depkes, Kramat Utara Magelang Utara 2. Metode Penelitian <ol style="list-style-type: none"> a. Analisa pelaksanaan <i>step test</i> dan <i>sounding</i> untuk mengidentifikasi kebocoran air pada jaringan distribusi. <i>Step test</i> biasanya dilakukan pada malam hari, karena pada malam hari tingkat konsumsi air sangat kecil dan lebih stabil. b. Setelah dilakukan tahapan <i>step test</i>, maka daerah atau sub zona yang mengalami kebocoran dapat diisolasi. c. Selanjutnya untuk menentukan letak kebocoran secara pasti dilakukan dengan teknik <i>sounding</i>. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persentase kehilangan air akibat kebocoran pipa di wilayah studi adalah sebesar 75,21% di Armada Estate Utara; 43,97% di Armada Estate Selatan; dan 25,33% di Perumahan Depkes. 2. Cara yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi kehilangan air adalah melaksanakan investigasi terhadap pipa-pipa yang bocor dengan cara <i>step test</i> dan teknik <i>sounding</i>. 3. Besarnya penurunan tingkat kehilangan air pada masing-masing daerah studi adalah sebagai berikut: pada Perumahan Armada Estate Utara sebanyak 59,51% dan di Armada Estate Selatan sebesar 10,89%. Sedangkan di Perumahan Depkes penurunan presentase kehilangan air adalah sebesar 10,91%

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Variabel	Hasil
			Setelah dilakukan <i>sounding</i> , akan ditemukan titik-titik kebocoran dan kemudian dilakukan perbaikan.	
3.	R. R. Dighade, M. S. Kadu dan A. M. Pande (2015)	<i>Non Revenue Water Reduction Strategy in Urban Water Supply System in India</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tujuan Penelitian Untuk mengetahui nilai kehilangan air di area Kota Nagpur India. 2. Metode Penelitian Penelitian dilakukan melalui penilaian NRW dengan menggunakan data dasar yang ada dan melalui diskusi dengan warga di lingkungan tersebut. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persentase kehilangan air di Kota Nagpur didapatkan; kehilangan air fisik 17%, kehilangan air nonfisik 21%, konsumsi tak berekening 12%, dan air berekening 50%. 2. Tingkat NRW di Kota Nagpur sebesar 49.77% yang artinya hampir mencapai setengah dari total volume input. Tingginya nilai NRW umumnya menunjukkan buruknya utilitas air yang dikelola. 3. Untuk negara berkembang, mengurangi NRW harus menjadi pilihan utama untuk mengatasi tingkat cakupan pelayanan yang rendah ketika permintaan pasokan air bersih meningkat. Dengan memperluas jaringan air tanpamengatasi kehilangan air hanya akan menyebabkan tidak efisiensinya distribusi.
4.	K. H. Dewi, Koosdaryani, dan A. Y. Muttaqien (2015)	Analisis Kehilangan Air Pada Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tujuan Penelitian Untuk menentukan jumlah kebutuhan pelanggan PDAM Kecamatan Baki, Kabupaten Sukoharjo 2010-2012 dan menentukan tingkat kebocoran dan penurunan tekanan yang terjadi pada pipa distribusi. 2. Metode Penelitian Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder.. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Total kebutuhan pelanggan terbanyak pada tahun 2012 adalah 97,89 lt/det. Kehilangan air yang terjadi pada tahun 2010-2012 sebesar 28,13%, 26,73%, 31,56% dengan angka kenaikan rata-rata sebesar 28,81%. 2. Dari hasil analisis simulasi <i>pressure</i> pada pipa jaringan distribusi dengan program Epanet 2.0 diperoleh bahwa jam puncak pemakaian air padajam 04:00 AM, <i>pressure</i> tertinggi yaitu 268,69 m

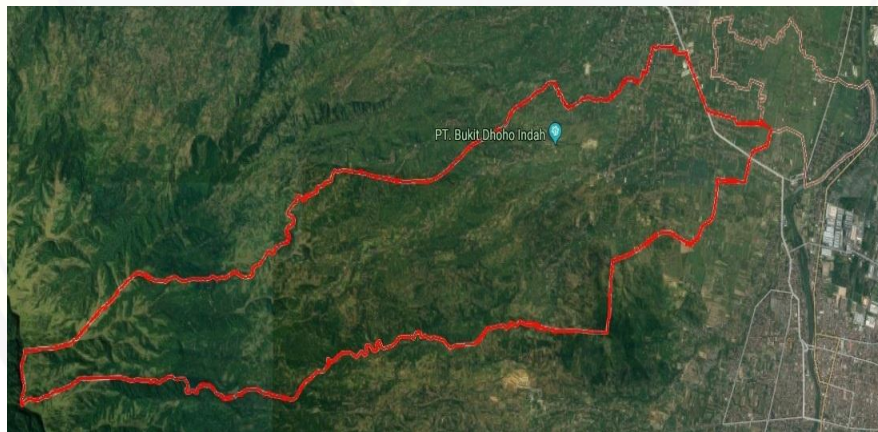
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Banyakan dan Grogol Kabupaten Kediri. Penelitian Tugas Akhir ini akan dilaksanakan mulai pada bulan Januari tahun 2018. Banyakan merupakan salah satu kecamatan yang ada di sebelah barat Kabupaten Kediri. Luas wilayah Kecamatan Banyakan adalah 72,55 km². Desa – desa yang ada di Kecamatan Banyakan yang dijadikan lokasi penelitian yaitu Desa Parang, Jatirejo, Manyaran, Maron, Tiron, Banyakan, dan Desa Grogol sendiri termasuk Kecamatan Grogol. Dari seluruh desa yang ada di Kecamatan Banyakan yang mempunyai wilayah terluas adalah Parang dengan luas 34,56 km² dan yang mempunyai wilayah tersempit adalah desa Sendang dengan luas 1,66 km². Selengkapnya peta lokasi dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Wilayah pelayanan PDAM Unit Grogol memiliki batasan wilayah adalah:

Sebelah Utara	:	Desa Jatirejo dan Desa Grogol
Sebelah Timur	:	Desa Banyakan, Desa Manyaran dan Desa Maron
Sebelah Selatan	:	Desa Tiron
Sebelah Barat	:	Desa Parang



Gambar 3.1 Letak Kecamatan Banyakan Kabupaten Kediri (*Google Earth, 2017*)

3.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Komputer
2. *Waterpass*
3. *Software Epanet 2.0*
4. *Google Earth*
5. Manometer
6. Gelas ukur 1000 ml
7. *Stopwatch*
8. Kamera

3.3 Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis jaringan pipa menggunakan *software Epanet 2.0*, perhitungan *Water Balance* (Neraca Air) dan menggunakan metode *Infrastructure Leakage Index (ILI)* terkait kehilangan air.

3.4 Metode Pengumpulan Data

3.4.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan yang dimaksud adalah untuk mempermudah jalannya suatu penelitian, seperti studi pustaka yang dimaksudkan untuk mendapatkan arah dan wawasan sehingga mempermudah dalam pengumpulan data, analisis maupun dalam penyusunan hasil penelitian.

3.4.2 Survei Lapangan

Pengumpulan data dilakukan dengan penelitian langsung di lapangan untuk mengetahui kebenaran suatu wilayah. Survei ini berfungsi untuk menguatkan kebenaran hasil data di lapangan.

3.4.3 Pengumpulan Data

1. Kebutuhan Data

Ada dua jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Data Primer

Merupakan data yang secara langsung bersumber dari observasi lapangan, pengukuran secara langsung di lokasi penelitian. Data primer dalam penelitian ini adalah :

- a. Data lapangan berupa tekanan menggunakan manometer dan debit menggunakan gelas ukur dan *stopwatch*.
- b. Elevasi tiap *node/junction* di wilayah penelitian menggunakan alat *waterpass*.

2. Data Sekunder

Merupakan data-data yang bersumber dari data-data yang telah dihimpun oleh instansi-instansi terkait, yang dalam hal ini adalah PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri dan lain-lain. Data sekunder dalam penelitian ini adalah :

- a. Peta jaringan pipa PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri dan karakteristiknya.
- b. Data jumlah pelanggan air bersih PDAM untuk tahun 2017.
- c. Data debit produksi dan pemakaian air dari tahun 2013 - 2017.
- d. Diameter pipa yang digunakan.
- e. Data harga air rekening yang ditagih tahun 2017.

3.5 Analisis Data

Tahap analisis dilakukan perhitungan berdasarkan data-data yang diperoleh dengan tahap-tahap sebagai berikut :

1. Menganalisis kebutuhan air bersih yang tersedia di wilayah pelayanan PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri.
2. Menganalisis sistem jaringan pipa PDAM Unit Grogol menggunakan program *Epanet 2.0*.
3. Kalibrasi lapangan digunakan untuk mengetahui perbandingan hasil model *Epanet 2.0* dengan pengukuran pada kondisi lapangan.
4. Menghitung tingkat kehilangan air pada jaringan pipa distribusi pada tahun 2017 menggunakan persamaan 2.3.

5. Menghitung kehilangan air menggunakan neraca air.
6. Menghitung Indeks Kehilangan Infrastruktur (ILI) menggunakan persamaan 2.4.

3.6 Simulasi Jaringan Pipa Distribusi dengan *Epanet 2.0*

Simulasi dilakukan menggunakan *software Epanet 2.0* untuk memodelkan keadaan peta jaringan distribusi pipa di PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri. Selengkapnya peta jaringan pipa PDAM Unit Grogol dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Dari simulasi peta jaringan pipa dapat diketahui penurunan tekanan pada jam puncak dan pada jam terendah. Data yang dimasukkan untuk memodelkan dengan menggunakan *Epanet 2.0* sebagai berikut :

1. Wilayah Peta

Wilayah peta yang digunakan adalah peta daerah distribusi air bersih PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri yang dilengkapi dengan elevasi tanah, rumah pelanggan dan diameter pipa. Pada pembuatan pipa jaringan PDAM, analisis berdasarkan elevasi tanahnya dengan memberikan *node* (titik) pemasangan pipa untuk mempermudah perancangan simulasi pipa.

2. Data *Reservoir*

Data isian reservoir pada program *Epanet 2.0* diambil dari ketinggian tanahnya. Hal ini dimaksudkan agar pengambilan air dapat ditentukan dengan pompa atau gravitasi.

3. Data Elevasi

Data elevasi pada program *Epanet 2.0* meliputi analisis peta wilayah layanan PDAM Unit Grogol yang di dalamnya terdapat keterangan elevasi tanah. Kemudian dimasukkan ke dalam program *Epanet 2.0* dengan memberikan *node* satu per satu sesuai yang dibuat di dalam peta tersebut. *Node* adalah penghubung jaringan pipa yang digambarkan berupa titik.

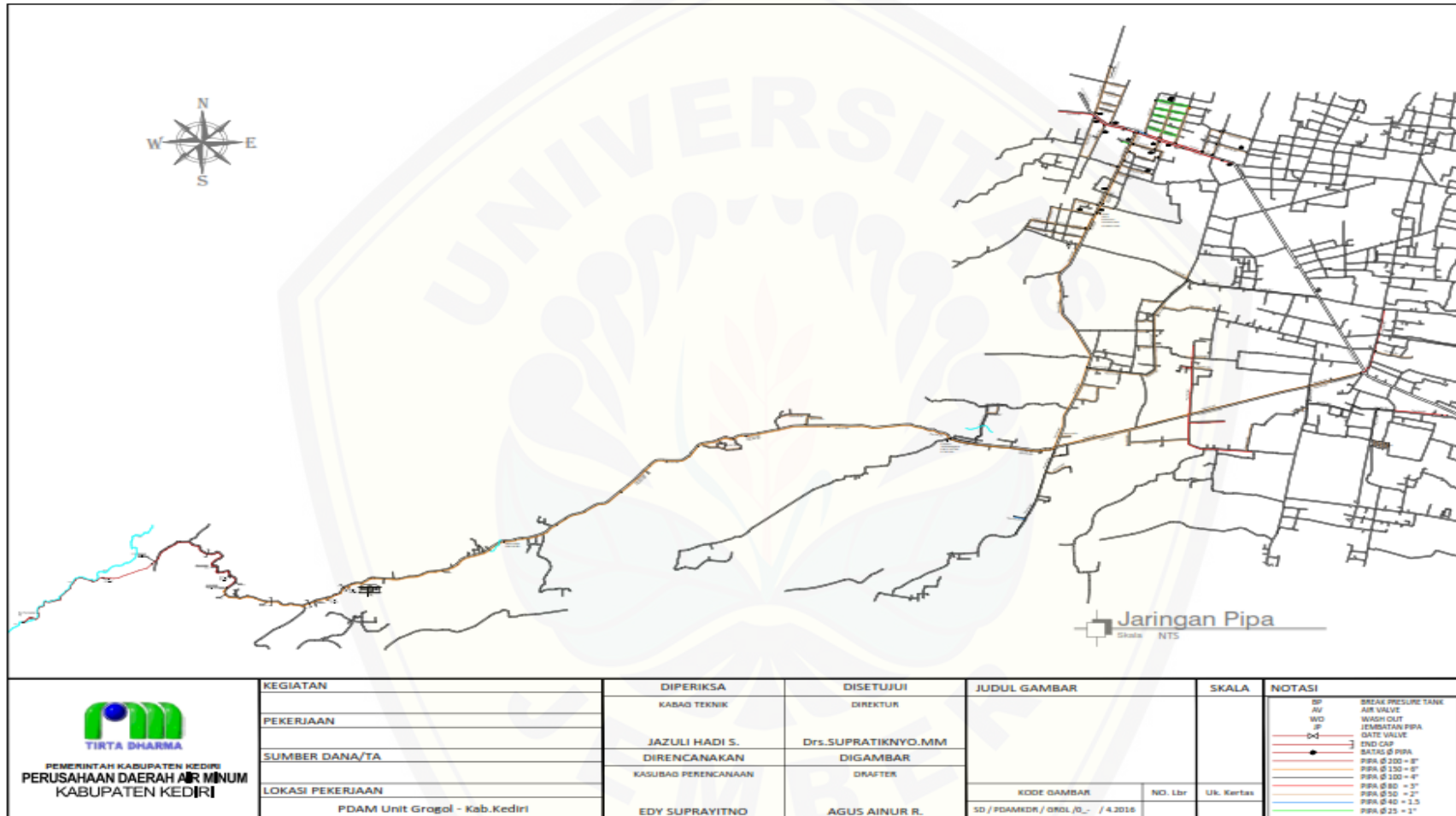
4. Data Panjang dan Diameter Pipa

Data panjang dan diameter pipa yang dimasukkan ke dalam program *Epanet 2.0*.

