



**EVALUASI SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM DI KECAMATAN
SUKODONO KABUPATEN LUMAJANG MENGGUNAKAN PROGRAM
EPANET 2.0**

SKRIPSI

Oleh

**EKA ROBYI FEBRIYANTO
NIM 121910301078**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**EVALUASI SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM DI KECAMATAN
SUKODONO KABUPATEN LUMAJANG MENGGUNAKAN PROGRAM
EPANET 2.0**

SKRIPSI

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

Oleh

**EKA ROBYI FEBRIYANTO
NIM 121910301078**

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah segala rahmat dan kasih sayang Allah yang senantiasa menolong hamba-hambaNya. Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Tinarmi dan Ayahanda Sugeng yang telah memberikan semangat, kepercayaan, pengorbanan serta doanya;
2. Adikku Rosa Linda dan Viona Azzahra yang selalu memberikan keceriaan serta motivasi;
3. Istriku tercinta Ayu Rahmad Jayanti yang telah memberikan dukungan, dorongan dan doanya;
4. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

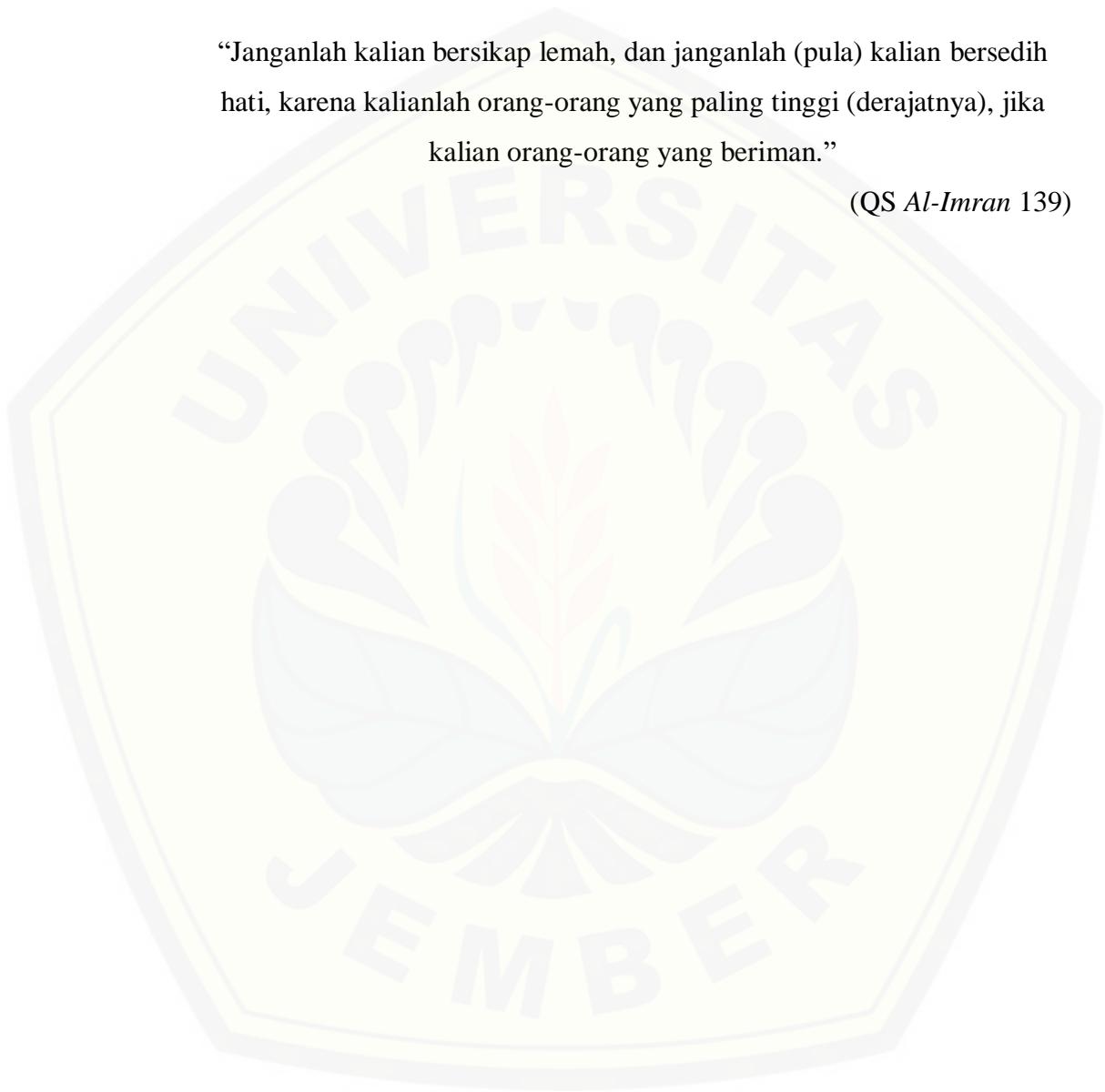
MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.”

(QS *Al-Baqarah* 286)

“Janganlah kalian bersikap lemah, dan janganlah (pula) kalian bersedih hati, karena kalianlah orang-orang yang paling tinggi (derajatnya), jika kalian orang-orang yang beriman.”

(QS *Al-Imran* 139)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eka Robyi Febriyanto

Nim : 121910301078

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Evaluasi Sistem Distribusi Air Minum di Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang Menggunakan Program Epanet 2.0” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi 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 dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

SKRIPSI

**EVALUASI SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM DI KECAMATAN
SUKODONO KABUPATEN LUMAJANG MENGGUNAKAN PROGRAM
EPANET 2.0**



Oleh
Eka Robyi Febriyanto
NIM 121910301078

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Sri Sukmawati, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Evaluasi Sistem Distribusi Air Minum Di Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang Menggunakan Program Epanet 2.0" karya Eka Robyi Febriyanto telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jumat, 24 Januari 2020

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,



Ririn Endah Badriani, S.T., M.T.

Sri Sukmawati, S.T., M.T.

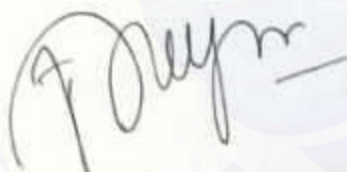
NIP. 19720528 199802 2 001

NIP. 19650622 199803 2 001

Tim Penguji:

Penguji I,

Penguji II,



Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T.

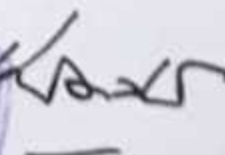
Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T.

NIP. 19700613 199802 2 001

NIP. 19730127 199903 2 002

Mengesahkan

Dekan,



Dr. Ir. Triwahju Hardianto S.T., M.T.

NIP. 19700826 199702 1 001

RINGKASAN

Evaluasi Sistem Distribusi Air Minum di Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang Menggunakan Program Epanet 2.0; Eka Robyi Febriyanto, 121910301078; 2020: 79 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unirvesitas Jember.

Ketersediaan air tanah sangat melimpah, dan kebutuhan air minum semakin meningkat, namun tidak diimbangi oleh pelayanan air minum yang memadai. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) selaku perusahaan pengolahan air minum bertanggung jawab memenuhi kebutuhan air minum masyarakat. Evaluasi sistem distribusi air minum dilakukan agar diperoleh analisis dan rancangan distribusi air minum yang sesuai dengan peraturan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum (2007).

Penelitian dilakukan dengan menganalisis data elevasi, debit, peta jaringan, spesifikasi pipa, jumlah pelanggan menggunakan software Epanet 2.0 dan menggunakan standar parameter hidrolis Permen PU 2007. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yang pertama merencanakan proyeksi pertumbuhan jumlah pelanggan menggunakan metode aritmatik. Kedua, melakukan simulasi pengembangan distribusi pada tahun 2029 dengan melakukan *running* program Epanet 2.0. Ketiga, merencanakan anggaran biaya pengembangan distribusi menggunakan HSP Dinas PU Cipta Karya Lumajang 2019.

Hasil penelitian diperoleh debit total kebutuhan air minum kondisi eksisting tahun 2019 sebesar 24,523 Liter/detik dengan faktor jam puncak yaitu 1,26, proyeksi jumlah pelanggan tahun 2029 sebanyak 3726 SR dengan debit kebutuhan air sebesar 41,242 Liter/detik. Rencana pengembangan air minum dibutuhkan diameter pipa 25 mm sepanjang 1311 m, pipa 50 mm sepanjang 563 m, pipa 75 mm sepanjang 227 m. Biaya perencanaan yang dibutuhkan untuk pengembangan pipa distribusi tahun 2029 sebesar Rp. 206.185.000,00 atau terbilang “Dua Ratus Enam Juta Seratus Delapan Puluh Lima Ribu Rupiah”.

SUMMARY

Evaluation of a drinking distribution system in the Sukodono District, Lumajang Regency, using the Epanet 2.0 Program; Eka Robyi Febriyanto, 121910301078; 2020: 79 pages; Faculty of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Availability groundwater is abundant, and the demand of drinking water increases, But not balanced by adequate drinking water service. As a drinking water treatment company, PDAM is responsible meet the demand drink water of the public. Evaluation of drinking water distribution system is carried out in order to obtain an analysis and design of the drinking water distribution according to research and development PU Department of Public Works (2007).

Research conducted by analyzing elevation data, discharge, network map, pipe specifications, number of customers using Software Epanet 2.0 and using the Permen PU 2007 hydraulic parameter standard. The stages carried out in this research were the first to plan the projected growth in the number of customers using the arithmetic method. Second, to simulate distribution development in 2029 by running the Epanet 2.0 program, Third, plan the distribution development budget using the HSP Public Works Cipta Karya Lumajang 2019.

The results of the research showed a total load of 24,523 liters/second for clean water with a peak hourly number factor of 1.26. The projection of the many customers in 2029 as much as 3726 SR with a clean water outflow of 41,242 liters/second. The drinking water development plan provides for a pipe diameter of were 25 mm at 1311 meters, 50 mm at 563 meters and 75 mm at 227 meters. The cost of planning a clean water distribution system in 2029 Rp. 206.185.000 or “Two hundred and six million one hundred and eighty five thousand rupiah”

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Evaluasi Sistem Distribusi Air Minum di Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang Menggunakan Program Epanet 2.0”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

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

1. Ayahanda Sugeng dan Ibunda Tinarmi yang telah memberi dorongan motivasi dan doa demi terselesaikannya skripsi ini;
2. Ibu Ririn Endah Badriani, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Sri Sukmawati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan membimbing dalam penulisan skripsi ini;
3. Ibu Wiwik Yuniarni Widiarti, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Utama dan Ibu Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberi masukan dalam penulisan skripsi ini;
4. PDAM Kabupaten Lumajang dan Dinas PU Cipta Karya Kabupaten Lumajang yang telah memberikan data informasi untuk penelitian skripsi ini;
5. Teman-teman Fakultas Teknik, Dimas Buyung R., Galang Mahardika, Wisnu Eka, Triyogo Padmo, Eka Hidayat yang telah membantu survei penelitian skripsi ini dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 24 Januari 2020

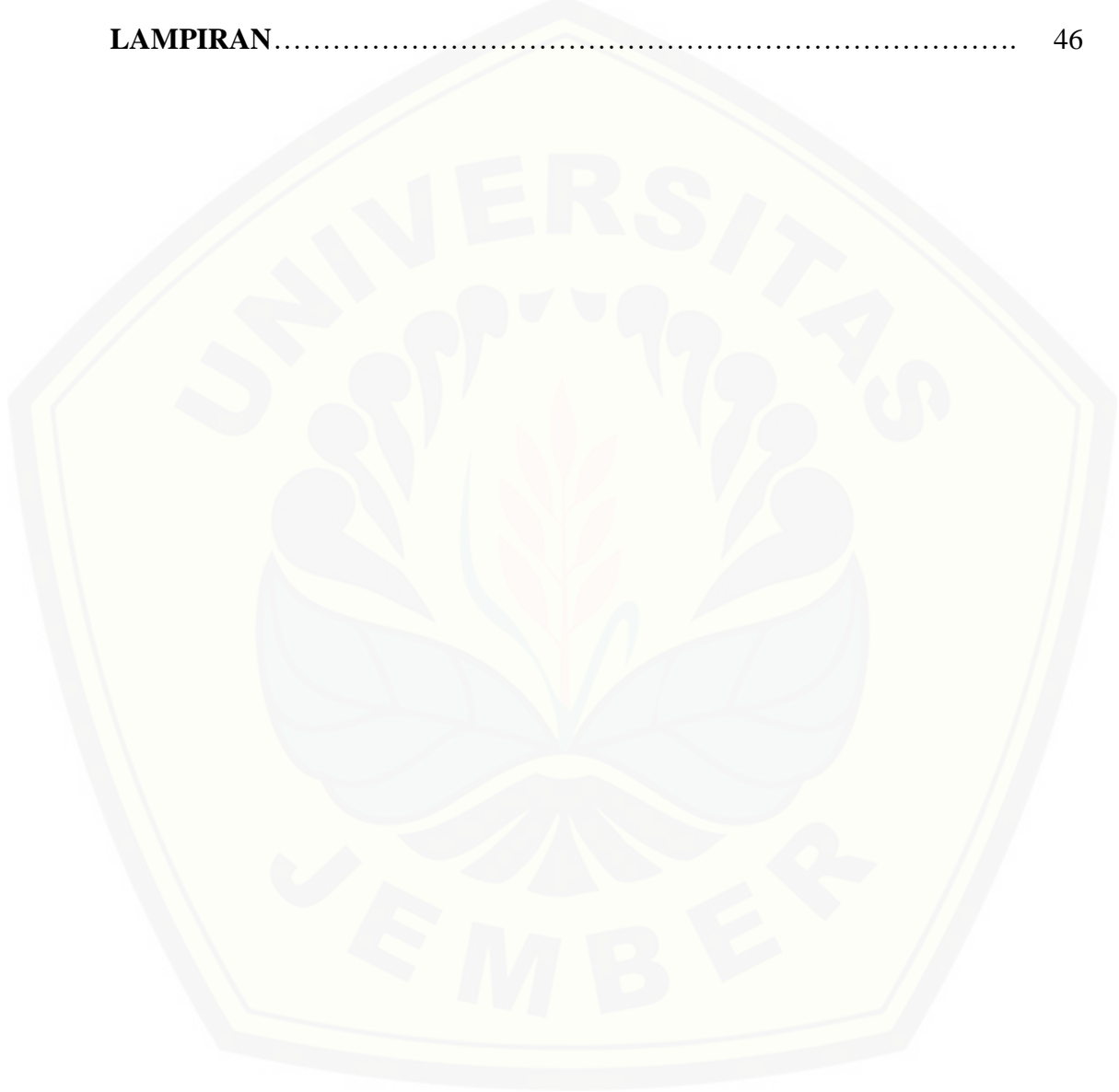
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
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	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Persyaratan Air minum	4
2.1.1 Persyaratan Kuantitas (Debit)	4
2.1.2 Persyaratan Kontinuitas	4
2.1.3 Persyaratan Tekanan Air	5
2.2 Kebutuhan Air minum	5
2.2.1 Standar Kebutuhan Air Domestik.....	6
2.2.2 Standar Kebutuhan Air Nond Domestik.....	6
2.3 Kehilangan Air	7

2.4 Perhitungan Kebutuhan Air	8
2.5 Kehilangan Tenaga Aliran	8
2.6 Program Epanet 2.0	11
2.6.1 Analisis Hidrolis	11
2.7 Standar Parameter Hidrolis	12
2.8 Kalibrasi Program	12
2.9 Proyeksi Pelanggan	13
2.9.1 Metode Aritmatik.....	13
2.9.2 Metode Geometrik	14
2.9.3 Metode <i>Least Square</i>	14
2.10 Penelitian Terdahulu	15
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 Lokasi Penelitian	18
3.2 Teknik Pengumpulan Data.....	19
3.3 Metode Analisis Data	19
3.4 Langkah-langkah Analisis Data	20
3.4.1 Kebutuhan Air minum	20
3.4.2 Elevasi <i>Junction</i> (Sambungan)	20
3.4.3 Running Program Epanet 2.0	20
3.5 Diagram Alir Penelitian	22
BAB 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Perhitungan FAKtor Jam Puncak	24
4.2 Debit Kondisi Eksisting.....	25
4.3 <i>Running</i> Program Epanet 2.0.....	27
4.4 Analisis Simulasi Program Epanet 2.0.....	29
4.5 Kalibrasi Data	31
4.6 Proyeksi Pelanggan Tahun 2029	32
4.7 Debit Kebutuhan Pelanggan Tahun 2029	33
4.8 Perencanaan Penambahan Debit Pelanggan Tahun 2029....	34
4.9 Running Program Epanet 2.0 Pada Tahun 2029	36
4.10 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pipa Pengembangan	38
4.10.1 Kebutuhan Pipa Pengembangan	38

4.10.2 Pekerjaan Penanaman Pipa	39
4.10.3 RAB Pipa Wilayah Pengembangan.....	41
BAB 5. PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	46



