

SKRIPSI

**ANALISIS JARINGAN PERPIPAAN AIR BERSIH DI KELURAHAN
BENTENG MENGGUNAKAN *SOFTWARE* EPANET 2.0**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2022



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **A. Hardiyanti Putri Tamara** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11087 18 dan **Mutmainna Bin Sudin** dengan nomor induk mahasiswa 105 81 11070 18, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0008/SK-Y/22201/091004/2022, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 13 Agustus 2022.

Makassar, 15 Muharram 1444 H
13 Agustus 2022 M

Panitia Ujian:

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT

2. Penguji:

a. Ketua : Amrullah Mansida, ST., MT., IPM

b. Sekertaris : Asnita Virlayani, ST., MT

3. Anggota: 1. Ir. Muhammad Syafa'at S. Kuba, ST., MT

2. Ir. Fatriady, ST., MT., IPM

3. Kasmawati, ST., MT

Mengetahui:

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M.Si

Pembimbing II

Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM

NBM : 795 108



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir ini di ajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS JARINGAN PERPIPAAN AIR BERSIH DI KELURAHAN BENTENG MENGGUNAKAN SOFTWARE EPANET 2.0**

Nama : 1. A. HARDIYANTI PUTRI TAMARA
2. MUTMAINNA BIN SUDIN

No. Stambuk 1. 105 81 11087 18
2. 105 81 11070 18

Makassar, 15 Agustus 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

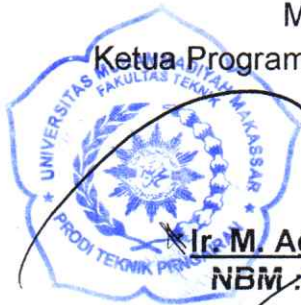
Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M.Si

Pembimbing II

Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pengairan



Ir. M. Agusafim, ST., MT
NBM. 947 998

ANALISIS JARINGAN PERPIPAAN AIR BERSIH DI KELURAHAN BENTENG MENGGUNAKAN SOFTWARE EPANET 2.0

A.Hardiyanti Putra Tamara¹, Mutmainna Bin Sudin², Sukmasari Antaria³, Muh. Amir Zainuddin⁴

^{1,2}Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia
Email: anditamara5@gmail.com

Abstrak

Benteng adalah suatu kelurahan yang berada di Kecamatan Benteng, Kabupaten Kepulauan Selayar. Dengan luas wilayah 1,94 km², jumlah penduduk sebanyak 7.689 jiwa. Kelurahan Benteng sudah memiliki jaringan pipa yang dikelola oleh PDAM Selayar. Namun pada kenyataannya, konsumsi air oleh pelanggan seringkali berkurang atau tidak mengalir sama sekali. Masalah tersebut muncul ketika jaringan distribusi tidak dapat berfungsi dengan baik. Metode analisa yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Dari hasil perhitungan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2042 sebesar 12.781 jiwa, proyeksi jumlah pelanggan sebesar 3.000 SR, dan berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air rata-rata pada tahun 2042 sebesar 23.110 lt/dt, kebutuhan harian maksimum sebesar 25,241 lt/dt, maka diperoleh kebutuhan air sampai tahun 2042 diperoleh total kebutuhan pada jam puncak sebesar 34,665 lt/dt. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Epanet 2.0 didapatkan pada tahun 2022 sebanyak 4 junction bernilai negatif dan 6 pipa memiliki headloss yang bernilai besar. Pada tahun 2042 jumlah junction bernilai negatif bertambah yaitu sebanyak 9 junction dan 9 pipa dengan headloss yang bernilai besar. Untuk solusi dari permasalahan pada kondisi ini hingga tahun 2042 adalah penggantian diameter pipa dengan diameter yang lebih besar. Hal ini dilakukan karena diameter pipa yang kecil menyebabkan headloss dalam pipa besar. Oleh karena itu dengan adanya penggantian pipa diharapkan dapat mengurangi besarnya headloss dan kecepatan dalam pipa.

Kata kunci : Epanet 2.0, Jaringan Perpipaan, Air Bersih

Abstract

Benteng is a village located in Benteng District, Selayar Islands Regency. With an area of 1.94 km², the population is 7,689 people. Kelurahan Benteng already has a pipeline network managed by PDAM Selayar. But in reality, water consumption by customers is often reduced or does not flow at all. The problem arises when the distribution network cannot work properly. The method of analysis used in this study is a quantitative descriptive method. From the results of the calculation of the population in 2042 of 12,781 people, the estimated number of customers is 3,000 SR, and based on the results of the calculation of the average water demand in 2042 23,110 lt/sec, the maximum daily requirement is 25,241 lt/sec, then the water needs are obtained up to In 2042, the total demand at peak hours is 34,665 liters/sec. Results Based on calculations using Epanet 2.0, it was found that in 2022, 4 junctions are negative and 6 pipes have a large decent headloss. In 2042, the number of intersections with negative values will increase to 9 intersections and 9 pipes with a decent headloss. The solution to the problem in this condition until 2042 is to replace the pipe diameter with a larger diameter. This is done because the small pipe diameter causes headloss in large pipes. Therefore, the replacement of the pipe is expected to reduce the head loss and velocity in the pipe.

Keywords: Epanet 2.0, Piping Network, Clean Water

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“ANALISIS JARINGAN PERPIPAAN AIR BERSIH DI KELURAHAN BENTENG MENGGUNAKAN *SOFTWARE* EPANET 2.0”** guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Pengairan pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan tugas Skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Kedua Orang Tua kami yang selalu memberi dukungan secara moral maupun material dan doa kepada kami.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawati, ST., MT., IPM. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Ir. M. Aguslim, ST., MT. Sebagai Ketua Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ibu Kasmawati, ST., MT. Sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar.

5. Ibu Dr. Ir. Hj. Sukmasari A, M.Si. Sebagai Dosen Pembimbing I dan Bapak Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM. Sebagai Dosen Pembimbing II yang banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen dan Staf Akademik Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
7. Bapak Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
8. Terima kasih juga kepada Para Sahabat yang telah membantu kami untuk menyelesaikan penyusunan skripsi kami.
9. Serta ucapan terima kasih kepada saudara-saudara seperjuangan Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

“Billahi Fii Sabill Haq Fastabikul Khaerat”.

Makassar, Agustus 2022

Tim Penulis

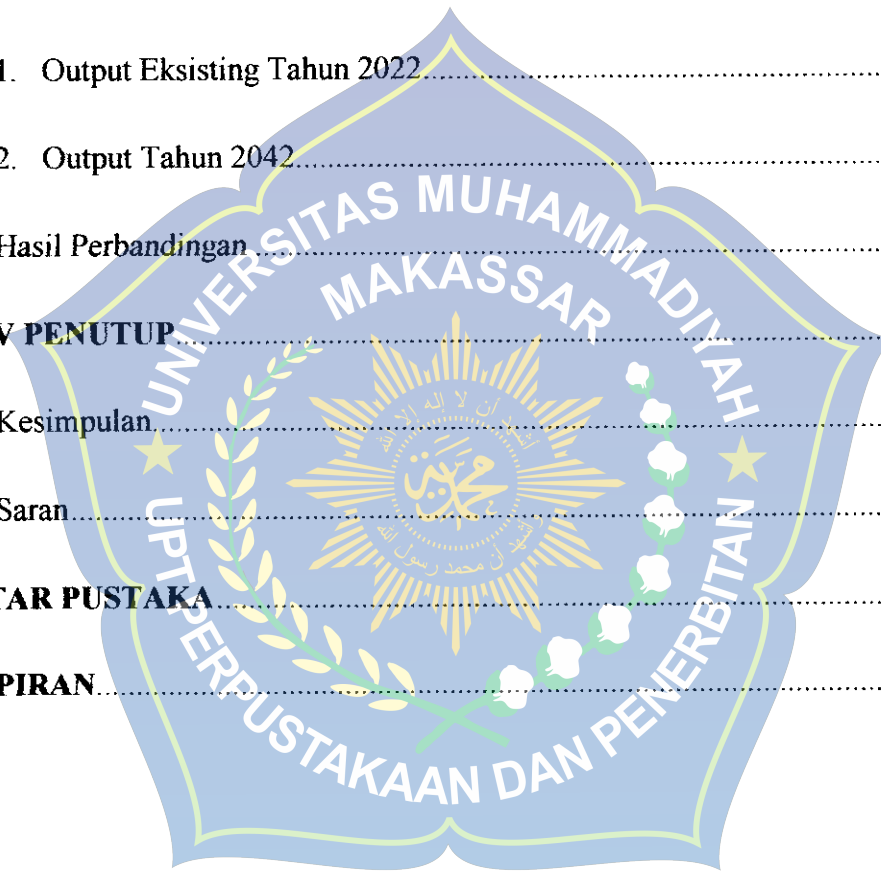
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Air Bersih.....	6
B. Kebutuhan Air.....	6
1. Domestik.....	8

2. Non Domestik.....	10
C. Proyeksi Pertumbuhan Jumlah Penduduk.....	11
1. Metode Geometrik.....	11
2. Metode Aritmatika.....	12
3. Metode Eksponensial.....	12
D. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi.....	13
1. Standar Deviasi.....	13
2. Koefisien Koreksi.....	14
E. Kehilangan Air atau Kebocoran Air.....	14
F. Kriteria Perencanaan.....	15
1. Analisa Hidraulika.....	15
2. Kehilangan Energi Utama (mayor).....	16
3. Kehilangan Energi Sekunder.....	18
G. Persyaratan Tekanan Air.....	19
H. Reservoir.....	20
I. Analisis Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih.....	21
J. Penggunaan Program Aplikasi Epanet 2.0.....	22
1. Pengenalan Epanet 2.0.....	22
2. Cara Penggunaan Aplikasi Epanet 2.0.....	25
3. Kemampuan Model Hidrolis.....	26

BAB III METODE PENELITIAN	28
A. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	28
B. Alat yang Digunakan dalam Penelitian.....	28
C. Jenis Penelitian dan Sumber Data.....	29
1. Jenis Penelitian.....	29
2. Sumber Data.....	29
D. Variabel Penelitian.....	29
E. Tahap Analisis.....	30
F. Prosedur Penelitian.....	30
G. Bagan Alir Penelitian.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. Proyeksi Pertumbuhan Jumlah Peduduk.....	33
1. Metode Geometrik.....	34
2. Metode Aritmatika.....	34
3. Metode Eksponensial.....	34
B. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi.....	35
1. Standar Deviasi.....	35
2. Koefisien Koreksi.....	36
C. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk.....	38
D. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih.....	42

E. Karakteristik Jaringan Pada Kondisi Eksisting	45
F. Analisis Jaringan Dengan Program Epanet 2.0	47
1. Tahapan Menggunakan Epanet 2.0	47
2. Proses penggunaan Program Epanet 2.0	52
G. Keluaran Data (Output).....	54
1. Output Eksisting Tahun 2022.....	54
2. Output Tahun 2042.....	57
H. Hasil Perbandingan	64
BAB V PENUTUP	73
A. Kesimpulan.....	73
B. Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik Kebutuhan Air Domestik.....	9
Gambar 2. Grafik Kebutuhan Air Non Domestik.....	11
Gambar 3. Pola Fluktuasi Pemakaian Air.....	20
Gambar 4. Tampilan EPANET 2.0.....	23
Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian.....	28
Gambar 6. Bagan Alir Penelitian.....	32
Gambar 7. Kebutuhan Air Bersih Pada Tahun 2022 dan Tahun 2042.....	45
Gambar 8. Tampilan Default.....	48
Gambar 9. Tampilan Map Options.....	48
Gambar 10. Tampilan Times Options.....	49
Gambar 11. Tampilan Map Dimensions.....	49
Gambar 12. Tampilan Reservoir.....	50
Gambar 13. Tampilan Junction.....	51
Gambar 14. Tampilan Pipe 4.....	52
Gambar 15. Peta Jaringan Perpipaan Air Bersih.....	52
Gambar 16. Visualisasi Jaringan Distribusi di Kelurahan Benteng.....	53
Gambar 17. Pressure dan Unit Headloss.....	54
Gambar 18. Head dan Flow Eksisting.....	55