5. Data *Pattern*

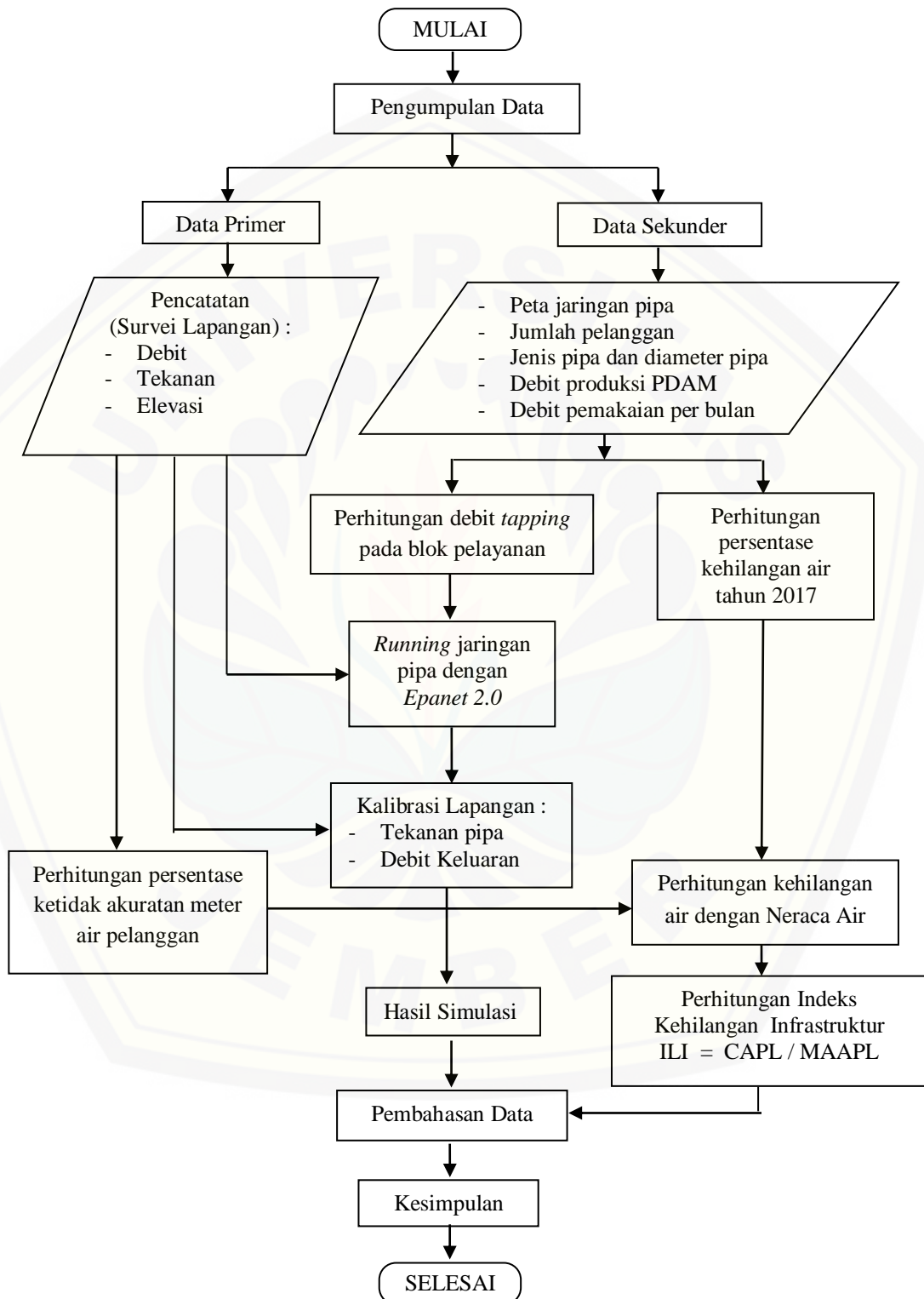
Data *pattern* merupakan penyunting pola pemakaian air dari suatu node pada periode waktu tertentu (data masukan simulasi pola maksimal 55 jam), bentuk pemasukan data *pattern* untuk wilayah jaringan distribusi PDAM Unit Grogol Kabupaten Kediri meliputi pemakaian dalam kurun waktu 14 jam.





3.7 Diagram Alur Penelitian

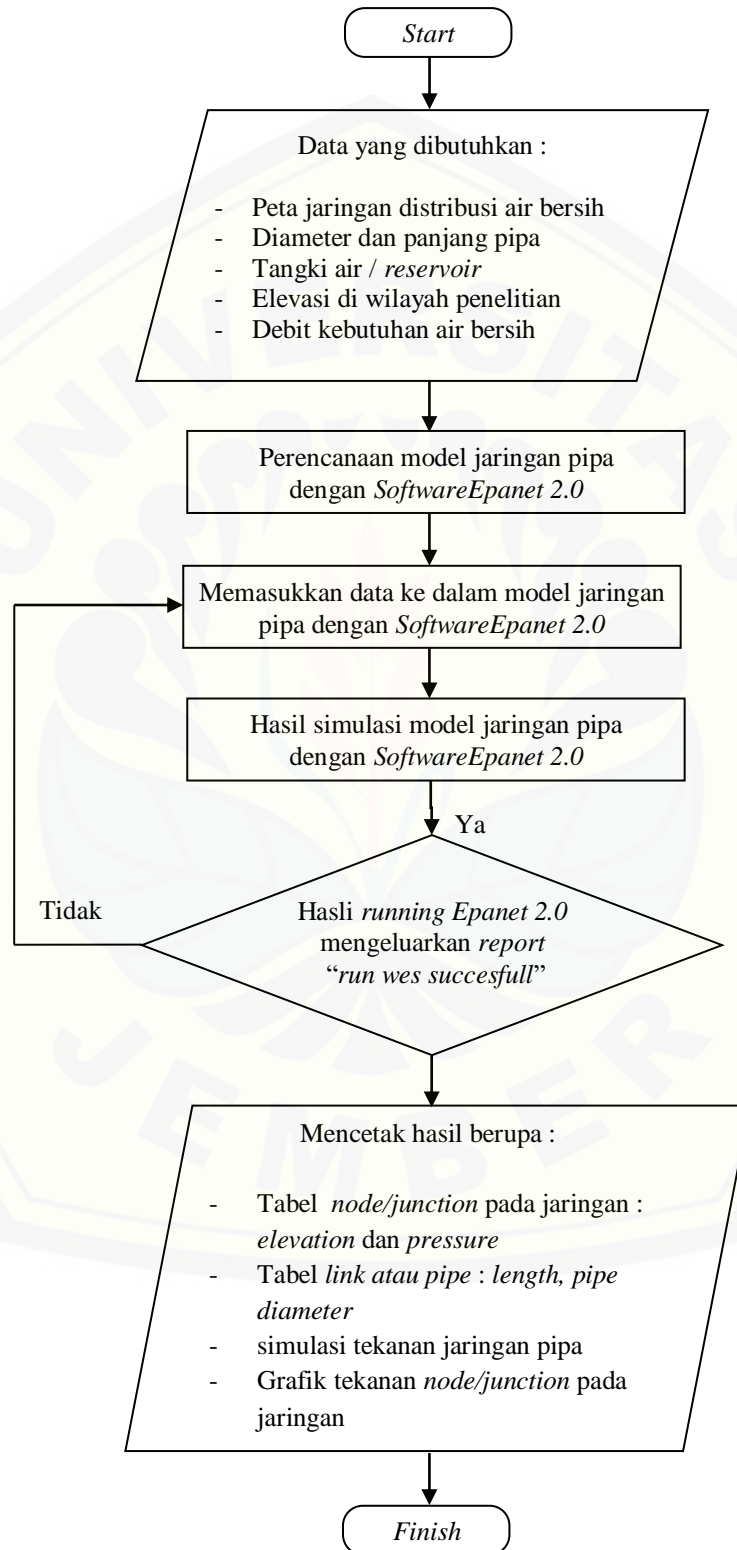
Diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3. Diagram alur penelitian

3.8 Diagram Alur *Software Epanet 2.0*

Langkah penggunaan *Software Epanet 2.0* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. *Flowchart Software Epanet 2.0*

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan perhitungan dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Dari simulasi program *Epanet 2.0* diperoleh jam puncak pemakaian air pada pukul 07.00 dan pukul 16.00, tekanan tertinggi yaitu 38,72 m dan 38,93 m sedangkan tekanan terendah yaitu 2,41 dan 2,43 m. Adapun jam pemakaian air terendah terjadi pukul 10.00, tekanan tertinggi yaitu 41,84 m sedangkan tekanan terendah yaitu 2,61 m.
2. Persentase kehilangan air dari meter air pelanggan diperoleh ketidakakuratan meter sebesar 3,6% atau 7.515 m³/tahun.
3. Berdasarkan perhitungan neraca air pada tahun 2017 diperoleh nilai NRW sebesar 57.312 m³/tahun (27,45%) dan nilai ILI untuk tekanan rata-rata 16,5 m sebesar 6,78 (nilai kebocoran 100–200 l/sambungan.hari) termasuk golongan B.

5.2 Saran

1. PDAM harus mengganti meter air pelanggan yang telah rusak dan aksesoris pipa serta memeriksa rekening yang ditagih (di bawah 10 m³/bulan) untuk mengevaluasi kemungkinan adanya sambungan liar.
2. PDAM harus mempunyai tangki cadangan pasokan air jika sewaktu-waktu mengalami kekurangan air dari intake sungai.
3. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan peneliti memanfaatkan penelitian ini perihal upaya pengendalian kehilangan air yaitu dengan metode *District Meter Area (DMA)*, *step test*, ataupun teknik *sounding* sehingga dapat melengkapi dan menyempurnakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akatirta. 2012. *Modul Pelatihan Distribusi, Topik Kehilangan Air*. Yayasan Pendidikan Tirta Dharma. Magelang.
- Ardana, P. D. H. 2017. *Evaluasi Pengaliran Air Pada Jaringan Pipa Sistem Penyediaan Air Minum (Spam) Kota Mengwi Kabupaten Badung*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Ngurai Rai. Bali : Universitas Ngurah Rai.
- Departemen Pekerjaan Umum BPPSPAM. 2014. *Pedoman Penurunan Air Tak Berekening (Non Revenue Water)*. Jakarta: BPPSPAM - Kementerian Pekerjaan Umum.
- Dewi, K. H., Koosdaryani, dan A. Y. Muttaqien 2015. *Analisis Kehilangan Air Pada Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih Pdam Kecamatan Baki Kabupaten Sukoharjo*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Fadhilah, A., R. Riduan, dan M. Firmansyah. 2016. *Evaluasi Sistem Jaringan Distribusi Zona Air Minum Prima (ZAMP) PDAM Intan Banjar dengan Menggunakan Epanet 2.0*. Jurnal Teknik Lingkungan, 4-12.
- Farley, et al. 2008. *Buku Pegangan tentang Air Tak Berekening (NRW) untuk Manajer - Panduan untuk Memahami Kehilangan Air*.
- Ferijanto, K., (2007), *Kajian Kehilangan Air Pada Wilayah Kajian PDAM (Studi Kasus PDAM Kota Bandung)*, Bandung: Jurusan Teknik Lingkungan FTSPITB.
- Kinerja PDAM. 2016. *Wilayah I-IV. Badan Peningkatan Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum. Kementerian Pekerjaan Umum*.
- Linsley, R. K. and B. J. Franzini 1985, *Teknik Sumber Daya Air (Terjemahan)*, Jakarta: Erlangga.
- Nugraheni, A. 2014. *Analisis Kehilangan Air Pdam Surakarta Pada Tahun 2014*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- PDAM Kabupaten Kediri. 2016. *Laporan tahunan PDAM Kabupaten Kediri*.
- PDAM Kabupaten Kediri. 2015. *Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum (RISPAM) PDAM Kabupaten Kediri*.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Ristiarini, R. 1999. *Studi Kehilangan Air Pada Jaringan Distribusi Air Minum PDAM Tasikmalaya Wilayah Perum Kota Baru dan Bebedahan*, ITB. Bandung.

- Rossmann, L. A. 2000. *Manual Users Software EPANET 2.0 (Versi Bahasa Indonesia)*. Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory : EKAMITRA Engineering.
- Sari, F. K. 1999. *Studi Kehilangan Air Pada Jaringan Distribusi Air Minum PDAM Tasikmalaya Wilayah Situgede dan Bebedahan*. Institut Teknologi Bandung.
- Siregar, N. A. dan A. P. Mulia. 2014. *Evaluasi Kehilangan Air (Water Losses) Pdam Tirtanadi Padangsidempuan Di Kecamatan Padangsidempuan Selatan*. Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.
- Sutjahjo, B. 2014. *Penurunan Air Tak Berekening (Non Revenue Water)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Thornton J., Sturm R., Kunkel G., 2008. *Water Loss Control*. 2nd Edition July McGraw Hill New York ISBN 978-0-07-149918-7.
- Zahiyah, A. 2008. *Ilmu Ukur Tanah (Waterpass dan Theodolit)*. https://www.academia.edu/12512098/Ilmu_Ukur_Tanah_Waterpass_dan_Theodolit?auto=download. [Diakses pada 5 Februari 2018].