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kebutuhan Air Kategori Kota	6
Tabel 2.2 Pemakaian Air Untuk Fasilitas	7
Tabel 2.3 Harga C Pada Tiap Jenis Pipa	10
Tabel 2.4 Nilai Koefisien <i>Minor Losses</i>	11
Tabel 2.5 Standar Parameter Hidrolis.....	12
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu	16
Tabel 4.1 Debit Penggunaan Air di Sumbertopo	24
Tabel 4.2 <i>Time Pattern</i>	25
Tabel 4.3 Data Debit Eksisting Pelanggan	25
Tabel 4.4 Debit Fasilitas Umum	26
Tabel 4.5 Analisis Tekanan Kondisi Eksisting Pada Jam Puncak.....	29
Tabel 4.6 Analisis Kecepatan Kondisi Eksisting Pada Jam Puncak	30
Tabel 4.7 Data Pertumbuhan Pelanggan Tahun 2015-2019.....	32
Tabel 4.8 Proyeksi Penduduk Dengan Menggunakan Tiga Metode.....	33
Tabel 4.9 Penambahan Debit Pelanggan Tahun 2029	35
Tabel 4.10 Perubahan Diameter Pipa	36
Tabel 4.11 Kebutuhan Pipa Pengembangan	38
Tabel 4.12 Asesoris Pipa Pengembangan.....	39
Tabel 4.13 Kedalaman dan Lebar Galian	39
Tabel 4.14 Pekerjaan Penanaman Pipa Per Meter Lari.....	40
Tabel 4.15 RAB Pipa Pengembangan	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Peta Lokasi Zona Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang	18
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 4.1 Hasil Running Program Epanet 2.0 Kondisi Eksisting.....	28
Gambar 4.2 Hasil Kalibrasi Untuk Kondisi Eksisting.....	32
Gambar 4.3 Hasil Running Program Epanet 2.0 Setelah Perubahan Dimeter	37



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Peta Jaringan PDAM Unit Sukodono, Kabupaten Lumajang	46
B. Data Debit Wilayah Sukodono	47
C. Hasil Simulasi Epanet 2.0 Kondisi Eksisting.....	49
D. Hasil Tekanan dan Kecepatan Epanet 2.0 Kondisi Eksisting.....	50
E. Running Program Epanet 2.0.....	53
F. Perhitungan Standar Deviasi.....	59
G. Hasil Simulasi Epanet Kondisi Pengembangan Tahun 2029.....	64
H. Hasil Tekanan dan Kecepatan Epanet 2.0 Kondisi Pengembangan.....	65
I. Gambar Detail Asesoris Pipa.....	67
J. Harga Satuan Upah dan Bahan.....	69
K. Harga Satuan Pekerjaan Pipa PVC Sesuai Diameter.....	72
L. Dokumentasi Penelitian.....	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan air tanah sangat melimpah, namun tidak semuanya dapat dikonsumsi oleh manusia. Kebutuhan penyediaan dan pelayanan air minum yang semakin meningkat terkadang tidak diimbangi oleh kemampuan pelayanan yang baik. Peningkatan kebutuhan ini disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk, peningkatan kondisi sosial ekonomi dan aktivitas masyarakat. Peningkatan kebutuhan air tersebut jika tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas produksi air minum dapat menimbulkan masalah karena air minum yang tersedia tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan masyarakat pada wilayah tersebut.

Untuk memenuhi kebutuhan air minum tersebut di daerah perkotaan dibangun pengelolaan air minum yang dikelola oleh Badan Usaha Milik Daerah yaitu Perusahaan Daerah Air Minum. Instansi inilah yang melayani masyarakat dan mendistribusikan air minum kepada masyarakat sebagai konsumen. PDAM sebagai instansi penyedia dan pendistribusi air minum memiliki aspek penting dalam pengoperasiannya, diantaranya yaitu kuantitas, dan kontinuitas. Namun yang terjadi dilapangan, terdapat banyak kendala-kendala yang mempengaruhi aspek tersebut sehingga aspek tersebut tidak terealisasi dengan baik.

Hakikat dari Tri Dharma Universitas Jember adalah pendidikan, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat terutama di daerah terdekat seperti kota Lumajang, Banyuwangi dan Bondowoso. Berdasarkan survei dan informasi yang diperoleh, pengelolaan pelayanan air minum di Kabupaten Lumajang telah melayani 11 (sebelas) kecamatan, namun pada wilayah Kecamatan Sukodono pendistribusian air minumnya masih kurang tersuplai dengan baik. Hal ini terlihat pada waktu-waktu tertentu pendistribusian sering tidak mengalir atau mati sehingga sangat merugikan warga. Mengetahui akan hal tersebut, maka dilakukannya studi mengenai Evaluasi Sistem Distribusi Air Minum di Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang.

Evaluasi bertujuan agar diperoleh analisis dan rancangan jaringan distribusi air minum yang sesuai dengan kriteria peraturan Litbang PU Departemen

Pekerjaan Umum (2007). Berdasarkan salah satu target MDG (*Millenium Development Goals*) pada tahun 2015, pelayanan air minum perpipaan di Indonesia ditargetkan sebesar 80% untuk daerah Ibukota Kecamatan (Masduqi, 2007). Adapun kebijakan pemerintah Indonesia menggantikan program tersebut menjadi SDG (*Sustainable Development Goals*) dan pemerintah menargetkan cakupan pelayanan akses air minum dan sanitasi bakal mencapai 100% pada tahun 2019 (Astutu, 2016).

EPANET 2.0 dikembangkan oleh *U.S. Enviromental Protection Agency's Water Supply and Water Resource Division (US EPA)* dan pertama kali hadir pada tahun 1993 (Rossman, 1993). Perangkat lunak bersifat *public domain* atau gratis dan dapat diunduh melalui website US EPA. EPANET 2.0 sangat mudah digunakan, sederhana, dan tergolong cepat untuk perhitungan jaringan pipa besar dibanding aplikasi sejenisnya. Oleh karena itu digunakanlah perangkat lunak EPANET 2.0 untuk mengetahui parameter- parameter aliran dalam suatu jaringan perpipaan yang ada.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dapat dirumuskan permasalahan, yaitu:

1. Bagaimana kondisi eksisting sistem distribusi air minum di wilayah Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang?
2. Berapa debit air untuk memenuhi kebutuhan jaringan distribusi di wilayah kecamatan Sukodono pada tahun 2029?
3. Bagaimana perencanaan jaringan distribusi air minum di Kecamatan Sukodono pada tahun 2029?
4. Berapa rencana anggaran biaya untuk pengembangan jaringan distribusi air minum pada tahun 2029?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini:

1. Mengetahui kondisi eksisting sistem distribusi air minum di kecamatan Sukodono
2. Menganalisis kebutuhan air minum di wilayah kecamatan Sukodono pada tahun 2029
3. Melakukan perencanaan jaringan distribusi air minum di kecamatan Sukodono
4. Mengetahui rencana anggaran biaya dalam pengembangan jaringan distribusi air minum di kecamatan Sukodono

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan pemahaman yang lebih mendalam tentang distribusi air minum di Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan masukan dan menjadi bahan pertimbangan bagi pihak pengelola dalam merencanakan sistem distribusi air minum yang lebih baik di masa mendatang.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh gambaran dan identifikasi kinerja dari sistem jaringan distribusi air minum di Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang dalam memenuhi kebutuhan air minum masyarakat. Adapun batasan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian terbatas pada kebutuhan air minum di Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang
2. Menganalisis sistem distribusi air minum di Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang menggunakan program Epanet versi 2.0

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persyaratan Air minum

Sebagai batasannya, air minum adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyedia air konsumsi. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah:

2.1.1 Persyaratan Kuantitas (Debit)

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air minum adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air minum yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air minum. Kebutuhan air minum masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya.

2.1.2 Persyaratan Kontinuitas

Air baku untuk air minum harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air minum harus tersedia 24 jam per hari, atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia, sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam per hari, yaitu pada jam-jam aktifitas kehidupan.

Kontinuitas aliran sangat penting ditinjau dari dua aspek. Pertama adalah kebutuhan konsumen. Sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya, dalam jumlah yang tidak ditentukan. Karena itu, diperlukan pada waktu yang tidak ditentukan. Karena itu, diperlukan reservoir pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat. Sistem jaringan perpipaan didesain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan juga tekanan dalam sistem harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau

ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi.

2.1.3 Persyaratan Tekanan Air

Konsumen memerlukan sambungan air dengan tekanan yang cukup, dalam arti dapat dilayani dengan jumlah air yang diinginkan setiap saat. Untuk menjaga tekanan akhir pipa di seluruh daerah layanan, pada titik awal distribusi diperlukan tekanan yang lebih tinggi untuk mengatasi kehilangan tekanan karena gesekan, yang tergantung kecepatan aliran, jenis pipa, diameter pipa, dan jarak jalur pipa tersebut.

2.2 Kebutuhan Air minum

Untuk sebuah sistem penyediaan air minum, perlu diketahui besarnya kebutuhan dan pemakaian air. Kebutuhan air dipengaruhi oleh besarnya populasi penduduk, tingkat ekonomi dan faktor-faktor lainnya. Oleh karena itu, data mengenai keadaan penduduk daerah yang akan dilayani dibutuhkan untuk memudahkan permodelan evaluasi sistem distribusi air minum.

Menurut Linsley (1986:91) penggunaan air berbeda dari kota satu ke kota lainnya, tergantung pada cuaca, ciri-ciri masalah lingkungan hidup, penduduk, industrialisasi dan faktor-faktor lainnya.

Sistem penyediaan air minum yang baik, mengedepankan aspek K3 yaitu kontinuitas, kuantitas dan kualitas dengan kata lain suplai air tersedia setiap saat dengan debit dan tekanan yang cukup, serta kualitas memenuhi syarat, maka diperlukan kriteria perencanaan agar sistem berikut dimensi dan spesifikasi komponen sistem mempunyai kinerja yang baik.

2.2.1 Standar Kebutuhan Air Domestik

Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti; memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari. Adapun tingkat pelayanan air baku ditentukan menurut Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kebutuhan Air Kategori Kota

No	Katagori Kota	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air Minum
----	---------------	-----------------	---------------------

		(Jiwa)	(liter/orang.hari)
1	Semi urban	3.000 – 20.000	60 – 90
2	Kota kecil	20.000 – 100.000	90 – 110
3	Kota sedang	100.000 – 500.000	100 -125
4	Kota besar	500.000 – 1.000.000	120 – 150
5	Metropolitan	>1.000.000	150 -200

Sumber : SNI 6728.1:2015

Kecamatan Sukodono merupakan Kecamatan yang berpenduduk 51.235 pada tahun 2017 (menurut direktorat jenderal kependudukan dan pencatatan sipil Republik Indonesia). Sehingga berdasarkan tabel 2.1 maka rencana kebutuhan air minum dialokasikan untuk unit konsumsi sejumlah 110 liter/orang/hari. Perhitungan kebutuhan air didasarkan pada peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18 Tahun 2007, yaitu satu sambungan rumah diasumsikan melayani untuk 5 jiwa/KK. Adapun rumus menghitung debit kebutuhan air domestik dapat dilihat pada persamaan rumus 2.1 :

$$Q_{tot} = P \cdot q \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

Q_{tot} = Debit total kebutuhan air minum (liter/hari)

P = Jumlah penduduk (jiwa)

q = Kebutuhan air penduduk (liter/orang/hari)

2.2.2 Standar Kebutuhan Air Non Domestik

Standar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air minum diluar keperluan rumah tangga atau fasilitas. Penggunaan air untuk fasilitas juga berbeda tergantung dengan jenis gedungnya. Untuk menghitung kebutuhan air fasilitas ditentukan berdasarkan Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pemakaian Air untuk Fasilitas

No	Kategori	Kebutuhan Air	Satuan
1	Masjid	20	L/orang/hari
2	Gereja	15	L/orang/hari
3	Rumah Sakit	200	L/tempat tidur/hari
4	Puskesmas	20	L/orang/hari
5	Sekolah	10	L/orang/hari
6	Kantor	10	L/orang/hari
7	Hotel	90	L/tempat tidur/hari
8	Terminal	1	M ³ /hari
9	Pasar	12	L/orang/hari
10	Rumah Makan	100	L/pegawai/hari
11	Komplek Militer	60	L/orang/hari

Sumber: SNI 19-6728.1-2002

Menurut peraturan menteri pekerjaan umum no.18 tahun 2007, kebutuhan air non domestik 15% dari kebutuhan air domestik. Adapun rumus menghitung debit kebutuhan air non domestik dapat dilihat pada persamaan rumus 2.2 :

$$Q_{tot} = F \cdot q \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

Q_{tot} = Debit total kebutuhan air minum (liter/hari)

F = Jumlah fasilitas (unit)

q = Kebutuhan air (liter/orang/hari)

2.3 Kehilangan Air

Kehilangan air disebabkan karena kebocoran air pada jaringan pipa distribusi biasanya karena faktor tekanan air didalam pipa yang terlalu kuat sehingga menyebabkan keretakan pipa, meteran rusak atau tidak teliti, pembuatan rekening yang salah dan sebagainya. Besarnya kehilangan air ini sangat tergantung dari kondisi dan umur pipa, tekanan dan sistem penyediaan air (Direktorat Jendral Cipta Karya, 1998:19).

Nilai kehilangan air di Indonesia dianggap masih normal jika bernilai sekitar 20% sesuai angka kehilangan air yang disarankan Permen PU tentang penyelenggaraan pengembangan SPAM tahun 2007, yaitu kehilangan air digunakan 20%. Adapun rumus menghitung kehilangan air dapat dilihat pada persamaan rumus 2.3.

$$Q_{kehilangan} = 20\% \times Q_{tot} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

$Q_{kehilangan}$ = Kehilangan air (liter/hari)

Q_{tot} = Debit total kebutuhan air minum (liter/hari)

2.4 Perhitungan Kebutuhan Air

Dalam perhitungan, kebutuhan air didasarkan pada kebutuhan air rata-rata. Kebutuhan air rata-rata dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu kebutuhan air rata-rata harian dan kebutuhan maksimum. Kebutuhan air rata-rata harian (Q_{rh}) adalah banyaknya air yang dibutuhkan selama satu hari. Adapun rumusnya sebagai pada persamaan 2.4.

$$Q_{rh} = P \cdot q \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- P = Jumlah penduduk (jiwa)
Q = Kebutuhan air penduduk (l/dt)

Kebutuhan air jam puncak (Q_{peak}) adalah banyaknya air yang dibutuhkan terbesar pada satu hari. Rumus kebutuhan air pada jam puncak pada persamaan 2.5.

$$Q_{peak} = F_{peak} \cdot Q_{rh} \quad (2.5)$$

Keterangan :

- F_{hm} = Faktor kebutuhan jam puncak (1,15-3)
 Q_{rh} = Kebutuhan air rata-rata (l/dt)

2.5 Kehilangan Tenaga Aliran

Setiap pipa dari sitem jaringan hubungan antara kehilangan tenaga dan debit. Secara umum hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan 2.6.:

$$H_f = k \cdot Q^m \quad (2.6)$$

Keterangan:

- H_f = Kehilangan tenaga
 k = Koefisien gesekan
 Q = Debit

Dengan m tergantung pada rumus gesekan pipa dan karakteristik pipa. Pengurangan energi yang terjadi selama air mengalir dalam pipa akibat gesekan dalam pipa sebagai kehilangan tenaga atau headloss. Semakin kecil diameter pipa maka *headlossnya* semakin besar. Semakin panjang pipa juga akan semakin besar kehilangannya (hal ini berlaku kebalikannya). Akibat dari kehilangan tenaga atau *headloss* akan mengurangi jatah tenaga yang seharusnya tiba di sebuah titik mengambil air. Untuk menghitung besarnya *headloss* digunakan rumus persamaan 2.7.

$$H_l = \frac{L \times Q^{1,85}}{(0,00155 \times D^{2,63} \times C)^{1,85}} \quad (2.7)$$

Keterangan :

- H_l = *Head Loss* (m)
 Q = Debit air yang mengalir (lt/dt)
 L = Panjang Pipa
 D = Diameter Pipa

Didalam perhitungan kehilangan energi akibat gesekan pada pipa digunakan Rumus *Hazen – Williams* yaitu pada persamaan rumus 2.8 dan 2.9.

$$V = 0,354 \times C \times I^{0,54} \times D^{0,63} \quad (2.8)$$

$$K = \frac{10,7 L}{Ch^{1,85} D^{4,87}} \quad (2.9)$$

$$m = 1,85$$

Keterangan :

V = Kecepatan dalam aliran pipa (m/dt)

K = Koefisien gesekan

C = Koefien *Hazen-Williams*

D = Diameter pipa (m)

I = Gradien Hidrolis ; $I = hf/L$

L = Panjang Pipa

m = Flow Exponet

Untuk perhitungan kecepatan rata-rata salah satu persamaan yang populer dipakai dalam beberapa dekade di Amerika Serikat adalah persamaan *Hazen-Williams*. Perhitungan kehilangan tenaga pada pipa menggunakan harga C seperti tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 Harga C pada tiap jenis pipa

C	Jenis Pipa
	Pipa baru, kuningan, tembaga, timah hitam, besi tuang,
140	Baja (dilas/ditarik), baja/besi dilapisi semen, Pipa asbes (licin dan sangat halus)
130	Pipa besi tuang baru, pipa PVC
110	Pipa dengan lapisan yang sudah ada
100	Pipa besi tuangan/pipa baja yang tua

Sumber: Morimura, 1991

Adapula didalam program Epanet 2.0 juga dikenal *Minor Head Losses*, disebut juga *local asses* atau dalam Epanet 2.0 sebagai *loss coefficient* disebabkan kehilangan tekanan pada pipa karena perlengkapan perpipaan seperti belokan-belokan, *valve*, dan berbagai *fitting* lainnya.