Gambar 19. Pressure dan Headloss Pada Tahun 2042.....	58
Gambar 20. Pressure dan Headloss pada 2042 Dengan Diameter Pipa Baru	62
Gambar 21. Grafik Perbandingan Pressure (m).....	67
Gambar 22. Grafik Perbandingan Headloss (m/km).....	67
Gambar 22. Grafik Perbandingan Flow (lt/s)	68
Gambar 23. Grafik Kebutuhan Air dan Ketersediaan Air Pada Tahun 2022	72
Gambar 24. Grafik Kebutuhan Air dan Ketersediaan Air Pada Tahun 2042	72



DAFTAR TABEL

Tabel 1. . Kebutuhan Air Bersih di Daerah Perkotaan	7
Tabel 2. Kategori Perencanaan Air Bersih	7
Tabel 3. Nilai C Hazen Willams Setiap Jenis Pipa.....	18
Tabel 4. Data Pertumbuhan Penduduk.....	33
Tabel 5. Hasil Perhitungan Proyeksi Pertumbuhan Penduduk	34
Tabel 6. Perhitungan Standar Deviasi Proyeksi Penduduk.....	35
Tabel 7. Perhitungan Koefisien Korelasi.....	36
Tabel 8. Uji Kesesuaian Proyeksi Penduduk	37
Tabel 9. Proyeksi Penduduk Metode Aritmatika	37
Tabel 10. Data Jumlah Pelanggan PDAM Kelurahan Benteng Tahun 2018-2022	38
Tabel 11. Pelanggan Rumah Tangga	38
Tabel 12. Pelanggan Sekolah.....	39
Tabel 13. Pelanggan Pemerintah.....	40
Tabel 14. Pelanggan Sosial	40
Tabel 15. Pelangga Niaga	41
Tabel 16. Rekapitulasi Proyeksi Jumlah Pelanggan	42
Tabel 17. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih	44
Tabel 18. Pembagian Daerah Layanan Pada Kondisi Eksisting	46

Tabel 19. Data Pipa Kelurahan Benteng	47
Tabel 20. Hasil Analisa Program Epanet Pada Junction Eksisting	56
Tabel 21. Hasil Analisis Program Epanet Pada Pipa Eksisting	56
Tabel 22. Hasil Analisis Program Epanet Pada Junction Tahun 2042	59
Tabel 23. Hasil Analisis Program Epanet Pada Pipa Tahun 2042.....	59
Tabel 24. Penggantian Diameter Pipa	61
Tabel 25. Hasil Simulasi Epanet Pada Junction Dengan Diameter Pipa Baru	62
Tabel 26. Hasil Simulasi Epanet Pada Pipa dengan Diameter Pipa Baru	63
Tabel 27. Perbandingan Pressure.....	64
Tabel 28. Perbandingan Unit Headloss.....	65
Tabel 29. Perbandingan Flow Debit	66
Tabel 30. Perbandingan Hasil Epanet dan Hasil Menggunakan Rumus Empiris..	69
Tabel 31. Kebutuhan Air dan Ketersediaan Air Pada Tahun 2022-2042	71

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air bersih merupakan salah satu sumber daya alam yang dibutuhkan oleh setiap makhluk hidup, terutama bagi kehidupan manusia. Kegunaan air dapat meliputi seluruh aspek kehidupan manusia, oleh karena itu air bersih selalu dibutuhkan untuk kelangsungan kehidupan manusia.

Kebutuhan air pada suatu daerah akan meningkat seiring dengan perkembangan wilayah dan pertumbuhan jumlah penduduk. Aktifitas penduduk dalam memenuhi kebutuhannya erat kaitannya dengan kebutuhan akan air bersih. Dengan meningkatnya standar hidup masyarakat, demikian pula kebutuhan akan air meningkat (Syahrani dan Simanungkalit, 2017).

Penyediaan air bersih dari sumber sampai ke konsumen melalui berbagai cara yaitu langsung dari pipa transmisi ke jaringan konsumen atau melalui tangki penampungan, kemudian melalui jaringan distribusi sesuai dengan fungsi utamanya adalah menyediakan air bersih untuk seluruh pelanggan. Sekaligus memperhatikan faktor kualitas dan kuantitas (Lambe A.B, 1982).

Upaya pemenuhan kebutuhan air bersih dapat dilakukan dengan berbagai cara sesuai dengan sarana dan prasarana yang ada. Sistem penyediaan air bersih biasanya dilakukan dengan menggunakan jaringan perpipaan dan non perpipaan. Jaringan perpipaan dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan jaringan non perpipaan dikelola oleh masyarakat, perorangan dan kelompok (Sahbar, 2017).

Penyediaan air bersih dari sumber sampai ke konsumen melalui berbagai cara yaitu langsung dari pipa transmisi ke jaringan konsumen atau melalui tangki penampungan, kemudian melalui jaringan distribusi sesuai dengan fungsi utamanya adalah menyediakan air bersih untuk seluruh pelanggan. Sekaligus memperhatikan faktor kualitas dan kuantitas. Namun pada kenyataannya, konsumsi air oleh pelanggan seringkali berkurang atau tidak mengalir sama sekali. Masalah tersebut muncul ketika jaringan distribusi tidak dapat berfungsi dengan baik karena faktor teknis maupun non teknis.

Di Kelurahan Benteng sehubungan dengan penelitian ini yang berada di Kecamatan Benteng, Kabupaten Kepulauan Selayar dengan luas wilayah 1,94 km², jumlah penduduk sebanyak 7.689 jiwa, dan jumlah kepala keluarga adalah 1.281. Kelurahan Benteng sudah memiliki jaringan pipa yang sudah dibuat sejak lama dan saat ini untuk jaringan pipa air bersih dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Tetapi tidak semua warga mendapatkan air bersih dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) tersebut. Untuk perencanaan yang baik sangat penting untuk mengoptimalkan distribusi air bersih, yang harus mencakup survei atau peninjauan lokasi, definisi instalasi/distribusi air bersih, perhitungan teknik, dan gambar kerja.

Dalam melakukan analisis jaringan perpipaan air bersih, dibutuhkan perangkat bantuan untuk mempermudah dalam melakukan analisis. Salah satu *software* yang mempermudah dalam melakukan analisis jaringan perpipaan air bersih adalah Epanet 2.0 dikarenakan tidak memerlukan spesifikasi komputer yang tinggi dan mudah didapatkan.

Berkaitan dengan permasalahan yang dihadapi di atas, peneliti tertarik mengangkat tugas akhir dengan judul **“Analisis Jaringan Perpipaan Air Bersih Di Kelurahan Benteng Menggunakan *Software* Epanet 2.0.”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan konteks ini, maka masalah dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Berapa besar kehilangan energi yang terjadi pada jaringan pipa PDAM di Kelurahan Benteng menggunakan *software* Epanet 2.0?
- 2) Bagaimana proyeksi dan distribusi jaringan pipa air bersih dalam jangka waktu 20 tahun kedepannya?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Untuk mengetahui besarnya kehilangan energi yang terjadi pada jaringan pipa PDAM di Kelurahan Benteng menggunakan *software* Epanet 2.0.
- 2) Untuk mengetahui proyeksi dan distribusi jaringan pipa air bersih dalam jangka waktu 20 tahun kedepannya .

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang dilakukan, maka manfaat dari penelitian ini adalah:

- 1) Dapat menambah wawasan tentang kondisi sistem jaringan perpipaan air bersih di Kelurahan Benteng, Kabupaten Kepulauan Selayar menggunakan *software* Epanet 2.0.
- 2) Dapat mengetahui kondisi dan pendistribusian jaringan pipa air bersih dalam jangka waktu 20 tahun kedepan.

- 3) Dapat menjadi bahan pertimbangan atau rekomendasi bagi perusahaan terkait, yakni PDAM Selayar berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.
- 4) Sebagai referensi penelitian kedepannya, khususnya permasalahan jaringan perpipaan air bersih di Kelurahan Benteng, Kabupaten Kepulauan Selayar.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan efektif dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan, maka penelitian ini dibatasi pada:

- 1) Lokasi studi kasus berada di wilayah Kelurahan Benteng, Kabupaten Kepulauan Selayar.
- 2) Analisis jaringan perpipaan air bersih di Kelurahan Benteng sampai 20 tahun ke depan.
- 3) Analisis kebutuhan air bersih meliputi kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik.
- 4) Merancang jaringan perpipaan air bersih menggunakan *software* Epanet 2.0.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun sedemikian rupa sehingga terfokus pada tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Adapun sistematika penulisan yang ditulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN : Dalam bab ini, berisi tentang latar belakang masalah penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta batasan penelitian dan sistematika penulisan. Bab ini menjelaskan masalah yang diamati,

menjelaskan tujuan dan pentingnya hasil penelitian, ruang lingkup sebagai batasan dalam penulisan, serta sistematika tentang pengenalan isi per bab.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA : Bab ini memberikan gambaran atau penjelasan dari berbagai literature yang berkaitan dengan penelitian/pembahasan. Dan menjelaskan teori-teori yang relavan untuk penelitian dan memberikan informasi yang akan digunakan dalam perencanaan dan analisis masalah.

BAB III METODE PENELITIAN : Bab ini menjelaskan ruang lingkup penelitian, waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan penelitian, tahapan penelitian, dan bagan alur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN : Bab ini berisi hasil penelitian tentang analisis kebutuhan air bersih dan pertumbuhan penduduk serta distribusi jaringan perpipaan dengan menggunakan software Epanet 2.0.

BAB V PENUTUP : Berisi kesimpulan dan saran tentang masalah penelitian dan tujuan yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Jadi untuk penelitian lebih lanjut, ada pengembangan lokasi penelitian di masa mendatang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Bersih

Air adalah kebutuhan pokok kehidupan manusia dalam sistem pengelolaan lingkungan dan air merupakan unsur lingkungan. Kebutuhan manusia akan selalu meningkat dari waktu ke waktu, bukan hanya karena bertambahnya jumlah penduduk, tetapi juga karena kebutuhan akan air yang semakin beragam (M. Daud Silalahi, 2002).

Air bersih adalah air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari dan setelah dimasak dapat digunakan sebagai air minum. Salah satu batasannya adalah bahwa, air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan sistem penyediaan air minum. Persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi, dan radiologis yang tidak berpengaruh buruk terhadap konsumen (Ketentuan Umum Permenkes No.416/Menkes/PER/IX/1990. Dalam Modul Gambaran Umum Penyediaan dan Pengelolaan Air Minum Edisi Maret 2003).

B. Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah jumlah air yang digunakan untuk berbagai kegiatan masyarakat di suatu wilayah. Dalam hal ini kebutuhan air meliputi kegiatan rumah tangga (domestik), fasilitas umum termasuk perkantoran, pendidikan (non domestik), irigasi, peternakan, industri dan kebutuhan air untuk pemeliharaan air. Menurut Dirjen Pekerjaan Umum Cipta Karya (1996), kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk yang ada dan dikalikan dengan standar

kebutuhan air (ditentukan berdasarkan jumlah penduduk di Kelurahan Benteng), maka kebutuhan air di kelurahan tersebut dapat diketahui dengan mengalikan persentase standar kebutuhan air non domestik dengan kebutuhan air domestik yang dihitung.