Lampiran 4.1 Rekapitulasi Pengukuran Elevasi Jaringan Pipa

Belakang	Bacaan Rambu			Jarak (m)	Beda Tinggi (ΔH) BT _B - BT _M	Elevasi
	BA	Muka	BA			
	BT		BT			
	BB		BB			
IPA	2,054	A1	3,462	42,2	-1,50	113,30
	1,843		3,343			
	1,632		3,224			
A1	1,347	A2	3,326	81,7	-2,13	111,17
	1,065		3,200			
	0,783		3,073			
A2	1,314	A3	3,735	99	-2,47	108,70
	1,044		3,510			
	0,774		3,285			
A3	2,51	A4	3,38	107	-1,16	107,54
	2,10		3,26			
	1,69		3,13			
A4	2,12	A5	3,08	158	-1,48	106,06
	1,47		2,95			
	0,81		2,81			
A5	1,343	A6	2,532	80,7	-1,24	104,82
	1,115		2,357			
	0,886		2,182			
A6	1,67	A7	3,65	149	-2,13	102,70
	1,23		3,35			
	0,78		3,05			
A7	1,93	BPT 1	3,75	122	-1,93	100,77
	1,57		3,50			
	1,21		3,25			
Total				839,6		
BPT 1	1,82	B1	3,46	101	-1,83	98,94
	1,32		3,14			
	0,81		2,82			
B1	1,50	B2	3,65	130	-2,20	96,74
	1,15		3,35			
	0,80		3,05			
B2	1,41	B3	3,53	109	-2,42	94,33
	0,99		3,41			
	0,57		3,28			
B3	1,41	B4	3,83	139	-2,67	91,66
	0,94		3,61			
	0,47		3,38			

Belakang	Bacaan Rambu			Jarak (m)	Beda Tinggi (ΔH) $BT_B - BT_M$	Elevasi
	BA	Muka	BA			
	BT		BT			
	BB		BB			
B4	1,47	B5	3,75	159	-2,38	89,29
	1,03		3,40			
	0,58		3,05			
B5	1,43	B6	3,73	145	-2,33	86,96
	1,06		3,38			
	0,68		3,03			
B6	1,17	BPT 2	3,75	119	-2,58	84,39
	0,88		3,45			
	0,58		3,15			
Total				902		
BPT 2	1,75	C1	3,08	110	-1,95	82,44
	1,20		3,15			
	0,65		3,22			
C1	1,69	C2	3,62	136	-2,16	80,28
	1,24		3,40			
	0,78		3,17			
C2	1,51	C3	3,83	149	-2,62	77,66
	0,99		3,61			
	0,47		3,38			
C3	1,47	C4	3,48	103	-2,18	75,49
	1,13		3,31			
	0,79		3,13			
C4	2,12	C5	3,38	188	-1,63	73,86
	1,47		3,10			
	0,81		2,81			
C5	1,246	C6	2,532	71,2	-1,29	72,56
	1,064		2,358			
	0,882		2,184			
C6	1,87	C7	3,65	169	-2,03	70,54
	1,33		3,35			
	0,78		3,05			
C7	1,63	BPT 3	3,75	132	-2,28	68,26
	1,22		3,50			
	0,81		3,25			
Total				1058,2	-16,13	

Belakang	Bacaan Rambu			Jarak (m)	Beda Tinggi (ΔH) $BT_B - BT_M$	Elevasi
	BA		BA			
	BT	Muka	BT			
	BB		BB			
BPT 3	1,18		3,93	126	-2,83	65,43
	0,83	D1	3,66			
	0,47		3,38			
D1	1,21		3,86	120	-2,56	62,87
	0,96	D2	3,52			
	0,7		3,17			
D2	0,91		3,74	100	-2,97	59,90
	0,59	D3	3,56			
	0,27		3,38			
D3	0,81		3,97	143	-3,09	56,81
	0,49	D4	3,58			
	0,17		3,18			
D4	1,76		3,68	147	-2,19	54,63
	1,26	D5	3,45			
	0,76		3,21			
D5	2,08		2,73	86	-0,87	53,76
	1,76	D6	2,63			
	1,43		2,52			
D6	0,97		3,65	109	-2,63	51,13
	0,73	D7	3,35			
	0,48		3,05			
D7	1,73		3,75	102	-2,03	49,10
	1,47	D8	3,50			
	1,21		3,25			
D8	1,51		3,73	154	-2,49	46,61
	0,99	D9	3,48			
	0,47		3,23			
D9	1,34		3,52	137	-2,37	44,25
	0,91	BPT 4	3,27			
	0,47		3,02			
Total				1224		
BPT 4	1,37		3,88	140	-2,71	41,54
	0,92	E1	3,63			
	0,47		3,38			
E1	1,76		3,67	146	-2,18	39,36
	1,26	E2	3,44			
	0,76		3,21			

Belakang	Bacaan Rambu			Jarak (m)	Beda Tinggi (ΔH) $BT_B - BT_M$	Elevasi
	BA		BA			
	BT	Muka	BT			
	BB		BB			
E2	0,91	E3	3,58	88	-2,67	36,69
	0,69		3,36			
	0,47		3,14			
E3	1,51	E4	3,43	134	-2,29	33,19
	0,99		3,28			
	0,47		3,13			
E4	0,554	E5	1,792	85,8	-1,21	
	0,354		1,563			
	0,154		1,334			
E5	1,455	E6	3,362	74	-1,94	
	1,255		3,192			
	1,055		3,022			
E6	1,342	E7	3,422	90,4	-2,18	26,82
	1,064		3,248			
	0,786		3,074			
E7	1,54	E8	3,63	122	-2,25	
	1,16		3,41			
	0,77		3,18			
E8	1,71	E9	3,74	108	-2,06	24,76
	1,43		3,49			
	1,14		3,23			
E9	2,12	E10	3,08	148	-1,53	
	1,47		3,00			
	0,81		2,91			
E10	1,347	E11	2,536	81,7	-1,25	19,81
	1,115		2,360			
	0,882		2,184			
E11	1,57	E12	3,65	139	-2,18	
	1,18		3,35			
	0,78		3,05			
E12	1,73	E13	2,55	70	-0,77	19,04
	1,58		2,35			
	1,43		2,15			
E13	1,38	E14	2,40	80	-1,12	17,92
	1,13		2,25			
	0,88		2,10			
E14	1,46	E15	2,33	57	-0,91	17,01
	1,30		2,21			
	1,14		2,08			

Belakang	Bacaan Rambu			Jarak (m)	Beda Tinggi (ΔH) $BT_B - BT_M$	Elevasi
	BA		BA			
	BT	Muka	BT			
	BB		BB			
E15	1,58	E16	2,33	65	-0,83	16,19
	1,38		2,21			
	1,18		2,08			
E16	1,40	E17	2,55	110	-1,20	14,99
	1,10		2,30			
	0,80		2,05			
E17	1,55	E18	3,33	165	-1,86	13,40
	1,10		2,96			
	0,65		2,58			
E18	2,36	E19	2,83	215	0,27	10,38
	2,19		1,93			
	2,02		1,02			
E19	2,46	E20	3,49	128	-1,23	7,03
	2,04		3,27			
	1,62		3,05			
E20	1,743	E21	3,536	90,1	-1,79	3,59
	1,519		3,310			
	1,294		3,084			
E21	1,547	E22	3,345	53,4	-1,99	5,87
	1,320		3,305			
	1,093		3,265			
E22	2,46	E23	3,43	155	-1,37	2,56
	1,88		3,24			
	1,29		3,05			
E23	2,54	E24	3,33	203	-1,16	2,56
	1,85		3,01			
	1,16		2,68			
E24	2,28	E25	2,83	135	-0,49	3,59
	1,98		2,46			
	1,67		2,09			
E25	2,04	E26	2,37	127	-0,65	2,56
	1,57		2,21			
	1,09		2,05			
E26	2,461	E27	2,434	102,6	-0,14	2,56
	2,122		2,260			
	1,783		2,086			
E27	1,07	E28	1,84	108	-0,65	2,56
	0,86		1,51			
	0,65		1,18			

Belakang	Bacaan Rambu			Jarak (m)	Beda Tinggi (ΔH) $BT_B - BT_M$	Elevasi
	BA	Muka	BA			
	BT		BT			
	BB		BB			
E28	2,84	E29	2,65	246	-0,24	
	2,01		2,25			
	1,18		1,85			
E29	1,64	E30	2,63	227	-0,22	2,17
	1,46		1,68			
	1,28		0,72			
E30	2,57	E31	2,45	220	-0,17	
	1,88		2,05			
	1,18		1,64			
E31	2,67	E32	2,75	256	0,17	2,47
	2,16		1,99			
	1,64		1,22			
E32	2,76	E33	2,82	238	0,13	
	2,26		2,13			
	1,76		1,44			
E33	1,89	E34	2,75	225	-0,46	1,42
	1,53		1,99			
	1,17		1,22			
E34	1,77	E35	2,83	219	-0,60	
	1,46		2,05			
	1,14		1,27			
E35	2,84	E36	2,65	246	-0,24	0,97
	2,01		2,25			
	1,18		1,85			
E36	1,64	E37	2,63	227	-0,22	
	1,46		1,68			
	1,28		0,72			
E37	2,57	E38	2,45	220	-0,17	0,70
	1,88		2,05			
	1,18		1,64			
E38	2,67	E39	2,85	223	-0,10	
	2,16		2,25			
	1,64		1,65			
Total				5768		

Lampiran 4.2 Rekapitulasi Pemakaian Air Pelanggan PDAM Unit Grogol Tahun 2017

BULAN JANUARI 2017

Desa	Wilayah	Pelanggan	Debit (m ³)	Harga Air (Rp)
Tiron	A	480	6.857	14.753.900
Manyaran	B	183	3.067	6.371.650
Parang	C	67	1.185	2.468.150
Grogol	D	35	508	1.073.900
Jatirejo	E	59	830	1.760.600
Banyakan + Maron	F	26	355	808.050
JUMLAH		850	12.802	27.236.250

BULAN FEBRUARI 2017

Desa	Wilayah	Pelanggan	Debit (m ³)	Harga Air (Rp)
Tiron	A	480	6.277	13.902.500
Manyaran	B	173	2.573	5.324.250
Parang	C	66	1.109	2.308.900
Grogol	D	34	469	1.009.650
Jatirejo	E	57	739	1.618.250
Banyakan + Maron	F	25	312	730.150
JUMLAH		835	11.479	24.893.700

BULAN MARET 2017

Desa	Wilayah	Pelanggan	Debit (m ³)	Harga Air (Rp)
Tiron	A	481	6.307	13.713.800
Manyaran	B	172	2.565	5.326.150
Parang	C	65	1.092	2.237.700
Grogol	D	32	478	1.013.300
Jatirejo	E	59	729	1.585.650
Banyakan + Maron	F	26	340	758.250
JUMLAH		835	11.511	24.634.850

BULAN APRIL 2017

Desa	Wilayah	Pelanggan	Debit (m ³)	Harga Air (Rp)
Tiron	A	482	6.873	14.964.500
Manyaran	B	172	2.634	5.469.850
Parang	C	66	1.132	2.314.550
Grogol	D	33	480	1.000.950
Jatirejo	E	59	840	1.827.400
Banyakan + Maron	F	26	351	786.800
JUMLAH		838	12.310	26.364.050

BULAN MEI 2017

Desa	Wilayah	Pelanggan	Debit (m ³)	Harga Air (Rp)
Tiron	A	482	7.376	15.976.350
Manyaran	B	173	2.725	5.630.600
Parang	C	66	1.222	2.527.000
Grogol	D	33	521	1.087.600
Jatirejo	E	59	866	1.901.100
Banyakan + Maron	F	26	398	885.350
JUMLAH		839	13.108	28.008.000

BULAN JUNI 2017

Desa	Wilayah	Pelanggan	Debit (m ³)	Harga Air (Rp)
Tiron	A	483	6.872	14.898.450
Manyaran	B	174	2.761	5.706.150
Parang	C	66	1.167	2.439.550
Grogol	D	33	437	920.850
Jatirejo	E	59	829	1.791.900
Banyakan + Maron	F	26	419	901.450
JUMLAH		841	12.485	26.658.350

BULAN JULI 2017

Desa	Wilayah	Pelanggan	Debit (m ³)	Harga Air (Rp)
Tiron	A	478	7.493	16.019.100
Manyaran	B	174	2.922	6.014.100
Parang	C	65	1.231	2.590.250
Grogol	D	32	503	1.063.650
Jatirejo	E	59	910	1.940.400
Banyakan + Maron	F	26	430	932.650
JUMLAH		834	13.489	28.560.150

BULAN AGUSTUS 2017

Desa	Wilayah	Pelanggan	Debit (m ³)	Harga Air (Rp)
Tiron	A	485	7.284	15.591.600
Manyaran	B	174	2.825	5.825.750
Parang	C	64	1.158	2.438.500
Grogol	D	31	479	1.001.600
Jatirejo	E	59	836	1.807.350
Banyakan + Maron	F	25	398	856.700
JUMLAH		838	12.980	27.521.500

BULAN SEPTEMBER 2017

Desa	Wilayah	Pelanggan	Debit (m ³)	Harga Air (Rp)
Tiron	A	495	7.453	15.929.400
Manyaran	B	172	2.753	5.694.100
Parang	C	63	1.148	2.386.900
Grogol	D	31	497	1.051.050
Jatirejo	E	59	872	1.866.050
Banyakan + Maron	F	25	376	800.050
JUMLAH		845	13.099	27.727.550

BULAN OKTOBER 2017

Desa	Wilayah	Pelanggan	Debit (m ³)	Harga Air (Rp)
Tiron	A	500	7.292	18.125.150
Manyaran	B	174	2.745	6.520.900
Parang	C	63	1.081	2.555.950
Grogol	D	32	511	1.232.900
Jatirejo	E	59	902	2.234.500
Banyakan + Maron	F	25	337	869.000
JUMLAH		853	12.868	31.538.400

BULAN NOVEMBER 2017

Desa	Wilayah	Pelanggan	Debit (m ³)	Harga Air (Rp)
Tiron	A	499	7.405	18.302.900
Manyaran	B	169	2.688	6.474.550
Parang	C	62	1.128	2.696.800
Grogol	D	32	515	1.227.400
Jatirejo	E	59	954	2.359.750
Banyakan + Maron	F	25	387	972.700
JUMLAH		846	13.077	32.034.100

BULAN DESEMBER 2017

Desa	Wilayah	Pelanggan	Debit (m ³)	Harga Air (Rp)
Tiron	A	500	7.043	17.636.450
Manyaran	B	165	2.493	5.912.850
Parang	C	62	1.026	2.445.800
Grogol	D	31	486	1.194.150
Jatirejo	E	59	865	2.173.750
Banyakan + Maron	F	25	322	804.350
JUMLAH		842	12.235	30.167.350

Lampiran 4.3 Hasil Analisis *Nodes* Eksisting (*Nodes* at 7:00 Hrs)

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/s)	Demand (L/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc 6	113,30	0	0	115,48	0,79
Junc 7	111,17	0	0	114,12	1,56
Junc 8	108,70	0	0	112,47	2,38
Junc 9	107,54	0	0	110,68	1,75
Junc 10	106,06	0	0	108,04	0,59
Junc 11	104,82	0	0	106,69	0,48
Junc 12	102,70	0	0	104,2	0,11
Junc 13	98,94	0	0	100,29	1,29
Junc 14	96,74	0	0	97,89	0,89
Junc 15	94,33	0,22	0,32	95,87	0,15
Junc 16	91,66	0	0	93,37	0,32
Junc 17	89,29	0	0	90,52	1,52
Junc 18	86,96	0	0	87,92	0,92
Junc 19	83,83	0,22	0,32	84,08	0,25
Junc 20	81,67	0	0	82,06	0,39
Junc 21	79,05	0	0	79,84	0,79
Junc 22	76,88	0	0	78,3	1,42
Junc 23	75,25	0	0	75,5	0,25
Junc 24	73,95	0	0	74,44	0,49
Junc 25	71,5	0	0	71,92	0,42
Junc 27	66,82	0	0	67,4	0,58
Junc 28	64,26	0	0	64,98	0,72
Junc 29	61,29	0	0	62,95	1,66
Junc 30	58,2	0	0	60,06	1,86
Junc 31	56,02	0	0	57,09	1,07
Junc 33	55,15	0	0	55,35	0,2

