



**PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM
DI KECAMATAN PASIRIAN KABUPATEN LUMAJANG**

**DEVELOPMENT PLAN OF DRINKING WATER DISTRIBUTION
SYSTEM IN DISTRICT OF PASIRIAN – LUMAJANG REGENCY**

SKRIPSI

Oleh

RIZKY EDO MARGATAMA

NIM 141910301072

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM
DI KECAMATAN PASIRIAN KABUPATEN LUMAJANG**

SKRIPSI

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

Oleh

RIZKY EDO MARGATAMA

NIM 141910301072

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, serta berkah dan kasih kesetiaan-Nya, sehingga dapat terlaksana penyelesaian tugas akhir yang saya lakukan ini. Tugas akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua Orangtua saya Ibu Sumiati dan Bapak Achmad So'im yang telah membantu baik moral dan materiil, mendoakan, mendidik, dan memberi kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga selama ini.
2. Pakdhe saya Pak Juwardi yang telah membantu dan selalu memberikan dukungan semangat dan doa.
3. Adek saya Jerry Dwi Prakoso dan keluarga besar saya yang selalu memberikan dukungan semangat dan doa.
4. Guru-guruku di TK Dawuhan Lor 03 Lumajang, SMPN 1 Sukodono Lumajang, SMA PGRI 1 Lumajang dan ustadz ustadzah di TPQ Al-Hikmah Dawuhan Lor Lumajang yang telah mendidik saya hingga saya bisa sampai di titik ini.
5. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember

MOTO

“Kewajiban saudara yang tertua terhadap saudaranya yang lebih muda sama dengan kewajiban orang tua terhadap anaknya.”

(HR. Imam Baihaqi*)

*) Ustad Fatihuddin Abul Yasin , 2006. 75 Wasiat Rasulullah SAW. Surabaya : Terbit Terang.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizky Edo Margatama

NIM : 141910301072

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM DI KECAMATAN PASIRIAN KABUPATEN LUMAJANG” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 24 Juli 2019

Yang menyatakan



Rizky Edo Margatama

NIM 141910301072

SKRIPSI

PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM DI KECAMATAN PASIRIAN KABUPATEN LUMAJANG

Oleh

RIZKY EDO MARGATAMA

NIM 141910301072

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul "PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM DI KECAMATAN PASIRIAN KABUPATEN LUMAJANG" telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 24 Juli 2019
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama,



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

Pembimbing Anggota,



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

Tim Penguji :

Penguji Utama,



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

Penguji Anggota,



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

Mengesahkan
Dekan

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

RINGKASAN

Perencanaan Pengembangan Sistem Distribusi Air Minum di Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang; Rizky Edo Margatama, 141910301072; 2019: 59 Halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kecamatan Pasirian adalah kecamatan dengan jumlah penduduk terbesar kedua setelah Kecamatan Lumajang. Setiap tahun jumlah penduduk Kecamatan Pasirian semakin meningkat. Oleh sebab itu, PDAM akan meningkatkan persen pelayanan untuk 10 tahun mendatang. Peningkatan tersebut dapat dilaksanakan, mengingat pentingnya pemenuhan kebutuhan air minum di masyarakat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah kapasitas debit mata air jebuk masih memenuhi untuk mendistribusikan air dalam kurun waktu 10 tahun mendatang.

Analisis hidrolis pada penelitian ini menggunakan *software* Epanet 2.0. Data yang diperlukan dalam Epanet 2.0 adalah peta sistem jaringan, elevasi tiap *junction*, debit air, panjang dan diameter pipa serta nilai kekasaran pipa. Selain data tersebut, ada pula data jumlah penduduk dan tingkat persen pelayanan, yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan debit pada tahun 2023 dan 2028. Data yang sudah *dirunning* dan hasil keluarannya adalah kecepatan dan tekanan.

Hasil penelitian diperoleh debit eksisting sebesar 60,37 L/detik dengan nilai *peak factor* sebesar 1,202. Pengembangan dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama dilakukan pada tahun 2023 dengan jumlah penduduk hasil proyeksi sebesar 85.705 jiwa, target tingkat pelayanan 50% serta debit yang dibutuhkan adalah sebesar 90,50 l/detik. Pada tahap ini terdapat penggantian diameter pipa pada 4 *link*. Tahap kedua dilakukan pada tahun 2028 dengan jumlah penduduk hasil proyeksi sebesar 85.793 jiwa, target tingkat pelayanan 60% serta debit yang dibutuhkan adalah sebesar 108,71 L/detik. Pada tahap ini terdapat penggantian diameter pipa pada 19 *link*.

SUMMARY

Development Plan Of Drinking Water Distribution System in District Of Pasirian – Lumajang Regency; Rizky Edo Margatama, 141910301072; 2019: 59 Pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Pasirian District is a district with the second largest population after Lumajang District. According to the data, every year the population of the Pasirian District increases. Therefore, the PDAM will increase service percent for the next 10 years. The increase can be carried out, given the importance of meeting drinking water needs in the community. The purpose of this study is to determine whether the discharge capacity of the spring water is still fulfilling to distribute water within the next 10 years.

Hydraulic analysis in this study used Epanet 2.0 software. The data for Epanet 2.0 are network system map, elevation of each junction, water discharge, pipe length and diameter and pipe roughness value. The other data were population and percentage of service, which be used in the calculation of discharge in 2023 and 2028. Data that has been collected will be inputted into Epanet 2.0 which will be run an the outputs are velocity and pressure.

The results showed that the existing discharge of 60,37 L/s with a peak factor value of 1,202. Development was carried out in two stages. The first stage was carried out in 2023 with the population of projection as much as 85.705 people, the target service level of 50% and the required discharge was 90,50 L/s. In the first stage there is a replacement of the pipe diameter at four links. The second stage was carried out in 2028 with a population of projection of 85.793 people, the target of service level of 60% and the required discharge was 108,71 L/s. In the second stage there is a replacement of the pipe diameter at 19 links.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM DI KECAMATAN PASIRIAN KABUPATEN LUMAJANG. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember. Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya Ibu Sumiati dan Bapak Achmad So'im .
2. Ibu Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Ririn Endah Badriani, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah bersedia membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T., dan Ibu Wiwik Yunarni W., S.T., M.T., selaku Tim Penguji yang bersedia memberikan pengarahan guna terselesainya skripsi ini.
4. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Lumajang, selaku instansi yang membantu dalam pelengkapan data skripsi ini.
5. Teman-temanku Keke, Alex, Eri, Alif, Pujo, Ayubi AKNL, Mbak Ayu, Mas Roby, Faisyal, Bastian, Amy, Ilham, Wisnu, Akbar, Ateng, Sofi, Arik, Imam Junaidi, Nurul Sadini, Nurul, Mas Rosyid AKNL dan Mas Purwadi yang telah membantu, memberikan dukungan, semangat dan motivasi.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harap kan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 24 Juli 2019

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
MOTO	iv
LEMBAR PENYATAAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
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 Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Analisis Pertumbuhan Jumlah Penduduk.....	5
2.2 Analisis Kebutuhan Air.....	7
2.2.1 Kebutuhan Air Domestik.....	7
2.2.2 Kebutuhan Air Non Domestik.....	8
2.3 Perhitungan Kebutuhan Air.....	9
2.3.1 Kebutuhan Harian Rata-rata.....	9
2.3.2 Kebutuhan Air Jam Puncak.....	10

2.4	Kebutuhan Air untuk Kebocoran	10
2.5	Analisis Hidrolika dalam Distribusi Air Minum.....	10
2.5.1	Hukum Bernoulli.....	11
2.5.2	Kehilangan Tinggi Tekan.....	11
2.5.2.1	Kehilangan Tinggi Tekan Mayor.....	11
2.5.2.2	Kehilangan Tinggi Tekan Minor.....	12
2.6	Program Epanet 2.0	13
2.7	Penggunaan Alat Ukur <i>Auto Level</i> atau <i>Waterpass</i>	14
BAB 3.	METODE PENELITIAN.....	18
3.1	Lokasi dan Batas Wilayah Administratif.....	18
3.2	Data yang Diperlukan.....	19
3.3	Pengolahan Data dengan Program Epanet 2.0	20
3.4	Diagram Alir.....	20
BAB 4.	PEMBAHASAN	25
4.1	Penentuan Nilai Faktor Jam Puncak.....	25
4.2	Debit Kondisi Eksisting	27
4.3	Running dan Analisis Perangkat Lunak Epanet 2.0	
	Kondisi Eksisting.....	27
4.3.1	Analisis Tekanan Kondisi Eksisting.....	29
4.3.2	Analisis Kecepatan Kondisi Eksisting	31
4.4	Kalibrasi.....	33
4.5	Debit Kondisi Pengembangan.....	33
4.5.1	Proyeksi Jumlah Penduduk	34
4.5.2	Pengembangan Tahap Pertama.....	35
4.5.3	Running dan Analisis Epanet 2.0 Kondisi Pengembangan	
	Tahap Pertama.....	36
4.5.4	Pengembangan Tahap Kedua.....	46
4.5.5	Running dan Analisis Epanet 2.0 Kondisi Pengembangan	
	Tahap Kedua.....	47
BAB 5.	PENUTUP	57

5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kebutuhan Air Penduduk Kategori Kota.....	8
Tabel 2.2 Pemakaian Air Non Domestik	9
Tabel 4.1 Nilai Peak Factor	25
Tabel 4.2 Perbandingan Karakteristik Daerah Layanan	26
Tabel 4.3 Karakteristik Daerah Layanan PDAM IKK Pasirian	26
Tabel 4.4 Debit Eksisting	27
Tabel 4.5 Hasil Tekanan pada Jam Puncak Kondisi Eksisting.....	29
Tabel 4.6 Hasil Kecepatan pada Jam Puncak Kondisi Eksisting.....	31
Tabel 4.7 Hasil Kalibrasi untuk Kondisi Eksisting	33
Tabel 4.8 Data Jumlah Penduduk Kec.Pasirian.....	34
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk.....	35
Tabel 4.10 Tekanan pada Tahap Pertama di Bawah Persyaratan.....	38
Tabel 4.11 Kecepatan pada Tahap Pertama di Bawah Persyaratan.....	39
Tabel 4.12 Penggantian Diameter Pipa Tahap Pertama.....	40
Tabel 4.13 Hasil Tekanan Tahap Pertama Setelah Penggantian Diameter Pipa....	42
Tabel 4.14 Hasil Kecepatan Tahap Pertama Setelah Penggantian Diameter Pipa	44
Tabel 4.15 Tekanan pada Tahap Kedua di Bawah Persyaratan	49
Tabel 4.16 Kecepatan pada Tahap Kedua di Bawah Persyaratan.....	50
Tabel 4.17 Penggantian Diameter Pipa Tahap Kedua.....	50
Tabel 4.18 Hasil Tekanan Tahap Kedua Setelah Penggantian Diameter Pipa.....	53
Tabel 4.19 Hasil Kecepatan Tahap Kedua Setelah Penggantian Diameter Pipa.....	55