Tabel 1 Kebutuhan Air Bersih di Daerah Perkotaan

No	Kategori Wilayah	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kebutuhan Air (lt/orang/hari)
1	Kota Metropolitan	>1.000.000	190
2	Kota Besar	500 – 1.000.000	170
3	Kota Sedang	100.000 – 500.000	150
4	Kota Kecil	20.000 – 100.000	130
5	Kota Kecamatan	<20.000	100

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002

Penggunaan air per kapita sangat bervariasi dari satu tempat ke tempat lain dan dipengaruhi oleh curah hujan, perbedaan jumlah penduduk, kemampuan ekonomi, tingkat kesadaran masyarakat akan pentingnya menghemat air, penggunaan air baik industri maupun komersial lainnya.

Tabel 2 Kategori Perencanaan Air Bersih

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
		<1.000.000	500.000 s.d	100.000 s.d	20.000 s.d	<20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1	2	3	4	5	6	
1	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) lter/orang/hari	190	170	150	130	100
2	Konsumsi unit hidran umum (HU) liter/orang/hari	30	30	30	30	30

Lanjutan Tabel Kategori Perencanaan Air Bersih

	1	2	3	4	5	6
3	Konsumsi Unit Non Domestik Liter/orang/hari (%)	20-30	20-31	20-32	20-33	20-34
4	Kehilangan Air (%)	20-30	20-31	20-32	20-33	20-34
5	Faktor Hari Maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Faktor Jam Puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Jumlah Jiwa Per SR	6	6	6	6	6
8	Jumlah Jiwa Per HU	100	100	100	100-200	200
9	Sisa tekan di penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam operasi	24	24	24	24	24
11	Volume Reservoir (% max day demand)	20	20	20	20	20
12	SR : HU	50 ; 50 80;20	50 ; 50 80;20	80;20	70;30	70;30
13	Cakupan Pelayanan	90	90	90	80	80

Sumber : Kriteria Perencana Ditjen Cipta Karya PU, 2000

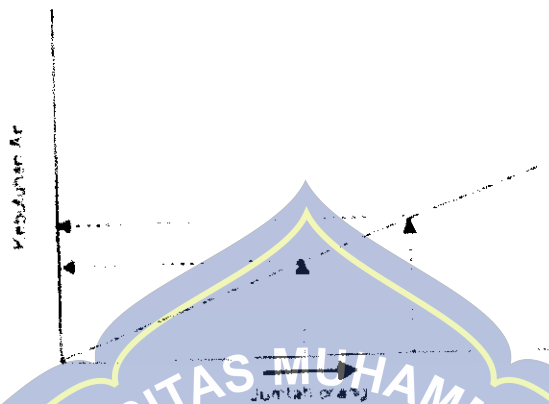
Jenis kebutuhan air bersih biasanya dibagi menjadi dua, yaitu:

1) Domestik

Kebutuhan air domestik, yaitu kebutuhan air yang digunakan di tempat tinggal pribadi untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti memasak, minum, mandi dan kebutuhan domestik lainnya. Satuan yang digunakan adalah liter/orang/hari.

Kebutuhan air domestik yang ditentukan oleh jumlah konsumen domestik yang dapat ditentukan dari data penduduk yang ada. Peningkatan kebutuhan air pada dasarnya ditentukan oleh kebiasaan hidup masyarakat setempat dan didukung oleh kondisi sosial ekonomi. Jadi, kita perlu mengetahui populasi masa depan agar dapat menentukan kebutuhan air di masa mendatang.

Dengan data ini kita dapat menghitung/memperkirakan jumlah penduduk yang akan datang. Sehingga kita bisa mengetahui kebutuhan air di masa mendatang. Semakin besar jumlah penduduk, semakin besar pula kebutuhan air.



Gambar 1 Grafik Kebutuhan Air Domestik

Sumber: (Darmasetiawan, M, 2004, *Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*, Ekamitra Engineering, Jakarta)

Untuk menentukan kebutuhan air minum di suatu wilayah, maka harus tersedia data penggunaan air yang dapat diterapkan untuk wilayah yang bersangkutan. Kebutuhan domestik akan air berbeda-beda dari satu kawasan ke kawasan yang lain, dipengaruhi :

- a) Iklim, Kebutuhan air pada saat cuaca atau suhu tinggi cenderung meningkat dibandingkan dengan kebutuhan air pada saat cuaca atau suhu relatif lebih rendah.
- b) Karakteristik Penduduk, penduduk yang berkarakter secara ekonomi kuat atau kaya maka penggunaan airnya jauh lebih besar dibandingkan dengan penduduk yang kurang mampu secara ekonomi.
- c) Permasalahan Lingkungan Hidup, peningkatan permasalahan lingkungan hidup akhir-akhir ini mengakibatkan adanya penemuan-penemuan alat baru

yang membuat penghematan penggunaan air sehingga jumlah kebutuhan akan air juga berubah.

- d) Harga Air, dengan naiknya harga pemakaian air maka mendorong masyarakat untuk melakukan penghematan air.
- e) Kualitas Air, peningkatan kualitas air mendorong orang untuk meningkatkan pemakaian airnya, tetapi sebaliknya penurunan kualitas air yang terjadi mengakibatkan keengganan penduduk untuk memakai air.

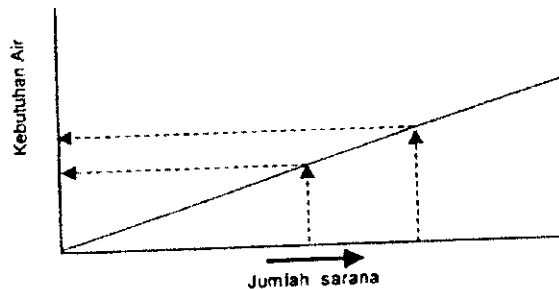
2) Non Domestik

Standar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih selain kebutuhan rumah tangga, termasuk industri, komersial dan sarana penunjang termasuk kebutuhan perkantoran, rumah ibadah, instansi, dan fasilitas lainnya.

Standar kebutuhan air non domestik ditentukan oleh jumlah konsumen komersial, umum dan lainnya. Konsumsi non-domestik dibagi menjadi beberapa kategori, yaitu:

- a) Umum, meliputi : tempat ibadah, rumah sakit, sekolah, terminal, kantor dan lain sebagainya.
- b) Komersil, meliputi : hotel, pasar, pertokoan, rumah makan dan sebagainya.
- c) Industri, meliputi : peternakan, industri dan sebagainya.

Semakin banyak jumlah sarana yang membutuhkan air, maka semakin besar pula kebutuhan akan air.



Gambar 2 Grafik Kebutuhan air Non Domestik

Sumber: (Darmasetiawan, M, 2004, *Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*, Ekamitra Engineering, Jakarta)

C. Proyeksi Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Kebutuhan air bersih akan meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk di masa mendatang. Ini membutuhkan perkiraan penduduk untuk tahun rencana. Sementara ramalan hanyalah prediksi, kebenarannya bersifat subjektif, yang tidak berarti tanpa pertimbangan dan metode.

Dalam perencanaan suatu sistem distribusi air bersih, diperlukan beberapa kriteria sebagai dasar perencanaan. Tujuan mengajukan beberapa kriteria perencanaan adalah untuk mencapai hasil perencanaan yang sesuai dan bersyarat untuk suatu wilayah perencanaan.

Untuk menentukan kebutuhan air bersih di masa depan, pertama-tama perlu mempertimbangkan situasi saat ini dan populasi masa depan yang diharapkan. Metode yang digunakan untuk memprediksikan jumlah penduduk di masa mendatang adalah:

1) Metode Geometrik

Untuk keperluan proyeksi penduduk, metode ini digunakan bila data jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu, dengan persamaan (Muliakusumah, 2000):

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

Keterangan :

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk tiap tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2) Metode Aritmatika

Metode ini biasanya disebut juga dengan rata-rata hilang. Metode ini digunakan jika data periodik menunjukkan jumlah penambahan per tahun yang relatif sama. Hal ini terjadi di kota-kota dengan luas wilayah yang kecil, perkembangan ekonomi perkotaan yang rendah dan perkembangan kota yang tidak terlalu cepat. Dengan persamaan (Muliakusumah, 2000):

$$P_n = P_o (1 + rn) \quad (2)$$

Keterangan :

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk per tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

3) Metode Eksponensial

Proyeksi jumlah penduduk dengan metode eksponensial menggunakan persamaan berikut (Muliakusumah, 2000):

$$P_n = P_o \cdot e^{r \cdot n} \quad (3)$$

Keterangan :

- P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
 P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
 r = angka pertambahan penduduk (%)
 n = periode tahun yang ditinjau (tahun)
 e = bilangan logaritma natural (2,7182818)

D. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

1. Standar Deviasi

Untuk menentukan proyeksi jumlah penduduk yang paling mendekati kebenarannya, terlebih dahulu harus dihitung standar deviasi dari hasil perhitungan ketiga metode diatas dengan persamaan berikut (Soewarno, 1995).

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Dimana:

- S = standar deviasi
 X_i = nilai varian (proyeksi penduduk)
 N = jumlah data

Standar deviasi menginformasikan tentang seberapa jauh bervariasi data terhadap nilai rata-ratanya. Semakin besar nilai standar deviasi semakin bervariasi data (heterogen) dan sebaliknya. Jika nilai SD jauh lebih besar dibandingkan nilai mean, maka nilai mean merupakan representasi yang buruk dari keseluruhan data. Sedangkan jika nilai SD sangat kecil dibandingkan nilai mean, maka nilai mean merupakan representasi yang baik yang dapat digunakan sebagai representasi dari keseluruhan data.

2. Koefisien Koreksi

Menurut Dayan dan Suwardjoko (1980), rumusan untuk menentukan besarnya koefien korelasi adalah sebagai berikut :

Koefisien korelasi :

$$r = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{(n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2) \cdot (n \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2)}} \quad (5)$$

Dengan :

r = koefisien korelasi

n = jumlah data

X = jumlah penduduk setiap tahun dari tahun dasar

Y = jumlah penduduk tiap tahun hasil proyeksi

Nilai r merupakan nilai yang mendekati +1. Jika $r = 0$ atau mendekati harga 0, maka hubungan antara kedua perubah sangat lemah atau tidak terdapat hubungan sama sekali. Jika $r = 1$ atau mendekati 1, maka korelasi antara dua perubah dikatakan positif dan sangat kuat.

E. Kehilangan Air atau Kebocoran Air

Kehilangan air yang terjadi pada saluran primer, sekunder dan tersier akibat evaporasi, perkolasi, rembesan, kebocoran dan eksploitasi. Evaporasi, perkolasi, kebocoran, dan rembesan relatif mudah untuk diprediksi dan dapat dikontrol secara teliti. Sedangkan kehilangan akibat eksploitasi (faktor operasional) lebih sulit diperkirakan dan dikontrol tergantung pada bagaimana sikap tanggap petugas operasi dan masyarakat pengguna air (Sutrisno C.T. dkk, 1991).

Menurut Regina Ngagadas, 2014, kehilangan atau kebocoran air yang terjadi pada sistem jaringan distribusi air bersih dapat dibagi menjadi dua faktor, yaitu:

- a) Kehilangan air akibat faktor teknis:
 - 1) Adanya lubang pada pipa atau sambungannya
 - 2) Pipa pada jaringan distribusi pecah
 - 3) Pemasangan pipa yang kurang baik
- b) Kehilangan air akibat faktor non teknis:
 - 1) Kesalahan pembacaan dan pencatatan meter air
 - 2) Kesalahan pemindahan dan pembuatan rekening air

Kebocoran atau kehilangan air harus diperhitungkan saat memperkirakan kebutuhan air agar tidak mengurangi alokasi yang dihitung. Kebocoran atau kehilangan air adalah 20 – 40 % dari kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik. Kebocoran juga dapat diperhitungkan dengan air yang dijual, bukan air yang diproduksi.