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/s)	Demand (L/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc 34	53	0,34	0,5	54,61	1,61
Junc 35	52,52	0	0	53,24	0,72
Junc 36	50,49	0	0	51,27	0,78
Junc 37	48	0	0	48,29	0,29
Junc 38	42,93	0	0	45,36	2,43
Junc 39	40,75	0	0	45,06	4,31
Junc 40	38,08	0	0	44,89	6,81
Junc 41	37,18	0,34	0,5	44,32	7,14
Junc 42	34,58	0	0	44,51	9,93
Junc 43	28,81	0	0	44,02	15,21
Junc 44	26,15	0	0	43,83	17,68
Junc 45	21,2	0	0	43,2	22
Junc 46	20,43	0	0	43,08	22,65
Junc 48	19,31	0	0	42,94	23,63
Junc 49	18,4	0	0	42,85	24,45
Junc 50	17,58	0	0	42,73	25,15
Junc 51	16,38	0	0	42,56	26,18
Junc 52	16,38	0	0	42,55	26,17
Junc 53	11,51	0	0	42,54	31,03
Junc 54	9,26	0	0	42,54	33,28
Junc 55	10,57	0,07	0,1	42,54	31,97
Junc 56	11,31	0	0	42,54	31,23
Junc 57	14,79	0	0	41,92	27,13
Junc 58	11,77	0,34	0,5	41,55	29,78
Junc 59	8,42	0	0	41,27	32,85
Junc 60	7,26	0	0	40,98	33,72
Junc 61	7,86	0,34	0,5	40,88	33,02

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/s)	Demand (L/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc 62	8,34	0,34	0,5	40,77	32,43
Junc 63	8,82	0	0	40,73	31,91
Junc 64	9,36	0,34	0,5	40,69	31,33
Junc 65	7,26	0	0	40,98	33,72
Junc 66	4,98	0,34	0,5	40,9	35,92
Junc 67	3,95	0,21	0,31	40,81	36,86
Junc 68	3,95	0	0	40,83	36,88
Junc 69	4,26	0	0	40,8	36,54
Junc 70	3,56	0	0	40,75	37,19
Junc 71	4,14	0	0	40,71	36,57
Junc 72	3,53	0,21	0,31	40,66	37,13
Junc 73	4,02	0	0	40,69	36,67
Junc 74	3,12	0	0	40,66	37,54
Junc 75	2,95	0	0	40,63	37,68
Junc 76	2,4	0,21	0,31	40,58	38,18
Junc 77	3,26	0,21	0,31	40,42	37,16
Junc 78	3,26	0	0	40,42	37,16
Junc 79	3,26	0,21	0,31	40,4	37,14
Junc 80	3,86	0	0	40,75	36,89
Junc 81	2,81	0	0	40,75	37,94
Junc 82	2,36	0	0	40,75	38,39
Junc 83	2,64	0	0	40,75	38,11
Junc 84	2,64	0,05	0,07	40,74	38,1
Junc 85	3,22	0	0	40,74	37,52
Junc 86	2,73	0	0	40,74	38,01
Junc 87	2,45	0	0	40,74	38,29
Junc 88	2,38	0,05	0,07	40,74	38,36

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/s)	Demand (L/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc 89	2,73	0	0	40,74	38,01
Junc 90	2,52	0	0	40,74	38,22
Junc 91	2,09	0	0	40,75	38,66
Junc 92	2,28	0	0	40,74	38,46
Junc 93	2,49	0	0	40,74	38,25
Junc 94	1,78	0,05	0,07	40,69	38,91
Junc 95	6,86	0,34	0,5	40,97	34,11
Junc 96	3,65	0	0	40,96	37,31
Junc 97	3,46	0	0	40,94	37,48
Junc 98	3,46	0	0	40,94	37,48
Junc 99	3,46	0,07	0,1	40,9	37,44
Junc 100	3,46	0	0	40,94	37,48
Junc 101	3,46	0	0	40,94	37,48
Junc 102	3,27	0	0	40,79	37,52
Junc 103	3,27	0	0	40,92	37,65
Junc 104	3,27	0	0	40,76	37,49
Junc 105	3,27	0	0	40,92	37,65
Junc 106	3,14	0	0	40,91	37,77
Junc 107	3,14	0	0	40,69	37,55
Junc 108	2,68	0	0	40,91	38,23
Junc 109	2,68	0	0	40,63	37,95
Junc 110	2,47	0,07	0,1	40,9	38,43
Junc 111	2,47	0	0	40,9	38,43
Junc 112	2,47	0	0	40,58	38,11
Junc 113	2,36	0,07	0,1	40,55	38,19
Junc 114	2,34	0	0	40,9	38,56
Junc 115	2,16	0	0	40,9	38,74

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/s)	Demand (L/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc 117	2,16	0	0	40,9	38,74
Junc 119	2,16	0,07	0,1	40,9	38,74
Junc 120	3,38	0	0	40,93	37,55
Junc 121	3,42	0	0	40,93	37,51
Junc 122	3,36	0	0	40,93	37,57
Junc 123	2,84	0	0	40,93	38,09
Junc 124	3,45	0	0	40,93	37,48
Junc 125	3,4	0	0	40,93	37,53
Junc 126	3,17	0	0	40,92	37,75
Junc 127	3,17	0	0	40,92	37,75
Junc 128	3,17	0,04	0,06	40,92	37,75
Junc 129	3,02	0	0	40,91	37,89
Junc 130	3,02	0,04	0,06	40,9	37,88
Junc 131	3,02	0	0	40,92	37,9
Junc 132	2,82	0	0	40,92	38,1
Junc 133	2,82	0	0	40,9	38,08
Junc 134	2,82	0,04	0,06	40,92	38,1
Junc 135	2,82	0	0	40,92	38,1
Junc 136	2,56	0,04	0,06	40,9	38,34
Junc 137	2,56	0	0	40,92	38,36
Junc 138	2,56	0	0	40,92	38,36
Junc 139	2,56	0	0	40,92	38,36
Junc 140	2,43	0	0	40,92	38,49
Junc 141	2,56	0,04	0,06	40,92	38,36
Junc 142	2,78	0	0	40,92	38,14
Junc 143	2,78	0	0	40,92	38,14
Junc 144	2,55	0	0	40,92	38,37

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/s)	Demand (L/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc 145	2,55	0	0	40,92	38,37
Junc 146	2,55	0	0	40,92	38,37
Resvr 1 (IPA)	116,19	#N/A	-19,08	116,19	0
Resvr 2 (BPT 1)	102,16	#N/A	-1,08	102,16	0
Resvr 3 (BPT 2)	85,78	#N/A	1,57	85,78	0
Resvr 4 (BPT 3)	69,95	#N/A	-3,21	69,95	0
Resvr 5 (BPT 4)	45,64	#N/A	14,57	45,64	0

Lampiran 4.4 Hasil Analisis *Nodes* Eksisting (*Nodes* at 16:00 Hrs)

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/s)	Demand (L/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc 6	114,69	0	0	115,48	0,79
Junc 7	112,56	0	0	114,12	1,56
Junc 8	110,09	0	0	112,47	2,38
Junc 9	108,93	0	0	110,68	1,75
Junc 10	107,45	0	0	108,04	0,59
Junc 11	106,21	0	0	106,69	0,48
Junc 12	104,09	0	0	104,2	0,11
Junc 13	99	0	0	100,29	1,29
Junc 14	97	0	0	97,89	0,89
Junc 15	95,72	0,22	0,32	95,87	0,15
Junc 16	93,05	0	0	93,38	0,33
Junc 17	89	0	0	90,52	1,52
Junc 18	87	0	0	87,92	0,92
Junc 19	83,83	0,22	0,32	84,09	0,26

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/s)	Demand (L/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc 20	81,67	0	0	82,06	0,39
Junc 21	79,05	0	0	79,84	0,79
Junc 22	76,88	0	0	78,3	1,42
Junc 23	75,25	0	0	75,5	0,25
Junc 24	73,95	0	0	74,44	0,49
Junc 25	71,5	0	0	71,92	0,42
Junc 27	66,82	0	0	67,4	0,58
Junc 28	64,26	0	0	64,98	0,72
Junc 29	61,29	0	0	62,96	1,67
Junc 30	58,2	0	0	60,07	1,87
Junc 31	56,02	0	0	57,09	1,07
Junc 33	55,15	0	0	55,36	0,21
Junc 34	53	0,34	0,49	54,65	1,65
Junc 35	52,52	0	0	53,25	0,73
Junc 36	50,49	0	0	51,27	0,78
Junc 37	48	0	0	48,29	0,29
Junc 38	42,93	0	0	45,37	2,44
Junc 39	40,75	0	0	45,09	4,34
Junc 40	38,08	0	0	44,92	6,84
Junc 41	37,18	0,34	0,49	44,38	7,2
Junc 42	34,58	0	0	44,56	9,98
Junc 43	28,81	0	0	44,09	15,28
Junc 44	26,15	0	0	43,91	17,76
Junc 45	21,2	0	0	43,3	22,1
Junc 46	20,43	0	0	43,19	22,76
Junc 48	19,31	0	0	43,05	23,74
Junc 49	18,4	0	0	42,96	24,56

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/s)	Demand (L/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc 50	17,58	0	0	42,85	25,27
Junc 51	16,38	0	0	42,69	26,31
Junc 52	16,38	0	0	42,67	26,29
Junc 53	11,51	0	0	42,67	31,16
Junc 54	9,26	0	0	42,67	33,41
Junc 55	10,57	0,07	0,1	42,67	32,1
Junc 56	11,31	0	0	42,67	31,36
Junc 57	14,79	0	0	42,07	27,28
Junc 58	11,77	0,34	0,49	41,72	29,95
Junc 59	8,42	0	0	41,45	33,03
Junc 60	7,26	0	0	41,18	33,92
Junc 61	7,86	0,34	0,49	41,07	33,21
Junc 62	8,34	0,34	0,49	40,97	32,63
Junc 63	8,82	0	0	40,93	32,11
Junc 64	9,36	0,34	0,49	40,89	31,53
Junc 65	7,26	0	0	41,17	33,91
Junc 66	4,98	0,34	0,49	41,09	36,11
Junc 67	3,95	0,21	0,3	41,01	37,06
Junc 68	3,95	0	0	41,03	37,08
Junc 69	4,26	0	0	41	36,74
Junc 70	3,56	0	0	40,96	37,4
Junc 71	4,14	0	0	40,91	36,77
Junc 72	3,53	0,21	0,3	40,86	37,33
Junc 73	4,02	0	0	40,9	36,88
Junc 74	3,12	0	0	40,86	37,74
Junc 75	2,95	0	0	40,84	37,89
Junc 76	2,4	0,21	0,3	40,78	38,38

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/s)	Demand (L/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc 77	3,26	0,21	0,3	40,64	37,38
Junc 78	3,26	0	0	40,64	37,38
Junc 79	3,26	0,21	0,3	40,62	37,36
Junc 80	3,86	0	0	40,95	37,09
Junc 81	2,81	0	0	40,95	38,14
Junc 82	2,36	0	0	40,95	38,59
Junc 83	2,64	0	0	40,95	38,31
Junc 84	2,64	0,05	0,07	40,95	38,31
Junc 85	3,22	0	0	40,95	37,73
Junc 86	2,73	0	0	40,94	38,21
Junc 87	2,45	0	0	40,94	38,49
Junc 88	2,38	0,05	0,07	40,94	38,56
Junc 89	2,73	0	0	40,94	38,21
Junc 90	2,52	0	0	40,94	38,42
Junc 91	2,09	0	0	40,95	38,86
Junc 92	2,28	0	0	40,95	38,67
Junc 93	2,49	0	0	40,95	38,46
Junc 94	1,78	0,05	0,07	40,9	39,12
Junc 95	6,86	0,34	0,49	41,16	34,3
Junc 96	3,65	0	0	41,15	37,5
Junc 97	3,46	0	0	41,13	37,67
Junc 98	3,46	0	0	41,13	37,67
Junc 99	3,46	0,07	0,1	41,09	37,63
Junc 100	3,46	0	0	41,13	37,67
Junc 101	3,46	0	0	41,13	37,67
Junc 102	3,27	0	0	40,99	37,72
Junc 103	3,27	0	0	41,12	37,85

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/s)	Demand (L/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc 104	3,27	0	0	40,96	37,69
Junc 105	3,27	0	0	41,11	37,84
Junc 106	3,14	0	0	41,11	37,97
Junc 107	3,14	0	0	40,89	37,75
Junc 108	2,68	0	0	41,1	38,42
Junc 109	2,68	0	0	40,84	38,16
Junc 110	2,47	0,07	0,1	41,1	38,63
Junc 111	2,47	0	0	41,1	38,63
Junc 112	2,47	0	0	40,79	38,32
Junc 113	2,36	0,07	0,1	40,76	38,4
Junc 114	2,34	0	0	41,1	38,76
Junc 115	2,16	0	0	41,09	38,93
Junc 117	2,16	0	0	41,09	38,93
Junc 119	2,16	0,07	0,1	41,09	38,93
Junc 120	3,38	0	0	41,13	37,75
Junc 121	3,42	0	0	41,13	37,71
Junc 122	3,36	0	0	41,12	37,76
Junc 123	2,84	0	0	41,12	38,28
Junc 124	3,45	0	0	41,12	37,67
Junc 125	3,4	0	0	41,12	37,72
Junc 126	3,17	0	0	41,12	37,95
Junc 127	3,17	0	0	41,12	37,95
Junc 128	3,17	0,04	0,06	41,11	37,94
Junc 129	3,02	0	0	41,1	38,08
Junc 130	3,02	0,04	0,06	41,09	38,07
Junc 131	3,02	0	0	41,12	38,1
Junc 132	2,82	0	0	41,11	38,29

Node ID	Elevation (m)	Base Demand (L/s)	Demand (L/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc 133	2,82	0	0	41,09	38,27
Junc 134	2,82	0,04	0,06	41,11	38,29
Junc 135	2,82	0	0	41,11	38,29
Junc 136	2,56	0,04	0,06	41,09	38,53
Junc 137	2,56	0	0	41,11	38,55
Junc 138	2,56	0	0	41,11	38,55
Junc 139	2,56	0	0	41,11	38,55
Junc 140	2,43	0	0	41,11	38,68
Junc 141	2,56	0,04	0,06	41,11	38,55
Junc 142	2,78	0	0	41,11	38,33
Junc 143	2,78	0	0	41,11	38,33
Junc 144	2,55	0	0	41,11	38,56
Junc 145	2,55	0	0	41,11	38,56
Junc 146	2,55	0	0	41,11	38,56
Resvr 1 (IPA)	116,19	#N/A	-19,08	116,19	0
Resvr 2 (BPT 1)	102,16	#N/A	-1,07	102,16	0
Resvr 3 (BPT 2)	85,78	#N/A	1,58	85,78	0
Resvr 4 (BPT 3)	69,95	#N/A	-3,21	69,95	0
Resvr 5 (BPT 4)	45,64	#N/A	14,71	45,64	0