Epanet 2.0 akan menghitung *minor losses* dengan cara menambahkan data koefisien *minor losses* pada pipa.. *Minor losses* sebanding dengan kecepatan air yang melewati pipa

atau *valve* (V^2/g). Nilai koefisien *minor losses* untuk beberapa tipe *fitting* Epanet 2.0 dapat dilihat dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai Koefisien *Minor Losses*

Fitting	Loss Coefficient
Globe vale, fully open	10
Angle valve, fully open	5
Swing check valve, fully open	2,5
Gate valve, fully open	0,2
Short radius elbow	0,9
Medium radius elbow	0,8
Long radius elbow	0,6
45 degree elbow	0,4
Closed return elbow	2,2
Standard tee-flow through run	0,6
Standard tee-flow through branch	1,8
Squa entrance	0,5
Exit	1
	110

Sumber : *Epanet User Manual, 2000*

2.6 Program Epanet 2.0

Epanet adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir didalam jaringan pipa (Epanet user manual, 2000). Jaringan itu sendiri terdiri dari pipa, *node* (titik koneksi pipa), pompa, katub, dan reservoir atau tangki air.

2.6.1 Analisis Hidrolis

Menurut Rosman (2000:2), Epanet merupakan analisis hidrolis yang didalamnya terkandung kemampuan seperti :

1. Kemampuan analisis tidak dibatasi oleh letak lokasi jaringan

2. Perhitungan kehilangan tekanan akibat gesekan menggunakan persamaan Hazen-Williams, Darcy-Weisbach atau Chezy-Manning formula.
3. Disamping menghitung *major losses*, *minor losses* (kehilangan Tekanan di *bend*, *elbow*, *fitting*) dapat dihitung.
4. Pemodelan terhadap kecepatan pompa yang konstanta atau variabel.
5. Menghitung energi dan biaya pompa
6. Pemodelan terhadap berbagai tipe model valve yang dilengkapi dengan *shut off*, *check*, *pressure regulating* dan *flow* kontrol valve.
7. Reservoir dalam berbagai bentuk dan ukuran
8. Faktor fluktuasi pemakaian air.
9. Model *pressure* yang bergantung pada pengeluaran aliran dari emitter (*sprinkler head*).
10. Dapat dioperasikan dengan sistem reservoir sederhana atau kontrol waktu yang lebih kompleks.

2.7 Standar Parameter Hidrolis

Simulasi model Epanet adalah hasil analisis berupa data tekanan dan kecepatan air pada masing-masing titik yang dievaluasi. Hasil analisis Epanet selanjutnya dibandingkan dengan standar parameter hidrolis yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Standar Parameter Hidrolis

No	Uraian	Notasi	Kriteria
1	Debit perencanaan	Q puncak	Kebutuhan air jam puncak $Q_{\text{peak}} = F_{\text{peak}} \times Q_{\text{rata-rata}}$
2	Faktor jam puncak	F puncak	1,15 – 3
3	Kecepatan aliran air dalam pipa		
	a) Kecepatan minimum	Vmin	0,3 – 0,6 m/det
	b) Kecepatan maksimum		
	Pipa PVC atau ACP	Vmax	3,0 – 4,5 m/det
	Pipa Baja atau DCIP	Vmax	6,0 m/det
4	Tekanan air dalam pipa		
	a) Tekanan minimum	h min	(0,5 –1,0) atm, pada titik jangkauan pelayanan terjauh
	b) Tekanan maksimum		
	- Pipa PVC atau ACP	h max	6 – 8 atm
	- Pipa Baja atau DCIP	h max	10 atm
	- Pipa PE 100	h max	12,4 Mpa
	- Pipa PE 80	h max	9,0 Mpa
5	Kehilangan energy	Hf	< 10 m/km

Sumber: Peraturan Pemerintah Departemen Pekerjaan Umum 2007

2.8 Kalibrasi Program

Kalibrasi program adalah perbandingan antara hasil simulasi dengan data observasi. Adapun metode kalibrasi pada penelitian ini menggunakan RMSE (*Root Mean Square Error*) yang dirumuskan pada persamaan 2.10 (Anderson, 1992)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{sim})^2} \quad (2.10)$$

Keterangan :

Qsim = Data model

Qobs = Data lapangan

N = Jumlah data

Nilai RMSE mensyaratkan mendekati nol (0) untuk menunjukkan bahwa nilai rata-rata yang dihasilkan mendekati nilai sebenarnya.

2.9 Proyeksi Pelanggan

Proyeksi pelanggan adalah suatu metode yang dipakai untuk memperkirakan jumlah pelanggan di masa yang akan datang berdasarkan data perkembangan pelanggan pada tahun yang telah lalu. Mengetahui perkiraan jumlah pelanggan merupakan faktor penting bagi seorang *engineer* dalam merencanakan kebutuhan air minum di masa yang akan datang.

Adapun terdapat tiga metode untuk menentukan jumlah proyeksi pelanggan yaitu metode *aritmatik*, metode *geometrik* dan metode *least square* berdasarkan Permen PU tahun 2007.

2.9.1 Metode Aritmatika

Perhitungan jumlah penduduk dengan metode aritmatik dapat dilihat pada persamaan 2.11 dan 2.12.

$$P_n = P_0 + K_a \times (T_n - T_0) \dots \dots \dots (2.11)$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke n,

P_0 = Jumlah penduduk tahun ke 0/awal,

K_a = Konstanta aritmatik,

T_n = Tahun ke n,

T_0 = Tahun ke 0/awal,

- P_1 = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke n,
- P_2 = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir,
- T_1 = Tahun ke 1 yang diketahui,
- T_2 = Tahun ke 2 yang diketahui.

2.9.2 Metode Geometrik

Perhitungan jumlah penduduk dengan metode geometrik dapat dilihat pada persamaan 2.13 dan 2.14.

$$P_n = P_0 \times (1 + r)^n \dots\dots\dots(2.13)$$

$$r = \frac{\text{Jumlah \% Pertambahan}}{\text{Tahun}_n - \text{Tahun}_0} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

- P_n = Jumlah penduduk pada proyeksi tahun ke-n,
- P_0 = Jumlah penduduk tahun ke 0/awal,
- r = Rata-rata pertumbuhan penduduk per tahun,
- n = Pelisih waktu (tahun)

2.9.3 Metode *Least Square*

Perhitungan jumlah penduduk dengan metode *least square* dapat dilihat pada persamaan 2.15.

$$\hat{Y} = a + bX \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

- \hat{Y} = Nilai variable berdasarkan gari regresi,
- a = Konstanta,
- b = Koefisien arah regresi linier,
- X = Variabel independen.

Adapun untuk perhitungan persamaan a dan b dapat melihat persamaan rumus 2.16 dan 2.17.

$$a = \frac{(\sum Y \cdot \sum X^2) - (\sum X \cdot \sum XY)}{(n \cdot \sum X^2) - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$b = \frac{(n \cdot \sum YX) - (\sum X \cdot \sum Y)}{(n \cdot \sum X^2) - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana X dan Y adalan variable rata-rata.

Rumus Standar Deviasi untuk ketiga metode diatas dapat dilihat pada persamaan 2.18 dan 2.19.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X^2)}{n-1}} \quad \text{untuk } n > 20 \dots\dots\dots(2.18)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X^2)}{n}} \quad \text{untuk } n = 20 \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

s = Standar Deviasi,

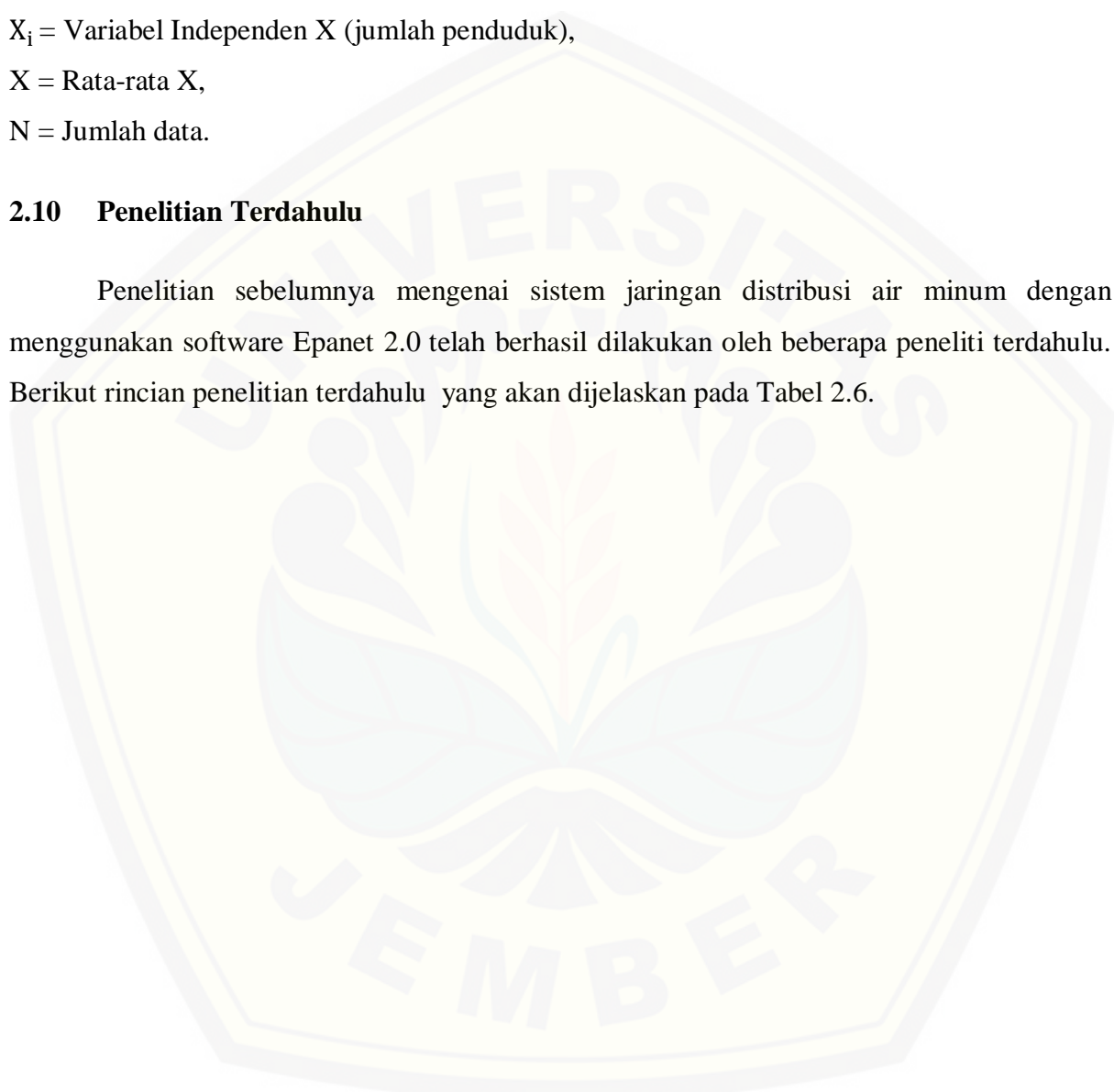
X_i = Variabel Independen X (jumlah penduduk),

X = Rata-rata X,

N = Jumlah data.

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya mengenai sistem jaringan distribusi air minum dengan menggunakan software Epanet 2.0 telah berhasil dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Berikut rincian penelitian terdahulu yang akan dijelaskan pada Tabel 2.6.



Tabel 2.6 Peneliti Terdahulu

No	Nama Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Ramadhan (2014)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui kebutuhan air minum dengan menggunakan metode luasan. 2. Mengetahui kesediaan jaringan air minum yang melayani kebutuhan pelanggan. 3. Menganalisis jaringan pipa air minum dengan menggunakan program Epanet 2.0. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. perhitungan kebutuhan air tiap rumah 2. Analisa menggunakan program Epanet 2.0 <p>Hasil simulasi model</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jaringan pipa daerah perumahan tersebut masih mampu melayani kebutuhan air minum. 2. Hasil simulasi program Epanet 2.0, kriteria desain yang ada pada jaringan tersebut masih belum memenuhi.
2	Priadmika (2015)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui hasil evaluasi pipa distribusi air minum pada kondisi eksisting tahun 2015. 2. Mengetahui hasil evaluasi perencanaan sistem jaringan distribusi air minum dalam kondisi pengembangan tahun 2045. 3. Mengetahui Rencana Anggaran Biaya perencanaan pipa distribusi air minum pada tahun 2045. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perhitungan Debit kebutuhan air minum pelanggan PDAM 2. Perhitungan proyeksi penduduk pada tahun 2045 menggunakan metode Aritmatik. 3. Simulasi kebutuhan air daerah layanan pada daerah pengembangan 4. Rekapitulasi rencana anggaran biaya 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hasil evaluasi sistem jaringan pipa distribusi air minum pada daerah studi masih kurang baik. 2. Pada tahap pengembangan jaringan distribusi air minum dilakukan perubahan diameter lama dan dilakukan penambahan pipa baru

No	Nama Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
3	Ayu (2016)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui kondisi eksisting jaringan distribusi PDAM Zona Mangli 2. Mengetahui debit yang dibutuhkan untk mengalir jaringan distribusi PDAM Zona Mangli pada tahun 2020 3. merencanakan jaringan distribusi PDAM Zona Mangli pada tahun 2020. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perhitungan Debit kebutuhan air minum pelanggan PDAM 2. Simulasi dan kalibrasi model 3. Memproyeksi jumlah penduduk tahun 2020 dan kebutuhan air minum untuk tahun 2020 4. Simulasi dan hasil simulasi model tahun 2020 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kondisi eksisting jaringan distribusi air minum belum dapat memenuhi kebutuhan air pelanggan 2. Untuk memenuhi kebutuhan air minum di Zona Mangli pada tahun 2020, maka akan ditambahkan sumber baru yang ada di Desa Sukorambi.
4	Wahyudi (2016)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Berapa debit air yang dibutuhkan untuk kawasan Zona 5 Kecamatan Patrang Kabupaten Jember? 2. Bagaimana kondisi sistem distribusi air minum di kawasan Zona 5 Kecamatan Patrang Kabupaten Jember dari segi hidrolisnya (kecepatan dan tekanan)? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perbandingan jumlah air yang mengalir setiap jalan dengan menggunakan data kuisoner kepuasan pelanggan 2. Perhitungan debit kebutuhan air minum pelanggan PDAM domestik dan non domestik 3. Simulasi model dengan merunning Epanet 2.0 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hasil dari kebutuhan air rata-rata harian pelanggan PDAM Jember di kawasan Zona 5 Kecamatan Patrang 23,31l/dt 2. Hasil simulasi epanet berdasarkan hidrolisnya yaitu kecepatan dan tekanan
5	Rizal (2017)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui debit yang dibutuhkan pelanggan di Desa suko Kecamatan Maron Kabupaten Probolinggo. 2. Mengetahui tekanan pada sistem pendistribusian air minum di Desa Suko Kecamatan Maron Kabupaten Probolinggo. 3. Merencanakan jaringan distribusi air minum di Desa Suko Kecamatan Maron Kabupaten Probolinggo pada tahun 2026. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perhitungan debit kebutuhan air minum pelanggan PDAM domestik dan non domestic. 2. Analisa program Epanaet 2.0 kondisi eksisting 3. Proyeksi penduduk di Tahun 2026 4. Debit kebutuhan air minum domestik dan non domestik tahun kondisi pengembangan 5. Analisa program Epanaet 2.0 kondisi pengembangan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kebutuhan air rata-rata kondisi eksisting jaringan distribusi air minum di Desa Suko 2. Hasil simulasi epanet berdasarkan hidrolisnya yaitu kecepatan dan tekanan 3. Debit yang disediakan dan dialirkan oleh HIPPAM telah mencukupi

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

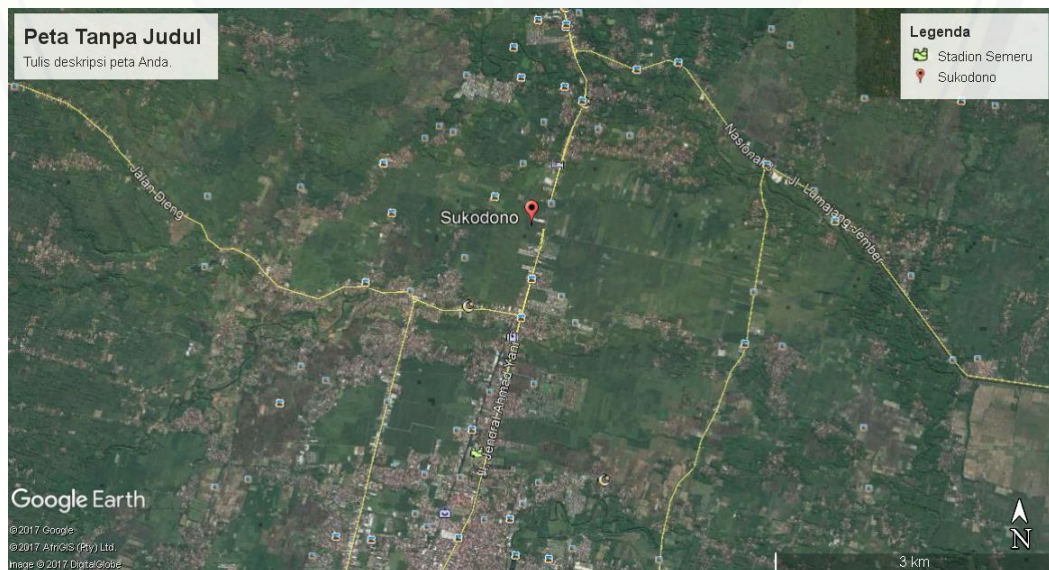
Penyelesaian tugas akhir ini menggunakan simulasi dengan *software* EPANET 2.0. *Software* ini digunakan dalam evaluasi dan perencanaan agar didapatkan jaringan air minum yang baik jika ditinjau dari aspek hidrolis. Ketersediaan dan kebutuhan air minum merupakan faktor pendukung dalam perencanaan sistem jaringan air minum.