F. Kriteria Perencanaan

Perencanaan diperlukan untuk merencanakan sistem penyediaan air minum agar air selalu tersedia di daerah yang memenuhi persyaratan: keamanan, kualitas, dan pengurangan tekanan, termasuk jumlah air yang sampai ke konsumen. Secara umum, kriteria desain untuk merancang sistem penyediaan air minum adalah:

1) Analisa Hidraulika

Aliran dalam pipa atau aliran dimana seluruh penampang pipa diisi dengan air. Jika air mengalir melalui pipa, tetapi ada permukaan bebas di dalam pipa, aliran itu tidak termasuk dalam definisi aliran di dalam pipa.

2) Kehilangan Energi Utama (mayor)

Beberapa rumus empiris digunakan, masing - masing dengan keuntungan dan kerugian sendiri. Persamaan Darcy Weisbach umumnya digunakan paling banyak dalam aliran fluida. Untuk aliran viskositas yang relatif konstan, digunakan persamaan Haze Williams. Berikut ini menunjukkan dua persamaan:

a) Persamaan Darcy Weisbach

Persamaan matematis persamaan darcy weisbach ditulis sebagai:

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

Dimana:

hf = kehilangan energi atau tekanan mayor (m)

f = koefisien gesek (darcy weisbach)

L = panjang pipa (m)

G = percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

D = diameter pipa (m)

b) Persamaan Hazen Williams

Persamaan yang paling umum digunakan adalah persamaan Hazen-Williams. Sangat cocok untuk menghitung kehilangan tekanan pipa dengan diameter lebih besar dari 100 mm. Selain itu, rumus ini sering digunakan karena mudah dipahami.

Persamaan Hazen-Williams secara empiris menyatakan bahwa kecepatan aliran dalam pipa sebanding dengan diameter pipa dengan kemiringan hidrolis (S), yang dinyatakan sebagai kehilangan tekanan (Δh) dibagi dengan panjang pipa(L).

$$S = \frac{\Delta h}{L} \quad (7)$$

Dimana:

S = kemiringan hidrolis

L = panjang pipa (m)

Δh = beda tinggi (m)

Selain itu, terdapat faktor C yang mewakili keadaan fisik pipa, seperti kehalusan dinding bagian dalam pipa, yang mewakili jenis pipa pada umurnya.

Secara umum, rumus Hazen Williams adalah:

$$Q = 0,2784 \times C \times D^{2,63} \times S^{0,54} \quad (8)$$

Keterangan:

Q = debit air dalam pipa (m^3/s)

C = 130 (Koefisien Hazen Williams)

D = diameter pipa (m)

S = kemiringan hidrolis

Dimana:

Apabila kehilangan tekanan atau HL yang akan dihitung maka digunakan persamaan berikut:

$$Hl = \left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times d^{2,63}} \right)^{1,85} \quad (9)$$

Hl = kehilangan tekanan

- Q = debit air dalam pipa (m³/s)
 C = 130 (Koefisien Hazen Williams)
 d = diameter pipa (m)

C adalah (Koefisien Hazen Williams) berbeda untuk berbagai jenis pipa High Density Poly Ethylene (HDPE) nilai C (Koefisien Hazen Williams) 130.

Tabel 3 Nilai C Hazen Willams Setiap Jenis Pipa

Jenis Pipa	Nilai C Perencanaan
Asbes Cement (ACP)	120
UPVC	120
Medium DPE	130
High HDPE	130
Ductile (DCIP)	110
Besi tulang (CIP)	110
GIP	110
Baja	110
Pre-streems (PSC)	120

Sumber: DPU Ditjen Cipta Karya, 1996

3) Kehilangan Energi Sekunder

Kehilangan energi lokal karena peningkatan penampang, pengurangan penampang, diafragma dan pembelokan pipa. Kehilangan energi minor dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$hf = k \frac{v^2}{2g} \quad (10)$$

Dimana:

- Hf = kehilangan energi
 K = koefisien kehilangan minor
 V = kecepatan
 G = gravitasi

Pada umumnya kehilangan tekanan ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan kehilangan akibat gesekan pada pipa, sehingga kehilangan tekanan ini sering disebut dengan kehilangan minor atau minor loss (Dharmasetiawan,2004).

G. Persyaratan Tekanan Air

Menurut Hau'Oni (2011), tekanan air adalah gaya yang mendorong air ke dalam dinding/wadah yang memuatnya (dinding pipa, dinding bak atau tempat penyimpanan air). Oleh karena itu, tekanan diklasifikasikan dua jenis, yaitu tekanan statis/hidrostatik dan tekanan dinamis/hidrodinamik. Tekanan statis/hidrostatik adalah gaya air yang mendorong dinding pipa ketika semua kran ditutup (air tidak mengalir dalam pipa). Tekanan dinamis/hidrodinamika adalah gaya dorong yang diberikan oleh air pada dinding pipa pada saat kran dibuka (air mengalir dalam pipa).

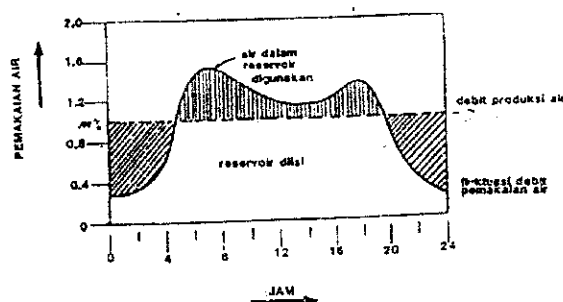
Konsumen perlu menghubungkan air dengan tekanan yang cukup, yaitu dapat disajikan dengan jumlah air yang diinginkan setiap saat. Untuk menjaga tekanan akhir pipa di seluruh area layanan, pada titik distribusi awal, diperlukan tekanan yang lebih tinggi untuk mengatasi kehilangan tekanan akibat gesekan, yang tergantung pada kecepatan aliran, jenis pipa, diameter pipa, dan jarak jalur pipa tersebut.

Dalam pendistribusian air, untuk menjangkau semua area pelayanan dan memaksimalkan tingkat pelayanan, tekanan air sisa harus diperhitungkan. Sisa tekanan air terendah adalah 5 mka (meter kolom air) atau 0,5 atm (satu atm = 10 m), dan tertinggi adalah 22 mka (setara dengan gedung 6 lantai).

Menurut standar DPU (Departemen Pekerjaan Umum), air mengalir ke konsumen melalui pipa transmisi dan distribusi yang dirancang untuk melayani konsumen hingga yang paling terjauh, dengan tekanan air minimum sebesar 10 atau 1 atm. Oleh karena itu, idealnya tekanan ini harus merata di setiap pipa distribusi. Jika tekanan terlalu tinggi akan menyebabkan pipa meledak dan merusak alat-alat pelambung tekanan. Tekanan tidak boleh terlalu rendah, karena jika tekanan terlalu rendah akan menyebabkan pencemaran air selama proses aliran pipa distribusi.

H. Reservoir

Reservoir adalah tempat penyimpanan air bersih, dalam sistem penyediaan air bersih. Biasanya reservoir ini dibutuhkan dalam sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Pada saat yang sama, debit produksi air bersih tidak selalu sama dengan besarnya debit penggunaan air. Ketika jumlah produksi air bersih yang dihasilkan lebih besar dari jumlah air yang digunakan, kelebihan air disimpan sementara di dalam reservoir dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air ketika jumlah air bersih yang dihasilkan lebih sedikit dari jumlah air yang digunakan.



Gambar 3 Pola Fluktuasi Pemakaian Air

Sumber : (Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air, Ekamitra Engineering, Jakarta, 2004)

Apabila fluktuasi terjadi pada air, maka jumlah air di pipa distribusi juga berfluktuasi atau berubah-ubah. Sehingga akibat dari perubahan debit aliran pada distribusi tersebut sisa tekanan air pada pipa distribusi juga berubah.

Pada konsumsi air maksimum, tekanan air pada pipa distribusi akan berkurang, dan pada tekanan air pipa distribusi ini akan naik kembali pada saat pemakaian air minimum. Dengan menggunakan reservoir dapat dihitung bahwa tekanan air maksimum dan tekanan air minimum pada jaringan pipa distribusi selalu memenuhi syarat. Dengan perhitungan ini kita dapat menentukan posisi dan ketinggian reservoir relatif terhadap area distribusi.

Adapun fungsi utama dari reservoir yaitu :

- a) Untuk menambah tekanan air pada jaringan pipa distribusi
- b) Tekanan air pada jaringan pipa distribusi relatif stabil
- c) Untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air

I. Analisis Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih

Analisis jaringan perpipaan harus dilakukan saat mengembangkan jaringan distribusi maupun saat merencanakan pembangunan jaringan perpipaan baru. Sistem jaringan pipa dirancang untuk membawahi suatu kecepatan aliran tertentu. Ukuran pipa tidak boleh melebihi ukuran yang dibutuhkan dan tekanan dalam sistem harus mencukupi. Dengan menganalisis jaringan pipa distribusi, dimungkinkan untuk menentukan ukuran atau dimensi pipa yang dibutuhkan berdasarkan tekanan minimum yang diizinkan untuk jumlah aliran yang terpenuhi. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam analisis jaringan perpipaan distribusi air bersih :

- 1) Peta distribusi beban, berupa peta tata guna lahan, kepadatan dan batas wilayah. Juga diperhitungkan dari kebutuhan/beban area pelayanan.
- 2) Daerah pelayanan utama. Ini juga merupakan titik pusat pelayanan (junction points).
- 3) Kerangka induk, pipa induk primer dan pipa induk sekunder.
- 4) Untuk sistem induk, ditentukan distribusi alirannya berdasarkan debit puncak.
- 5) Pendimensian (dimensioneerin). Dengan aliran debit yang diketahui, dan kecepatan aliran yang diizinkan, maka diameter pipa yang dibutuhkan dapat ditentukan.
- 6) Kontrol tekanan pada saluran distribusi, menggunakan prinsip keseimbangan energi. Kontrol atau analisa tekanan ini dapat dilakukan dengan sejumlah metode, yang disesuaikan dengan kerangka kerja distribusi.
- 7) Rincian sistem pelayanan (sistem distribusi mikro) dan perlengkapan distribusi (alat gambar).
- 8) Gambar keseluruhan sistem, berupa peta tata guna lahan, peta sebaran, kerangka peta, peta keseluruhan sistem, gambar detail sistem mikro.