Lampiran 4.5 Hasil Analisis *Links* Eksisting (*Links at 7:00 Hrs*)

Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 1	42,2	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 2	81,7	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 3	99	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 4	107	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 5	158	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 6	80,7	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 7	149	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 8	122	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 9	101	135,4	20,16	1,4	18,5
Pipe 10	130	135,4	20,16	1,4	18,5
Pipe 11	109	135,4	20,16	1,4	18,5
Pipe 12	139	135,4	19,84	1,38	17,95
Pipe 13	159	135,4	19,84	1,38	17,95
Pipe 14	145	135,4	19,84	1,38	17,95
Pipe 15	119	135,4	19,84	1,38	17,95
Pipe 16	110	135,4	18,26	1,27	15,41
Pipe 17	136	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 18	149	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 19	103	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 20	188	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 21	71,2	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 22	169	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 23	132	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 24	126	135,4	21,15	1,47	20,22
Pipe 25	120	135,4	21,15	1,47	20,22
Pipe 26	100	135,4	21,15	1,47	20,22

Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 27	143	135,4	21,15	1,47	20,22
Pipe 28	147	135,4	21,15	1,47	20,22
Pipe 29	86	135,4	21,15	1,47	20,22
Pipe 30	147	43,4	0,5	0,34	5,03
Pipe 31	109	135,4	20,65	1,43	19,34
Pipe 32	102	135,4	20,65	1,43	19,34
Pipe 33	154	135,4	20,65	1,43	19,34
Pipe 34	137	135,4	20,65	1,43	19,34
Pipe 35	140	135,4	6,08	0,42	2,01
Pipe 36	146	135,4	6,08	0,42	2,01
Pipe 37	88	135,4	6,08	0,42	2,01
Pipe 38	112	43,4	0,5	0,34	5,03
Pipe 39	219,8	135,4	5,58	0,39	1,72
Pipe 40	286,4	135,4	5,58	0,39	1,72
Pipe 41	108	135,4	5,58	0,39	1,72
Pipe 42	368,7	135,4	5,58	0,39	1,72
Pipe 43	70	135,4	5,58	0,39	1,72
Pipe 44	80	135,4	5,58	0,39	1,72
Pipe 45	57	135,4	5,58	0,39	1,72
Pipe 46	65	135,4	5,58	0,39	1,72
Pipe 47	102	135,4	5,58	0,39	1,72
Pipe 48	8	135,4	5,58	0,39	1,72
Pipe 49	380	135,4	5,48	0,38	1,66
Pipe 50	274	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 51	95,1	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 52	264	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 53	112	90,8	0	0	0

Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 54	218,1	135,4	5,48	0,38	1,66
Pipe 55	208,4	135,4	4,98	0,35	1,39
Pipe 56	203	135,4	4,98	0,35	1,39
Pipe 57	101,5	90,8	1,5	0,23	1,06
Pipe 58	214	90,8	1	0,15	0,5
Pipe 59	297	90,8	0,5	0,08	0,14
Pipe 60	290,6	90,8	0,5	0,08	0,14
Pipe 61	5	135,4	3,48	0,24	0,71
Pipe 62	262	135,4	2,27	0,16	0,32
Pipe 63	456,6	135,4	1,68	0,12	0,18
Pipe 64	320	43,4	0,09	0,06	0,21
Pipe 65	145	43,4	0,09	0,06	0,21
Pipe 66	486	43,4	0,09	0,06	0,21
Pipe 67	447	135,4	1,37	0,09	0,13
Pipe 68	95	72,6	0,53	0,13	0,45
Pipe 69	324	72,6	0,31	0,07	0,17
Pipe 70	206	72,6	0,22	0,05	0,09
Pipe 71	216	72,6	0,31	0,07	0,17
Pipe 72	131	72,6	0,31	0,07	0,17
Pipe 73	350	72,6	0,31	0,07	0,17
Pipe 74	544	72,6	0,62	0,15	0,61
Pipe 75	5,7	72,6	0,31	0,07	0,17
Pipe 76	120	72,6	0,31	0,07	0,17
Pipe 77	494	135,4	0,22	0,02	0
Pipe 78	444	135,4	0,22	0,02	0
Pipe 79	473	135,4	0,22	0,02	0
Pipe 80	203	90,8	0,15	0,02	0,01

Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 81	61	90,8	0,07	0,01	0
Pipe 82	355	90,8	0,07	0,01	0
Pipe 83	378,5	90,8	0,07	0,01	0
Pipe 84	359	90,8	0,07	0,01	0
Pipe 85	173,4	90,8	0,07	0,01	0
Pipe 86	172	90,8	0	0	0
Pipe 87	489	72,6	0	0	0
Pipe 88	443	135,4	0,07	0,01	0
Pipe 89	259	72,6	0,07	0,02	0,01
Pipe 90	357	43,4	0,07	0,05	0,14
Pipe 91	214,6	72,6	0	0	0
Pipe 92	131,5	135,4	1,21	0,08	0,1
Pipe 93	248	135,4	0,71	0,05	0,04
Pipe 94	439	135,4	0,71	0,05	0,04
Pipe 95	6,6	43,4	0,1	0,07	0,27
Pipe 96	151	43,4	0,1	0,07	0,27
Pipe 97	190	135,4	0,6	0,04	0,03
Pipe 98	5,8	135,4	0,5	0,03	0,02
Pipe 99	548	43,4	0,1	0,07	0,27
Pipe 100	105	43,4	0,1	0,07	0,27
Pipe 101	274	43,4	0,1	0,07	0,27
Pipe 102	193	43,4	0,1	0,07	0,27
Pipe 103	193	43,4	0,1	0,07	0,27
Pipe 104	110	43,4	0,1	0,07	0,27
Pipe 105	546	90,8	0,21	0,03	0,03
Pipe 106	103	90,8	0,21	0,03	0,03
Pipe 107	271	90,8	0,21	0,03	0,03

Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 108	192	90,8	0,21	0,03	0,03
Pipe 109	112	90,8	0,21	0,03	0,03
Pipe 110	82	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 111	186	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 112	341	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 113	12,6	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 114	8,5	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 115	150	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 116	358	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 117	225	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 118	339	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 119	290,6	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 120	83,8	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 121	281	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 122	103	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 123	5,6	43,4	0,11	0,07	0,29
Pipe 124	340	135,4	0,19	0,01	0
Pipe 125	179	43,4	0,05	0,03	0,07
Pipe 126	193	43,4	0,05	0,03	0,07
Pipe 127	455	135,4	0,19	0,01	0
Pipe 128	95	135,4	0,19	0,01	0
Pipe 129	53	135,4	0,13	0,01	0
Pipe 130	233	135,4	0,13	0,01	0
Pipe 131	152	135,4	0,13	0,01	0
Pipe 132	516	43,4	-0,01	0,01	0
Pipe 133	322	43,4	-0,01	0,01	0
Pipe 134	150	43,4	-0,07	0,05	0,13

Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 135	4,5	72,6	-0,13	0,03	0,03
Pipe 136	236	72,6	0	0	0
Pipe 137	124	72,6	0,06	0,01	0,01
Pipe 138	162	72,6	0	0	0
Pipe 139	188	72,6	0	0	0
Pipe 140	202	72,6	0	0	0
Pipe 141	141	72,6	0	0	0
Pipe 142	62	72,6	0	0	0

Lampiran 4.6 Hasil Analisis *Links* Eksisting (*Links at 16:00 Hrs*)

Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 1	42,2	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 2	81,7	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 3	99	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 4	107	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 5	158	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 6	80,7	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 7	149	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 8	122	135,4	19,08	1,33	16,71
Pipe 9	101	135,4	20,16	1,4	18,49
Pipe 10	130	135,4	20,16	1,4	18,49
Pipe 11	109	135,4	20,16	1,4	18,49
Pipe 12	139	135,4	19,84	1,38	17,96
Pipe 13	159	135,4	19,84	1,38	17,96
Pipe 14	145	135,4	19,84	1,38	17,96
Pipe 15	119	135,4	19,84	1,38	17,96

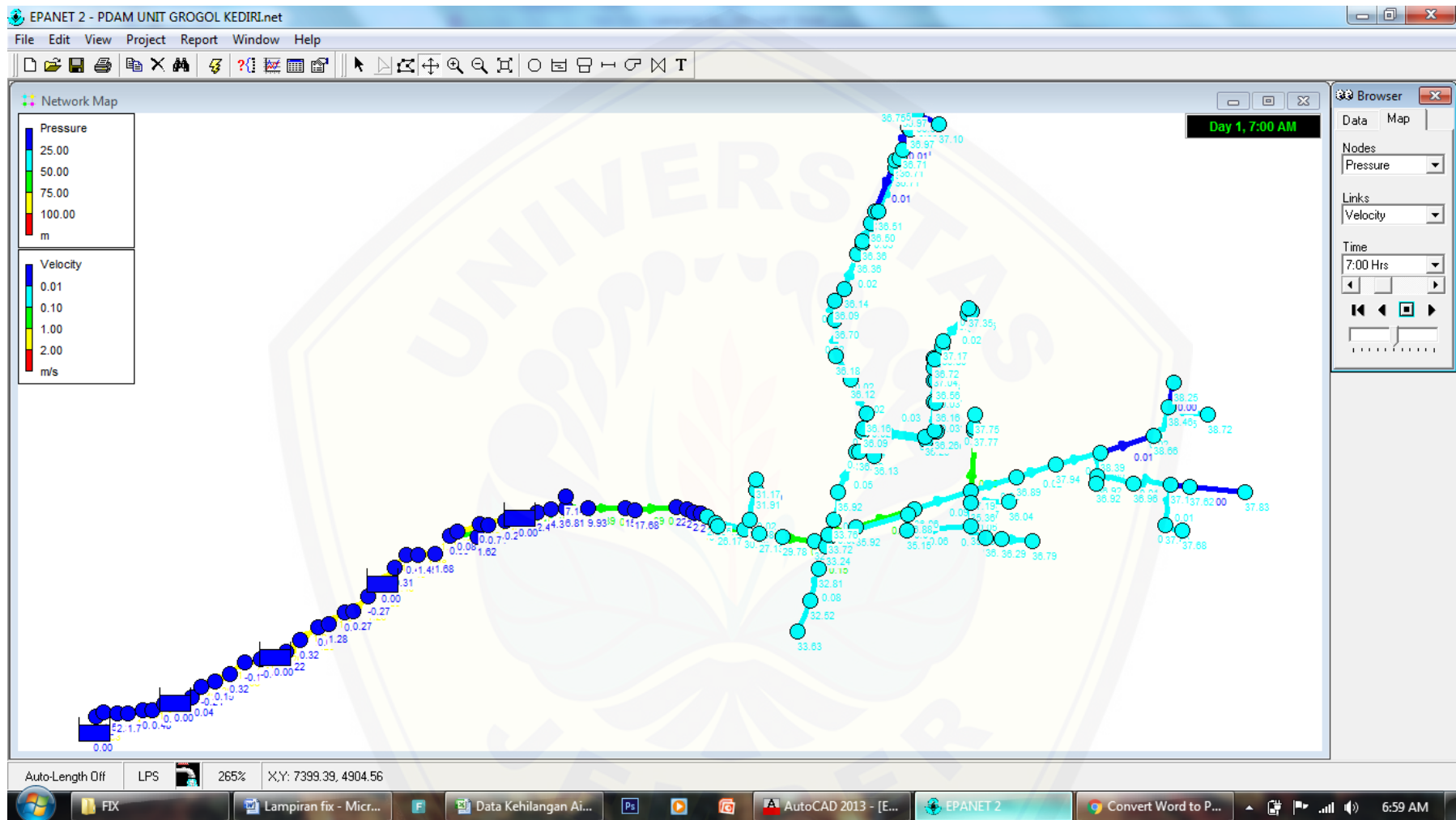
Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 16	110	135,4	18,26	1,27	15,4
Pipe 17	136	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 18	149	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 19	103	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 20	188	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 21	71,2	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 22	169	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 23	132	135,4	17,94	1,25	14,91
Pipe 24	126	135,4	21,15	1,47	20,21
Pipe 25	120	135,4	21,15	1,47	20,21
Pipe 26	100	135,4	21,15	1,47	20,21
Pipe 27	143	135,4	21,15	1,47	20,21
Pipe 28	147	135,4	21,15	1,47	20,21
Pipe 29	86	135,4	21,15	1,47	20,21
Pipe 30	147	43,4	0,49	0,33	4,83
Pipe 31	109	135,4	20,66	1,43	19,35
Pipe 32	102	135,4	20,66	1,43	19,35
Pipe 33	154	135,4	20,66	1,43	19,35
Pipe 34	137	135,4	20,66	1,43	19,35
Pipe 35	140	135,4	5,95	0,41	1,93
Pipe 36	146	135,4	5,95	0,41	1,93
Pipe 37	88	135,4	5,95	0,41	1,93
Pipe 38	112	43,4	0,49	0,33	4,83
Pipe 39	219,8	135,4	5,46	0,38	1,65
Pipe 40	286,4	135,4	5,46	0,38	1,65
Pipe 41	108	135,4	5,46	0,38	1,65
Pipe 42	368,7	135,4	5,46	0,38	1,65