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 <i>Waterpassing</i> Metode 1.....	14
Gambar 2.2 <i>Waterpassing</i> Metode 2.....	15
Gambar 2.3 <i>Waterpassing</i> Metode 3.....	16
Gambar 2.4 <i>Waterpassing</i> Metode Berantai.....	16
Gambar 3.1 Lokasi Kecamatan Pasirian.....	18
Gambar 3.2 Peta Jaringan Distribusi Air Minum Kec.Pasirian.....	19
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian.....	22
Gambar 3.4 Diagram Alir Epanet.....	24
Gambar 4.1 Hasil Running Epanet 2.0 Kondisi Eksisting.....	28
Gambar 4.2 Hasil Running Epanet 2.0 Kondisi Pengembangan Tahap Pertama.....	37
Gambar 4.3 Running Epanet Tahap Pertama Setelah Penggantian Diameter Pipa.....	41
Gambar 4.4 Hasil Running Epanet 2.0 Kondisi Pengembangan Tahap Kedua.....	48
Gambar 4.5 Running Epanet Tahap Pertama Setelah Penggantian Diameter Pipa.....	52

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi keberlanjutan kehidupan manusia. Setiap aspek kehidupan manusia tidak lepas dari keberadaan air, salah satunya untuk air minum.

Universitas Jember adalah salah satu universitas terbesar di bagian timur Provinsi Jawa Timur yang tepat berada di Kabupaten Jember. Universitas Jember dengan tri dharma Perguruan Tinggi diharapkan dapat membagikan ilmunya melalui pendidikan, penelitian dan pengabdian pada masyarakat, tak terkecuali mahasiswa yang berasal dari Kabupaten Lumajang. Penelitian ini dilaksanakan karena ada permasalahan yang muncul di Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang, yaitu beberapa pelanggan PDAM yang mengeluhkan air yang mengalir sedikit pada jam puncak (Laporan pelanggan PDAM).

Kecamatan Pasirian memiliki jumlah penduduk terbesar kedua di Kabupaten Lumajang. Jumlah penduduk di Kecamatan Pasirian pada tahun 2018 adalah 85.618 jiwa, jumlah tersebut meningkat dari jumlah penduduk tahun 2013 yaitu sebesar 85.530 jiwa.

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan perusahaan yang menyediakan sarana untuk pendistribusian air minum, sehingga PDAM diharapkan bisa memberikan pelayanan yang terbaik dan bisa menangani semua masalah yang terjadi pada sistem pendistribusian air minum tersebut. PDAM Kabupaten Lumajang melayani 11 desa yang ada di Kecamatan Pasirian. Menurut data PDAM Kabupaten Lumajang, tingkat pelayanan pada tahun 2018 sebesar 45,98%. Peningkatan persen tingkat pelayanan diharapkan bisa dilakukan mengingat pentingnya pemenuhan kebutuhan air di masyarakat. Kondisi eksisting juga harus dilihat sebagai pertimbangan dalam pengembangan sistem distribusi ini. Hal ini juga perlu dilakukan analisis terhadap kondisi eksisting, sehingga permasalahan tersebut dapat diatasi.

Sistem pendistribusian air minum di Kecamatan Pasirian disuplai oleh 2 (dua) sumber mata air yang memiliki debit 40 L/detik dan 80 L/detik. Dua sumber tersebut dibagi lagi menjadi 3 *outlet* yang nantinya akan didistribusikan ke seluruh Kecamatan Pasirian. Dua sumber air ini juga dapat dialirkan lagi ke kecamatan lain karena pada bangunan *broncaptering* masih ada limpasan air yang banyak. Sistem pengaliran air yang digunakan di Kecamatan Pasirian sendiri adalah sistem gravitasi. Sistem ini digunakan bila elevasi sumber air baku atau pengolahan jauh berada di atas elevasi daerah pelayanan dan sistem ini dapat memberikan energi potensial yang cukup tinggi hingga pada daerah pelayanan yang terjauh (Anonim, 2010).

Penelitian ini membahas tentang analisis hidrolis menggunakan bantuan program Epanet 2.0. Epanet adalah salah satu *software* distribusi yang digunakan untuk menganalisis jaringan sistem distribusi. Output yang dihasilkan dari program Epanet 2.0 ini antara lain debit yang mengalir dalam pipa, tekanan air dari masing-masing titik/*node/junction* yang dipakai sebagai analisa dalam menentukan operasi instalasi, pompa dan *reservoir* serta besarnya unsur kimia yang terkandung dalam air bersih yang didistribusikan dan dapat digunakan sebagai simulasi penentuan lokasi sumber sebagai arah pengembangan. Analisis hidrolisnya sendiri dilakukan mulai dari kondisi eksisting sampai kondisi pengembangan 10 tahun kedepan dengan pembagian 2 (dua) tahap atau dilakukan setiap 5 tahun sekali. Hasil dari analisis tersebut nantinya akan menjelaskan apakah sistem jaringan distribusi air minum yang sudah ada di lapangan masih memenuhi untuk mendistribusikan debit air untuk beberapa tahun kedepan. Oleh sebab itu, dilakukanlah penelitian tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Pengembangan Sistem Distribusi Air Minum di Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang.”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimanakah kondisi eksisting sistem distribusi air minum di Kecamatan Pasirian?

2. Berapakah jumlah debit air minum yang dibutuhkan di daerah pelayanan di Kecamatan Pasirian pada saat kondisi pengembangan?
3. Berapakah diameter pipa yang diperlukan di lapangan dalam sistem jaringan perpipaan air minum tersebut pada saat kondisi pengembangan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kondisi eksisting sistem distribusi air minum di Kecamatan Pasirian.
2. Mengetahui jumlah debit air minum yang dibutuhkan di daerah pelayanan di Kecamatan Pasirian pada saat kondisi pengembangan.
3. Mengetahui diameter pipa yang diperlukan di lapangan dalam sistem jaringan perpipaan air minum tersebut pada saat kondisi pengembangan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain.

1. Sebagai sumbangsih pemikiran atau pertimbangan kepada instansi terkait, dalam hal ini PDAM agar tingkat pelayanan air minum tetap memadai.
2. Memberikan data dan informasi awal kepada peneliti untuk melaksanakan penelitian lanjutan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. *Software* yang digunakan untuk mempermudah dalam merencanakan pengembangan sistem jaringan perpipaan air minum di Kecamatan Pasirian ini adalah Epanet 2.0.
2. Hanya merencanakan sistem jaringan pipa induk tanpa merencanakan pipa tiap sambungan rumah.
3. Penelitian ini tidak mencakup proses pengolahan air minum yang lebih lanjut.
4. Tidak mengkaji kondisi konsentrasi bahan kimia yang terkandung pada air.

5. Tidak merencanakan struktur bangunan *reservoir* atau bangunan pelengkap lainnya, seperti jembatan air.
6. Peninjauan untuk analisis berdasarkan kondisi eksisting di lapangan dengan tiga pipa *outlet*.
7. Kondisi eksisting yang dianalisis hanya tekanan pada tiap *junction* dan kecepatan air yang mengalir di dalam pipa.
8. Tidak menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pengembangan 10 tahun kedepan.
9. Menggunakan persamaan *Hazen Williams* untuk analisis hidrolisnya.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Dalam perencanaan pengembangan jaringan perpipaan air minum dibutuhkan jumlah kebutuhan air di masa yang akan datang, sehingga perlu adanya metode untuk memprediksi jumlah kebutuhan air tersebut. Jumlah tersebut bergantung pada jumlah pertumbuhan penduduk dan perhitungan pertumbuhannya berdasarkan pola/*trend* kecenderungan pertumbuhan penduduk sebelumnya. Disini ada beberapa metode yang biasa digunakan, sebagaimana berikut ini.

1. Metode Geometrik

Menurut Permen PU No.18/PRT/M/2007, persamaan 2.1 dan 2.2 merupakan persamaan yang digunakan pada metode geometrik.

$$P_n = P_o \times (1 + r)^n \dots\dots\dots(2.1)$$

$$r = \frac{\sum \text{persen pertumbuhan jumlah penduduk}}{T_1 - T_0} \dots\dots\dots(2.2)$$

keterangan:

- P_n = Jumlah penduduk tahun proyeksi
- P_o = Jumlah penduduk sekarang
- T₁ = Tahun Akhir
- T₀ = Tahun Awal
- r = Persentase pertumbuhan penduduk
- n = Tahun proyeksi

2. Metode Aritmatik

Menurut Permen PU No.18/PRT/M/2007, persamaan 2.3 dan 2.4 merupakan persamaan yang digunakan pada metode aritmatik.

$$P_n = P_o + K_a \times (T_n - T_o) \dots\dots\dots(2.3)$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots(2.4)$$

keterangan:

- P_n = Jumlah penduduk tahun proyeksi

- Po = Jumlah penduduk sekarang
 Ka = Konstanta aritmatik
 Tn = Tahun proyeksi
 To = Tahun dasar
 P1 = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke 1
 P2 = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir
 T1 = Tahun ke 1 yang diketahui
 T2 = Tahun ke 2 yang diketahui

3. Metode *Least Square*

Menurut Permen PU No.18/PRT/M/2007, persamaan 2.5, 2.6 dan 2.7 merupakan persamaan yang digunakan pada metode *least square*:

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(2.5)$$

$$a = \frac{(\sum Y \cdot \sum X^2) - (\sum X \cdot \sum X \cdot Y)}{(n \cdot \sum X^2) - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$b = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X \cdot \sum Y)}{(n \cdot \sum X^2) - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

keterangan:

- Y = Nilai variabel berdasarkan garis regresi
 a = Konstanta
 b = Koefisien arah regresi linier
 X = Variabel independen

4. Dasar Pemilihan Metode Proyeksi Penduduk

Pemilihan metode proyeksi penduduk perlu dilakukan agar dapat ditemukan metode proyeksi yang mendekati hasil sebenarnya. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis dengan cara menghitung nilai standar deviasi. Menurut Permen PU No.18/PRT/M/2007, standar deviasi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.8 dan 2.9.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Xi-X)^2}{n-1}}, \text{ untuk } n > 20 \dots\dots\dots(2.8)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X)^2}{n}}, \text{ untuk } n \leq 20 \dots\dots\dots (2.9)$$

keterangan,

- S = Standar deviasi dari data yang diketahui
- X_i = Variabel independen x (jumlah penduduk yang diketahui)
- X = Rata-rata nilai x
- n = Jumlah data yang diketahui

Metode proyeksi yang dipilih atau mendekati hasil yang sebenarnya adalah metode yang memiliki nilai standar deviasi terkecil.