Landasan teori didasarkan pada kajian pustaka dari beberapa buku referensi dan tulisan ilmiah dari beberapa jurnal yang tertera pada daftar pustaka.

3.1 Lokasi Penelitian

Kabupaten Lumajang secara geografi terletak pada $112^{\circ}53'0''$ sampai $113^{\circ}23'0''$ BT dan $7^{\circ}5'0''$ sampai $8^{\circ}23'0''$. Terdiri dari daratan yang subur pada bagian Tengah dan Barat, dikelilingi pegunungan yang memanjang sepanjang batas Barat serta Samudra Indonesia sepanjang batas Selatan. Kabupaten Lumajang memiliki luas wilayah 1.790,90 km².

Lokasi penelitian ini berada di dua (2) desa yaitu Kelurahan Karangsari, dan Kelurahan Kutorenon Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang. Untuk lokasi penelitian bisa dilihat di gambar 3.1



Gambar 3.1 Peta Lokasi Zona Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dengan cara survei di lokasi penelitian, sedangkan data sekunder merupakan data-data yang diperoleh dari instansi-instansi terkait.

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah Elevasi tiap *junction*

Data sekunder yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Data jumlah pelanggan air minum PDAM wilayah Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang
- b. Data sistem jaringan pipa distribusi dan karakteristiknya
- c. Peta daerah layanan PDAM
- d. Peta eksisting jaringan PDAM

3.3 Metode Analisis Data

Metode ini dibutuhkan untuk mempermudah peneliti dalam mengolah data, dan membuat target-target yang dibutuhkan dalam penelitian. Baik data primer maupun data sekunder yang berhasil dikumpulkan, dipisahkan sesuai karakteristik datanya. Metode analisis data yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Perhitungan kebutuhan air minum pada kondisi eksisting
- b. Perhitungan tingkat kepuasan pelanggan PDAM terhadap pelayanan distribusi air minum PDAM
- c. Evaluasi layanan sistem distribusi air minum dengan perhitungan menggunakan program Epanet 2.0. Data-data yang digunakan untuk evaluasi adalah:
 - a) Elevasi *junction*
 - b) Peta daerah layanan PDAM
 - c) Peta eksisting PDAM
 - d) Data sistem jaringan pipa PDAM

3.4 Langkah-langkah Analisis Data

3.4.1 Kebutuhan Air minum

Sebelum melakukan analisis menggunakan program Epanet 2.0 perlu dilakukan perhitungan kebutuhan air minum untuk domestik dan fasilitas pada jaringan distribusi. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui jumlah kebutuhan air minum seluruh pelanggan di wilayah Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang

3.4.2 Elevasi *Junction* (Sambungan)

Penentuan elevasi digunakan untuk menentukan ketinggian suatu titik atau *junction*. Pembacaan elevasi pada *junction* dilakukan dengan menggunakan *waterpass* (Sipat datar). Penggunaan alat ini dapat dilakukan dengan cara alat didirikan pada suatu titik yang diarahkan pada dua buah rambu yang berdiri vertical. Maka beda tinggi dapat dicari dengan menggunakan pengurangan antara bacaan muka dan bacaan belakang.

3.4.3 *Running* Program Epanet 2.0

Untuk mendapatkan gambaran mengenai jaringan distribusi di wilayah Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang. Simulasi dilakukan menggunakan *software* Epanet 2.0.

Adapun langkah-langkah menjalankan program epanet 2.0 yang sudah terinstal diantaranya :

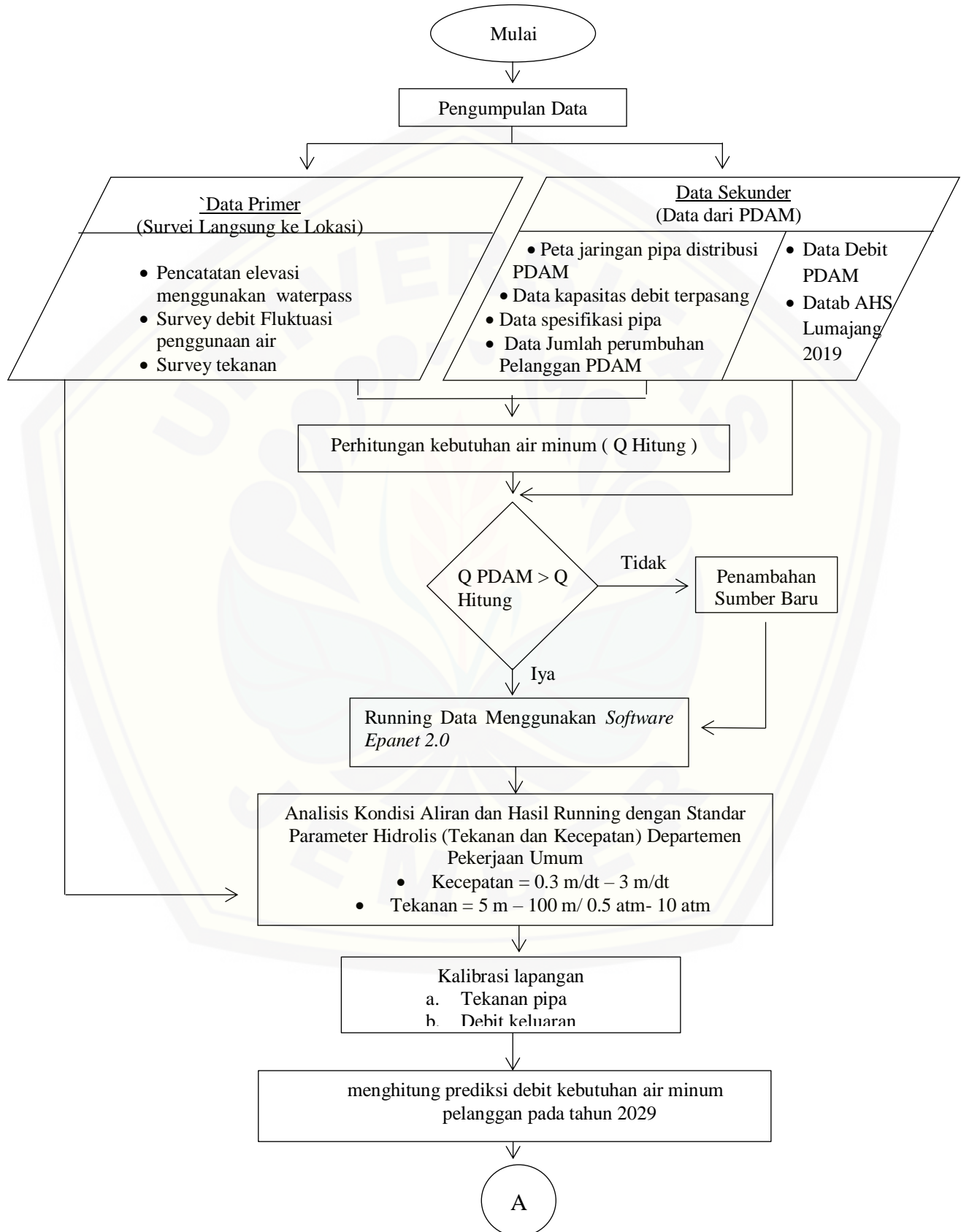
1. Mengubah dan menyesuaikan semua satuan, (*Data – Option – Hydraulics – Flow (LPS) – Headloss (H-W)*). Catatan: pilih *Flow* dalam satuan *LPS (Litre Per Second)* jika data yang diinput dengan satuan, panjang pipa (m), diameter (mm), elevasi (m), *base demand (L/dt)*.
2. Mengatur *time periode* selama 24 jam, (*Data – Option – times – total duration 24 jam*).

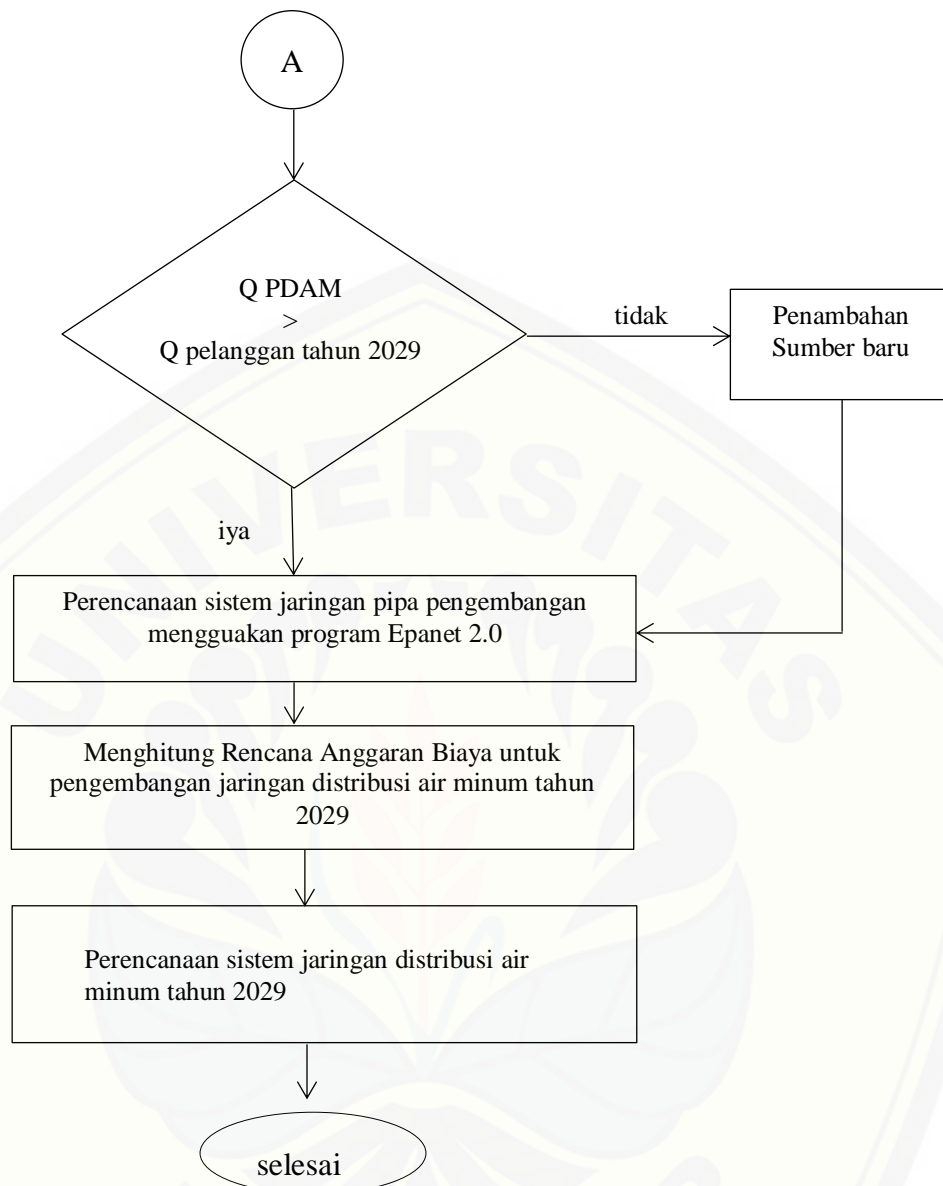
Jika langkah diatas sudah dilakukan selanjutnya input semua data dengan cara :

1. Memasukkan gambar peta jaringan distribusi PDAM, (*View – Backdrop – Load*). Catatan: gambar perlu *diconvert* terlebih dahulu ke dalam bentuk Bitmap atau BMP file.
2. Memasukkan data *Load Factor*, (*Data – Option – Pattern – Pattern Editor*)
3. Memilih simbol *add reservoir*, data yang diinput adalah nilai total *head*.
4. Menggambar *junction*, data yang diinput adalah elevasi, *base demand*, dan *demand pattern*.
5. Menyambungkan pipa pada tiap *junction*, data yang diinput adalah panjang, diameter, dan *roughness* (kekasaran pipa). Pada penelitian ini menggunakan nilai *roughness* $C = 100$.
6. Menjalankan *running* program. Catatan : jika hasil *running* program *unsucessfull* maka perlu merubah diameter, panjang , elevasi dan lain-lain.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.





Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kondisi eksisting jaringan distribusi air minum di wilayah Kecamatan Sukodono kapasitas debit terpasang 120 Liter/detik masih memenuhi kebutuhan pelanggan. Debit kebututuhan pelanggan kondisi eksisting adalah 24,523 Liter/detik. Hasil analisis hidrolis tekanan telah sesuai standar sedangkan kecepatan masih di bawah standar.
2. Debit total kebutuhan air minum yang diperlukan pada tahun 2029 sebesar 41,242 Liter/detik, sehingga debit saat ini masih memenuhi kebutuhan pelanggan pada tahun 2029 mendatang.
3. Perencanaan pengembangan pipa distribusi pada tahun 2029 membutuhkan pergantian diameter pipa pada *junction* 47 dengan diameter 100 mm menjadi 75 mm, *junction* 68, 84, 85, 86, 87 diameter pipa 50 mm menjadi 25 mm, dan *junction* 79, 82 diameter pipa 75 mm menjadi 50 mm. Pergantian diameter pipa tersebut untuk memenuhi jumlah tekanan dan kecepatan aliran sesuai dengan peraturan SNI-06-4829-2005.
4. Biaya perencanaan pengembangan pipa distribusi air minum di wilayah Kecamatan Sukodono pada tahun 2029 menghabiskan total anggaran biaya (RAB) sebesar Rp. 206.185.000,00.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya tentang perencanaan sistem jaringan distribusi air minum, maka disarankan melakukan studi analisis lebih kompleks. Analisis yang dimaksud adalah seperti perencanaan, studi kelayakan, perencanaan teknis, pelaksanaan konstruksi, pengelolaan, pemeliharaan, rehabilitasi dan evaluasi sistem penyediaan air minum. Sesuai pedoman peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum atau peraturan terbaru lainnya yang lebih kompleks terkait hal tersebut.