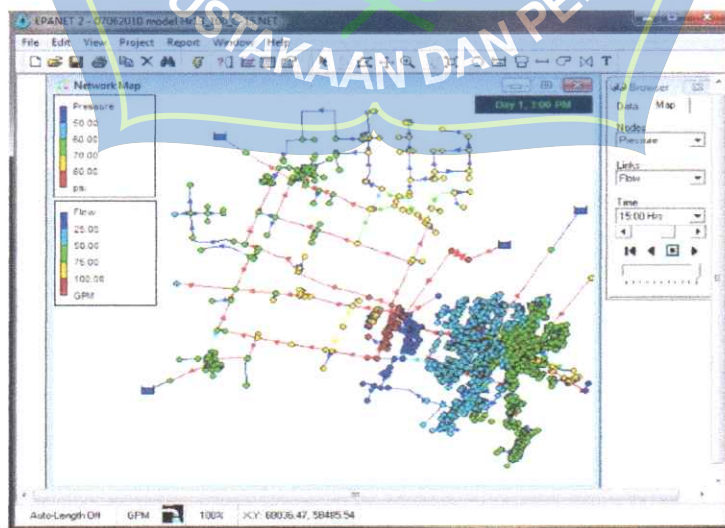
J. Penggunaan Program Aplikasi Epanet 2.0

1. Pengenalan Epanet 2.0

Pada awalnya, aplikasi jaringan distribusi hanya digunakan untuk melakukan desain awal sistem distribusi. Dengan aplikasi yang un-user friendly, operator enggan menggunakan aplikasi-aplikasi distribusi untuk menganalisis

kondisi jaringan. Namun dengan perkembangan teknologi, aplikasi distribusi telah berkembang sehingga lebih mudah digunakan. Dengan aplikasi distribusi, operator dapat mensimulasikan berbagai kemungkinan pengoperasian jaringan tanpa harus berpindah dan bahkan tanpa harus mengganggu kesinambungan pelayanan terhadap pelanggan. Jika pada awalnya operator harus turun ke lapangan dan mengumpulkan data sebanyak-banyaknya untuk mendapatkan gambaran mengenai jaringan, kini operator hanya perlu turun ke lapangan untuk mengumpulkan data seminimal mungkin untuk memahami jaringan distribusinya.

Epanet adalah salah satu aplikasi distribusi yang mudah digunakan dan banyak digunakan untuk analisis jaringan sistem distribusi. Epanet 2.0 adalah program komputer yang menyediakan simulasi hidrolik dan kualitas air yang mengalir melalui pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari pipa, node (sambungan pipa), pompa, katub, dan tangki air atau reservoir. Epanet 2.0 mengeksplorasi aliran air di setiap pipa, keadaan tekanan air di setiap titik, dan keadaan siklus aliran. Selain itu, usia air dan pelacakan sumber juga dapat diasumsikan.



Gambar 4 Tampilan EPANET 2.0

Epanet 2.0 dapat membantu dalam mengatur strategi untuk mengenali kualitas air dalam suatu sistem. Semua itu mencakup tentang penggunaan sumber alternatif dalam berbagai sumber dalam suatu sistem sebagai berikut :

- 1) Pompa pengganti dalam penjadwalan perencanaan atau pengosongan tangki.
- 2) Penggunaan treatment, misal khlorinasi pada tangki pipa.
- 3) Pembersihan pipa dan pengganti pipa tersebut.

Berjalan di lingkungan windows, Epanet 2.0 dapat diintegrasikan untuk melakukan pengeditan dalam pemasukan data, menjalankan simulasi dan melihat hasil yang dijalankan berbagai bentuk (format). Ini juga mencakup informasi penuh warna tentang peta, tabel data, grafik, serta gambar sketsa.

Lewis A. Rossman (2000), juga menjelaskan bahwa Epanet 2.0 dirancang sebagai alat untuk memperoleh dan memahami pergerakan dan nasib kandungan air minum dalam jaringan distribusi. Dapat juga digunakan untuk analisis berbagai aplikasi jaringan distribusi. Contoh desain, kalibrasi model hidrolis, analisis sisi klorin, dan analisis pelanggan. Epanet 2.0 dapat membantu mengelola strategi untuk mencapai kualitas air dalam satu sistem.

Penggunaan aplikasi memudahkan untuk menganalisis kondisi pipa yang ada, sehingga membantu untuk peningkatan jaringan pipa air bersih yang ada.

Adapun kegunaan aplikasi Epanet 2.0 yaitu :

- a) Dirancang sebagai alat untuk menentukan perkembangan dan pergerakan aliran air serta degradasi unsur kimia domestik yang ada dalam air pipa distribusi.

- b) Dapat digunakan sebagai dasar untuk analisis dan berbagai jenis sistem distribusi, detail desain, model kalibrasi hidrolik, analisis sisa klorin dan berbagai faktor lainnya.
- c) Dapat membantu mengidentifikasi sistem alternatif untuk manajemen strategi dan distribusi air bersih.

2. Cara Penggunaan Aplikasi Epanet 2.0

Epanet versi 2.0 di design untuk lingkungan sistem operasi Windows 95/98/ NT yang kompatibel dengan PC IBM/Intel. Ini terdiri dari satu file, en2setup.exe, yang berisi program setup self extraction. Untuk menginstal Epanet 2.0 :

- 1) Pilih Run dari windows star menu
- 2) Masukkan full path dan nama file en2setup.exe atau klik tombol Browser untuk menyimpannya ke komputer anda
- 3) Klik tomnol Ok untuk memulai proses

Proses pemasangan akan meminta anda untuk memilih folder 19 untuk menempatkan file Epanet 2.0. Folder default adalah c:\program files\Epanet 2.0. Setelah file terinstal, di menu Start, akan ada menu baru Epanet 2.0 di menu Star. Untuk menghapus Epanet 2.0 dengan mudah, pilih item yang tidak aktif dari menu Start, lalu pilih Epanet 2.0 dari submenu yang muncul. (Nama file eksekusi dari Epanet 2.0 dibawah windows adalah epanet2.0.exe)

Atau, jika ingin menghapus Epanet 2.0 dari komputer, dapat mengikuti prosedur berikut:

- a) Pilih setting dari start menu
- b) Pilih Control Panel dari setting menu
- c) Klik ganda pada add / remove program sistem
- d) Pilih Epanet 2.0 dari daftar program yang muncul
- e) Klik tombol add / remove

3. Kemampuan Model Hidrolis

Menurut Rossman (2000:9) fasilitas yang lengkap dan pemodelan hidrolis yang akurat merupakan salah satu langkah efektif dalam membuat model drainase dan kualitas air. Epanet 2.0 adalah alat bantu analisis hidrolis yang mencakup banyak fitur kemampuannya. Seperti halnya dapat melakukan simulasi jangka panjang dari perilaku kualitas air dan hidrolis dalam jaringan pipa bertekanan, yang terdiri dari pipa, node (persimpangan), pompa, katup, tangki penyimpanan, dan reservoir serta dapat digunakan untuk melacak aliran air di setiap pipa, tekanan di setiap node, ketinggian air di setiap tangki, konsentrasi kimiawi, usia air, dan penelusuran sumber di seluruh jaringan selama periode simulasi.

Berikut adalah kemampuan pemodelan hidrolis pada *software* Epanet 2.0 :

- 1) Kemampuan untuk menggunakan kebutuhan yang bergantung pada tekanan dalam analisis hidraulik.
- 2) Kemampuan analisa yang tidak terbatas pada penempatan jaringan.
- 3) Menghitung gesekan headloss menggunakan rumus Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, atau Chezy-Manning.
- 4) Model kecepatan pompa yang konstan atau variabel pompa.
- 5) Menghitung energi dan biaya pompa.

- 6) Pemodelan variasi tipe dari valve termasuk sakelar, pengatur tekanan, dan valve, kontrol aliran.
- 7) Tersedia tangki dengan berbagai bentuk (diameter yang bervariasi terhadap ketinggiannya).
- 8) Memungkinkan untuk masukkan beberapa kategori kebutuhan (demand) ganda pada node, masing-masing dengan pola tersendiri yang berdasarkan variasi waktu.
- 9) Model aliran tergantung tekanan yang keluar dari emitor (kepala sprinkler).

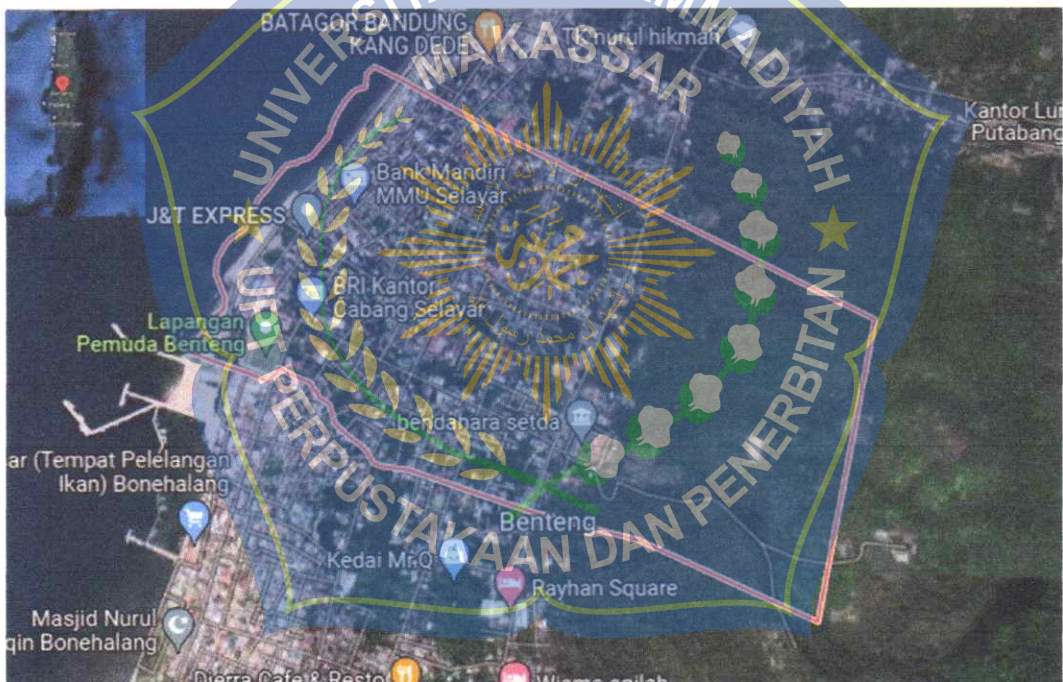


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Dalam hal ini penulis mengambil lokasi di Kelurahan Benteng, Kecamatan Benteng, Kabupaten Kepulauan Selayar yang mempunyai letak geografis $6^{\circ}7'10.73''$ LS dan $120^{\circ}27'59.88''$ BT. Dengan luas wilayah 1.94 km^2 , jumlah penduduk sebanyak 7.689 jiwa, dan jumlah kepala keluarga adalah 1.281, Penelitian dilakukan selama 1 bulan.



Gambar 5 Peta Lokasi Penelitian
Sumber : (www.googlemaps.com)

B. Alat yang Digunakan dalam Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah meteran, laptop dan software Epanet 2.0.

C. Jenis Penelitian dan Sumber Data

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam analisis jaringan perpipaan air bersih di Kelurahan Benteng adalah jenis penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk membuat gambar atau deskriptif tentang suatu keadaan secara objektif yang menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut serta penampilan dan hasilnya.

2. Sumber Data

Jenis sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data Sekunder. Data sekunder adalah data yang diambil melalui perantara atau pihak yang telah mengumpulkan data tersebut sebelumnya. Data sekunder ini didapat dari instansi terkait yaitu PDAM Selayar dan lokasi yang mendukung kegiatan tersebut. Data sekunder yang digunakan adalah:

- 1) Jenis - jenis dan diameter pipa, jenis pipa yang digunakan di lokasi penelitian.
- 2) Jumlah Pelanggan (SR)
- 3) Jumlah Penduduk
- 4) Peta Jaringan Pipa
- 5) Volume resevoir

D. Variabel Penelitian

1. Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah proyeksi jumlah penduduk, kebutuhan air bersih, data reservoir, pipa dan junction.