2.2 Analisis Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih yang dimaksud adalah jumlah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan dasar bagi suatu unit/pelanggan. Besarnya air yang digunakan ini disebut pemakaian air. Pemakaian air ini dipengaruhi oleh:

- a. Ketersediaan sumber air baik dari segi kualitas, kuantitas maupun kontinuitas.
- b. Kebiasaan penduduk setempat.
- c. Pola dan tingkat kehidupan.
- d. Harga air.
- e. Teknis ketersediaan air seperti fasilitas distribusi, fasilitas pembuangan limbah yang dapat mempengaruhi kualitas air bersih dan kemudahan dalam mendapatkannya.
- f. Keadaan sosial ekonomi penduduk setempat.

Standar kebutuhan air bersih sendiri dibagi menjadi 2 macam, yaitu kebutuhan air domestik dan non domestik.

2.2.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik ditentukan oleh jumlah konsumen yang dapat diketahui dari data jumlah penduduk yang ada. Kebutuhan air domestik ini meliputi minum, mandi, masak dan lain-lain. Kecenderungan meningkatnya kebutuhan

dasar air ditentukan oleh kebiasaan pola hidup masyarakat setempat dan didukung oleh kondisi sosial ekonomi (Anonim, 2010).

Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya mengatur tentang kebutuhan air domestik berdasarkan kategori desa dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kebutuhan Air Penduduk Kategori Kota

Kategori	Jumlah penduduk	Penyedia air (L/org/hari)
Kategori Metropolitan	> 1.000.000	150 – 200
Kota Besar	500.000 – 1.000.000	120 – 150
Kota Sedang	100.000 – 500.000	100 – 120
Kota Kecil	20.000 – 100.000	90 - 110
Semi Urban (ibukota kecamatan/desa)	3.000 – 20.000	60 - 90

Sumber : SNI 6728.1:2015

Kebutuhan domestik sendiri meliputi sambungan rumah (SR) dan kran umum. Persamaan 2.10 merupakan rumus yang digunakan untuk mencari kebutuhan domestik (Qd).

$$Qd = Mn \times S \dots \dots \dots (2.10)$$

dengan: Qd = Kebutuhan Domestik

Mn = Jumlah penduduk

S = Standar kebutuhan air/orang/hari.

2.2.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik ditentukan oleh banyaknya konsumen non domestik meliputi fasilitas perkantoran, kesehatan, industri, komersial, umum dan lainnya. Standar kebutuhan air non domestik menurut Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pemakaian Air Non Domestik

Jenis Fasilitas	Kebutuhan Air	Satuan
Masjid	3000	L/unit/hari
Kawasan industri	0,2-0,8	L/detik/hari
Rumah Sakit	200	L/bed/hari
Puskesmas	2000	L/unit/hari
Sekolah	10	L /siswa/hari
Kantor	10	L/ pegawai/hari
Hotel	90	L/ tamu/hari
Kawasan Pariwisata	0,1-0,3	L/detik/hari
Pasar	12000	L/ hektar/hari
Rumah Makan	100	L/tempat duduk.hari
Komplek Militer	60	L/orang.hari

Sumber : P.U Cipta Karya, 2000

2.3 Perhitungan Kebutuhan Air

Perhitungan kebutuhan air bersih meliputi kebutuhan air bersih sektor domestik dan sektor non domestik, yang dihitung berdasarkan analisis proyeksi jumlah penduduk dan analisis data pertumbuhan terakhir fasilitas-fasilitas sosial ekonomi yang ada pada wilayah perencanaan (Hamdani, 2014).

2.3.1 Kebutuhan harian rata-rata

Kebutuhan harian rata-rata adalah penjumlahan dari kebutuhan air domestik, kebutuhan air non domestik serta kehilangan air. Besarnya dihitung berdasarkan kebutuhan akan air rata-rata per orang per hari dihitung dari pemakaian air setiap jam selama 24 jam. Persentase kehilangan air adalah 20% - 30% baik untuk kategori kota kecil, kota sedang maupun kota besar (P.U Cipta Karya, 2000).

Persamaan 2.11 digunakan untuk mencari debit kebutuhan harian rata-rata (Q_{rh}) ialah:

$$Q_{rh} = Q_{domestik} + Q_{non\ domestik} + Q_{kebocoran} \dots \dots \dots (2.11)$$

keterangan:

Q_{rh}	= Kebutuhan air rata-rata
$Q_{domestik}$	= Kebutuhan air domestik
$Q_{non\ domestik}$	= Kebutuhan air non domestik
$Q_{kebocoran}$	= Kehilangan air

2.3.2 Kebutuhan air jam puncak

Kebutuhan air jam puncak diartikan sebagai pemakaian air tertinggi pada jam-jam tertentu selama periode satu hari, besarnya 1,65 – 2,00 kali kebutuhan harian rata-rata. Persamaan 2.12 untuk mencari debit kebutuhan air jam puncak (Q_{peak}) ialah :

$$Q_{max} = F_{jp} \times Q_{rh} \dots \dots \dots (2.12)$$

keterangan:

Q_{peak} = kebutuhan air jam puncak

F_{jp} = faktor pengali kebutuhan air jam puncak (1,65 – 2,00)

2.4 Kebutuhan Air Untuk Kebocoran

Persamaan 2.13 merupakan persamaan yang digunakan untuk mencari debit kehilangan air ($Q_{keh.}$).

$$Q_{keh.} = 20\% * Q \dots \dots \dots (2.13)$$

dengan :

Q_{keh} = Kehilangan air

Q = Debit air yang mengalir

Ditinjau dari faktor penyebabnya, kebocoran pada sistem distribusi ini dibagi menjadi dua yaitu, kebocoran karena faktor teknis dan faktor non teknis seperti pencurian air.

2.5 Analisis Hidrolika dalam Distribusi Air Minum

Analisis hidrolika dalam distribusi air bersih digunakan beberapa teori pendukung untuk mengolah data, diantaranya Hukum Bernoulli dan kehilangan

tinggi tekan/*headloss* (persamaan *Hazen Williams*, *Darcy Weisbach* dan *Chezy Manning*).

2.5.1 Hukum Bernoulli

Prinsip Bernoulli menyatakan bahwa energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai persamaan 2.14.

$$E_{tot} = Z + \frac{P}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.14)$$

keterangan:

$$\frac{P}{\gamma_w} = \text{tinggi tekan (m)}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \text{tinggi energi (m)}$$

$$Z = \text{elevasi (m)}$$

2.5.2 Kehilangan Tinggi Tekan (*headloss*)

Dalam suatu jaringan pipa dibagi menjadi 2 macam kehilangan tekanan, yaitu kehilangan tinggi tekan mayor dan kehilangan tinggi tekan minor.

2.5.2.1 Kehilangan tinggi tekan major (*major headloss*)

Persamaan yang sering digunakan dalam menghitung besarnya tinggi tekan mayor ini adalah persamaan *Hazen Williams*, *Darcy Weisbach* dan *Chezy Manning*. Persamaan 2.15, 2.16 dan 2.17 adalah persamaan *Hazen Williams* yang digunakan untuk menghitung kehilangan tinggi tekan.

$$Q = 0,2785 \times Chw \times D^{2,63} \times S^{0,54} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$S = \frac{H_f}{L} \dots\dots\dots(2.16)$$

Persamaan 2.17 kehilangan tekanan dapat ditulis sebagai berikut.

$$H_f = \left[\frac{Q}{0,2785 \times Chw \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \dots\dots\dots(2.17)$$

keterangan:

$$H_f = \text{Kehilangan tekanan akibat friksi (m)}$$

$$Q = \text{Debit aliran (m}^3\text{/detik)}$$

- L = Panjang pipa (m)
 C_{hw} = Koefisien kekasaran *Hazen Williams*
 D = Diameter pipa (m)

Persamaan Darcy Weisbach yang digunakan untuk menghitung kehilangan air tekan ditampilkan pada persamaan 2.18.

$$hL = f \left(\frac{L}{d} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right) \dots \dots \dots 2.18$$

keterangan:

- hL = Kehilangan tinggi tekan mayor
 L = Panjang pipa (m)
 d = Diameter pipa (m)
 V = Kecepatan aliran (m/detik)
 g = Nilai faktor gravitasi (m/detik²)
 f = Faktor gesekan

Persamaan *Chezy Manning* yang digunakan untuk menghitung kehilangan tinggi tekan ditampilkan pada persamaan 2.19.

$$hL = \frac{Q^2 4^{10/3} n^2}{d^{16/3} \pi^2} L \dots \dots \dots (2.19)$$

keterangan:

- hL = Kehilangan tinggi tekan mayor (m)
 Q = Debit air (L/detik)
 n = Nilai kekasaran Manning
 L = Panjang pipa (m)
 d = Diameter pipa (m)

2.5.2.2 Kehilangan tinggi tekan minor (*minor headloss*)

Macam-macam contoh kehilangan tinggi tekan minor sebagai berikut:

1. Kehilangan tinggi tekan akibat pelebaran pipa.
2. Kehilangan tinggi tekan akibat penyempitan mendadak pada pipa.
3. Kehilangan tinggi tekan akibat mulut pipa.

4. Kehilangan tinggi tekan akibat belokan pada pipa.
5. Kehilangan tinggi tekan akibat sambungan dan katup pipa.

Secara umum kehilangan tekan minor ditampilkan pada persamaan 2.20.

$$H_f = K \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots 2.20$$

keterangan:

- H_f = Kehilangan tekan minor (m)
 K = Koefisien karakteristik pipa
 v = Kecepatan (m/detik)
 g = Nilai faktor gravitasi (m/detik²)

2.6 Program Epanet 2.0

Epanet 2.0 adalah program computer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari Pipa, Node (titik koneksi pipa), pompa, katub, dan tangki air atau reservoir. Epanet 2.0 menajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengaliran. Sebagai tambahan, usia air (water age) dan pelacakan sumber dapat juga disimulasikan (Rossman, 2000).