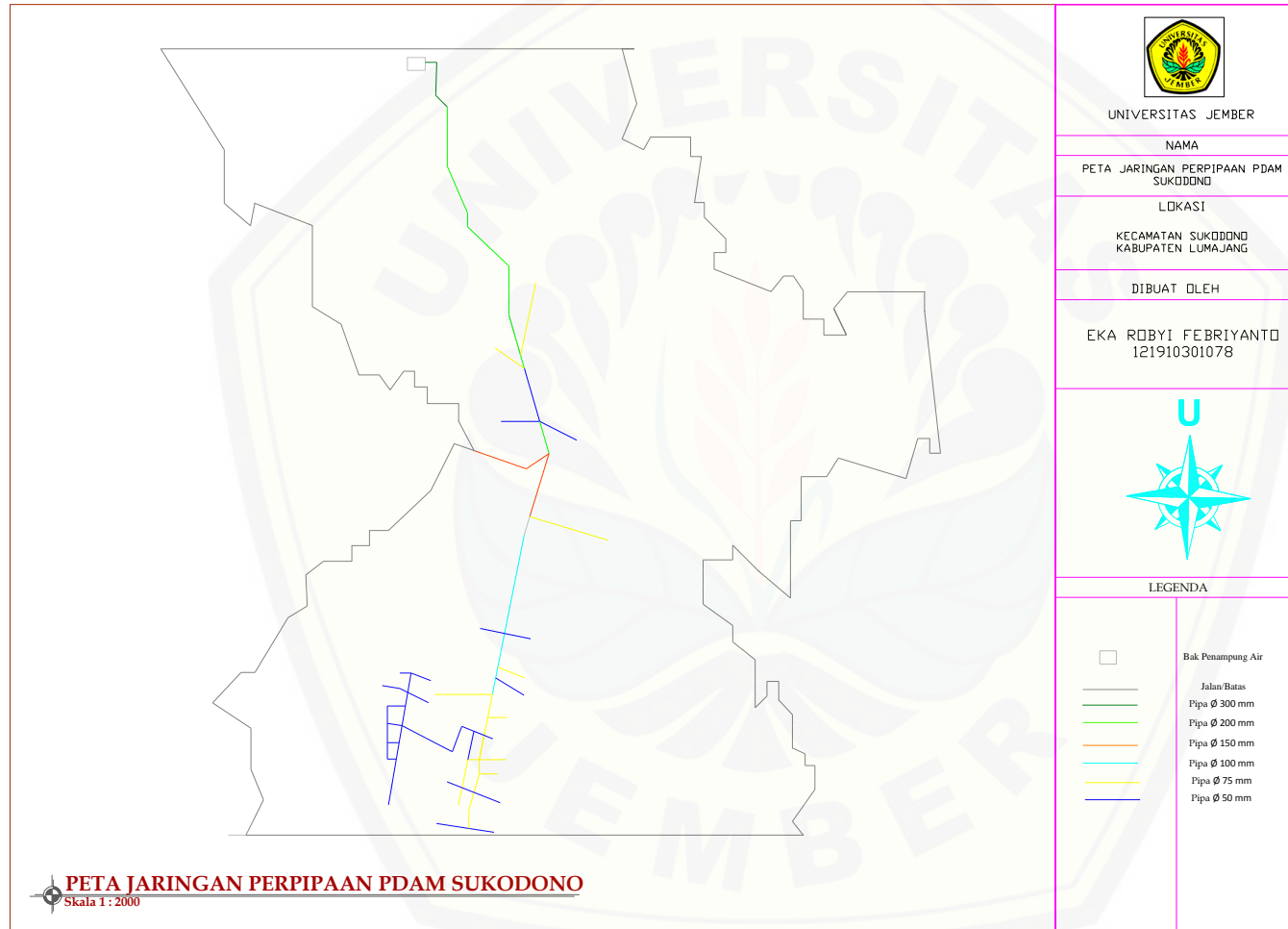


DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Cipta Karya. 2000. *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta : Direktorat Jendral Cipta Karya.
- Linsey, R.K. dan Franzini, J.B. 1986. *Teknik Sumber Daya Air. Jilid I*. Edisi ketiga. Jakarta : Erlangga.
- Masduqi A. 2007. *Capaian Pelayanan Air Bersih Perdesaan Sesuai Millennium Development Goals*. Tidak diterbitkan. Skripsi. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. 2007. *Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. 2009. *Pedoman Teknis Kelayakan Investasi Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Oleh PDAM*. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum.
- Priadmika R. 2015. *Aplikasi Epanet 2.0 Untuk Pengembangan Distribusi Air Bersih Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember*. Tidak diterbitkan. Skripsi. Malang : Universitas Brawijaya.
- Ramadhan A. 2014. *Analisis Hidrolika Sistem Jaringan Distribusi Air Minum Di Komplek Perumahan PT. Pusri Palembang Menggunakan Epanet 2.0*. tidak diterbitkan. Skripsi. Palembang : Universitas Sriwijaya.
- Roosman, L.A. 2000. *Epanet 2.0 User Manual*. Cincinnati, United States : Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory.
- Jayanti A.R. 2019. *Pengembangan Sistem Distribusi Air Bersih di Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi Menggunakan Software Epanet 2.0*. Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember : Universitas Jember.
- Syah M.R. 2017. *Pengembangan Sistem Distribusi Air Bersih Menggunakan Software Epanet 2.0 Di Desa Suko Kecamatan Maron Kabupaten Probolinggo*. Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember : Universitas Jember
- Trihatmodjo B. 1996. *Hidrolika I*. Yogyakarta : UGM
- Trihatmodjo B. 1996. *Hidrolika II*. Yogyakarta : UGM
- Wahyudi E. 2016. *Perencanaan Ulang Sistem Distribusi Air Bersih Menggunakan Software Epanet Versi 2.0 Zona 5 Kecamatan Patrang*. Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember : Universitas Jember.

LAMPIRAN

A. Peta Jaringan PDAM Unit Sukodono Kabupaten Lumajang



Sumber : PDAM Unit Sukodono - Lumajang

A.1 Peta Jaringan Pipa Distribusi PDAM Sukodono

B. Data Debit Wilayah Sukodono

Tabel B.1 Debit Domestik

Nama Jalan ^[1]	Sambungan Rumah (SR) ^[2]	Kebutuhan Total ^[3]
Jl. Hayam Wuruk	132	0,840
Jl. Gajah Mada	212	1,350
Selok Gondang	48	0,306
Jl. Pisang Agung	114	0,726
Kayubi	42	0,267
Jl. A. Yani	62	0,395
Tompokersan	41	0,261
Jl. Sunandar Priyosudarmo	16	0,102
Jl. Gatot Subroto	31	0,197
Karangsari	32	0,204
Jl. Kebon Agung	31	0,197
Jl. Klanting	98	0,624
Jl. Dieng	16	0,102
Dawuan Lor	14	0,089
Jl. Veteran	112	0,713
Jl. Merbabu	35	0,223
Jl. Delima	42	0,267
Jl. Soekarno Hatta	130	0,828
Jl. Kesemek	67	0,427
Jl. Markisa	42	0,267
Jl. Srikoyo	67	0,427
Perumahan Sukodono Permai	396	2,521
Jl. Merapi	12	0,076
Jl. Bondoyudo	50	0,318
Kutorenon	42	0,267
Perumnas Biting	443	2,820
Jl. Wonorejo	12	0,076
Perumnas Wonorejo	384	2,444
Perumahan Surya Asri 1	146	0,929
Perumahan Surya Asri 2	67	0,427
Jumlah	2936	18,690

Sumber : Data PDAM Sukodono, 2020.

- Ket Tabel B : [1] Nama Jalan (Cakupan Pelayanan)
 [2] Sambungan Rumah (Jumlah SR)
 [3] Jumlah Debit Kebutuhan air (Q)

Tabel B.2 Debit Fasilitas Umum

Jenis Fasilitas ^[1]	Unit ^[2]	Kebutuhan Total ^[3]
Sosial umum	5	0,209
Sosial khusus	20	0,459
Instansi pemerintah	35	4,132
Niaga kecil	55	0,640
Niaga besar	2	0,021
Industri kecil	1	0,039
Masjid	9	0,160
Mushola	21	0,173
Jumlah	148	5,833

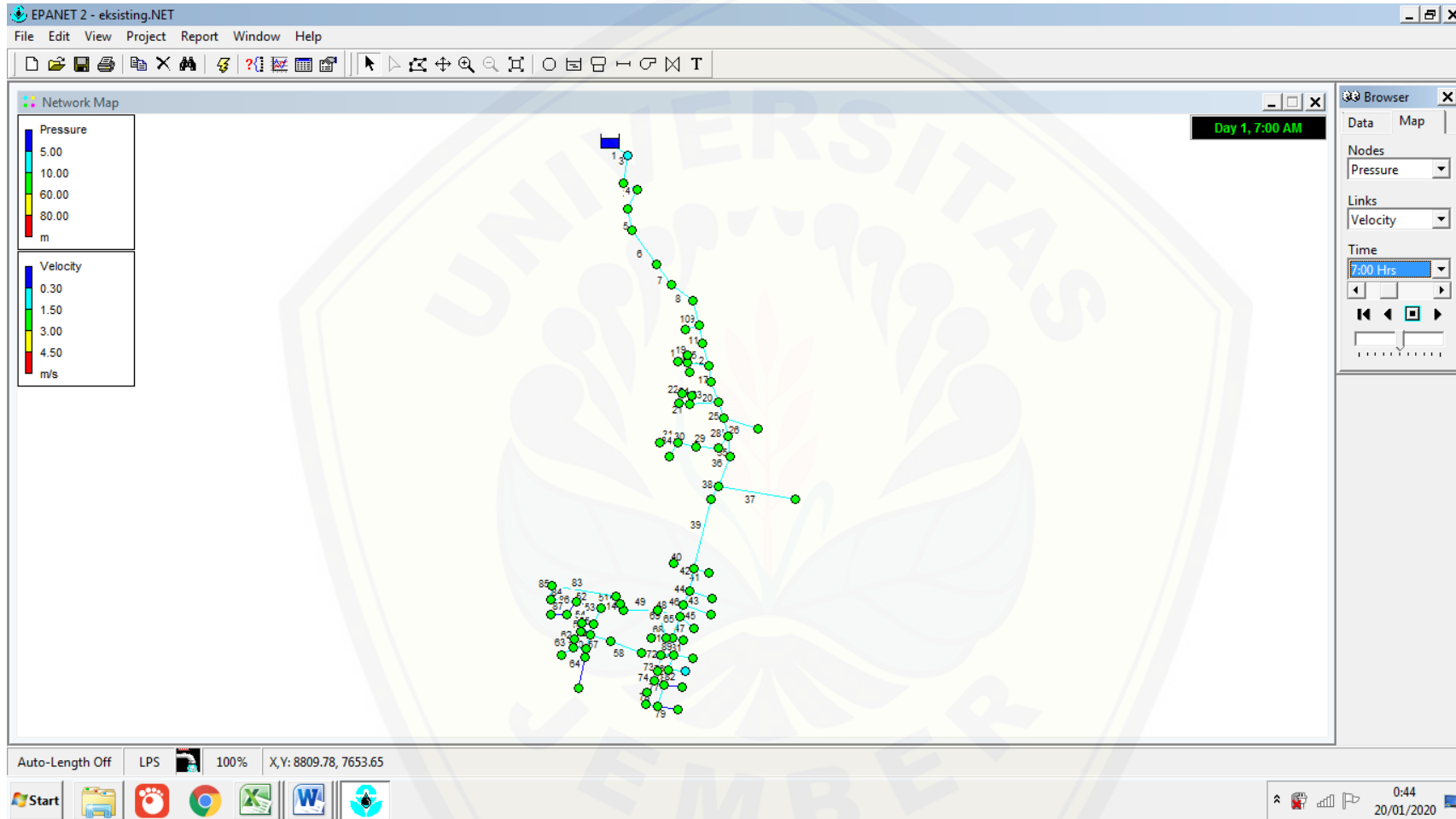
Sumber : Data PDAM Sukodono, 2019.

Ket : [1] Jenis Fasilitas (Cakupan Pelayanan)

[2] Jumlah Unit Fasilitas

[3] Jumlah Debit Kebutuhan Air (Q)

C. Hasil Simulasi Epanet 2.0 Kondisi Eksisting



Gambar C.1 Hasil Simulasi Epanet 2.0 Kondisi Eksisting

D. Hasil Tekanan dan Kecepatan Epanet 2.0 Kondisi Eksisting

Tabel D.1 Hasil Tekanan Kondisi Eksisting Jam Puncak (Pukul 07:00)

Node ID	Elevation (m)	Pressure (m)	Node ID	Elevation (m)	Pressure (m)
Junc 2	116	7,67	Junc 34	63	48,12
Junc 3	104	19,16	Junc 35	70	46,03
Junc 4	99	23,81	Junc 36	71	42,81
Junc 5	96	26,85	Junc 37	70	41,24
Junc 6	94	28,07	Junc 39	67	38,34
Junc 7	88	33,45	Junc 40	67	38,3
Junc 8	82	39,08	Junc 41	65	39,98
Junc 9	80	40,71	Junc 42	63	40,74
Junc 10	78	42,32	Junc 43	64	38,36
Junc 11	75	44,93	Junc 44	66	36,58
Junc 12	74	44,48	Junc 45	65	37,38
Junc 13	74	29,05	Junc 46	66	35,88
Junc 14	75	44,57	Junc 47	63	37,95
Junc 16	62	40,81	Junc 48	64	37,85
Junc 17	62	40,57	Junc 49	65	36,34
Junc 18	64	38,39	Junc 50	63	37,91
Junc 19	63	55,22	Junc 51	66	32,25
Junc 20	63	54,77	Junc 52	62	37,96
Junc 22	61	48,83	Junc 53	62	36,93
Junc 23	60	48,06	Junc 54	62	36,73
Junc 24	62	54,51	Junc 55	61	37,63
Junc 25	61	56,56	Junc 56	58	40,24
Junc 26	61	54,59	Junc 57	62	37,43
Junc 27	69	48,25	Junc 58	62	38,89
Junc 28	68	48,24	Junc 59	61	47,84
Junc 29	64	43,46	Junc 60	61	37,7
Junc 30	64	43,18	Junc 61	62	39,28
Junc 31	64	40,21	Junc 62	62	39,16
Junc 64	63	38,11	Junc 76	62	30,04
Junc 65	63	38,26	Junc 77	62	36,44
Junc 66	62	39,25	Junc 78	62	36,52
Junc 67	63	38,25	Junc 79	62	36,47
Junc 68	63	38,24	Junc 80	62	36,82
Junc 69	62	38,77	Junc 81	62	37,13
Junc 70	62	39,21	Junc 82	62	37,25
Junc 71	62	38,7	Junc 83	64	37,18
Junc 72	62	37,11	Junc 84	64	35,15

Sumber : Hasil Analisis, 2019

Tabel D.1 Analisis Tekanan Kondisi Eksisting Pada Jam Puncak (Lanjutan)

Node ID	Elevation (m)	Pressure (m)	Node ID	Elevation (m)	Pressure (m)
Junc 73	63	31,72	Junc 85	64	35,37
Junc 74	63	37,79	Junc 86	63	36,21
Junc 75	60	39,38	Resvr1	124	0.00

Sumber : Hasil Analisis, 2019.

Tabel D.2 Hasil Kecepatan Kondisi Eksisting Jam Puncak (Pukul 07:00)

Link ID	diameter(mm)	velocity (m/s)	Link ID	diameter(mm)	velocity (m/s)
Pipe 1	300	0,94	Pipe 31	75	0,80
Pipe 2	300	0,94	Pipe 34	50	0,17
Pipe 3	300	0,94	Pipe 35	200	0,83
Pipe 4	300	0,94	Pipe 36	200	0,83
Pipe 5	300	0,71	Pipe 37	50	0,20
Pipe 6	300	0,51	Pipe 38	200	0,82
Pipe 7	300	0,51	Pipe 39	200	0,82
Pipe 8	300	0,51	Pipe 40	25	0,20
Pipe 9	300	0,51	Pipe 41	50	0,17
Pipe 10	50	0,27	Pipe 42	200	0,81
Pipe 11	300	0,51	Pipe 43	50	0,27
Pipe 12	300	0,51	Pipe 44	200	0,79
Pipe 15	50	1,31	Pipe 45	150	0,18
Pipe 16	50	0,17	Pipe 46	200	0,69
Pipe 17	300	0,47	Pipe 47	100	0,07
Pipe 18	50	0,28	Pipe 48	150	0,52
Pipe 19	50	0,27	Pipe 49	150	0,26
Pipe 20	300	0,47	Pipe 50	150	0,26
Pipe 23	100	0,39	Pipe 51	100	0,53
Pipe 25	300	0,43	Pipe 52	50	0,15
Pipe 26	25	0,20	Pipe 53	100	0,50
Pipe 27	300	0,42	Pipe 54	50	0,12
Pipe 28	100	0,50	Pipe 55	100	0,43
Pipe 29	75	0,88	Pipe 56	50	0,16
Pipe 30	75	0,88	Pipe 57	100	0,11
Pipe 58	100	0,11	Pipe 73	50	0,87
Pipe 59	100	0,25	Pipe 74	50	0,87
Pipe 60	50	0,25	Pipe 75	150	0,12
Pipe 61	50	0,34	Pipe 76	150	0,11
Pipe 62	50	0,17	Pipe 77	100	0,17

Sumber : Hasil Analisis, 2019.