2. Definisi Operasional Variabel

- 1) Proyeksi jumlah penduduk di kelurahan Benteng dalam jangka waktu 20 tahun kedepan
- 2) Kebutuhan air bersih untuk daerah kelurahan Benteng
- 3) Data reservoir, pipa dan junction adalah data-data yang di butuhkan untuk menganalisa jaringan perpipaan menggunakan software Epanet 2.0

E. Tahap Analisis

Analisis data dibagi menjadi tiga yaitu:

1) Analisis Proyeksi Jumlah Penduduk

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk menggunakan metode geometri, metode aritmatika dan metode eksponensial.

2) Analisis Kebutuhan Air Bersih

Jumlah air yang digunakan untuk berbagai kegiatan masyarakat di kelurahan Benteng yaitu meliputi kebutuhan air domestik dan non domestik yang dihitung berdasarkan jumlah penduduk yang ada.

3) Analisis dengan Program Epanet

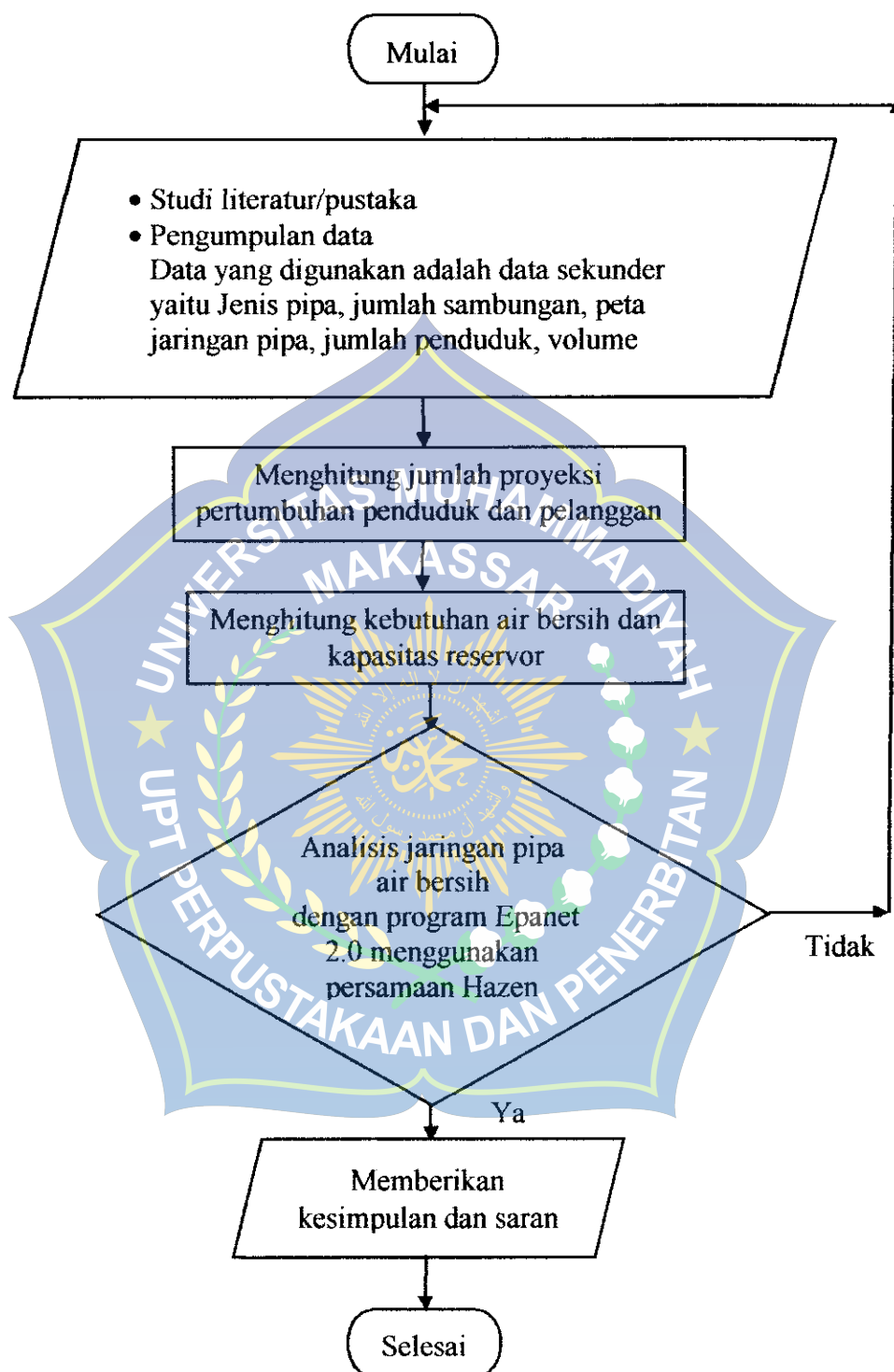
Nilai setiap input akan dimasukkan dalam analisis hidrolis menggunakan *software* Epanet 2.0.

F. Prosedur Penelitian

- 1) Melakukan studi literatur dan survei lokasi untuk mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan studi penelitian ini.
- 2) Melakukan Pengambilan data yang sesuai dengan penelitian.
- 3) Menghitung jumlah penduduk di wilayah kelurahan Benteng.

- 4) Menghitung kebutuhan air
- 5) Melakukan analisis dengan program Epanet 2.0. Adapun tahapan dalam analisis program Epanet 2.0 adalah sebagai berikut:
 - a) Memilih dimensi yang digunakan yaitu meter, serta memilih Headloss Formula yaitu Hazen-Williams
 - b) Menggambar peta jaringan pipa
 - c) Masukkan data reservoir, panjang pipa dan junction sesuai kondisi di lapangan
 - d) Melakukan simulasi dengan perintah Run Analysis
 - e) Setelah itu maka didapat hasil yaitu flow, headloss dan gambaran visual



G. Bagan Alir Penelitian

Gambar 6 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk merupakan dasar dari analisa kebutuhan air bersih. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah penduduk antara lain metode Geometrik, Aritmatik dan Eksponensial. Sebelum perhitungan dengan metode tersebut, perlu diketahui data pertumbuhan. Berikut merupakan data pertumbuhan penduduk pada kelurahan Benteng.

Tabel 4 Data Pertumbuhan Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk	
	Jiwa	Jiwa	%
2018	6.752		
2019	6.914	162	2,399
2020	7.061	147	2,126
2021	7.283	222	3,145
2022	7.689	406	5,575
		234,25	3,311

Sumber: Data Hasil Hitungan

Berdasarkan data pertumbuhan penduduk, dilakukan perhitungan kembali mulai tahun 2018 hingga tahun 2022 yang disebut dengan perhitungan mundur.

Nilai angka pertumbuhan penduduk adalah 3,311%. Berikut merupakan perhitungannya dengan dengan tiga metode proyeksi penduduk.

Diketahui data berikut:

- Angka Pertumbuhan Penduduk (r) = 3,311%
- Tahun Proyeksi (n) = 4
- Jumlah penduduk pada tahun akhir tahun (P_n) = 7.689 jiwa

d) Angka eksponensial = 2,718

Dari data tersebut, selanjutnya dapat dianalisa sebagai berikut.

1) **Metode Geometrik**

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

$$P_{2018} = 7.689 / (1 + 0,03311)^4$$

$$= 7.689 / 1,139$$

$$= 6.750$$

2) **Metode Aritmatika**

$$P_n = P_0 (1 + r \cdot n)$$

$$P_{2018} = 7.689 / (1 + 0,03311 \times 4)$$

$$= 7.689 / 1,132$$

$$= 6.790$$

3) **Metode Eksponensial**

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n}$$

$$P_{2018} = 7.689 \cdot (2,718)^{0,03311 \times 4}$$

$$= 7.689 / 1,142$$

$$= 6.735$$

Tabel 5 Hasil Perhitungan Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk (Metode)		
	Jiwa	Geometrik	Aritmatika	Eksponensial
2018	6.752	6.750	6.790	6.735
2019	6.914	6.824	6.831	6.816
2020	7.061	7.050	7.050	7.046
2021	7.283	7.379	7.372	7.387
2022	7.689	7.692	7.646	7.708
Jumlah	35.699	35.694	35.688	35.693

Sumber: Data Hasil perhitungan

Dalam menentukan metode proyeksi penduduk yang mendekati kebenaran harus dilakukan uji kesesuaian proyeksi berdasarkan standar deviasi dan koefisien korelasi. Berikut merupakan perhitungan uji kesesuaian proyeksi penduduk dengan menggunakan metode aritmatika.

B. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

1. Standar Deviasi

Standar deviasi dihitung dengan persamaan (4)

berikut.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

\bar{X} merupakan nilai rata-rata jumlah penduduk metode aritmatik yang didapat dengan cara:

$$\bar{X} = \frac{\sum \text{penduduk}}{\text{tahun}}$$

$$\bar{X} = \frac{35.688}{5} = 7.138$$

Hasil dari tersebut, selanjutnya dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 6 Perhitungan Standar Deviasi Proyeksi Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk Metode Aritmatika (x)	Rata-rata penduduk \bar{X}	(X - \bar{X})	((X - \bar{X})) ²
	Jiwa	Jiwa		
2018	6.790	7.138	-348	121.007
2019	6.831	7.138	-307	94.218
2020	7.050	7.138	-88	7.750
2021	7.372	7.138	234	54.862
2022	7.646	7.138	509	258.693
Jumlah	35.688			536.531

Sumber: Data Hasil Perhitungan

Dari hasil tabel 4.3 dan persamaan (4) sehingga didapatkan standar deviasi sebagai berikut.

$$• S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$• S = \sqrt{\frac{536.531}{5-1}} = 366,241$$

2. Koefisien Koreksi

Diketahui data perhitungan seperti pada tabel berikut.

Tabel 7 Perhitungan Koefisien Korelasi

Tahun	Jumlah Penduduk		(X) x (Y)	(X) ²	(Y) ²
	Data X	Aritmatika Y			
	Jiwa	Jiwa			
2018	6.752	6.790	45.844.458	45.589.504	46.100.837
2019	6.914	6.831	47.227.257	47.803.396	46.658.062
2020	7.061	7.050	49.777.134	49.857.721	49.696.677
2021	7.283	7.372	53.689.164	53.042.089	54.344.134
2022	7.689	7.646	58.791.934	59.120.721	58.464.976
Jumlah	35.699	35.688	255.329.948	255.413.431	255.264.686

Sumber: Data Hasil perhitungan

“X” merupakan data jumlah penduduk asli dan “Y” merupakan data jumlah penduduk hasil proyeksi. Untuk menghitung koefisien korelasi digunakan persamaan berikut.

$$r = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{(n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2) \cdot (n \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2)}}$$

$$r = \frac{(5 \times 255.329.948) - (35.699 \times 35.688)}{\sqrt{(5 \times 255.413.431 - (35.699)^2) \times (5 \times 255.264.686 - (35.688)^2)}}$$

$$r = 0,983$$

Dengan cara yang sama, didapatkan hasil nilai standar deviasi dan koefisien korelasi metode geometrik dan eksponensial. Berikut merupakan tabel hasil rekapitulasi uji kesesuaian proyeksi penduduk.

Tabel 8 Uji Kesesuaian Proyeksi Penduduk

No	Uji kesesuaian	Metode		
		Geometrik	Aritmatika	Eksponensial
1	Standar deviasi	394,405	366,241	406,570
2	Koefisien korelasi	0,987	0,983	0,988

Sumber: Data Hasil perhitungan

Berdasarkan perhitungan uji kesesuaian proyeksi penduduk, metode aritmatika yang mendekati kebenaran karena memiliki standar deviasi terkecil dan koefisien korelasi mendekati 1. Metode tersebut akan digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk selama 20 tahun. Pada perencanaan ini diasumsikan 1 (satu) KK terdapat 6 jiwa penduduk. Sehingga jumlah penduduk wilayah studi didapatkan 7.689 jiwa penduduk. Jumlah penduduk inilah yang digunakan dalam perhitungan proyeksi penduduk. Berikut merupakan hasil proyeksi penduduk selama 20 tahun.