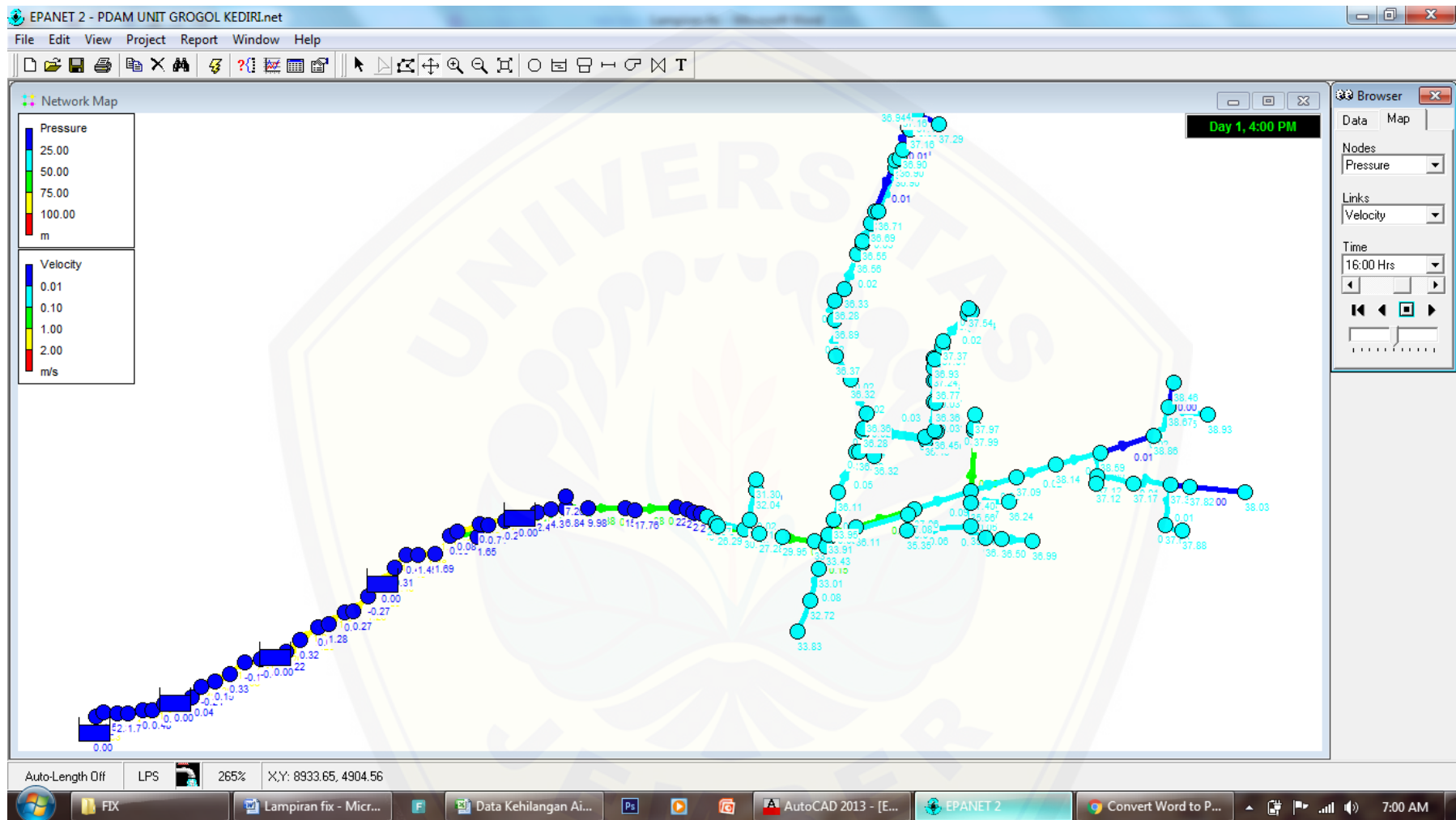
Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 43	70	135,4	5,46	0,38	1,65
Pipe 44	80	135,4	5,46	0,38	1,65
Pipe 45	57	135,4	5,46	0,38	1,65
Pipe 46	65	135,4	5,46	0,38	1,65
Pipe 47	102	135,4	5,46	0,38	1,65
Pipe 48	8	135,4	5,46	0,38	1,65
Pipe 49	380	135,4	5,36	0,37	1,59
Pipe 50	274	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 51	95,1	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 52	264	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 53	112	90,8	0	0	0
Pipe 54	218,1	135,4	5,36	0,37	1,59
Pipe 55	208,4	135,4	4,87	0,34	1,33
Pipe 56	203	135,4	4,87	0,34	1,33
Pipe 57	101,5	90,8	1,47	0,23	1,01
Pipe 58	214	90,8	0,98	0,15	0,48
Pipe 59	297	90,8	0,49	0,08	0,13
Pipe 60	290,6	90,8	0,49	0,08	0,13
Pipe 61	5	135,4	3,4	0,24	0,68
Pipe 62	262	135,4	2,22	0,15	0,31
Pipe 63	456,6	135,4	1,64	0,11	0,18
Pipe 64	320	43,4	0,09	0,06	0,2
Pipe 65	145	43,4	0,09	0,06	0,2
Pipe 66	486	43,4	0,09	0,06	0,2
Pipe 67	447	135,4	1,34	0,09	0,12
Pipe 68	95	72,6	0,52	0,12	0,43
Pipe 69	324	72,6	0,3	0,07	0,16

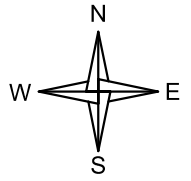
Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 70	206	72,6	0,21	0,05	0,08
Pipe 71	216	72,6	0,3	0,07	0,16
Pipe 72	131	72,6	0,3	0,07	0,16
Pipe 73	350	72,6	0,3	0,07	0,16
Pipe 74	544	72,6	0,6	0,15	0,58
Pipe 75	5,7	72,6	0,3	0,07	0,16
Pipe 76	120	72,6	0,3	0,07	0,16
Pipe 77	494	135,4	0,22	0,02	0
Pipe 78	444	135,4	0,22	0,02	0
Pipe 79	473	135,4	0,22	0,02	0
Pipe 80	203	90,8	0,14	0,02	0,01
Pipe 81	61	90,8	0,07	0,01	0
Pipe 82	355	90,8	0,07	0,01	0
Pipe 83	378,5	90,8	0,07	0,01	0
Pipe 84	359	90,8	0,07	0,01	0
Pipe 85	173,4	90,8	0,07	0,01	0
Pipe 86	172	90,8	0	0	0
Pipe 87	489	72,6	0	0	0
Pipe 88	443	135,4	0,07	0,01	0
Pipe 89	259	72,6	0,07	0,02	0,01
Pipe 90	357	43,4	0,07	0,05	0,14
Pipe 91	214,6	72,6	0	0	0
Pipe 92	131,5	135,4	1,18	0,08	0,1
Pipe 93	248	135,4	0,69	0,05	0,04
Pipe 94	439	135,4	0,69	0,05	0,04
Pipe 95	6,6	43,4	0,1	0,07	0,26
Pipe 96	151	43,4	0,1	0,07	0,26

Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 97	190	135,4	0,59	0,04	0,03
Pipe 98	5,8	135,4	0,49	0,03	0,02
Pipe 99	548	43,4	0,1	0,07	0,26
Pipe 100	105	43,4	0,1	0,07	0,26
Pipe 101	274	43,4	0,1	0,07	0,26
Pipe 102	193	43,4	0,1	0,07	0,26
Pipe 103	193	43,4	0,1	0,07	0,26
Pipe 104	110	43,4	0,1	0,07	0,26
Pipe 105	546	90,8	0,2	0,03	0,03
Pipe 106	103	90,8	0,2	0,03	0,03
Pipe 107	271	90,8	0,2	0,03	0,03
Pipe 108	192	90,8	0,2	0,03	0,03
Pipe 109	112	90,8	0,2	0,03	0,03
Pipe 110	82	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 111	186	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 112	341	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 113	12,6	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 114	8,5	90,8	0,1	0,02	0,01
Pipe 115	150	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 116	358	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 117	225	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 118	339	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 119	290,6	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 120	83,8	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 121	281	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 122	103	135,4	0,29	0,02	0,01
Pipe 123	5,6	43,4	0,1	0,07	0,28

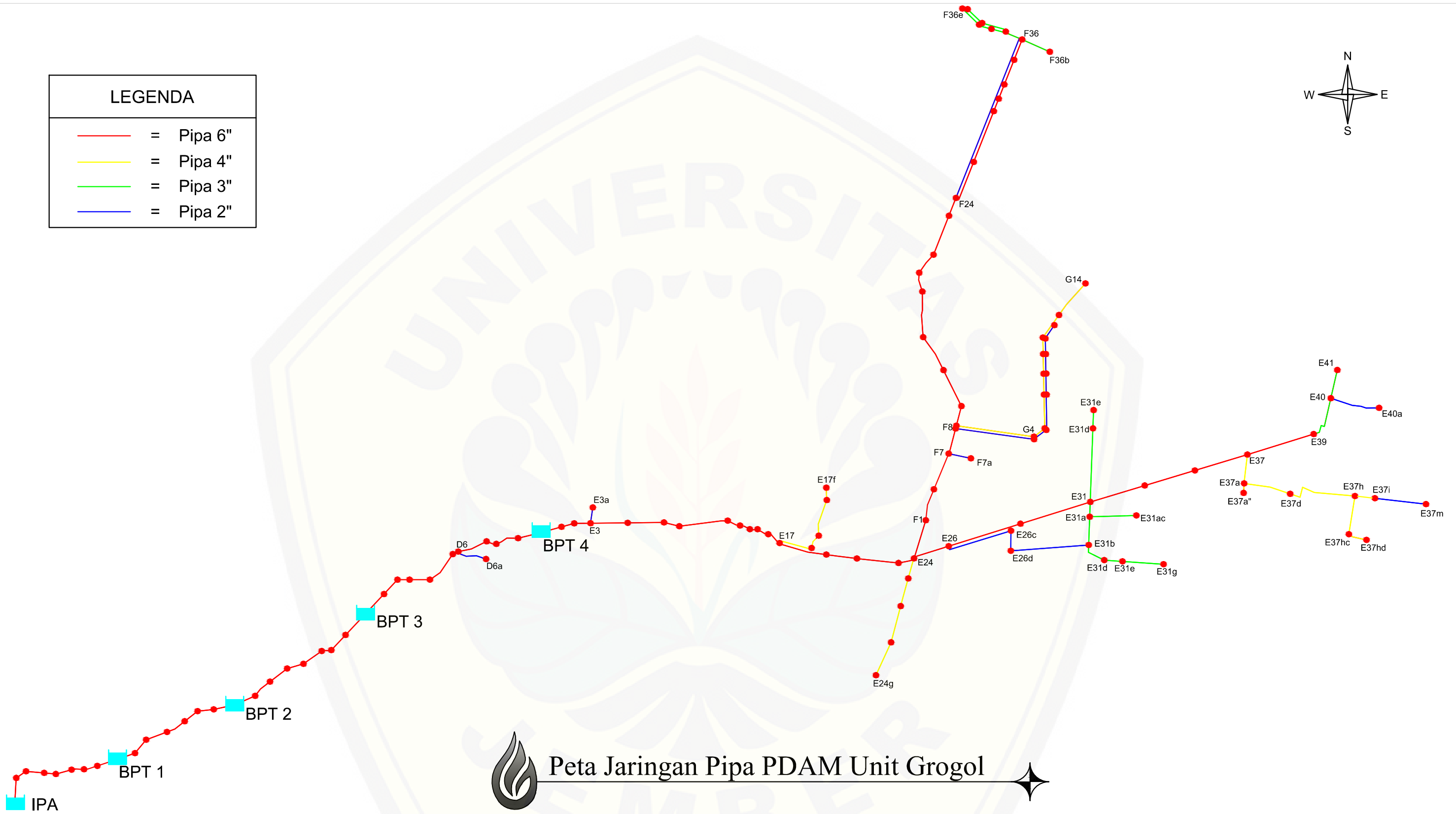
Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 124	340	135,4	0,18	0,01	0
Pipe 125	179	43,4	0,05	0,03	0,06
Pipe 126	193	43,4	0,05	0,03	0,06
Pipe 127	455	135,4	0,18	0,01	0
Pipe 128	95	135,4	0,18	0,01	0
Pipe 129	53	135,4	0,13	0,01	0
Pipe 130	233	135,4	0,13	0,01	0
Pipe 131	152	135,4	0,13	0,01	0
Pipe 132	516	43,4	-0,01	0,01	0
Pipe 133	322	43,4	-0,01	0,01	0
Pipe 134	150	43,4	-0,07	0,05	0,12
Pipe 135	4,5	72,6	-0,13	0,03	0,03
Pipe 136	236	72,6	0	0	0
Pipe 137	124	72,6	0,06	0,01	0,01
Pipe 138	162	72,6	0	0	0
Pipe 139	188	72,6	0	0	0
Pipe 140	202	72,6	0	0	0
Pipe 141	141	72,6	0	0	0
Pipe 142	62	72,6	0	0	0



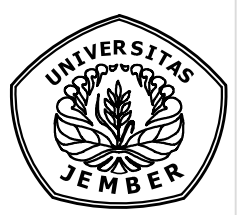




LEGENDA	
—	= Pipa 6"
—	= Pipa 4"
—	= Pipa 3"
—	= Pipa 2"



Peta Jaringan Pipa PDAM Unit Grogol



Program Studi S1
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Jember

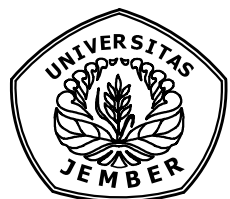
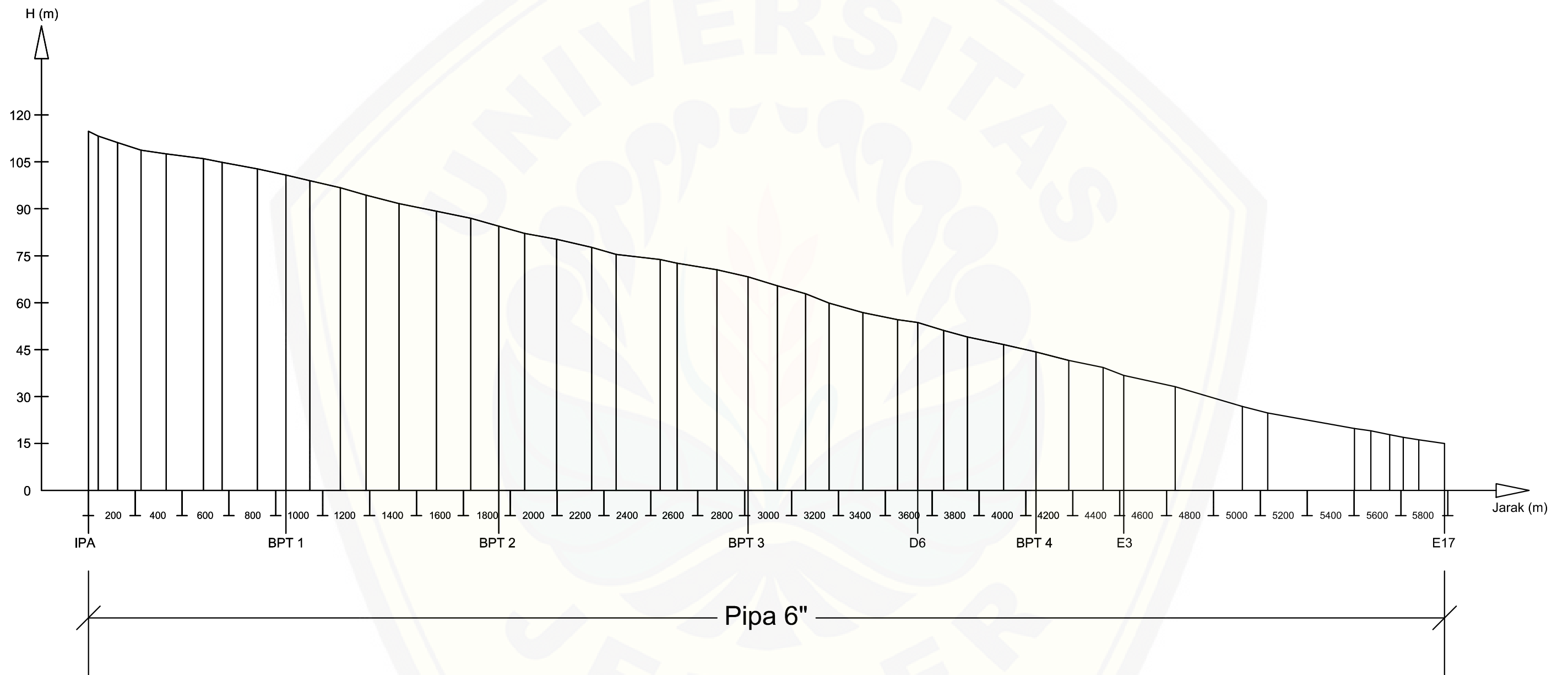
Tugas Akhir
Evaluasi Kehilangan Air Pada
Jaringan Pipa PDAM Unit
Grogol Kabupaten Kediri