Tabel D.2 Analisis Kecepatan Kondisi Eksisting Pada Jam Puncak (Lanjutan)

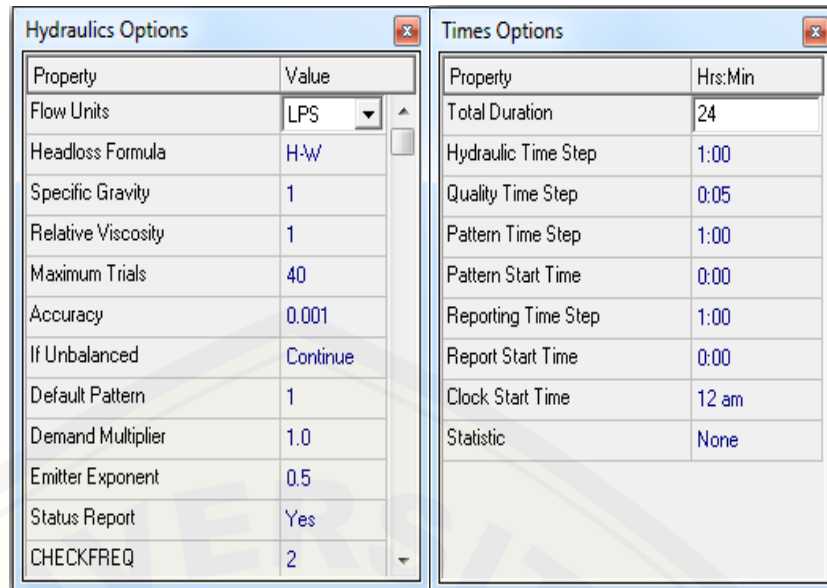
Link ID	diameter(mm)	velocity (m/s)	Link ID	diameter(mm)	velocity (m/s)
Pipe 63	50	0,17	Pipe 78	50	0,53
Pipe 64	50	0,13	Pipe 79	75	0,07
Pipe 65	200	0,38	Pipe 80	75	0,11
Pipe 66	50	0,20	Pipe 81	100	0,12
Pipe 68	50	0,09	Pipe 82	75	0,08
Pipe 69	75	0,17	Pipe 83	50	0,16
Pipe 70	200	0,17	Pipe 84	50	0,09
Pipe 71	50	0,25	Pipe 85	50	0,03
Pipe 72	100	0,22	Pipe 86	50	0,06
pipe 21	50	1,00	Pipe 87	50	0,06
pipe 22	50	0,54	Pipe 89	100	0,28
pipe 24	50	0,39			

Sumber : Hasil Analisis, 2019.

E. Running Program Epanet 2.0

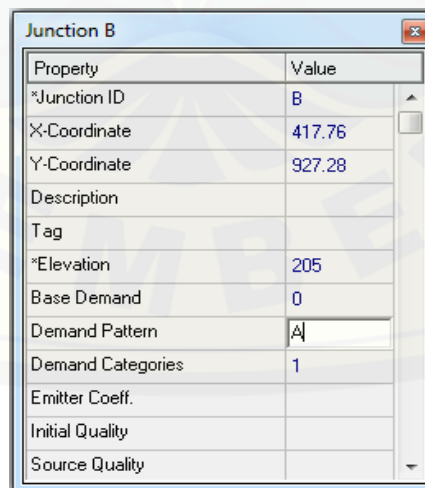
Untuk mendapatkan gambaran mengenai jaringan distribusi di Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang, simulasi dilakukan menggunakan software Epanet 2.0.

- a. Membuka program epanet 2.0
 1. Jalankan program epanet
 2. *Start-Program-Epanet 2.0*
- b. Setelah muncul program epanet, kemudian klik *file* atau klik *new/open* dan pilih file yang ingin dibuka jika file tersebut sudah ada.
- c. Membuat file gambar untuk *background* atau peta dasar yang akan dibuat pipa eksisting pipa dengan file berformat “BMP” (bila format *picture* masih “JPG” maka harus diformat ke bentuk “BMP” dulu) yang nantinya akan dibuat loading gambar epanet.
- d. Masukkan gambar dengan cara klik *View – Backdrop – Load – tekan File* gambar yang diinginkan.
- e. Sebelum membuat suatu jaringan sistem, terlebih dahulu menyamakan ukuran satuan debit dan penentuan formula, dengan cara klik *Toolbar Browser :*
 - 1) *Data-Option-Hdraulics*
 - 2) Pada *Hdraulic* klik dua kali kemudian isi *flow unit* (LPS) dan *headloss formula* (H-W), kemudian *status report* (Yes)
 - 3) *Data-Option-Times*, kemudian isi duration 24 jam, dapat dilihat pada Gambar E.1.



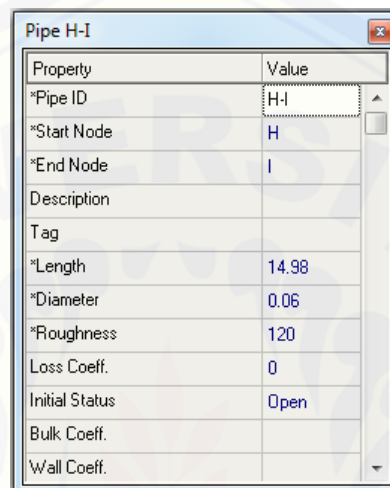
Gambar E.1 Gambar *Hidraulic Option* dan *Time Option*

3. Mengisi data *junction*. Pada *junction property* yang harus diisi antara lain :
- Nama *junction* (*Junction ID*)
 - Elevasi (*elevation*) dalam m (meter)
 - Debit (*Base Demand*) dalam l/dt (liter/detik)
 - Demand pattern* diisi dengan nama yang sudah dibuat sebelumnya, misal A. Dapat dilihat pada gambar E.2



Gambar E.2 *Input data Junction*

4. Mengisi data pipa (*pipe*). Pada *pipe properties* yang harus diisi antara lain :
- Nama pipa (*pipe*). Misal H-I
 - Panjang pipa (*length*) dalam m (meter)
 - Diameter dalam pipa
 - Keofisien kekasaran pipa (*roughness*) 130-140 untuk *cast iron*, 20 untuk *galvani*. Dapat dilihat pada gambar E.3.



Property	Value
*Pipe ID	H-I
*Start Node	H
*End Node	I
Description	
Tag	
*Length	14.98
*Diameter	0.06
*Roughness	120
Loss Coeff.	0
Initial Status	Open
Bulk Coeff.	
Wall Coeff.	

Gambar E.3 *Input dan Pipe*

5. Mengisi data *Reservoir*. Pada *reservoir properties* yang harus diisi antara lain :
- Nama *reservoir* (*Reservoir ID*), misal A
 - Head Total* dalam m (meter), dapat dilihat gambar E.4.

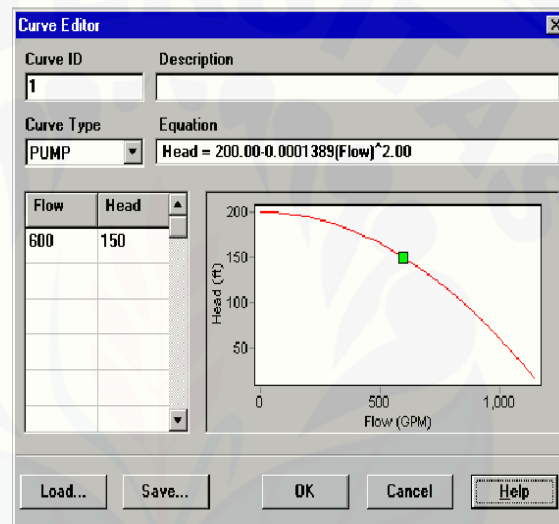


Property	Value
*Reservoir ID	A
X-Coordinate	411.67
Y-Coordinate	927.28
Description	
Tag	
*Total Head	0
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	

Gambar E.4 *Input dan Reservoir*

6. Bila dalam suatu sistem diperlukan pemompaan maka sebelum mengisi data pompa terlebih dahulu membuat kurva pompa dengan cara *Data-Curve-Add*. Data yang harus diisi pada *curve editor* adalah :

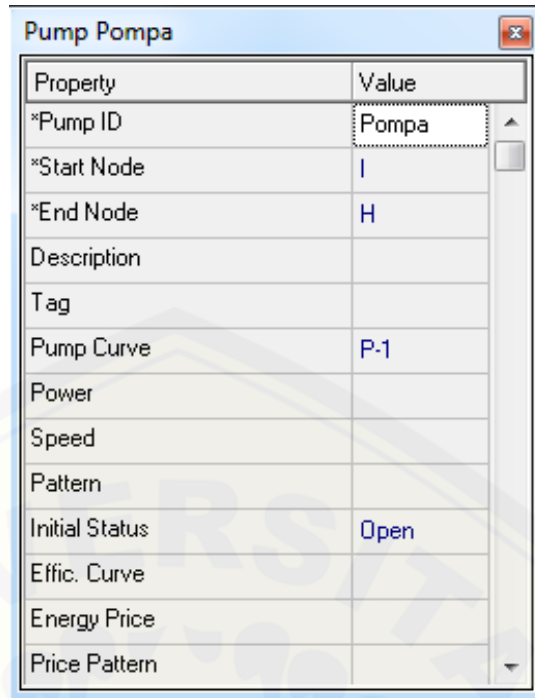
- a) Nama kurva (*curve ID*) misal 1
- b) Tipe kurva yang akan dibuat, karena membuat kurva pompa maka diisi *pump* pada *type curve*
- c) Diisi debit (*flow*) dalam l/dt (liter/detik) dan tekanan (*Head*) dalam m (meter)
- d) Klik Ok, dapat dilihat Gambar E.5.



Gambar E.5 *Pump Curve*

7. Mengisi data pompa (*pump*). Data yang harus diisi pada data *pump properties* antara lain :


- a) Nama pompa (*Pump ID*) misal Pompa
- b) Kurva pompa (*Pum Curve*) diisi sesuai dengan kurva pompa yang sudah dibuat, misal P-1, dapat dilihat pada Gambar E.6.

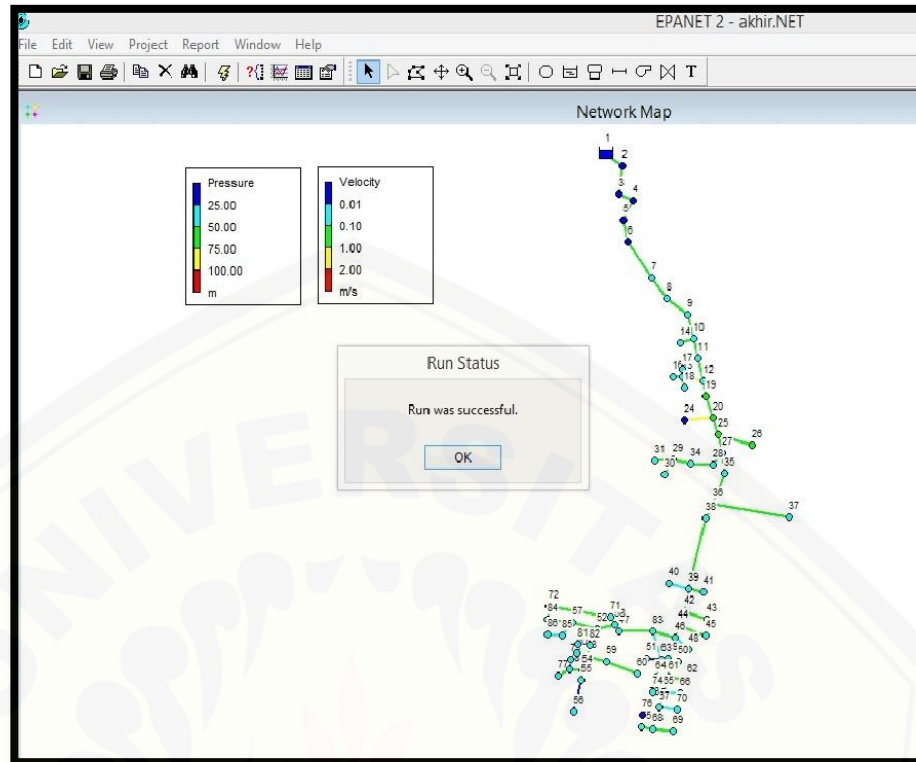


Property	Value
*Pump ID	Pompa
*Start Node	I
*End Node	H
Description	
Tag	
Pump Curve	P-1
Power	
Speed	
Pattern	
Initial Status	Open
Effic. Curve	
Energy Price	
Price Pattern	

Gambar E.6 *Input data Pump*

f. Run data dan model

1. Setelah semua data telah dimasukkan maka selanjutnya adalah klik *run* atau gambar 
2. Apabila *run* telah mendapat notifikasi “*Successful*” maka dilanjutkan dengan penampilan dan pengecekan data apakah sudah sampai sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Adapun hasil ketika sudah di klik run dan akan muncul seperti gambar 3.8.
3. Menampilkan data hasil *entry* dalam bentuk tabel
Klik *Report-Table-Type* (*network nodes and network links*) kemudian *coloms* (memilih data yang ingin ditampilkan) lalu OK, dapat dilihat gambar E.7.



Gambar E.7 Proses *running* dengan program Epanet 2.0

4. Pengecekan data

Data yang akan dikoreksi meliputi kecepatan dan tekanan tiap *node* maupun pipa. Apabila masih terjadi *error* atau kesalahan maka yang harus dilakukan adalah menggunakan cara *trial* aliran baik dari segi diameter maupun tekanannya.

g. Mencetak data (*Output*)

Pada proses *running* program menggunakan *software* epanet 2.0 yang akan dihasilkan adalah data dalam bentuk tabel *node* pada jaringan, *link*, *juntion*, dan peta simulasi.

F. Perhitungan Standar Deviasi

Perhitungan proyeksi pelanggan di Unit Sukodono dengan ketiga metode yaitu metode geometrik, metode aritmatik, dan metode *least square*. Untuk menghitung proyeksi pelanggan dibutuhkan data pelanggan minimal di lima tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel F.1.

Tabel F.1 Data Pelanggan PDAM Sukodono 5 Tahun Terakhir

Tahun	Jumlah Pelanggan	pertambahan	
		Jiwa	Persen (%)
2015	2620	-	-
2016	2654	34	0,013
2017	2845	191	0,072
2018	2916	71	0,025
2019	2936	20	0,007
Jumlah		316	0,117

Sumber : PDAM Sukodono, 2019.

1. Metode Geometrik

Perhitungan metode geometrik, rata-rata pertumbuhan pelanggan per tahun dapat menggunakan rumus 2.14 yaitu :

$$r = \frac{\text{Jumlah \% Pertambahan}}{\text{Tahun}_n - \text{Tahun}_0}$$

$$r = \frac{0,116\%}{4}$$

$$r = 0,0029\%$$

Nilai $P_n = P_{19}$ yaitu jumlah pelanggan tahun 2019 sebanyak 2936 dengan r sebesar 0,0029%, maka nilai P_0 atau P_{15} dapat dicari dengan rumus 2.13 yaitu :

$$P_n = P_0 \times (1 + r)^n$$

$$P_{19} = P_{15} \times (1 + 0,000029)^{(19-15)}$$

$$2936 = P_{15} \times (1,000029)^{(4)}$$

$$P_{15} = 2932,574 \text{ jiwa}$$

Untuk perhitungan standar deviasi dan jumlah pelanggan di tahun berikutnya menggunakan metode geometrik dengan cara yang sama dapat dilihat pada Tabel F.2.

Tabel F.2 Perhitungan Standar Deviasi Metode Geometrik

Tahun	Tahun ke (X)	Statistik Jumlah Pelanggan (Y)	Perhitungan Geometrik (Y _i)	Y _i -Y _{mean}	(Y _i -Y _{mean}) ²
2014	1	2.620	2932,574	138,374	19147,5
2015	2	2.654	2933,430	139,230	19385,125
2016	3	2.845	2934,287	140,087	19624,293
2017	4	2.916	2935,143	140,943	19864,997
2018	5	2.936	2936,000	141,800	20107,24
Jumlah	15	13971	-	-	98129,147
Y _{mean}	-	2794,2	-	-	-
SD	-	-	-	-	140,092

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019.

Berdasarkan Tabel F.2 standar deviasi (SD) dengan metode geometrik sebesar 140,092. Nilai SD menggunakan rumus 2.19 :

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

$$s = \sqrt{\frac{98129,147}{5}}$$

$$s = 140,092$$

2. Metode Aritmatik

Perhitungan metode aritmatik, nilai konstanta aritmatik dengan menggunakan rumus 2.12 yaitu :

$$K_a = \frac{P_{19} - P_{15}}{2019 - 2015}$$

$$K_a = \frac{2936 - 2620}{4}$$

$$K_a = 79 \text{ jiwa/tahun}$$

Nilai $P_n = P_{19}$ yaitu jumlah pelanggan tahun 2019 sebanyak 2936 dengan K_a sebesar 79 jiwa/tahun, maka nilai P_0 atau P_{15} dapat dicari dengan rumus 2.11 yaitu :

$$P_n = P_0 + K_a \times (T_n - T_0)$$

$$P_{29} = 2936 + 79 \times (2029 - 2019)$$

$$2936 = P_{15} + 79 \times 10$$

$$P_{15} = 2620 \text{ jiwa}$$

Untuk perhitungan standar deviasi dan jumlah pelanggan di tahun berikutnya menggunakan metode aritmatik dengan cara yang sama dapat dilihat pada Tabel F.3.

Tabel F.3 Perhitungan Standar Deviasi Metode Aritmatik

Tahun	Tahun ke (X)	Statistik Jumlah Pelanggan (Y)	Perhitungan Aritmatik (Y _i)	Y _i -Y _{mean}	(Y _i -Y _{mean}) ²
2014	1	2620	2620,00	-174,20	30345,64
2015	2	2654	2699,00	-95,20	9063,040
2016	3	2845	2778,00	-16,20	262,44
2017	4	2916	2857,00	62,80	3943,840
2018	5	2936	2936,00	141,80	20107,24
Jumlah	15	13971	-	-	63722,200
Y _{mean}	-	2794,2	-	-	-
SD	-	-	-	-	112,891

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019.