Tabel 9 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatika

Tahun	Jumlah Penduduk Jiwa	Tahun	Jumlah Penduduk Jiwa	Tahun	Jumlah Penduduk Jiwa
2022	7.689	2029	9.471	2036	11.253
2023	7.944	2030	9.726	2037	11.508
2024	8.198	2031	9.980	2038	11.762
2025	8.453	2032	10.235	2039	12.017
2026	8.707	2033	10.489	2040	12.272
2027	8.962	2034	10.744	2041	12.526
2028	9.217	2035	10.999	2042	12.781

Sumber: Data Hasil Perhitungan

Dari Tabel 9 dapat diketahui bahwa untuk proyeksi penduduk selama 20 tahun dapat diketahui jumlah penduduk sebanyak 12.781 jiwa penduduk yang nantinya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kebutuhan air bersih.

C. Proyeksi Jumlah Pelanggan

Proyeksi jumlah pelanggan PDAM Selayar di Kelurahan Benteng dihitung dengan metode Geometrik untuk masing-masing jenis pelanggan yang terlayani hingga 20 tahun mendatang, kemudian dijumlahkan sehingga akan diperoleh data yang lebih akurat untuk perencanaan.

Data yang diperoleh dari PDAM bagian pelanggan selama 5 tahun terakhir yang terlayani di Kelurahan Benteng dapat diperhatikan pada Tabel 10 sebagai berikut :

Tabel 10 Data Jumlah Pelanggan PDAM Kelurahan Benteng Tahun 2018-2022.

Jenis Pelanggan	Tahun				
	2018	2019	2020	2021	2022
Domestik:					
RT (SR)	891	974	1023	1096	1151
Non Domestik:					
Sekolah	22	22	23	24	24
Pemerintahan	12	12	13	13	13
Sosial	27	27	27	30	30
Niaga	41	43	47	50	54
Jumlah	993	1078	1133	1213	1272

Sumber: PDAM Selayar

1) Pelanggan Rumah Tangga

Tabel 11 Pelanggan Rumah Tangga

Tahun	SR	Pertambahan Penduduk	
		Selisi	%
2018	891		
2019	974	83	9,315
2020	1.023	49	5,031
2021	1.096	73	7,136
2022	1.151	55	5,018
		65	6,625

Sumber: Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned}
 P_{2042} &= P_0 (1 + r)^n \\
 &= 1.151 (1 + 0,066)^{20} \\
 &= 2.676 \text{ SR (Tahun 2042)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas penambahan pelanggan Rumah Tangga cenderung bertambah/mengalami kenaikan. Jumlah pelanggan Rumah Tangga pada tahun 2042 sebesar 2.676 SR.

2) Pelanggan Sekolah

Tabel 12 Pelanggan Sekolah

Tahun	SR	Pertambahan Penduduk	
		Selisi	%
2018	22		
2019	22	0	0,000
2020	23	1	4,545
2021	24	1	4,348
2022	24	0	0,000
		0,5	2,223

Sumber: Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned}
 P_{2042} &= P_0 (1 + r)^n \\
 &= 24 (1 + 0,02223)^{20} \\
 &= 37 \text{ SR (Tahun 2042)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas penambahan pelanggan Sekolah cenderung bertambah/mengalami kenaikan. Jumlah pelanggan Sekolah pada tahun 2042 sebesar 37 SR.

3) Pelanggan Pemerintah

Tabel 13 Pelanggan Pemerintah

Tahun	SR	Pertambahan Penduduk	
		Selisi	%
2018	12		
2019	12	0	0,000
2020	13	1	8,333
2021	13	0	0,000
2022	13	0	0,000
		0,25	2,083

Sumber: Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned}
 P_{2042} &= P_0 (1 + r)^n \\
 &= 13 (1 + 0,02083)^{20} \\
 &= 20 \text{ SR (Tahun 2042)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas pertambahan pelanggan Pemerintah cenderung bertambah/mengalami kenaikan. Jumlah pelanggan Pemerintah pada tahun 2042 sebesar 20 SR.

4) Pelanggan Sosial

Tabel 14 Pelanggan Sosial

Tahun	SR	Pertambahan Penduduk	
		Selisi	%
2018	27		
2019	27	0	0,000
2020	27	0	0,000
2021	30	3	11,111
2022	30	0	0,000
		0,75	2,778

Sumber: Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned}
 P_{2042} &= P_0 (1 + r)^n \\
 &= 30 (1 + 0,02778)^{20} \\
 &= 52 \text{ SR (Tahun 2042)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas penambahan pelanggan Sosial cenderung bertambah/mengalami kenaikan. Jumlah pelanggan Sosial pada tahun 2042 sebesar 52 SR.

5) Pelanggan Niaga

Tabel 15 Pelanggan Niaga

Tahun	SR	Pertambahan Penduduk	
		Selisi	%
2018	41		
2019	43	2	4,878
2020	47	4	9,302
2021	50	3	6,383
2022	54	4	8,000
		3,25	7,141

Sumber: Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned}
 P_{2042} &= P_0 (1 + r)^n \\
 &= 54 (1 + 0,02778)^{20} \\
 &= 215 \text{ SR (Tahun 2042)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas penambahan niaga cenderung bertambah atau mengalami kenaikan. Jumlah pelanggan niaga pada tahun 2042 sebesar 215 SR.

Dari perhitungan diatas proyeksi jumlah pelanggan PDAM Selayar di Kelurahan Benteng pada tahun 2042 adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rumah Tangga} + \text{Sekolah} + \text{Pemerintahan} + \text{Sosial} + \text{Niaga} \\
 &= 2676 + 37 + 20 + 52 + 215 \\
 &= 2.999 \text{ SR}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan tabel hasil rekapitulasi perhitungan proyeksi jumlah pelanggan PDAM Selayar di Kelurahan Benteng dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 16 Rekapitulasi Proyeksi Jumlah Pelanggan

Jenis Pelanggan	Tahun	
	2022	2042
Domestik:		
RT (SR)	1.151	2.676
Non Domestik:		
Sekolah	24	37
Pemerintahan	13	20
Sosial	30	52
Niaga	54	215
Jumlah	1.272	3.000

Sumber: Hasil Perhitungan

D. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih dihitung dengan, mengacu pada hasil prediksi pertambahan jumlah penduduk dan pertambahan jumlah pelanggan daerah terlayani.

Perhitungan kebutuhan air bersih dapat dianalisis sebagai berikut.

1) Parameter yang ditetapkan

Parameter ini merupakan tetapan dan merupakan data untuk dasar perhitungan.

a) Faktor pemakaian.

Kebutuhan harian maksimum = 1,1

Kebutuhan jam puncak = 1,5 (Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 2000)

b) Tingkat kehilangan air akibat kebocoran sebesar 20%

c) Kebutuhan domestik di daerah pelayanan adalah 100 liter/hari. Nilai ini diambil berdasarkan tabel 2.1 untuk kota dengan penduduk kurang dari 20.000 jiwa

d) Kebutuhan non domestik sebesar 30 Liter/jiwa/hari

2) Kebutuhan air bersih

a) Kebutuhan domestik

$$SI = 2.676 \text{ SR}$$

$$= 2.676 \times 100$$

$$= 267.600 \text{ lt/hr}$$

$$= 18,583 \text{ lt/dt}$$

b) Kebutuhan non domestik

$$Kn = \text{Sekolah} + \text{Pemerintah} + \text{Sosial} + \text{Niaga}$$

$$Kn = 37 + 20 + 52 + 215$$

$$= 324 \text{ SR}$$

$$= 324 \times 30$$

$$= 9.720 \text{ lt/hr}$$

$$= 0,675 \text{ lt/dt}$$

c) Kehilangan air akibat kebocoran

$$= 20\% \times (\text{kebutuhan domestik} + \text{kebutuhan non domestik})$$

$$= 0,2 \times (18,583 + 0,675)$$

$$= 3,852 \text{ lt/dt}$$

d) Kebutuhan air rata-rata (dengan kebocoran 20%)

$$= \text{kebutuhan domestik} + \text{kebutuhan non domestik} + \text{kehilangan air akibat kobocoran}$$

$$= 18,583 + 0,675 + 3,852$$

$$= 23,110 \text{ lt/dt}$$

e) Kebutuhan harian maksimum

$$= \text{kebutuhan air rata-rata} \times 1,1$$

$$= 23,110 \times 1,1$$

$$= 25,421 \text{ lt/dt}$$

f) Kebutuhan jam puncak

$$= \text{kebutuhan air rata-rata} \times 1,5$$

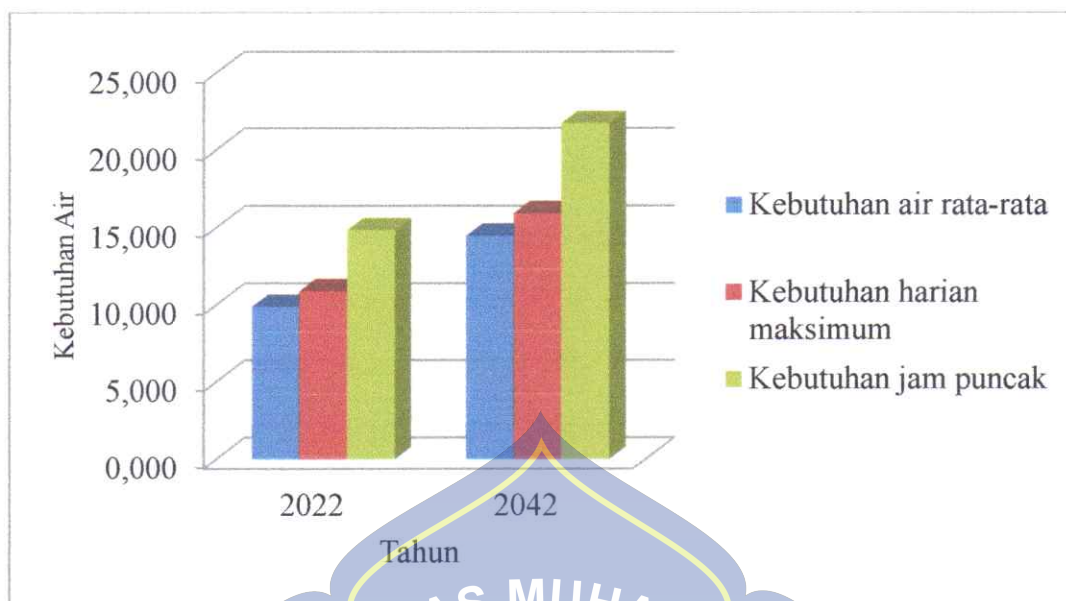
$$= 23,110 \times 1,5$$

$$= 34,665 \text{ lt/dt}$$

Tabel 17 Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih

No	Uraian	satuan	Tahun	
			2022	2042
1	Jumlah Sambungan Domestik	SR	1.151	2.676
2	Jumlah Sambungan Non Domestik	SR	121	324
3	Jumlah Pelanggan	SR	1.272	3.000
4	Jumlah jiwa/rumah	Jiwa	6	6
5	Konsumsi Unit SR	lt/dt	100	100
6	Konsumsi Unit Non Domestik	lt/dt	30	30
7	Kebutuhan air domestik	lt/dt	7,993	18,583
8	Kebutuhan air non domestik	lt/dt	0,252	0,675
9	Kebutuhan air bersih rata-rata (dengan kebocoran 20%)	lt/dt	9,894	23,110
10	Kebutuhan harian maksimum = 1,1 x kebutuhan air baku	lt/dt	10,884	25,421
11	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,5 x kebutuhan air baku	lt/dt	14,841	34,665

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 7 Kebutuhan Air Bersih pada Tahun 2022 dan 2042

Dari perhitungan yang telah dilakukan, kebutuhan air bersih di Kelurahan Benteng pada Tahun 2042 menurut proyeksi pertumbuhan pelanggan adalah 23,110 lt/dt, kebutuhan harian maksimum 25,421 lt/dt, dan debit pada jam puncak 34,665 lt/dt.