Digambar
Fery Dwi Cahyo Efendi
141910301010

Gambar
 Peta Jaringan Pipa
 (Elevasi)

Skala
Vertikal
 1 : 1500

Skala
Horizontal
 1 : 20000



**Program Studi S1
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Jember**

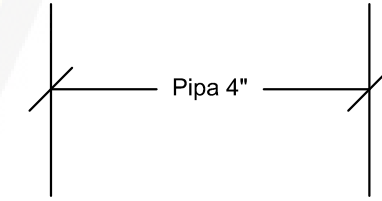
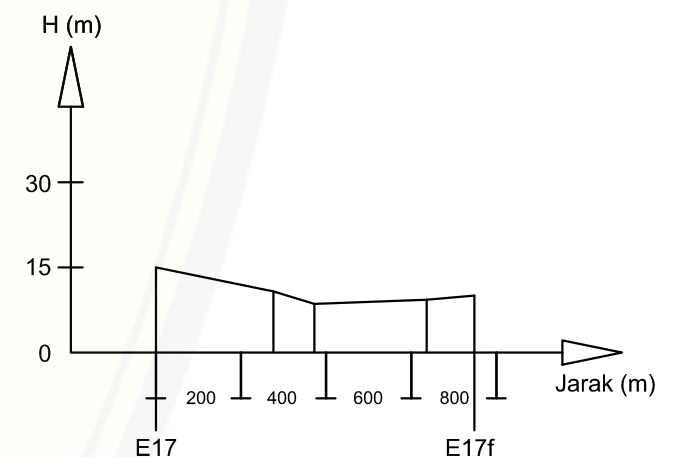
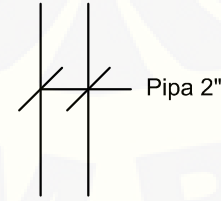
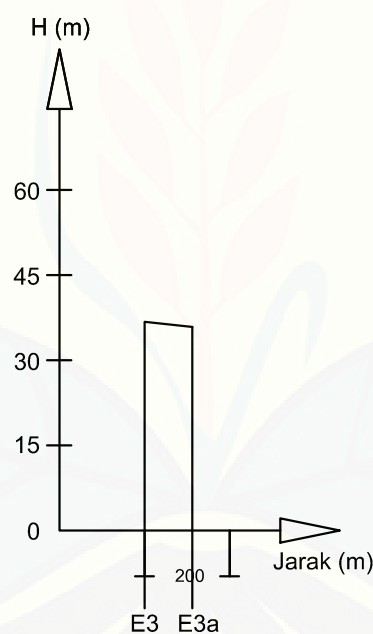
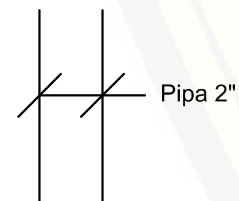
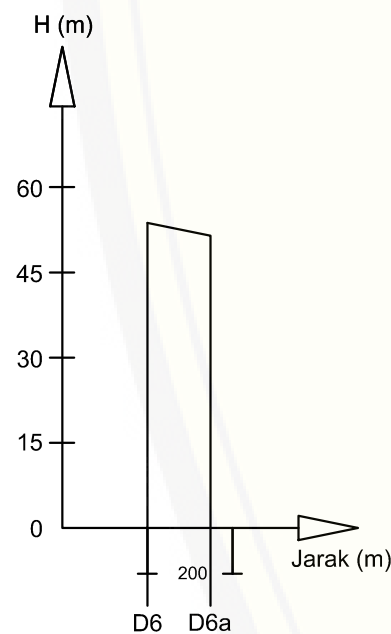
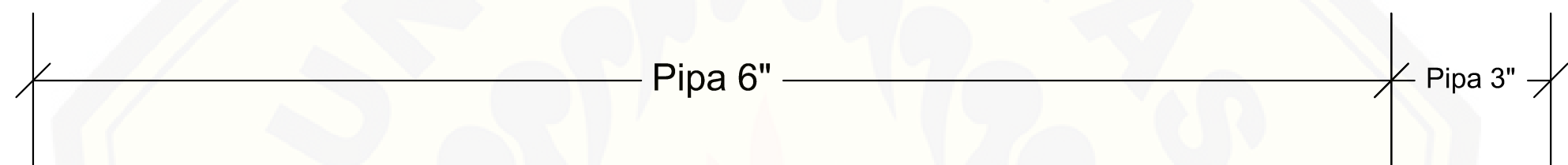
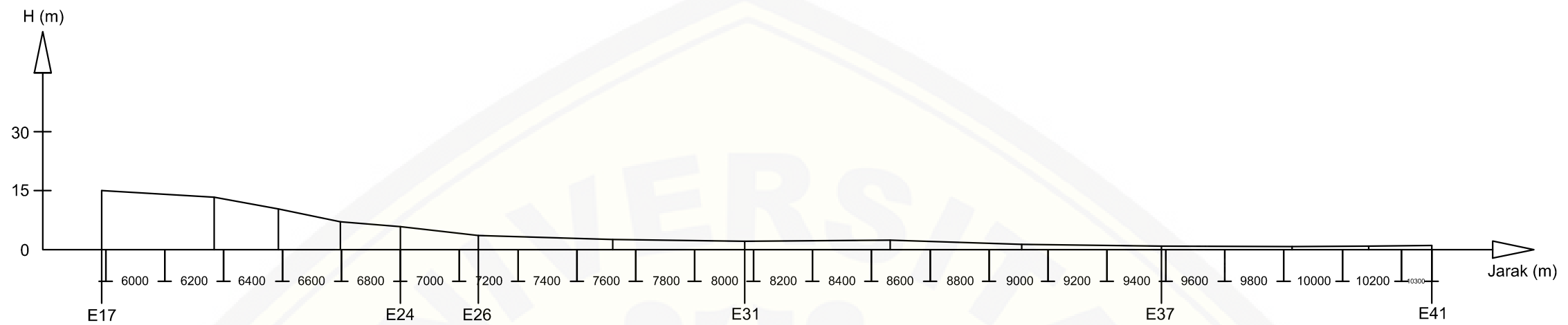
**Tugas Akhir
Evaluasi Kehilangan Air Pada
Jaringan Pipa PDAM Unit
Grogol Kabupaten Kediri**

**Digambar
Fery Dwi Cahyo Efendi
141910301010**

**Gambar
Potongan
Memanjang**

**Skala
Vertikal
1 : 1500**

**Skala
Horizontal
1 : 20000**



Program Studi S1
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Jember

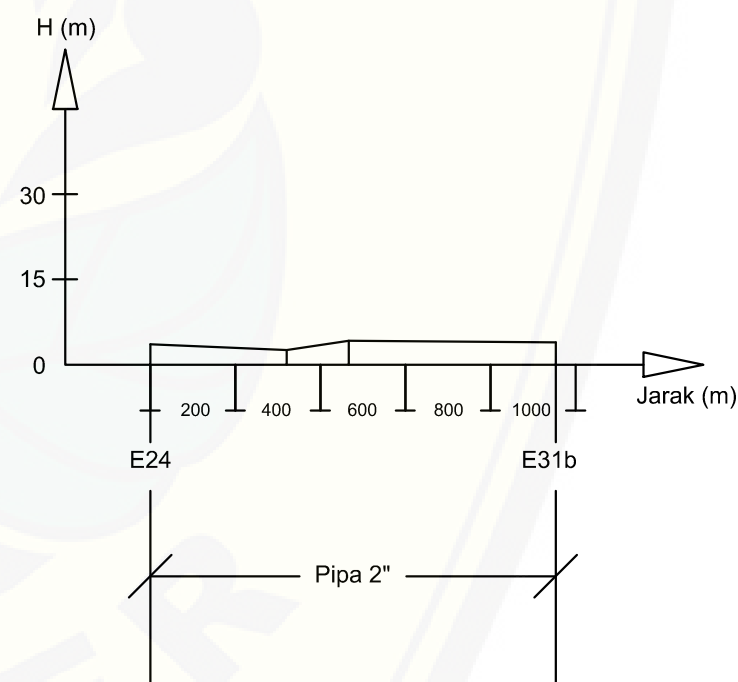
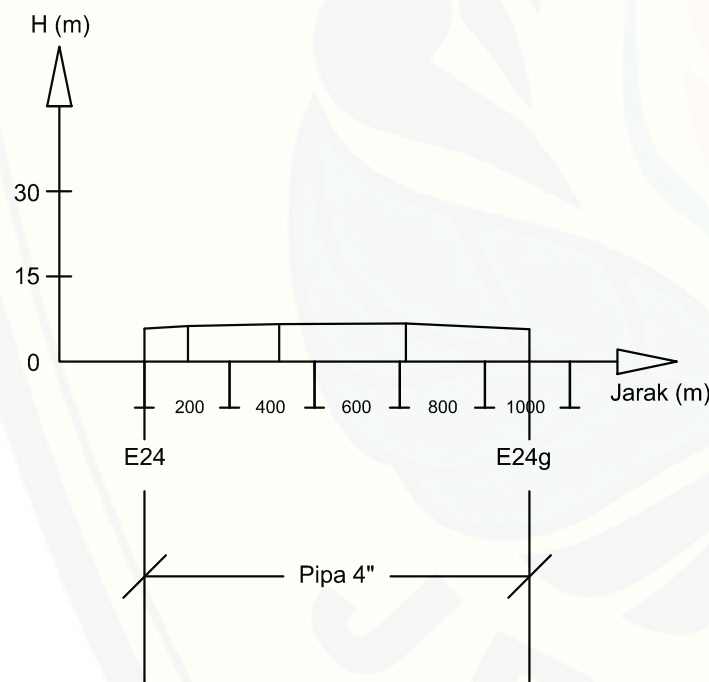
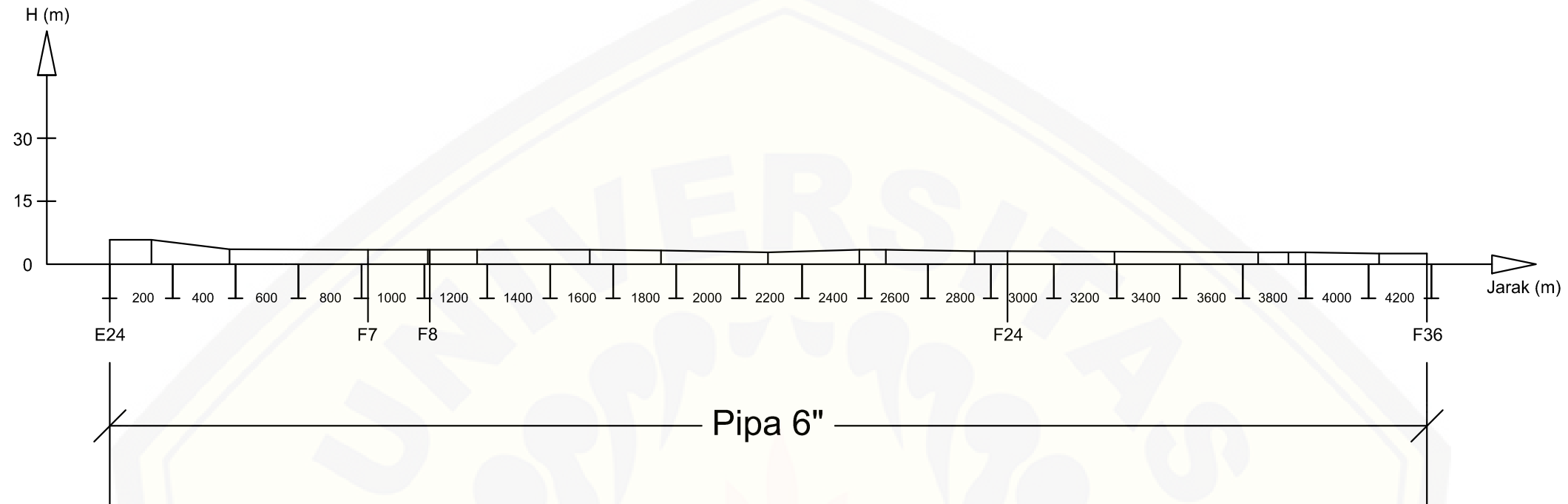
Tugas Akhir
Evaluasi Kehilangan Air Pada
Jaringan Pipa PDAM Unit
Grogol Kabupaten Kediri