Fasilitas yang lengkap serta pemodelan hidrolis yang akurat adalah salah satu langkah yang efektif dalam membuat model tentang pengaliran serta kualitas air. Epanet 2.0 adalah alat bantu analisis hidrolis yang didalamnya terkandung kemampuan seperti:

1. Kemampuan analisis yang tidak terbatas pada penempatan jaringan.
2. Perhitungan harga kekasaran pipa menggunakan persamaan *Hazen-Williams*, *Darcy Weisbach*, atau *Chezy-Manning*.
3. Termasuk juga *minor head losses* untuk *bend*, *fitting*, dsb.
4. Pemodelan terhadap kecepatan pompa yang konstan maupun variabel.
5. Menghitung energi pompa dan biaya.
6. Pemodelan terhadap variasi tipe dari *valve* termasuk *shutoff*, *check*, *pressure regulating*, dan *flow control valve*.

7. Tersedia tangki penyimpanan dengan berbagai bentuk (seperti diameter yang bervariasi terhadap tingginya).
8. Memungkinkan dimasukkannya kategori kebutuhan (*demand*) ganda pada node, masing-masing dengan pola tersendiri yang bergantung pada variasi waktu.
9. Model *pressure* yang bergantung pada pengeluaran aliran dari *emitter* (*sprinkler head*).
10. Dapat dioperasikan dengan system dasar pada tangki sederhana atau kontrol waktu, dan pada kontrol waktu yang lebih kompleks.

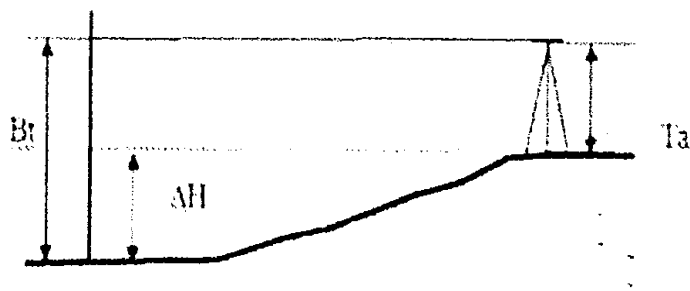
2.7 Penggunaan Alat Ukur *Auto Level* atau *Waterpass*

Auto level adalah alat ukur penyipat datar secara optic dan lebih dikenal dengan alat *waterpass*, dipergunakan untuk mengukur beda tinggi antara titik-titik saling berdekatan. Beda tinggi tersebut ditentukan dengan garis visir (sumbu teropong) horizontal yang ditunjukkan ke rambu ukur yang berdiri vertical (Anonim, 2014).

2.7.1 Metode Pengukuran

Metode pengukuran beda elevasi menggunakan *waterpass* dibagi menjadi 3 macam, yaitu *waterpassing* metode 1, *waterpassing* metode 2, *waterpassing* metode 3 dan *waterpassing* metode berantai.

a. *Waterpass* ditempatkan pada salah satu titi (metode 1), seperti dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Waterpassing* Metode 1

Beda tinggi dihitung menggunakan persamaan 2.21.

$$\Delta H = Ta - Bt \dots\dots\dots(2.21)$$

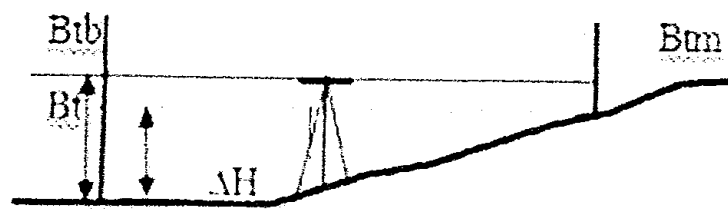
keterangan :

ΔH = Beda tinggi (m)

T_a = Tinggi alat (m)

B_t = Benang tengah (m)

b. *Waterpass* ditempatkan diantara 2 (dua) titik (metode 2), seperti dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Waterpassing* Metode 2

Beda tinggi dihitung menggunakan persamaan 2.22.

$$\Delta H = B_{tb} - B_{tm} \dots\dots\dots(2.22)$$

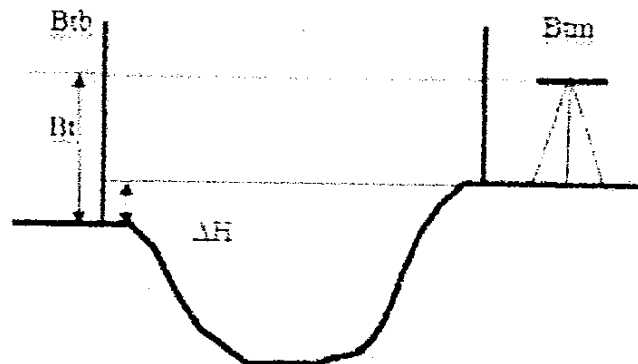
keterangan :

ΔH = Beda tinggi (m)

B_{tb} = Bacaan benang tengah rambu belakang (m)

B_{tm} = Bacaan benang tengah rambu muka (m)

c. *Waterpass* ditempatkan di luar garis antara 2 (dua) titik, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Waterpassing Metode 3

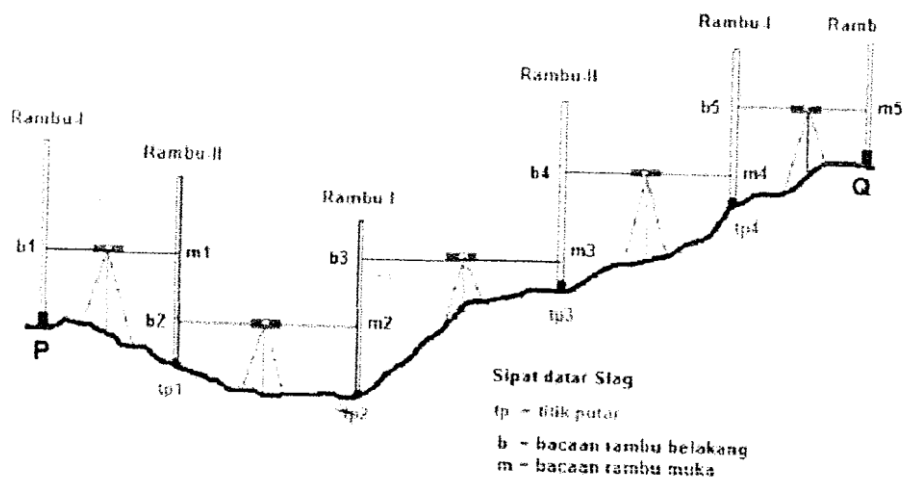
Persamaan yang digunakan untuk mencari beda elevasi (ΔH) pada metode ini adalah persamaan 2.20.

Untuk menghitung jarak (D) antara dua titik tersebut di atas menggunakan persamaan 2.23.

$$D = (Ba - Bb) \times 100 \dots \dots \dots (2.23)$$

keterangan:

- D = Jarak (m)
- Ba = Bacaan rambu muka (m)
- Bb = Bacaan rambu belakang (m)



Gambar 2.4 Waterpassing Metode Berantai

keterangan:

tp = Titik putar

b = Bacaan rambu belakang (m)

m = Bacaan rambu muka (m)

Beda tinggi *waterpassing* berantai adalah kumulatif dari beda tinggi setiap *slag*, yaitu seperti pada persamaan 2.24

$$\Delta H_1 = b_1 - m_1$$

$$\Delta H_2 = b_2 - m_2$$

dst.

$$\sum \Delta H = \sum b - \sum m \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan:

$\sum b$ = Jumlah pembacaan rambu belakang

$\sum m$ = Jumlah pembacaan rambu muka

$\sum \Delta H$ = Beda tinggi setiap *slag*.

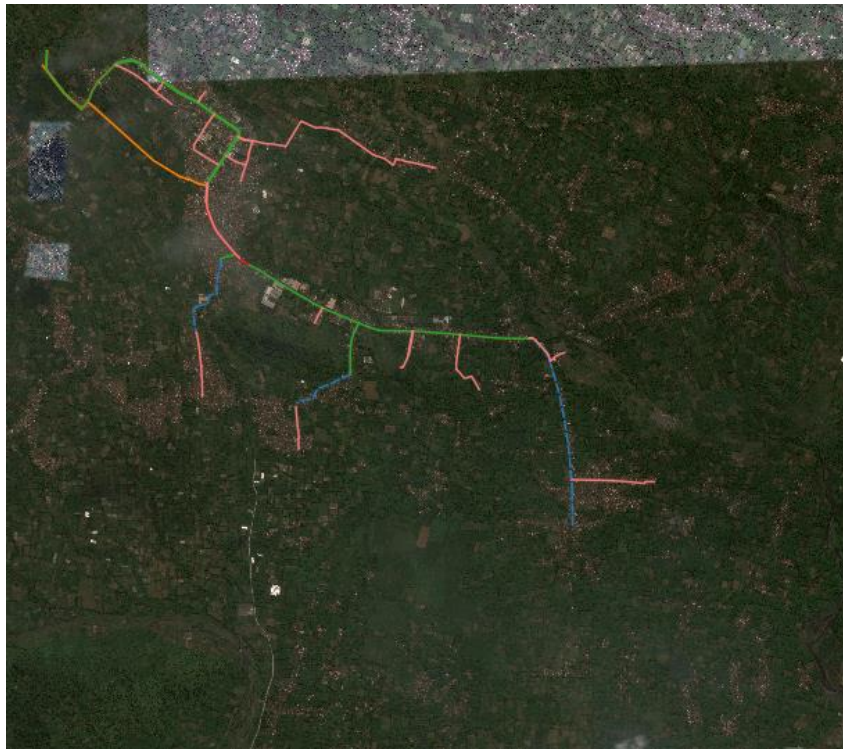
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Batas Wilayah Administratif

Lokasi penelitian ini berada di Kecamatan Pasirian. Kecamatan Pasirian merupakan salah satu dari 21 kecamatan yang ada di Kabupaten Lumajang. Luas Kecamatan Pasirian adalah 183,91 km². Adapun batas-batas secara administrative Kecamatan Pasirian adalah sebagai berikut:

1. Sebelah Utara : Kecamatan Candipuro
2. Sebelah Timur : Kecamatan Tempeh
3. Sebelah Selatan : Samudera Hindia
4. Sebelah Barat : Kecamatan Candipuro



Sumber: PDAM Kab.Lumajang

Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

d. Data teknis sistem jaringan perpipaan air minum di daerah penelitian.