Berdasarkan Tabel F.3 standar deviasi (SD) dengan metode aritmatik sebesar 112,891. Nilai SD menggunakan rumus 2.19 :

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X^2)}{n}}$$

$$s = \sqrt{\frac{63722,200}{5}}$$

$$s = 112,891$$

3. Metode *LeastSquare*

Perhitungan metode *least square* terlebih dahulu menghitung nilai variabel XY dan X². Berikut perhitungan nilai variabel dapat dilihat pada Tabel F.4.

Tabel F.4 Perhitungan Nilai Variabel

Tahun	Tahun ke (x)	Jumlah Penduduk (Y)	X . Y	X ²
2015	1	2.620	2620	1
2016	2	2.654	5308	4
2017	3	2.845	8535	9
2018	4	2.916	11664	16
2019	5	2.936	14680	25
Jumlah	15	13971	42807	55

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019.

Perhitungan metode *least square* menggunakan rumus 2.15, 2.16 dan 2.17, maka diperoleh nilai a yaitu :

$$a = \frac{(\Sigma Y \cdot \Sigma X^2) - (\Sigma X \cdot \Sigma XY)}{(n \cdot \Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$$

$$a = \frac{(13971 \times 55) - (15 \times 42807)}{(5 \times 55) - (15)^2}$$

$$a = 2526 \text{ jiwa}$$

Untuk perhitungan nilai b menggunakan rumus 2.17 yaitu :

$$b = \frac{(n \cdot \Sigma XY) - (\Sigma X \cdot \Sigma Y)}{(n \cdot \Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$$

$$b = \frac{(5 \times 42807) - (15 \times 13971)}{(5 \times 55^2) - (15)^2}$$

$$b = 89,4 \text{ jiwa}$$

Nilai \hat{Y} tahun 2014 dapat dihitung menggunakan rumus 2.15 yaitu :

$$\hat{Y} = a + bX$$

$$Y_{15} = a + \{b \times (T_{15} - T_{15})\}$$

$$Y_{15} = 2526 + \{89,4 \times (0)\}$$

$$Y_{15} = 2526 \text{ jiwa}$$

Untuk perhitungan standar deviasi dan jumlah pelanggan di tahun berikutnya menggunakan metode *least square* dengan cara yang sama dapat dilihat pada Tabel F.5.

Tabel F.5 Perhitungan Standar Deviasi Metode *Least Square*

Tahun	Tahun ke (X)	Statistik Jumlah Pelanggan (Y)	Perhitungan Least Square (Y _i)	Y _i -Y _{mean}	(Y _i -Y _{mean}) ²
2014	1	2620	2526	-268,2	71931,24
2015	2	2654	2615,4	-178,8	31969,44
2016	3	2845	2704,8	-89,4	7992,36
2017	4	2916	2794,2	0	0
2018	5	2936	2883,6	89,4	7992,36
Jumlah	15	13971	-	-	119885,4
Y _{mean}	-	2794,2	-	-	-
SD	-	-	-	-	154,845

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019.

Berdasarkan Tabel F.5 standar deviasi (SD) dengan metode *least square* sebesar 154,845. Nilai SD menggunakan rumus 2.19 :

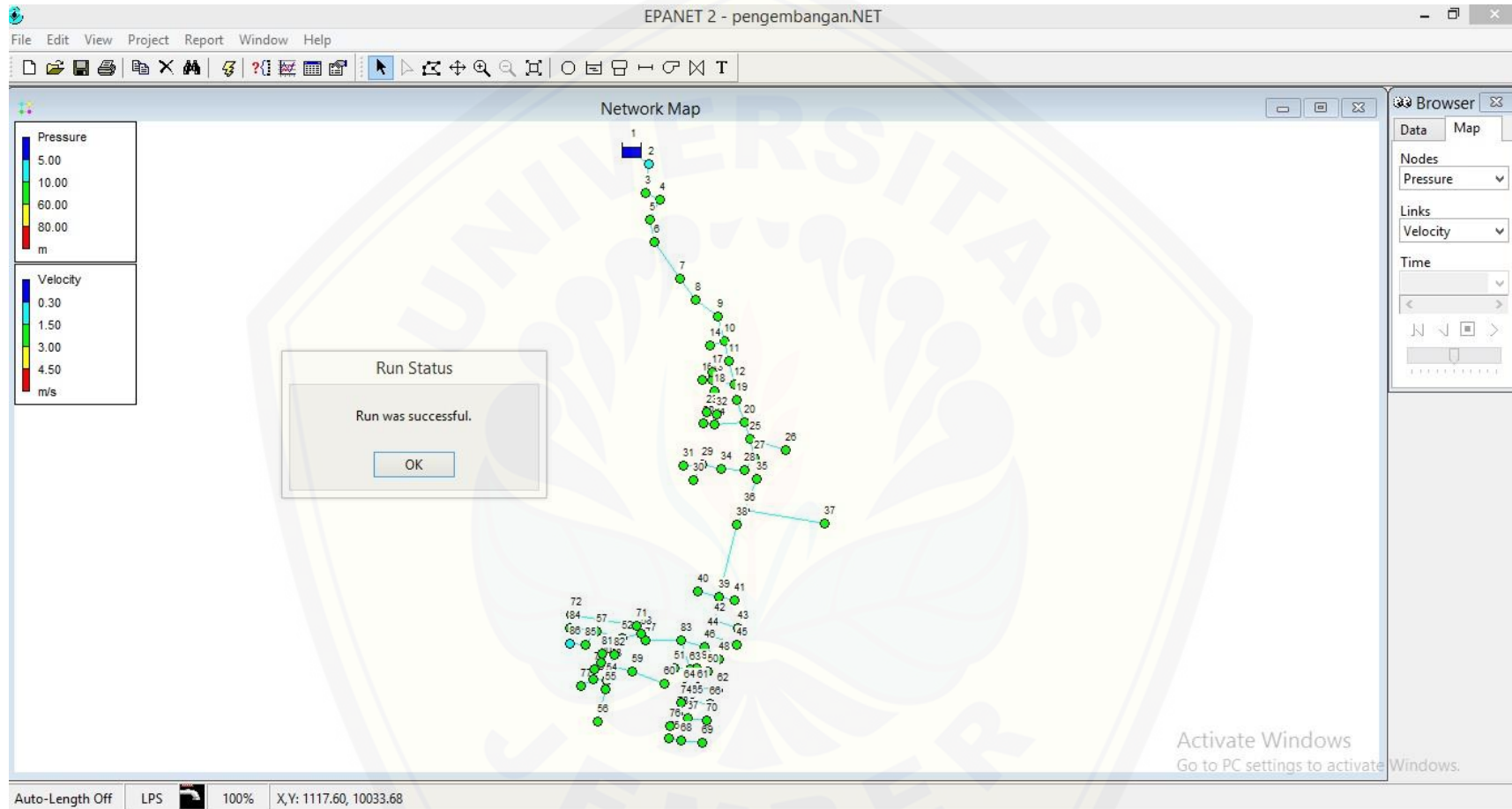
$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X^2)}{n}}$$

$$s = \sqrt{\frac{119885,4}{5}}$$

$$s = 154,845$$

Berdasarkan perhitungan ketiga metode diatas, maka perhitungan proyeksi pelanggan dipilih nilai standar deviasi terkecil. Nilai standar deviasai (SD) terkecil adalah metode aritmatik yaitu 112,891. Perhitungan proyeksi pelanggan pada penelitian ini menggunakan metode aritmatik, sehingga diperoleh jumlah pelanggan pada tahun 2029 sebanyak 3726 SR

G. Hasil Simulasi Epanet Kondisi Pengembangan Tahun 2029



Gambar G.1 Hasil Simulasi Epanet Kondisi Pengembangan di Kecamatan Sukodono

H. Hasil Tekanan dan Kecepatan Epanet 2.0 Kondisi Pengembangan

Tabel H.1 Hasil Tekanan Kondisi Pengembangan Jam Puncak (Pukul 07:00)

Node ID	Elevation M	Pressure M	Node ID	Elevation M	Pressure M
Junc 2	116	7,65	Junc 48	64	34,65
Junc 3	104	19,11	Junc 49	65	33,45
Junc 4	99	23,74	Junc 50	63	34,49
Junc 5	96	26,36	Junc 51	66	26,19
Junc 6	94	27,95	Junc 52	62	30,81
Junc 7	88	33,30	Junc 53	62	28,83
Junc 8	82	38,90	Junc 54	62	17,69
Junc 9	80	40,52	Junc 55	61	19,03
Junc 10	78	42,10	Junc 56	58	10,48
Junc 11	75	44,69	Junc 57	62	26,88
Junc 12	74	44,16	Junc 58	62	33,02
Junc 13	74	39,26	Junc 59	61	26,19
Junc 14	75	43,69	Junc 60	61	20,22
Junc 16	62	45,06	Junc 61	62	34,23
Junc 17	62	37,49	Junc 62	62	28,94
Junc 18	64	30,08	Junc 63	64	32,36
Junc 19	63	54,88	Junc 64	63	30,87
Junc 20	63	54,37	Junc 65	63	32,37
Junc 24	62	53,94	Junc 66	62	8,4
Junc 25	61	56,14	Junc 67	63	31,36
Junc 26	61	39,31	Junc 68	63	30,00
Junc 27	69	47,79	Junc 69	62	20,65
Junc 28	68	47,56	Junc 70	62	30,69
Junc 29	64	40,85	Junc 71	62	30,25
Junc 30	64	20,81	Junc 72	62	13,88
Junc 31	64	37,18	Junc 73	63	11,93
Junc 34	63	46,31	Junc 74	63	19,41
Junc 35	70	45,46	Junc 75	60	30,35
Junc 36	71	42,03	Junc 76	62	10,56
Junc 37	70	37,44	Junc 77	62	10,19
Junc 38	70	41,83	Junc 78	62	14,00
Junc 39	67	36,91	Junc 79	62	10,96
Junc 40	67	26,65	Junc 80	62	25,91
Junc 41	65	13,25	Junc 81	62	28,01
Junc 42	63	39,24	Junc 82	62	29,41
Junc 43	64	35,71	Junc 83	64	35,44
Junc 44	66	35,04	Junc 84	64	22,77
Junc 45	65	34,44	Junc 85	64	11,84
Junc 46	66	34,33	Junc 86	63	6,64
Junc 47	63	32,90	Resvr1	124	0









Sumber : Hasil Analisis, 2019.

Tabel H.2 Hasil Kecepatan Kondisi Pengembangan Jam Puncak (Pukul 07:00)

Link ID	diameter	velocity	Link ID	diameter	Velocity
Pipe 1	300	0,51	Pipe 48	150	0,66
Pipe 2	300	0,51	Pipe 49	150	0,66
Pipe 3	300	0,51	Pipe 50	150	0,66
Pipe 4	300	0,51	Pipe 51	100	0,63
Pipe 5	300	0,51	Pipe 52	50	0,51
Pipe 6	300	0,51	Pipe 53	100	0,51
Pipe 7	300	0,51	Pipe 54	50	0,42
Pipe 8	300	0,51	Pipe 55	100	0,45
Pipe 9	300	0,51	Pipe 56	50	0,57
Pipe 10	50	0,38	Pipe 57	100	0,56
Pipe 11	300	0,50	Pipe 58	100	0,56
Pipe 12	300	0,50	Pipe 59	100	0,99
Pipe 15	50	0,71	Pipe 60	50	0,57
Pipe 16	50	0,64	Pipe 61	50	0,61
Pipe 17	300	0,48	Pipe 62	50	0,53
Pipe 18	50	1,10	Pipe 63	50	0,47
Pipe 19	50	1,08	Pipe 64	50	0,57
Pipe 20	300	0,48	Pipe 65	200	0,68
Pipe 23	50	0,42	Pipe 66	50	0,30
Pipe 25	300	0,43	Pipe 69	100	0,49
Pipe 26	25	0,62	Pipe 70	200	0,66
Pipe 27	300	0,43	Pipe 71	50	0,45
Pipe 28	100	0,55	Pipe 72	100	0,97
Pipe 29	75	0,98	Pipe 73	50	0,97
Pipe 30	75	0,98	Pipe 74	50	0,65
Pipe 31	75	0,86	Pipe 75	200	0,39
Pipe 34	50	1,11	Pipe 76	200	0,32
Pipe 35	200	0,83	Pipe 77	200	0,40
Pipe 36	200	0,83	Pipe 78	50	0,64
Pipe 37	50	0,31	Pipe 79	50	0,67
Pipe 38	200	0,81	Pipe 80	100	0,36
Pipe 39	200	0,81	Pipe 81	100	0,57
Pipe 40	50	0,62	Pipe 82	100	1,11
Pipe 41	50	1,11	Pipe 83	50	0,42
Pipe 42	200	0,78	Pipe 84	50	0,34
Pipe 43	50	0,38	Pipe 85	50	0,69
Pipe 44	200	0,76	Pipe 86	50	0,65
Pipe 45	150	0,43	Pipe 87	50	0,65
Pipe 46	200	0,65	Pipe 89	100	0,52
Pipe 47	100	0,38			


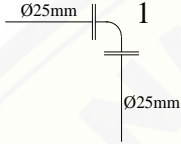
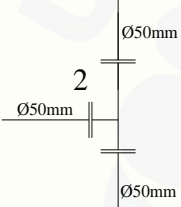
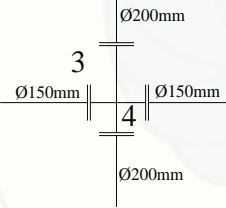




Sumber : Hasil Analisis, 2019

I. Gambar Detail Asesoris Pipa

GAMBAR DETAIL		KETERANGAN
	NODE	1. Gate Valve diameter 100 mm 2. Reducer 100 mm x 75 mm 3. Gate Valve diameter 75 mm 4. Reducer 75 mm x 50 mm 5. Reducer 50 mm x 25 mm
	47	
	NODE	
	79 82	
	NODE	
	68 84 85 86 87	
		 UNIVERSITAS JEMBER
		JUDUL GAMBAR
		DETAIL ASESORIS PIPA
		LOKASI PERENCANAAN
		KECAMATAN SUKODONO - LUMAJANG
		DIGAMBAR
		Eka Robyi F. NIM. 121910301078
		LEGENDA
		 Gate Valve  Reducer  Tee  Bend

Sumber : Hasil Analisis, 2019.

Gambar I.1 Detail Asesoris Pipa Pengembangan

GAMBAR DETAIL		KETERANGAN	 UNIVERSITAS JEMBER
	NODE	1. Bend diameter 25 mm 2. Tee PVC diameter 50 mm 3. Reducer 200 mm x 150 mm 4. Reducer 200 mm x 150mm	
	72 84 85		DETAIL ASESORIS PIPA
	NODE		LOKASI PERENCANAAN
	57 63 65		KECAMATAN SUKODONO - LUMAJANG
	NODE	DIGAMBAR	
	45	Eka Robyi F. NIM. 121910301078	
		LEGENDA	
		 Gate Valve	
		 Reducer	
		 Tee	
		 Bend	

Sumber : Hasil Analisis, 2019.

Gambar I.2 Detail Asesoris Pipa Pengembangan

J. Harga Satuan Upah dan Bahan

Tabel J.1 Harga Satuan Upah

No.	Tenaga Kerja	Kode	Satuan	Harga Satuan (Rp)
1	Mandor Lapangan	07.31.22	org/hari	100.000
2	Kepala Tukang			
	Kepala Tukang Batu	07.31.22	org/hari	90.000
	Kepala Tukang kayu	07.31.22	org/hari	100.000
	Kepala Tukang Cat	07.31.22	org/hari	90.000
	Kepala Tukang Besi	07.31.22	org/hari	100.000
	Kepala Tukang Las	07.31.22	org/hari	100.000
	Kepala Tukang Pelitur	07.31.22	org/hari	100.000
	Kepala Tukang Bor	07.31.22	org/hari	90.000
	Kepala Tukang Pipa	07.31.22	org/hari	100.000
	Kepala Tukang listrik	07.31.22	org/hari	100.000
3	Tukang			
	Tukang Batu	07.31.22	org/hari	85.000
	Tukang Batu	07.31.22	org/hari	85.000
	Tukang Kayu	07.31.22	org/hari	90.000
	Tukang Cat	07.31.22	org/hari	85.000
	Tukang Besi	07.31.22	org/hari	90.000
	Tukang las	07.31.22	org/hari	90.000
	Tukang Pelitur	07.31.22	org/hari	90.000
	Tukang Bor	07.31.22	org/hari	90.000
	Tukang pipa	07.31.22	org/hari	90.000
	Tukang Listrik	07.31.22	org/hari	90.000
	Tukang taman	07.31.22	org/hari	85.000
4	Pekerja	07.31.22	org/hari	75.000
5	Juru ukur	07.31.22	org/hari	90.000
6	Mekanik Terampil	07.31.22	org/hari	105.000
7	Operator terampil	07.31.22	org/hari	100.000
8	Pembantu operator	07.31.22	org/hari	80.000
9	Penganyam bronjong	07.31.22	org/hari	75.000
10	Sopir personil	07.31.22	org/hari	105.000
11	Logistik	07.31.22	org/hari	110.000
12	Site manager	07.31.22	org/hari	150.000
13	Geologis	07.31.22	org/hari	120.000
14	Pembantu Mekanik	07.31.22	org/hari	75.000
15	Pembantu Sopir	07.31.22	org/hari	70.000
16	Penjaga malam	07.31.22	org/hari	75.000
17	Upah roll pipa 1"- 2"	07.31.22	m	100.000
18	Upah roll pipa 3"- 4"	07.31.22	m	150.000

Sumber : Dinas PU Cipta Karya Kabupaten Lumajang, 2019.