Digambar
Fery Dwi Cahyo Efendi
141910301010

Gambar
Potongan
Memanjang

Skala
Vertikal
1 : 1500

Skala
Horizontal
1 : 20000



**Program Studi S1
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Jember**

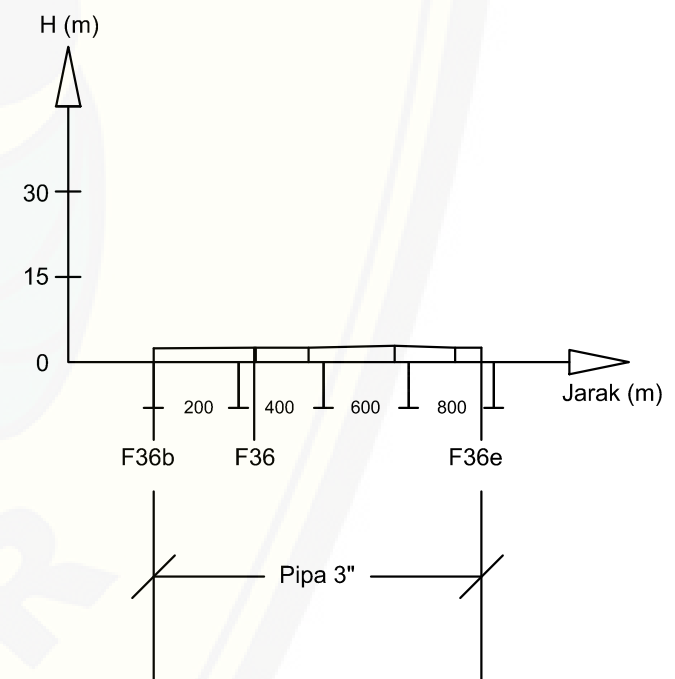
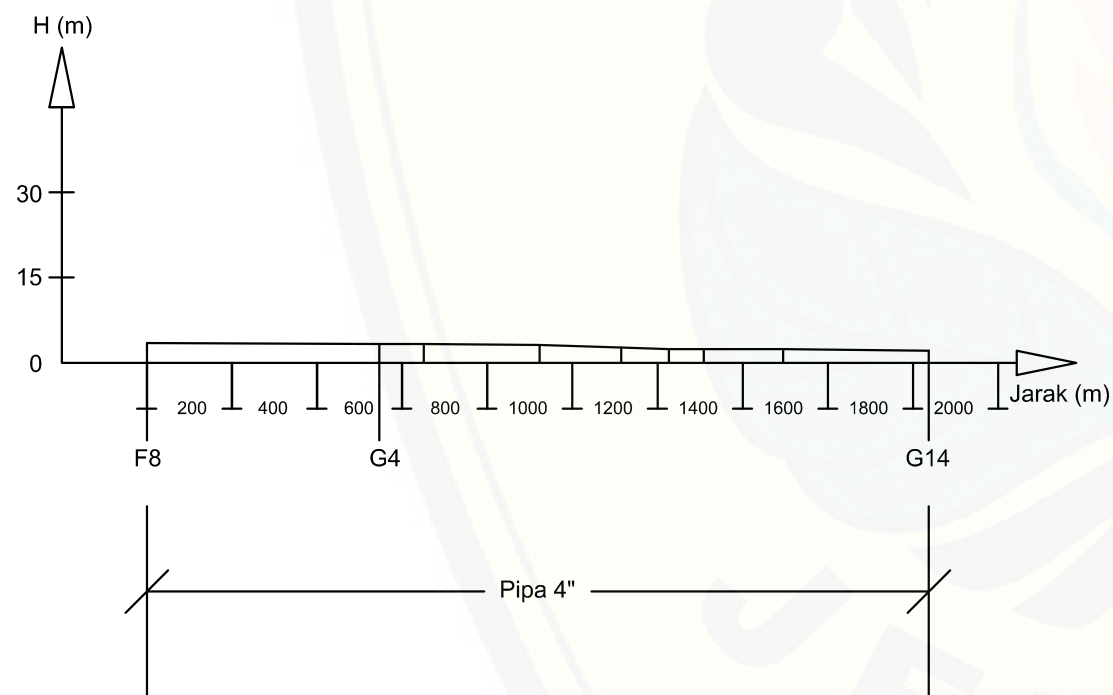
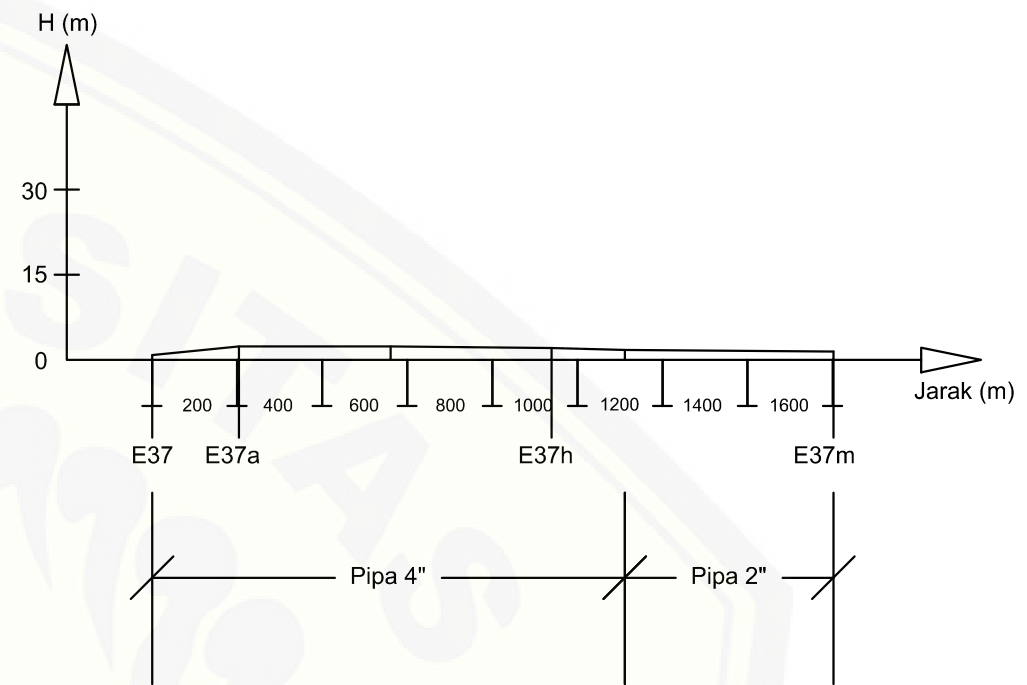
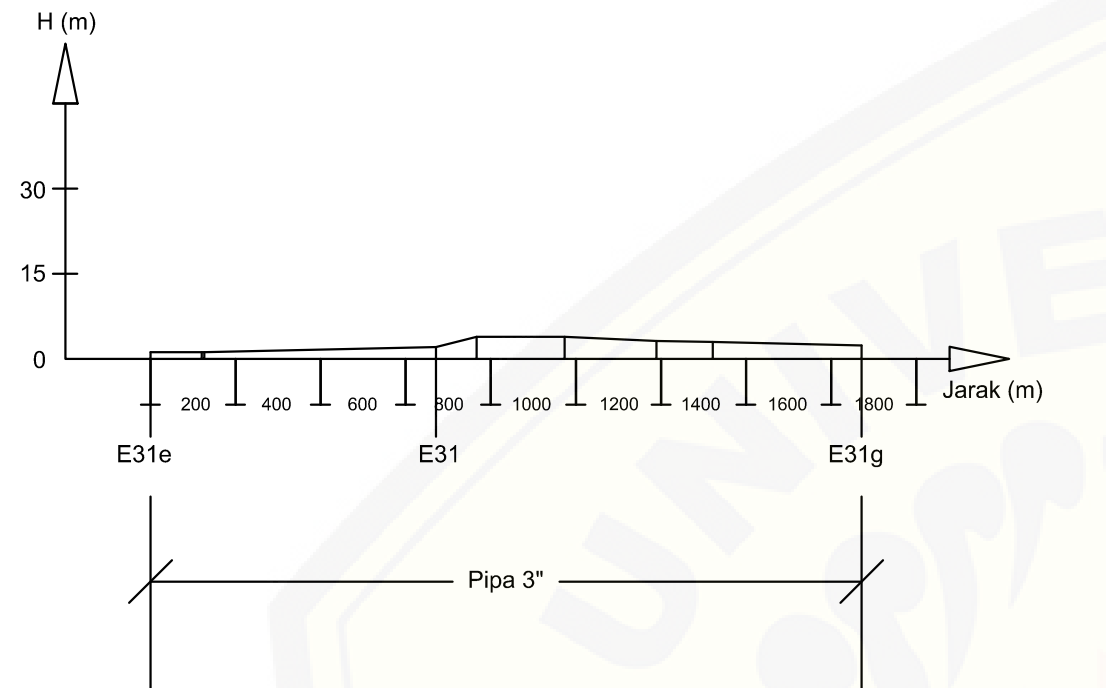
Tugas Akhir
**Evaluasi Kehilangan Air Pada
Jaringan Pipa PDAM Unit
Grogol Kabupaten Kediri**

Digambar
Fery Dwi Cahyo Efendi
141910301010

Gambar
**Potongan
Memanjang**

**Skala
Vertikal**
1 : 1500

**Skala
Horizontal**
1 : 20000



**Program Studi S1
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Jember**

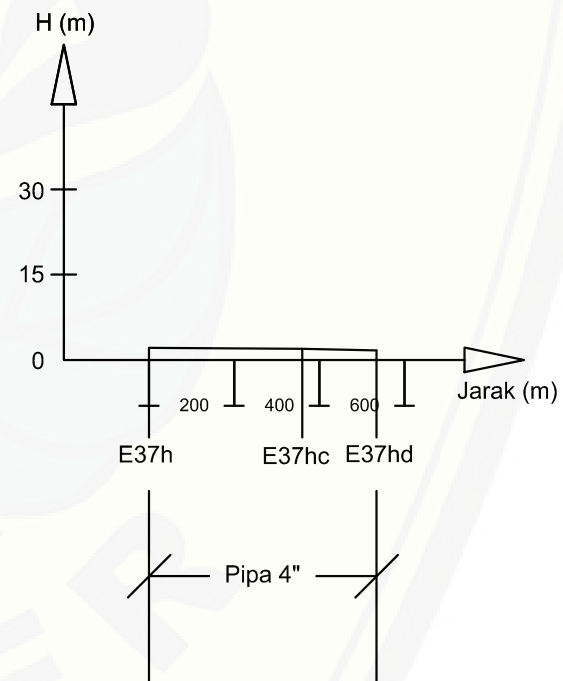
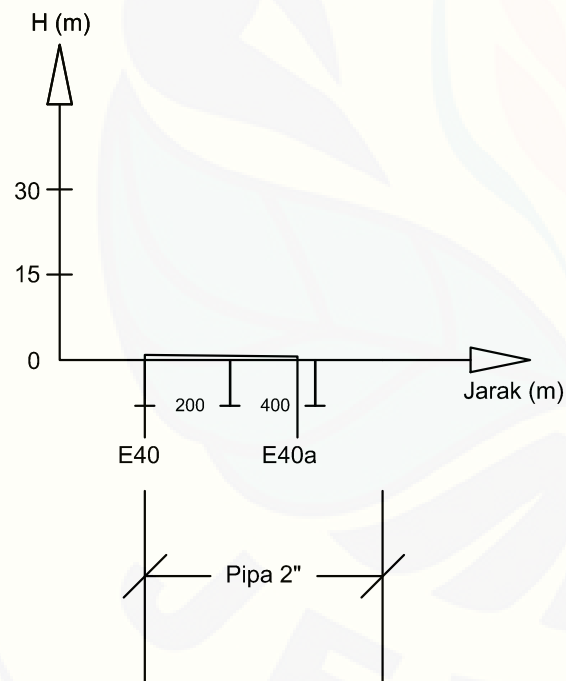
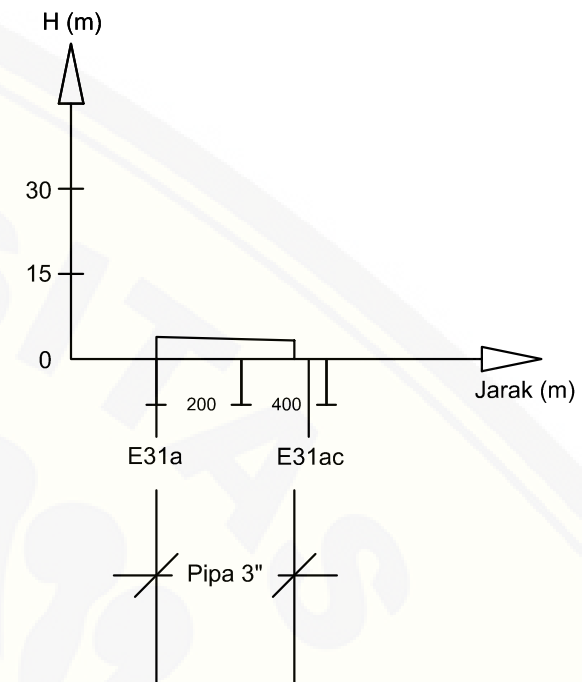
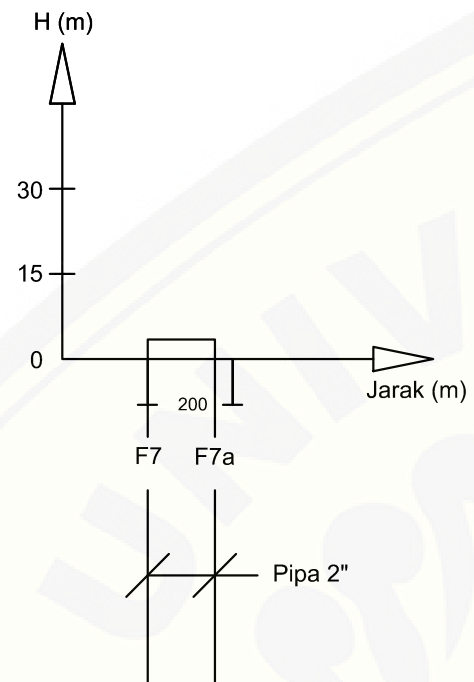
**Tugas Akhir
Evaluasi Kehilangan Air Pada
Jaringan Pipa PDAM Unit
Grogol Kabupaten Kediri**

**Digambar
Fery Dwi Cahyo Efendi
141910301010**

**Gambar
Potongan
Memanjang**

**Skala
Vertikal
1 : 1500**

**Skala
Horizontal
1 : 20000**



**Program Studi S1
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Jember**

Tugas Akhir
**Evaluasi Kehilangan Air Pada
Jaringan Pipa PDAM Unit
Grogol Kabupaten Kediri**

Digambar
Fery Dwi Cahyo Efendi
141910301010

Gambar
**Potongan
Memanjang**

**Skala
Vertikal**
1 : 1500

**Skala
Horizontal**
1 : 20000

FAKULTAS TEKNIK

Jl. Kalimantan 37 Kampus Tegalboto
Telp. (0331-484977 Fax (0331)-484977
Jember (68111)

LEMBAR EVALUASI UJIAN TUGAS AKHIR

Identitas Mahasiswa

Nama : FERY DWI CAHYO EFENDI
NIM : 141910301010
Program Studi : Strata Satu (S1) Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Tgl Pelaksanaan : 16 Juli 2018
Tahun/Smt Akademik : 2017/2018 Semester Genap
Judul Tugas Akhir : EVALUASI KEHILANGAN AIR PADA PIPA JARINGAN GROGOL
KABUPATEN KEDIRI

No	Uraian Hasil Evaluasi
	lihat di draft,
	Acc ^{20/7} 2018
	Fin

Jember, 16 Juli 2018
Tim Evaluator Tugas Akhir,

NIP