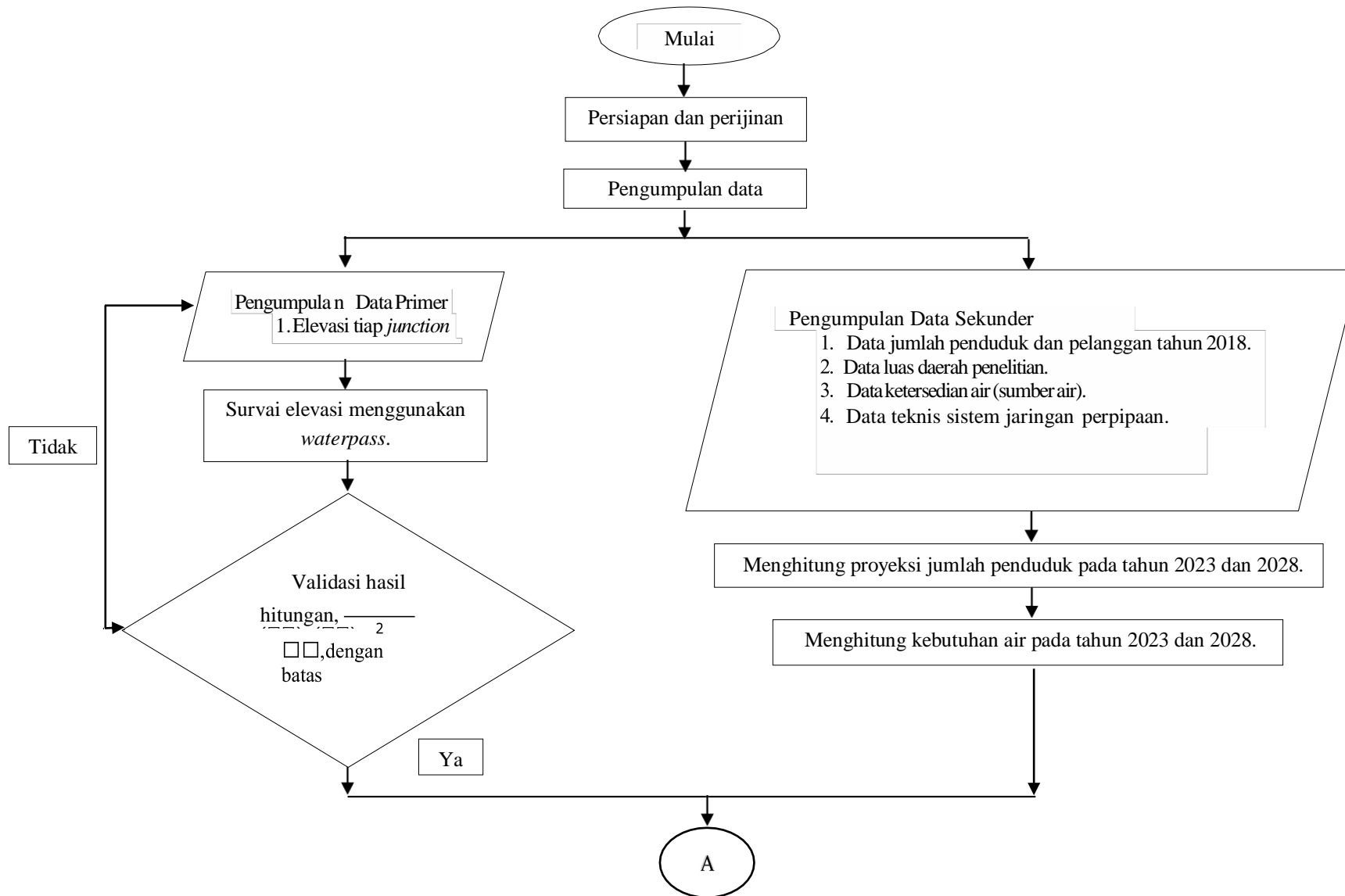
3.3 Pengolahan Data dengan Program Epanet 2.0

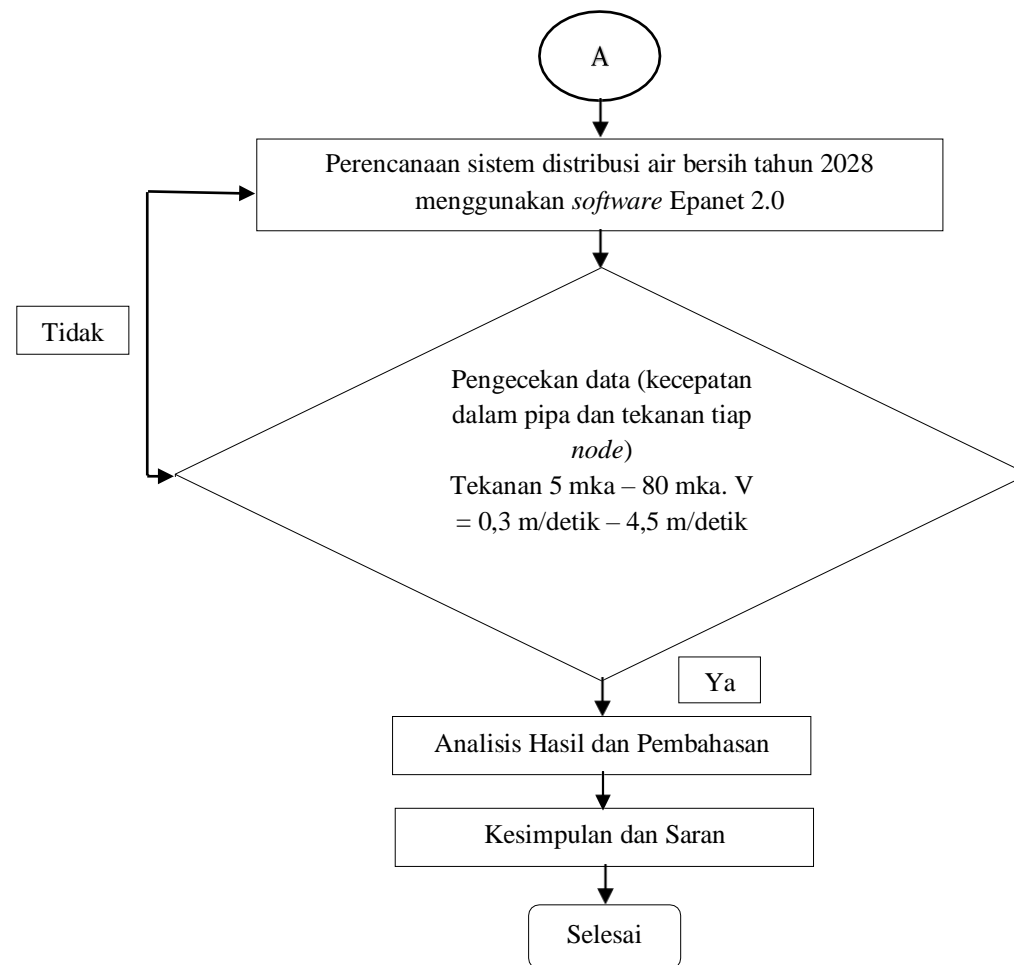
Berikut adalah langkah-langkah pengolahan data:

1. Mengumpulkan data primer dan data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini.
2. Menghitung proyeksi jumlah penduduk dan jumlah pelanggan pada tahun 2023 dan 2028.
3. Menghitung kebutuhan air minum pada tahun 2023 dan 2028.
4. Menghitung debit jam puncak (*peak hour*) dan membandingkan dengan ketersediaan air (sumber air).
5. Mengevaluasi diameter pipa eksisting yang digunakan.
6. Merencanakan sistem jaringan perpipaan air minum.
7. Memodelkan jaringan perpipaan air minum menggunakan program Epanet 2.0.
8. Menarik kesimpulan.