Tabel J.2 Harga Satuan Bahan

Kode	Nama Bahan	satuan	harga
07.31.16	BAHAN PIPA DAN AKSESORIS		
	Pipa PVC AW 1/2	per6m	49.425
	Pipa PVC AW 3/4	per6m	74.850
	Pipa PVC AW 1	per6m	78.525
	Pipa PVC AW 1 1/4	per6m	60.100
	Pipa PVC AW 1 1/2	per6m	72.200
	Pipa PVC AW 2	per6m	144.975
	Pipa PVC AW 2,5	per6m	162.900
	Pipa PVC AW 3	per6m	270.600
	Pipa PVC AW 4	per6m	304.100
	Pipa PVC AW 5	per6m	475.200
	Pipa PVC AW 6	per6m	679.000
	Pipa PVC AW 8	per6m	1.167.200
	Pipa PVC AW 10	per6m	2.754.200
	Pipa Galvanis 1/2"	per6m	178.200
	Pipa Galvanis 3/4"	per6m	215.000
	Pipa Galvanis 1"	per6m	330.000
	Pipa Galvanis 1,5"	per6m	437.000
	Pipa Galvanis 2"	per6m	684.200
	Pipa Galvanis 3"	per6m	1.127.000
	Pipa Galvanis 4"	per6m	1.633.000
	Fitting TEE BS Ø 6" x 2 1/2"	Bh	310.000
	Fitting TEE BS Ø 6" x 6"	Bh	262.000
	Fitting TEE BS Ø 3" x 2 1/2"	Bh	121.000
	Fitting TEE BS Ø 2 1/2" x 1 1/2"	Bh	99.000
	Fitting ELBOW BS Ø 6"	Bh	154.000
	Fitting ELBOW BS Ø 2 1/2"	Bh	31.000
	Pipa GIP Medium Ø 1/2"	m1	18.000
	Pipa GIP Medium Ø 3/4"	m1	23.000
	Pipa GIP Medium Ø 1.1/4"	m1	46.000
	Pipa GIP Medium Ø 1.1/2"	m1	53.000
	Pipa GIP Medium Ø 2"	m1	75.000
	Pipa GIP Medium Ø 2.1/2"	m1	94.000
	Pipa GIP Medium Ø 3"	m1	125.000
	Pipa GIP Medium Ø 4"	m1	178.000
	Pipa GIP Medium Ø 4"	Btg	997.000
	Pipa PVC Klas AW Ø 2"	m1	15.000
	Pipa PVC Klas AW Ø 3"	m1	30.000
	Pipa PVC Klas AW Ø 4"	m1	49.000
	Pipa PVC Klas AW Ø 5"	m1	79.000
	Pipa PVC Klas AW Ø 6"	m1	108.000
	Pipa PVC Klas AW Ø 8"	m1	183.000
	Pipa PVC Klas AW Ø 10"	m1	275.000
	Pipa PVC Klas AW Ø 10"	btg	1.099.000
	Fitting Elbow PVC Ø 4"	Bh	50.000
	Fitting Tee PVC Ø 4"	Bh	60.000

Kode	Nama Bahan	satuan	Harga
	Fitting Elbow PVC Ø 6"	Bh	115.000
	Fitting TY PVC Ø 6"	Bh	109.000
	Fitting Elbow PVC Ø 5"	Bh	69.000
	Fitting TY PVC Ø 5"	Bh	49.000
	Fitting Elbow PVC Ø 3"	Bh	24.000
	Fitting TY PVC Ø 3"	Bh	16.000
	Fitting Elbow PVC Ø 2"	Bh	10.000
	Fitting TY PVC Ø 2"	Bh	8.000
	Fitting Elbow PVC Ø 8"	Bh	260.000
	Fitting TY PVC Ø 8"	Bh	362.000
	Elbow 90 PVC Ø 10"	Bh	229.000
	Elbow 45 PVC Ø 10"	Bh	165.000
	Lem PVC	Klg	30.000
	Bak Kontrol 100 x 60 x 500	Unit	816.000
	Tee GIP 100mm	bh	153.000
	Tee GIP 80mm	bh	85.000
	Tee GIP 65mm	bh	64.000
	Tee GIP 50mm	bh	28.000
	Tee GIP 40mm	bh	19.000
	Tee GIP 32mm	bh	15.000
	Tee GIP 25mm	bh	10.000
	Tee GIP 20mm	bh	6.000
	Tee GIP 15mm	bh	4.000
	Elbow GIP 100mm	bh	117.000
	Elbow GIP 80mm	bh	64.000
	Elbow GIP 65mm	bh	42.000
	Elbow GIP 50mm	bh	22.000
	Elbow GIP 40mm	bh	14.000
	Elbow GIP 32mm	bh	11.000
	Elbow GIP 25mm	bh	7.000
	Elbow GIP 20mm	bh	5.000
	Elbow GIP 15mm	bh	3.000
	Flange DIA 150	bh	350.000
	Flange DIA 100	bh	280.000
	Flange DIA 80	bh	175.000

Sumber : Dinas PU Cipta Karya Kabupaten Lumajang, 2019.

K. Harga Satuan Pekerjaan Pipa PVC Sesuai Diameter

Tabel K.1 Harga Satuan Pekerjaan Pipa PVC Diameter 25 mm

No	Uraian Kegiatan	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
1.	Penggalian 1 m ³ tanah biasa sedalam 1 m	Acuan :		A.2.3.1.1. - Dinas Cipta Karya tahun 2019			
		Satuan Pembayaran :		m ³			
	A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,75	75.000	56.250	
	Mandor	L.04	OH	0,025	100.000	2.500	
						Harga Satuan Pekerjaan per m ³	58.750
						Harga Satuan Pekerjaan per m lari	24.088
						Dibulatkan	24.000
	2.	Pengurugan kembali 1 m ³ galian tanah	Acuan :		A.2.3.1.9. - Dinas Cipta Karya tahun 2019		
			Satuan Pembayaran :		m ³		
A		TENAGA					
Pekerja		L.01	OH	0,5	75.000	37.500	
Mandor		L.04	OH	0,05	100.000	5.000	
					Harga Satuan Pekerjaan per m ³	42.500	
					Harga Satuan Pekerjaan per m lari	11.900	
					Dibulatkan	12.000	
3.		Pengurugan 1 m ³ dengan pasir urug	Acuan :		A.2.3.1.11. - Dinas Cipta Karya tahun 2019		
			Satuan Pembayaran :		m ³		
	A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,3	75.000	22.500	
	Mandor	L.04	OH	0,01	100.000	1.000	
						JUMLAH HARGA UPAH	23.500
	B	BAHAN					
	Pasir Urug			m ³	1,2	150.000	180.000
						JUMLAH HARGA BAHAN	180.000
						Harga Satuan Pekerjaan 1,2 m ³ (A+B)	203.500
					Harga Satuan Pekerjaan per m lari	21.876	
					Dibulatkan	21.900	
4.	Pembuangan 1 m ³ tanah sejauh 30 meter	Acuan :		A.2.3.1.8. - Dinas Cipta Karya tahun 2019			
		Satuan Pembayaran :		m ³			
	A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,33	75.000	24.750	
	Mandor	L.04	OH	0,01	100.000	1.000	
						Harga Satuan Pekerjaan per m ³	25.750
						Harga Satuan Pekerjaan per m lari	3.348
						Dibulatkan	3.400

No	Uraian Kegiatan	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
5.	Pemasangan 1 m pipa PVC 1" Ø 25 mm	Acuan : Satuan Pembayaran :		A.8.4.1.1. - Dinas Cipta Karya m'		tahun 2019
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,081	75.000	6.075
	Tukang pipa	L.02	OH	0,041	90.000	3.690
	Mandor	L.04	OH	0,008	100.000	800
					JUMLAH HARGA UPAH	10.565
B	BAHAN					
	Pipa PVC 1" Ø 25 mm		m	6	0	0
					JUMLAH HARGA BAHAN	0
C	PERALATAN					
	Sewa Tripot/Tackel & handle crane 2 T		hari	0,006	350.000	2.100
					JUMLAH HARGA ALAT	2.100
					Harga Satuan Pekerjaan 6 m (A+B+C)	12.665
					Harga Satuan Pekerjaan 1 m	2.111
					Dibulatkan	2.200
6.	Pengetesan 1 m pipa Ø 25 mm	Acuan : Satuan Pembayaran :		A.8.4.5.1. - Dinas Cipta Karya m'		tahun 2019
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,008	75.000	600
	Mandor	L.04	OH	0,0008	100.000	80
					JUMLAH HARGA UPAH	680
B	BAHAN					
	Air test (Air Bersih)		m ³	0,002	1.580	3
					JUMLAH HARGA BAHAN	3
					Harga Satuan Pekerjaan per m lari (A+B)	683
					Dibulatkan	700
Total Harga Pekerjaan Pipa PVC 1" Ø 25 mm (1+2+3+4+5+6)						64.200

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019.

Tabel K.2 Harga Satuan Pekerjaan Pipa PVC Diameter 50 mm

No	Uraian Kegiatan	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
1.	Penggalian 1 m ³ tanah biasa sedalam 1 m	Acuan :		A.2.3.1.1. - Dinas Cipta Karya tahun 2019			
		Satuan Pembayaran :		m ³			
	A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,75	75.000	56.250	
	Mandor	L.04	OH	0,025	100.000	2.500	
					Harga Satuan Pekerjaan per m ³	58.750	
					Harga Satuan Pekerjaan per m lari	24.675	
					Dibulatkan	24.700	
	2.	Pengurangan kembali 1 m ³ galian tanah	Acuan :		A.2.3.1.10. - Dinas Cipta Karya tahun 2019		
			Satuan Pembayaran :		m ³		
A		TENAGA					
Pekerja		L.01	OH	0,5	75.000	37.500	
Mandor		L.04	OH	0,05	100.000	5.000	
					Harga Satuan Pekerjaan per m ³	42.500	
					Harga Satuan Pekerjaan per m lari	11.900	
					Dibulatkan	12.000	
3.		Pengurangan 1 m ³ dengan pasir urug	Acuan :		A.2.3.1.11. - Dinas Cipta Karya tahun 2019		
			Satuan Pembayaran :		m ³		
	A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,3	75.000	22.500	
	Mandor	L.04	OH	0,01	100.000	1.000	
					JUMLAH HARGA UPAH	23.500	
	B	BAHAN					
	Pasir Urug			m ³	1,2	150.000	180.000
					JUMLAH HARGA BAHAN	180.000	
					Harga Satuan Pekerjaan 1,2 m ³ (A+B)	203.500	
				Harga Satuan Pekerjaan per m lari	23.403		
				Dibulatkan	23.400		
4.	Pembuangan 1 m ³ tanah sejauh 30 meter	Acuan :		A.2.3.1.8. - Dinas Cipta Karya tahun 2019			
		Satuan Pembayaran :		m ³			
	A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,33	75.000	24.750	
	Mandor	L.04	OH	0,01	100.000	1.000	
					Harga Satuan Pekerjaan per m ³	25.750	
					Harga Satuan Pekerjaan per m lari	3.605	
					Dibulatkan	3.600	

No	Uraian Kegiatan	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
5.	Pemasangan 1 m pipa PVC 1 ½" Ø 50 mm	Acuan : Satuan Pembayaran :		Dinas Cipta Karya tahun 2019 m'		
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,081	75.000	6.075
	Tukang pipa	L.02	OH	0,041	90.000	3.690
	Mandor	L.04	OH	0,008	100.000	800
					JUMLAH HARGA UPAH	10.565
B	BAHAN					
	Pipa PVC 1 ½" Ø 50 mm		m	6	0	0
					JUMLAH HARGA BAHAN	0
C	PERALATAN					
	Sewa Tripot/Tackel & handle crane 2 T		hari	0,006	350.000	2.100
					JUMLAH HARGA ALAT	2.100
					Harga Satuan Pekerjaan 6 m (A+B+C)	12.665
					Harga Satuan Pekerjaan 1 m	2.111
					Dibulatkan	2.200
6.	Pengetesan 1 m pipa Ø 50 mm	Acuan : Satuan Pembayaran :		Dinas Cipta Karya tahun 2019 m'		
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,008	75.000	600
	Mandor	L.04	OH	0,0008	100.000	80
					JUMLAH HARGA UPAH	680
B	BAHAN					
	Air test (Air Bersih)		m ³	0,002	1.580	3
					JUMLAH HARGA BAHAN	3
					Harga Satuan Pekerjaan per m lari (A+B)	683
					Dibulatkan	700
Total Harga Pekerjaan Pipa PVC 1 ½" Ø 50 mm (1+2+3+4+5+6)						66.600

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019.

Tabel K.3 Harga Satuan Pekerjaan Pipa PVC Diameter 75 mm

No.	Uraian Kegiatan	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
1.	Penggalian 1 m ³ tanah biasa sedalam 1 m	Acuan :		A.2.3.1.1. - Dinas Cipta Karya tahun 2019			
		Satuan Pembayaran :		m ³			
	A	TENAGA					
		Pekerja	L.01	OH	0,75	75.000	56.250
		Mandor	L.04	OH	0,025	100.000	2.500
					Harga Satuan Pekerjaan per m ³		58.750
					Harga Satuan Pekerjaan per m lari		25.263
					Dibulatkan		25.300
	2.	Pengurugan kembali 1 m ³ galian tanah	Acuan :		A.2.3.1.10. - Dinas Cipta Karya tahun 2019		
			Satuan Pembayaran :		m ³		
A		TENAGA					
		Pekerja	L.01	OH	0,5	75.000	37.500
		Mandor	L.04	OH	0,05	100.000	5.000
					Harga Satuan Pekerjaan per m ³		42.500
					Harga Satuan Pekerjaan per m lari		11.900
					Dibulatkan		12.000
3.		Pengurugan 1 m ³ dengan pasir urug	Acuan :		A.2.3.1.11. - Dinas Cipta Karya tahun 2019		
			Satuan Pembayaran :		m ³		
	A	TENAGA					
		Pekerja	L.01	OH	0,3	75.000	22.500
		Mandor	L.04	OH	0,01	100.000	1.000
					JUMLAH HARGA UPAH		23.500
	B	BAHAN					
		Pasir Urug		m ³	1,2	150.000	180.000
					JUMLAH HARGA BAHAN		180.000
					Harga Satuan Pekerjaan 1,2 m ³ (A+B)		203.500
				Harga Satuan Pekerjaan per m lari		24.590	
				Dibulatkan		24.600	
4.	Pembuangan 1 m ³ tanah sejauh 30 meter	Acuan :		A.2.3.1.8. - Dinas Cipta Karya tahun 2019			
		Satuan Pembayaran :		m ³			
	A	TENAGA					
		Pekerja	L.01	OH	0,33	75.000	24.750
		Mandor	L.04	OH	0,01	100.000	1.000
					Harga Satuan Pekerjaan per m ³		25.750
					Harga Satuan Pekerjaan per m lari		3.863
					Dibulatkan		3.900

No.	Uraian Kegiatan	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
5.	Pemasangan 1 m pipa PVC 2 ½" Ø 75 mm	Acuan : Satuan Pembayaran :		Dinas Cipta Karya tahun 2019 m'		
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,089	75.000	6.675
	Tukang pipa	L.02	OH	0,0448	90.000	4.032
	Mandor	L.04	OH	0,0086	100.000	860
					JUMLAH HARGA UPAH	11.567
B	BAHAN					
	Pipa PVC 2 ½" Ø 75 mm		m	6	0	0
					JUMLAH HARGA BAHAN	0
C	PERALATAN					
	Sewa Tripot/Tackel & handle crane 2 T		hari	0,0073	350.000	2.555
					JUMLAH HARGA ALAT	2.555
					Harga Satuan Pekerjaan 6 m (A+B+C)	14.122
					Harga Satuan Pekerjaan 1 m	2.354
					Dibulatkan	2.400
6.	Pengetesan 1 m pipa Ø 75 mm	Acuan : Satuan Pembayaran :		Dinas Cipta Karya tahun 2019 m'		
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,008	75.000	600
	Mandor	L.04	OH	0,0008	100.000	80
					JUMLAH HARGA UPAH	680
B	BAHAN					
	Air test (Air Bersih)		m ³	0,004	1.580	6
					JUMLAH HARGA BAHAN	6
					Harga Satuan Pekerjaan per m lari (A+B)	686
					Dibulatkan	700
	Total Harga Pekerjaan Pipa PVC 2 ½" Ø 75 mm (1+2+3+4+5+6)					68.900

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019.



L. Dokumentasi Penelitian

Dokumentasi Penelitian



L.1 Pengukuran Elevasi Menggunakan Waterpass



L.2 Pencatatan Elevasi



L.3 Survei Debit



L.4 Pencatatan Debit