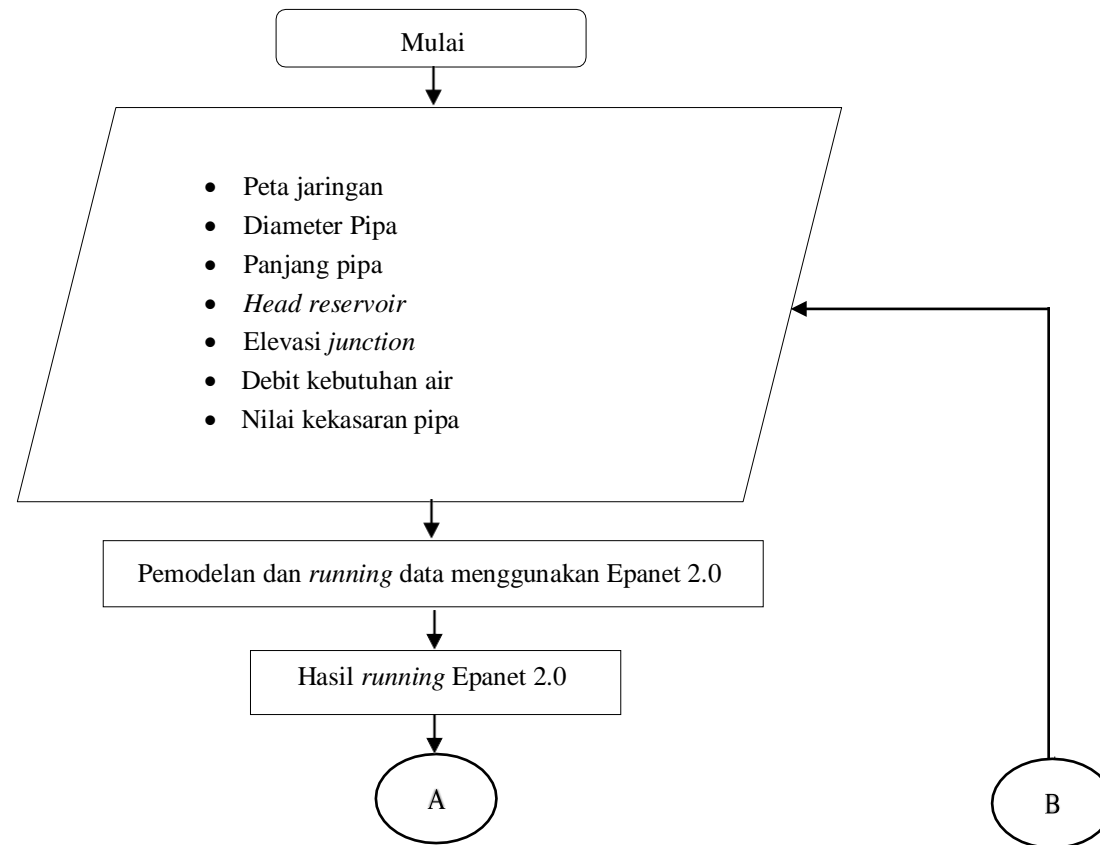
3.4 Diagram Alir

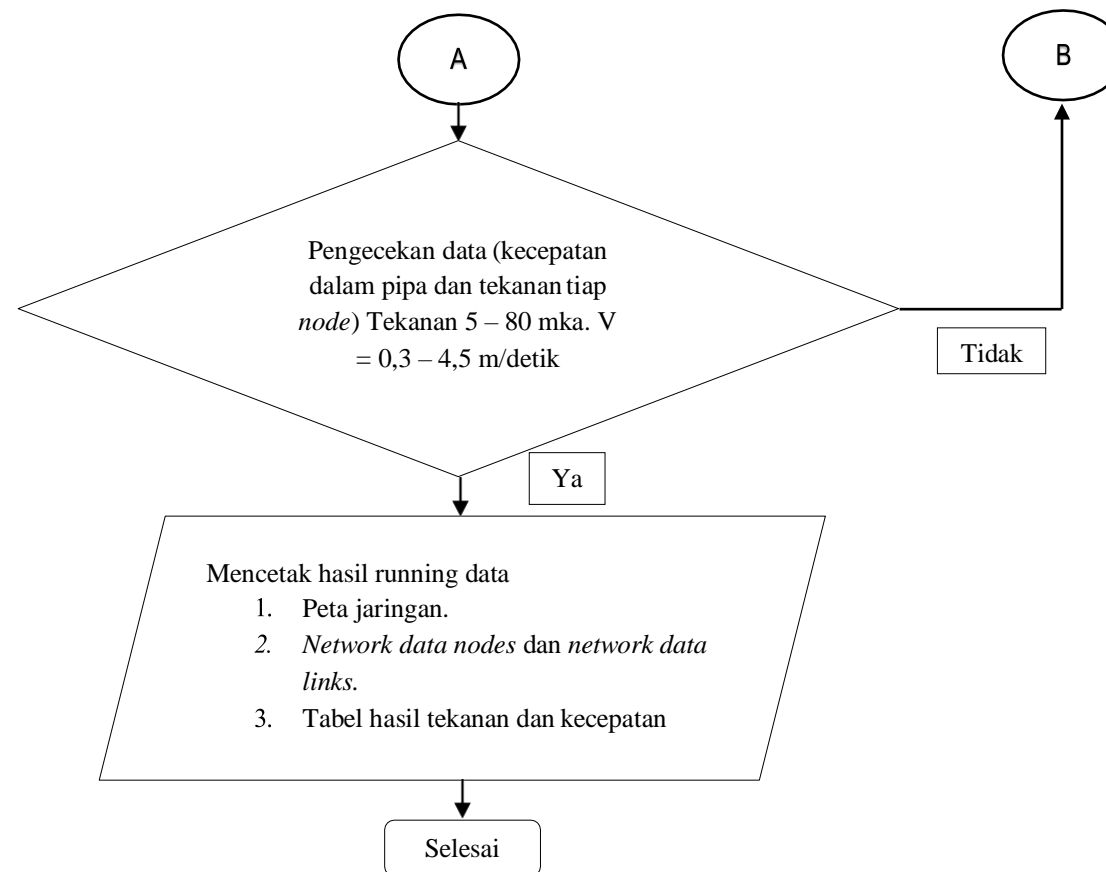
Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan diagram alir Epanet 2.0 pada Gambar 3.4.





Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.4 Diagram Alir Epanet 2.0

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang terdapat di bab 4, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Debit eksisting Kec.Pasirian sebesar 60,37 L/detik dengan *peak factor* 1,202. Nilai tekanan ada yang belum memenuhi persyaratan, yaitu *junction* 15 (2,75 m) dan *junction* 16 (3,51 m). Sedangkan untuk kecepatan juga masih ada yang belum memenuhi persyaratan, yaitu pipa no. 47, 48, 49, 50, 51,52, 53, 54, 81 (@ 0,25 m/detik), pipa no. 55, 56, 57, 58 (@ 0,27 m/detik) dan pipa no. 99, 100 (@ 0,17 m/detik)
2. Debit air minum untuk pengembangan tahap pertama (2023) adalah sebesar 90,50 L/detik, sedangkan untuk pengembangan tahap kedua (2028) adalah sebesar 108,71 L/detik.
3. Diameter pada pengembangan tahap pertama ada penggantian diameter, yaitu pada pipa 10, 11, 12, 13 (@ dari diameter 160 mm menjadi 200 mm), sedangkan pada pengembangan tahap kedua ada penggantian diameter pipa pada pipa 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 30, 31, 32, 33 (@ dari diameter 160 mm menjadi 200 mm), pipa 22, 23, 24, 36, 37, 38, 39 (@ dari diameter 110 mm menjadi 160 mm)

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian dengan metode persamaan analisis lain dapat digunakan sebagai bahan kalibrasi data yang diperoleh, seperti persamaan *Darcy-Weisbach* atau *Chezy Manning*.
2. Penelitian selanjutnya juga bisa menggunakan *software* lain, seperti Watercad, Waternet ataupun Epanet Z.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. *Modul Ajar Sistem Penyaluran Air Minum*. <http://envirodiary.com/id/modul-ajar/sistem-penyaluran-air-minum> [Diakses pada 14 Desember 2017]
- Anonim. 2014. *Modul 1 Penggunaan Alat Ukur Auto Level untuk Pengukuran Beda Tinggi*. Jember: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 19-6728.1-2002 Penyusunan neraca sumber daya – Bagian I: Sumber daya air spasial*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 7831:2002 Perencanaan sistem penyediaan air minum*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *SNI 6728.1:2015 Penyusunan neraca sumber daya – Bagian I: Sumber daya air*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2007. *Pedoman Pengelolaan SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Ditjen Cipta Karya. 2000. *Konsumsi Air Berdasarkan Kategori Kota*. Jakarta(ID): Departemen Pekerjaan Umum.
- Faisyal, M. 2019. *Evaluasi Jaringan Sistem Distribusi Air Minum di Kecamatan Kedungjajang Kabupaten Lumajang*.
- Gustave, I.P, Arsana, I.G.N.K., Sanjaya, I.P.Y. 2014. *Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Penyediaan Air Minum Pedesaan di Desa Kubu Kecamatan Kubu*. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/view/30562/18789> [Diakses pada 6 Desember 2017].
- Hamdani dkk. 2014. *Perencanaan Pipa Distribusi Air Bersih Kelurahan Sambaliung Kecamatan Sambaliung Kabupaten Berau*. <https://ja.scribd.com/document/354851660/air-pipa-pdf> [Diakses pada 6 Desember 2017].
- Ibrahim, M., Masrevaniah, A. & Dermawan, V. 2012. *Analisa Hidrolis pada Komponen Sistem Distribusi Air Bersih dengan Waternet dan Watercad Versi 8 (Studi Kasus Kampong Digiouwa, Kampung Mawa dan Kampung Ikebo,*

- Distrik Kamu, Kabupaten Dogiyai*). <http://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/viewFile/132/131> [Diakses pada 7 Februari 2018]
- Jayanti, A.R. 2019. *Pengembangan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih di Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi Menggunakan Program Epanet 2.0*.
- Kiswandhi dkk. 2014. *Studi Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih di Kelurahan Mulyorejo Kecamatan Sukun Kota Malang*. http://pengairan.ub.ac.id/wp-content/uploads/2014/02/Studi-Perencanaan-Jaringan-Distribusi-Air-Bersih-di-Kelurahan-Mulyorejo-Kecamatan-Sukun-Kota-Malang-Jayanti-Putri-Kiswandhi-105060401_111018.pdf [Diakses pada 14 Desember 2017]
- Meilisa. 2016. *Analisis Teknoekonomi Bangunan Penangkap Mata Air (Broncaptering) di Desa Pamijahan Kecamatan Pamijahan Kabupaten Bogor*. repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/87065/1/F16_mel.pdf [Diakses pada 7 Februari 2018]
- Pamungkas, D.P. 2016. *Implementasi Metode Least Square Untuk Prediksi Penjualan Tahu Pong*. <http://nero.trunojoyo.ac.id/index.php/nero/article/download/51/48> [Diakses pada 25 Januari 2018]
- Putri, R. 2007. *Perencanaan Jaringan Distribusi Air Minum Di Bandung Selatan*. http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jb_ptitbpp-gdl-ratihputri-27725 [Diakses pada tanggal 9 Februari 2018]
- Rossmann, L.A. (1993). *EPANET, Users Manual, Risk Reduction Engineering Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio*.
- Sinaga, B.S. 2018. *Perencanaan Pengembangan Sistem Distribusi Air Bersih di Perumahan Taman Gading Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember*.
- Universitas Jember. 2016. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: Badan Penerbit Universitas Jember.

LAMPIRAN A

Pemilihan Metode Proyeksi

a. Metode Aritmatik

$$P_n = P_0 + K_a \cdot (T_n - T_0) \quad (\text{persamaan 1})$$

$$K_a = (P_1 - P_0) / (T_1 - T_0) \quad (\text{persamaan 2})$$

b. Metode Geometrik

$$P_n = P_0 \cdot (1+r)^n \quad (\text{persamaan 3})$$

$$r = (\sum \text{persen pertumbuhan jumlah penduduk (tahun awal sampai akhir)}) / (T_1 - T_0)$$

(persamaan 4)

c. Metode Least Square

$$Y = a + bX \quad (\text{persamaan 5})$$

$$a = ((\sum Y \cdot \sum X^2) - (\sum X \cdot \sum XY)) / ((n \cdot \sum X^2) - (\sum X)^2) \quad (\text{persamaan 6})$$

$$b = ((n \cdot \sum XY) - (\sum X \cdot \sum Y)) / ((n \cdot \sum X^2) - (\sum X)^2) \quad (\text{persamaan 7})$$

Tabel Data Jumlah Penduduk Kecamatan Pasirian

No.	Tahun	Jumlah Penduduk
1	2013	85.530
2	2014	85.550
3	2015	85.550
4	2016	85.559
5	2017	85.600

Tabel Data Statistik Penduduk Kecamatan Pasirian

Tahun	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan		
		Jiwa	Persen	
2013	85.530	-	-	
2014	85.550	20	0,023	%
2015	85.550	0	0,000	%
2016	85.559	9	0,011	%
2017	85.600	41	0,048	%
Jumlah	-	70	0,082	%

Jiwa pada 2014 = $85.550 - 85.530 = 20$ jiwa, begitu seterusnya

Persen pada 2014 = $(\text{Jiwa pada 2014} / \text{Jumlah Penduduk 2013}) \times 100\%$
 = 0,023%, begitu seterusnya

Mencari nilai r , Ka , a dan b .

untuk mencari nilai r , masuk ke persamaan 4

$$r = 0,020 \%$$

$$r = 0,0002$$

untuk mencari nilai Ka , masuk ke persamaan 2

$$Ka = 17,5 \text{ jiwa/tahun}$$

kemudian nilai r dan Ka dimasukkan ke dalam persamaan 1 dan 3

a. Metode Aritmatik (persamaan 1)

$$P_n = P_o + Ka \cdot (T_n - T_o)$$

$$P_{2017} = P_{2013} + Ka \cdot (2017 - 2013)$$

$$P_{2017} = 85600 \text{ jiwa}$$

b. Metode Geometrik (persamaan 2)

$$P_n = P_o \cdot (1+r)^n$$

$$P_{2017} = P_{2013} \cdot (1+r)^{(2017-2013)}$$

$$P_{2017} = 85600,0055 \text{ jiwa}$$

Tabel Perhitungan Statistik Jumlah Penduduk Kecamatan Pasirian

Tahun	Tahun ke- (X)	Jumlah Penduduk (Y)	X.Y	X ²
2013	1	85530	85530	1
2014	2	85550	171100	4
2015	3	85550	256650	9
2016	4	85559	342236	16
2017	5	85600	428000	25
Jumlah	15	427789	1283516	55

untuk mencari nilai a, masukkan ke persamaan 6

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

$$a = 85513,1$$

untuk mencari nilai b, masukkan ke persamaan 7

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

$$b = 14,9$$

kemudian nilai a dan b dimasukkan ke dalam persamaan 5 (tahun 2017)

$$Y = a + Bx$$

$$Y = 85572,700$$

Tabel Hasil Perhitungan Jumlah Penduduk

Tahun	Statistik Jumlah Penduduk (X)	Hasil Perhitungan Proyeksi		
		Aritmatik	Geometrik	Least Square
2013	85530	85530	85530	85513,1
2014	85550	85547,5	85547,496	85528,0
2015	85550	85565	85564,996	85542,9
2016	85559	85582,5	85582,499	85557,8
2017	85600	85600	85600,005	85572,7
Jumlah	427789	-	-	-

Untuk menentukan metode proyeksi yang paling mendekati kebenaran, kita harus menghitung standar deviasi dari ke-3 metode diatas.

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

Tabel Perhitungan Standar Deviasi untuk Proyeksi menggunakan Metode Aritmatik

Tahun	Tahun ke- (x)	Statistik Jumlah Penduduk	Hasil Perhitungan Aritmatik (Yi)	Yi - Ymean	(Yi - Ymean)^2
2013	1	85530	85530	-27,80	772,84
2014	2	85550	85547,5	-10,30	106,09
2015	3	85550	85565	7,20	51,84
2016	4	85559	85582,5	24,70	610,09
2017	5	85600	85600	42,20	1780,84
Jumlah	15	427789	-	-	3321,70
Ymean	-	85557,8	-	-	-
S.D	-	-	-	-	25,7748

Tabel Perhitungan Standar Deviasi untuk Proyeksi menggunakan Metode Geometrik

Tahun	Tahun ke- (x)	Statistik Jumlah Penduduk	Hasil Perhitungan Geometrik (Yi)	Yi - Ymean	(Yi - Ymean)^2
2013	1	85530	85530	-27,80	772,84
2014	2	85550	85547,50	-10,30	106,17
2015	3	85550	85565,00	7,20	51,78
2016	4	85559	85582,50	24,70	610,03
2017	5	85600	85600,01	42,21	1781,30
Jumlah	15	427789	-	-	3322,12
Ymean	-	85557,8	-	-	-
S.D	-	-	-	-	25,7764

Tabel Perhitungan Standar Deviasi untuk Proyeksi menggunakan Metode Least Square

Tahun	Tahun ke- (x)	Statistik Jumlah Penduduk	Hasil Perhitungan Least Square (Yi)	Yi - Ymean	(Yi - Ymean) ²
2013	1	85530	85513,1	-44,7	1998,09
2014	2	85550	85528,0	-29,8	888,04
2015	3	85550	85542,9	-14,9	222,01
2016	4	85559	85557,8	0	0
2017	5	85600	85572,7	14,9	222,01
Jumlah	15	427789	-	-	3330,15
Ymean	-	85557,8	-	-	-
S.D	-	-	-	-	25,8076

Dari hasil perhitungan standar deviasi di atas, maka didapatkan nilai standar deviasi yang paling rendah yaitu standar deviasi pada perhitungan proyeksi metode aritmatik sebesar 25,7748, jadi metode yang dipilih adalah metode aritmatik.

LAMPIRAN B

Proyeksi Jumlah Penduduk Kec.Pasirian Tahun 2018

Proyeksi dari tahun 2017 – 2018

Mencari nilai Ka,

$$Ka = \frac{P2 - P1}{T2 - T1}$$

$$Ka = \frac{85600 - 85530}{2017 - 2013}$$

$$Ka = 17,5 \text{ jiwa/tahun}$$

jadi, nilai Ka diatas dimasukkan ke persamaan 1

$$Pn = Po + Ka * (Tn - To)$$

$$P2018 = P2017 + 17,5 (2018 - 2017)$$

$$P2018 = 85.600 + 17,5 (2018 - 2017)$$

$$P2018 = 85.618 \text{ jiwa, begitu seterusnya}$$

Tahun	Jumlah Penduduk
2018	85618
2019	85635
2020	85653
2021	85670
2022	85688
2023	85705
2024	85723
2025	85740
2026	85758
2027	85775
2028	85793

LAMPIRAN C

Hasil Tekanan pada Jam Puncak Tahun 2023

Node ID	<i>Elevation</i> m	<i>Pressure</i> m	Node ID	<i>Elevation</i> m	<i>Pressure</i> m
Junc 3	83	16,68	Junc 63	90	12,86
Junc 4	82	17,40	Junc 64	87	15,64
Junc 5	80	19,22	Junc 65	88	14,27
Junc 6	73	25,06	Junc 66	87	15,21
Junc 7	73	25,03	Junc 67	80	21,02
Junc 8	55	41,60	Junc 68	80	21,00
Junc 9	41	53,73	Junc 69	78	22,60
Junc Kebonan	41	52,87	Junc 70	78	22,24
Junc 11	95	6,08	Junc 71	75	24,88
Junc 12	92	7,48	Junc 74	66	32,40
Junc 13	90	8,45	Junc 75	63	34,89
Junc 14	87	4,78	Junc 76	55	41,74
Junc 15	88	2,14	Junc 77	51	44,32
Junc 16	87	2,89	Junc 78	39	53,51
Junc 17	79	5,72	Junc 79	35	52,89
Junc 18	79	5,70	Junc 80	31	51,21
Junc 19	79	4,22	Junc Blok B	29	50,32
Junc 20	78	4,42	Junc 83	28	50,67
Junc Blok A	76	5,64	Junc 84	23	52,40
Junc 22	76	5,64	Junc 85	22	51,06
Junc 23	65	11,06	Junc Condro	14	47,00
Junc 24	62	12,19	Junc 89	10	44,47
Junc 25	54	15,77	Junc 90	9	36,14
Junc Simpang3	51	13,03	Junc Selok	9	35,54
Junc 27	48	15,54	Junc 1	15	38,95
Junc 28	46	15,88	Junc 2	14	40,86
Junc 29	44	15,76	Junc 34	14	41,06
Junc Sta-Gaplek	36	2,30	Junc 35	13	42,74
Junc 31	78	5,21	Junc 38	11	45,65
Junc 32	78	5,20	Junc 39	10	48,36
Junc 33	79	4,20	Junc 40	29	50,32
Junc 36	78	4,93	Junc 41	29	50,32
Junc 37	75	7,68	Junc 55	25	54,17

Node ID	Elevation m	Pressure m	Node ID	Elevation m	Pressure m
Junc 42	66	10,40	Junc Blok C	23	53,74
Junc 43	63	11,23	Junc 73	22	54,70
Junc 44	55	14,34	Junc 81	21	55,50
Junc 45	51	12,32	Junc 86	19	56,09
Junc Ledok	48	14,64	Junc 87	19	56,09
Junc 48	39	20,10	Junc 92	19	56,08
Junc 49	36	22,12	Junc 93	16	58,26
Junc 50	34	23,69	Junc 94	14	59,43
Junc Kd.Pakis	30	15,94	Junc 95	14	59,06
Junc 52	28	18,36	Junc 96	9	50,22
Junc 53	24	23,13	Junc 97	9	50,18
Junc 54	22	25,62	Junc 98	9	49,77
Junc 56	17	31,92	Junc 102	9	49,48
Junc 57	17	31,90	Junc 100	9	49,38
Junc 58	14	33,80	Junc 101	9	49,37
Junc 59	10	36,71	Junc Bago	0	53,31
Junc 60	9	36,14	Junc 10	40	53,06
Junc 61	95	7,94	Junc 21	39	20,22
Junc 62	92	10,89	Junc 26	39	20,22

Sumber: Hasil Analisis, 2019.

LAMPIRAN D

Hasil Kecepatan pada Jam Puncak Tahun 2023

Link ID	Diameter mm	Velocity m/detik	Link ID	Diameter mm	Velocity m/detik
Pipe 1	300	0,67	Pipe 61	200	0,61
Pipe 2	300	0,67	Pipe 62	200	0,61
Pipe 3	300	0,67	Pipe 63	200	0,61
Pipe 4	300	0,67	Pipe 64	200	0,61
Pipe 5	300	0,67	Pipe 65	200	0,61
Pipe 6	300	0,67	Pipe 66	200	0,61
Pipe 7	300	0,67	Pipe 67	200	0,61
Pipe 8	300	0,67	Pipe 68	200	0,61
Pipe 10	160	1,18	Pipe 69	200	0,61
Pipe 11	160	1,18	Pipe 71	200	1,90
Pipe 12	160	1,18	Pipe 72	200	1,90
Pipe 13	160	1,18	Pipe 73	200	1,90
Pipe 14	160	1,18	Pipe 74	200	1,28
Pipe 15	160	1,18	Pipe 75	200	1,28
Pipe 16	160	1,18	Pipe 76	200	1,28
Pipe 17	160	1,18	Pipe 77	200	1,28
Pipe 18	160	1,18	Pipe 78	160	1,20
Pipe 19	160	0,75	Pipe 79	160	1,20
Pipe 20	160	0,75	Pipe 80	160	1,24
Pipe 21	160	0,42	Pipe 81	63	0,25
Pipe 22	110	0,88	Pipe 33	160	0,44
Pipe 23	110	0,88	Pipe 34	63	0,52
Pipe 24	110	0,88	Pipe 84	63	0,52
Pipe 25	110	0,88	Pipe 85	63	0,52
Pipe 26	110	0,63	Pipe 86	63	0,52
Pipe 27	110	0,63	Pipe 87	63	0,52
Pipe 28	110	0,63	Pipe 88	63	0,52
Pipe 29	63	1,92	Pipe 35	63	0,52
Pipe 30	160	0,44	Pipe 82	63	0,52
Pipe 31	160	0,44	Pipe 83	63	0,52
Pipe 32	160	0,44	Pipe 89	63	1,11
Pipe 36	160	0,44	Pipe 90	63	1,11
Pipe 37	110	0,92	Pipe 91	63	1,11

Link ID	<i>Diameter</i>		<i>Velocity</i>		Link ID	<i>Diameter</i>		<i>Velocity</i>	
	mm		m/detik			mm		m/detik	
Pipe 38	110		0,92		Pipe 92	63		1,11	
Pipe 39	110		0,92		Pipe 93	90		0,54	
Pipe 40	110		0,92		Pipe 94	90		0,54	
Pipe 41	110		0,92		Pipe 95	90		0,54	
Pipe 44	110		0,56		Pipe 96	90		0,54	
Pipe 45	110		0,56		Pipe 97	90		0,54	
Pipe 46	63		1,72		Pipe 98	110		0,36	
Pipe 47	63		0,26		Pipe 99	160		0,17	
Pipe 48	63		0,26		Pipe 100	160		0,17	
Pipe 49	63		0,26		Pipe 101	160		0,66	
Pipe 50	63		0,26		Pipe 102	200		0,42	
Pipe 51	63		0,25		Pipe 103	200		0,42	
Pipe 52	63		0,25		Pipe 104	200		0,42	
Pipe 53	63		0,25		Pipe 106	63		0,59	
Pipe 54	63		0,25		Pipe 9	200		0,61	
Pipe 55	300		0,27		Pipe 42	200		1,90	
Pipe 56	300		0,27		Pipe 43	300		0,57	
Pipe 57	300		0,27		Pipe 70	110		0,56	
Pipe 58	300		0,27		Pipe 105	110		0,56	
Pipe 59	200		0,61		Pipe 107	110		0,56	
Pipe 60	200		0,61						

Sumber: Hasil Analisis, 2019.

LAMPIRAN E

Hasil Tekanan pada Jam Puncak Tahun 2028

Node ID	<i>Elevation</i> m	<i>Pressure</i> m	Node ID	<i>Elevation</i> m	<i>Pressure</i> m
Junc 3	83	16,52	Junc 63	90	12,82
Junc 4	82	17,12	Junc 64	87	13,98
Junc 5	80	18,85	Junc 65	88	12,92
Junc 6	73	24,14	Junc 66	87	13,85
Junc 7	73	24,10	Junc 67	80	19,41
Junc 8	55	40,01	Junc 68	80	19,37
Junc 9	41	51,25	Junc 69	78	20,89
Junc Kebonan	41	49,98	Junc 70	78	20,46
Junc 11	95	7,08	Junc 71	75	23,02
Junc 12	92	9,30	Junc 74	66	30,24
Junc 13	90	10,81	Junc 75	63	32,62
Junc 14	87	10,60	Junc 76	55	39,32
Junc 15	88	7,26	Junc 77	51	41,52
Junc 16	87	7,91	Junc 78	39	50,02
Junc 17	79	8,52	Junc 79	35	47,59
Junc 18	79	8,50	Junc 80	31	43,68
Junc 19	79	6,39	Junc Blok B	29	41,66
Junc 20	78	6,27	Junc 83	28	41,75
Junc Blok A	76	7,19	Junc 84	23	42,20
Junc 22	76	7,18	Junc 85	22	39,95
Junc 23	65	10,36	Junc Condro	14	31,16
Junc 24	62	10,74	Junc 89	10	26,11
Junc 25	54	12,55	Junc 90	9	14,19
Junc Simpang3	51	7,49	Junc Selok	9	13,35
Junc 27	48	9,82	Junc 1	15	22,20
Junc 28	46	9,48	Junc 2	14	24,33
Junc 29	44	8,52	Junc 34	14	24,58
Junc Sta-Gaplek	36	-13,57	Junc 35	13	26,43
Junc 31	78	7,36	Junc 38	11	29,56
Junc 32	78	7,36	Junc 39	10	32,69
Junc 33	79	6,36	Junc 40	29	41,66
Junc 36	78	6,95	Junc 41	29	41,66
Junc 37	75	9,58	Junc 55	25	45,46

Node ID	Elevation m	Pressure m	Node ID	Elevation m	Pressure m
Junc 42	66	9,24	Junc Blok C	23	44,09
Junc 43	63	9,01	Junc 73	22	45,04
Junc 44	55	9,73	Junc 81	21	45,77
Junc 45	51	4,78	Junc 86	19	45,91
Junc Ledok	48	6,76	Junc 87	19	45,90
Junc 48	39	10,31	Junc 92	19	45,89
Junc 49	36	11,80	Junc 93	16	47,81
Junc 50	34	13,14	Junc 94	14	48,69
Junc Kd.Pakis	30	-0,99	Junc 95	14	48,21
Junc 52	28	1,28	Junc 96	9	34,83
Junc 53	24	5,78	Junc 97	9	34,77
Junc 54	22	8,10	Junc 98	9	34,23
Junc 56	17	13,94	Junc 102	9	33,84
Junc 57	17	13,90	Junc 100	9	33,72
Junc 58	14	14,64	Junc 101	9	33,73
Junc 59	10	16,40	Junc Bago	0	35,60
Junc 60	9	14,20	Junc 10	40	49,78
Junc 61	95	7,93	Junc 21	39	10,50
Junc 62	92	10,86	Junc 26	39	10,49

Sumber: Hasil Analisis, 2019.

LAMPIRAN F

Hasil Kecepatan pada Jam Puncak Tahun 2028

Link ID	<i>Diameter</i>	<i>Velocity</i>	Link ID	<i>Diameter</i>	<i>Velocity</i>
	mm	m/detik		mm	m/detik
Pipe 1	300	0,83	Pipe 61	200	0,68
Pipe 2	300	0,83	Pipe 62	200	0,68
Pipe 3	300	0,83	Pipe 63	200	0,68
Pipe 4	300	0,83	Pipe 64	200	0,68
Pipe 5	300	0,83	Pipe 65	200	0,68
Pipe 6	300	0,83	Pipe 66	200	0,68
Pipe 7	300	0,83	Pipe 67	200	0,68
Pipe 8	300	0,83	Pipe 68	200	0,68
Pipe 10	200	0,92	Pipe 69	200	0,68
Pipe 11	200	0,92	Pipe 71	200	2,27
Pipe 12	200	0,92	Pipe 72	200	2,27
Pipe 13	200	0,92	Pipe 73	200	2,27
Pipe 14	160	1,43	Pipe 74	200	1,54
Pipe 15	160	1,43	Pipe 75	200	1,54
Pipe 16	160	1,43	Pipe 76	200	1,54
Pipe 17	160	1,43	Pipe 77	200	1,54
Pipe 18	160	1,43	Pipe 78	160	1,45
Pipe 19	160	0,89	Pipe 79	160	1,45
Pipe 20	160	0,89	Pipe 80	160	1,49
Pipe 21	160	0,50	Pipe 81	48	0,45
Pipe 22	110	1,05	Pipe 33	160	0,54
Pipe 23	110	1,05	Pipe 34	63	0,47
Pipe 24	110	1,05	Pipe 84	63	0,47
Pipe 25	110	1,05	Pipe 85	63	0,47
Pipe 26	110	0,76	Pipe 86	63	0,47
Pipe 27	110	0,76	Pipe 87	63	0,47
Pipe 28	110	0,76	Pipe 88	63	0,47
Pipe 29	63	2,31	Pipe 35	63	0,47
Pipe 30	160	0,54	Pipe 82	63	0,47
Pipe 31	160	0,54	Pipe 83	63	0,47
Pipe 32	160	0,54	Pipe 89	63	1,19
Pipe 36	160	0,54	Pipe 90	63	1,19
Pipe 37	110	1,14	Pipe 91	63	1,19

Link ID	Diameter		Velocity		Link ID	Diameter		Velocity	
	mm	m/detik	mm	m/detik		mm	m/detik		
Pipe 38	110	1,14	Pipe 92	63	1,19				
Pipe 39	110	1,14	Pipe 93	90	0,58				
Pipe 40	110	1,14	Pipe 94	90	0,54				
Pipe 41	110	1,14	Pipe 95	90	0,54				
Pipe 44	110	0,71	Pipe 96	90	0,54				
Pipe 45	110	0,71	Pipe 97	90	0,54				
Pipe 46	63	2,17	Pipe 98	110	0,39				
Pipe 47	63	0,21	Pipe 99	160	0,20				
Pipe 48	63	0,21	Pipe 100	160	0,20				
Pipe 49	63	0,21	Pipe 101	160	0,77				
Pipe 50	63	0,21	Pipe 102	200	0,49				
Pipe 51	63	0,37	Pipe 103	200	0,49				
Pipe 52	63	0,37	Pipe 104	200	0,49				
Pipe 53	63	0,37	Pipe 106	63	0,71				
Pipe 54	63	0,37	Pipe 9	200	0,65				
Pipe 55	300	0,30	Pipe 42	200	2,27				
Pipe 56	300	0,30	Pipe 43	300	0,72				
Pipe 57	300	0,30	Pipe 70	110	0,71				
Pipe 58	300	0,30	Pipe 105	110	0,71				
Pipe 59	200	0,65	Pipe 107	110	0,71				
Pipe 60	200	0,65							

Sumber: Hasil Analisis, 2019.

LAMPIRAN G

Dokumentasi Penelitian