E. Karakteristik Jaringan Pada Kondisi Eksisting

Penentuan daerah pelayanan ditentukan berdasarkan jaringan pipa primer yang ada tanpa mengurangi jumlah pelanggan pada kondisi saat ini. Daerah layanan dibuat untuk mempermudah distribusi kebutuhan air pada titik simpul yang dibutuhkan pada masing-masing pelayanan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tekanan, headloss gradient, maupun kecepatan air didalam pipa.

Perhitungan diawali dengan membagi saluran menjadi beberapa junction, mengetahui jumlah pelanggan pada setiap daerah (*junction*) layanan. Berikut tabel data pembagian pelanggan pada junction dapat dilihat pada Tabel 18

Tabel 18 Pembagian Daerah Layanan pada Kondisi Eksisting

Junction Daerah Layanan	Jumlah Pelanggan (SR)	Jumlah Pelanggan (Orang)	Elevasi (m)
Junction 1	46	276	12
Junction 2	79	474	9
Junction 3	82	492	9
Junction 4	221	1326	6
Junction 5	39	234	5
Junction 6	12	72	5
Junction 7	35	210	5
Junction 8	37	222	5
Junction 9	48	288	5
Junction 10	50	300	4
Junction 11	51	306	4
Junction 12	27	162	5
Junction 13	83	498	4
Junction 14	87	522	5
Junction 15	54	324	4
Junction 16	11	66	5
Junction 17	15	90	4
Junction 18	68	408	4
Junction 19	19	114	4
Junction 20	23	138	4
Junction 21	36	216	4
Junction 22	80	480	4
Junction 23	28	168	4
Junction 24	41	246	4
Jumlah	1272	7632	

Sumber: Hasil Perhitungan

Jaringan eksisting pipa PDAM Selayar menggunakan pipa jenis HDPE dengan diameter 50 (2 inch) mm, 89 (3 inch) mm, 165 (6 inch) mm, dan 200 (8 inch) mm. Nilai C (koefisien kekasaran pipa Hazen-Williams) untuk pipa HDPE berdasarkan (Tabel 3) adalah 130.

Data diameter dan panjang pipa pada jaringan perpipaan PDAM Selayar di kelurahan Benteng dapat di lihat pada pada Tabel 19 berikut ini:

Tabel 19 Data Pipa Kelurahan Benteng

Nomor Pipa	Panjang Pipa	Diameter Pipa	Nomor Pipa	Panjang Pipa	Diameter Pipa
	(m)	(mm)	(m)		(mm)
Pipe 1	1222,25	200	Pipe 14	165,16	50
Pipe 2	70,39	200	Pipe 15	120,43	165
Pipe 3	247,33	165	Pipe 16	135,47	165
Pipe 4	199,71	165	Pipe 17	325,33	50
Pipe 5	364,86	165	Pipe 18	202,32	50
Pipe 6	410,67	165	Pipe 19	337,08	50
Pipe 7	242,58	165	Pipe 20	77,9	50
Pipe 8	231,87	165	Pipe 21	341,94	89
Pipe 9	225,04	50	Pipe 22	371,61	89
Pipe 10	252,13	165	Pipe 23	358,52	50
Pipe 11	273,69	165	Pipe 24	370,08	50
Pipe 12	164,95	165	Pipe 25	223,63	50
Pipe 13	109,7	165			

Sumber: PDAM Selayar

F. Analisis Jaringan dengan Program Epanet

1. Tahapan menggunakan Epanet 2.0

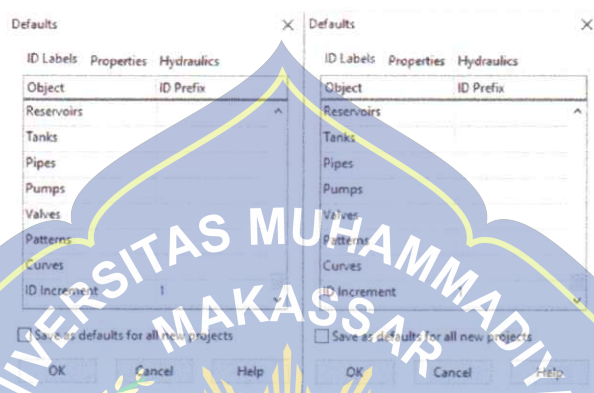
Tahapan dalam menggunakan Epanet 2.0 untuk pemodelan sistem distribusi air yaitu:

- a) Membuat proyek baru di Epanet dan memastikan pilihan pada opsi default.

Untuk memulainya, jalankan Epanet, atau jika telah berjalan pilih File>>New (dari menu bar) untuk menciptakan proyek baru.

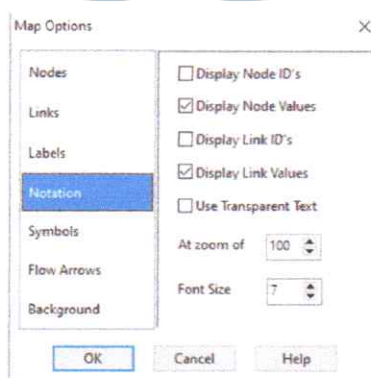
- b) Kemudian pilih Project>>Default untuk membuka form dialog. Kita akan menggunakan dialog itu agar Epanet secara otomatis memberi label pada objek barunya secara berurutan dimulai dari 1 sebanyak yang ditambahkan pada jaringan. Pada halaman dialog ID Label, hapus semua awalan ID dan atur pertambahan ID dengan 1. Kemudian pilih halaman Hidraulics dan atur

pilihan dari FlowUnit menjadi LPS (liters per second). Sebagai implikasi pilihan unit US tersebut, akan digunakan untuk seluruh kuantitas (panjang dalam meter, diameter pipa dalam meter, tekanan dalam meter, dll) juga pilih Hazen-Wiliam (H-W) sebagai formula headloss. Selanjutnya mengklik tombol OK seperti Gambar 8 di bawah ini:



Gambar 8 Tampilan Default

- c) Selanjutnya kita akan memilih beberapa pilihan penampilanyang akan ditambahkan pada peta, akan ditampilkan label ID dan symbol. Pilih View>>Option untuk menyampaikan dialog Map Option. Pilih halaman Notation pada form tersebut, dan check pilihan yang terlihat. Kemudian pindah ke halaman Symbol dan pilih semua kotak. Klik tombol OK untuk menerima pilihan dan tutup dialog seperti Gambar 9 berikut ini:



Gambar 9 Tampilan Map Options

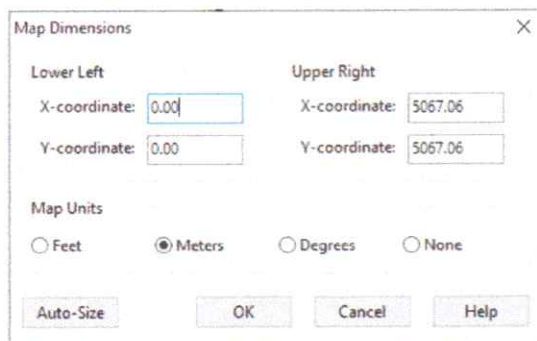
- d) Untuk membuat jaringan kita menjadi lebih realistis, analisis dapat diperpanjang periodenya, kita harus membuat Time Pattern yang menggunakan demand yang bervariasi pada demand pada node dalam satu hari. Kita mengatur pola waktu dengan memilih Option-Times dari data Browser, mengklik tombol Edit pada browser untuk memunculkan Property Editor (jika sebelumnya belum nampak), dan memasukkan 24 sebagai nilai dari Pattern Time seperti Gambar 10 berikut :



Property	Hrs:Min
Total Duration	24:00
Hydraulic Time Step	1:00
Quality Time Step	0:05
Pattern Time Step	1:00
Pattern Start Time	0:00
Reporting Time Step	1:00
Report Start Time	0:00
Clock Start Time	12 am
Statistic	None

Gambar 10 Tampilan *Times Options*

- e) Sebelum menggambar jaringan, kita harus yakin bahwa pengaturan skala bisa diterima. Pilih View >> Dimensioan untuk menampilkan dialog MapDimension. Dimensi standard digunakan untuk proyek baru. Setting tersebut akan mencukupi untuk contoh ini, kemudian tekan tombol OK seperti Gambar 11 berikut ini:



Gambar 11 Tampilan *Map Dimensions*

Setelah pengaturan awal dilakukan maka input selanjutnya yaitu semua komponen yang menyusun jaringan distribusi yang terdiri dari:

a) Reservoir

Reservoir adalah node yang menggambarkan sumber eksternal yang terus menerus mengalir ke jaringan. Digunakan untuk menggambarkan seperti danau, sungai, akuifer air tanah, dan koneksi dari sistem lain. Reservoir juga dijadikan titik sumber kualitas air. Input utama untuk reservoir adalah head hidrolis (sebanding dengan elevasi permukaan air jika bukan reservoir bertekanan) dan inisial kualitas air untuk analisa kualitas air. Karena sebuah reservoir adalah sebagai poin pembatas dalam jaringan, tekanan dan kualitas airnya tidak dapat dipengaruhi oleh apa yang terjadi di dalam jaringan. Namun tekanan dapat dibuat bervariasi terhadap waktu yang di tandai dengan pola seperti Gambar 12 berikut ini:



Property	Value
*Reservoir ID	1
X-Coordinate	3063.91
Y-Coordinate	2640.76
Description	
Tag	
*Total Head	45
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	-12.72
Elevation	45.00
Pressure	0.00
Quality	0.00

Gambar 12 Tampilan *Reservoir*

b) Sambungan (*Junction*)

Sambungan (*junction*) adalah titik pada jaringan dimana garis-garis bertemu dan dimana air memasuki atau meninggalkan jaringan. Input dasar yang

dibutuhkan bagi sambungan (*junction*) adalah elevasi, kebutuhan air dan kualitas air saat ini. Hasil computasi buat sambungan (*junction*) pada seluruh periode waktu simulasi adalah head hidrolis (energi internal per satuan berat dari fluida), tekanan (pressure) dan kualitas air seperti Gambar 13 berikut ini:

Property	Value
Junction ID	P1
X-Coordinate	2960.51
Y-Coordinate	3858.64
Description	
Tag	
Elevation	12
Base Demand	0.46

Gambar 13 Tampilan *Junction*

c) Pipa

Pipa adalah penghubung yang membawa air dari satu poin ke poin lainnya dalam jaringan. Epanet mengasumsikan bahwa semua pipa adalah penuh berisi air setiap waktunya. Arah aliran adalah dari titik dengan tekanan hidrolis tertinggi (Energi Internal per berat air) menuju titik dengan tekanan rendah. Sebagai contoh pada pipa 4 (Gambar 14) pada jaringan distribusi. Input untuk pipa adalah:

- 1) Data node awal dan akhir
- 2) Diameter pipa 4 yaitu 165 mm
- 3) Panjang pipa 4 yaitu 199,71 m
- 4) Koefisien kekasaran (untuk menjelaskan hilang tekan) pipa yang digunakan jenis pipa HDPE dengan nilai kekasaran 130.

Property	Value
*Pipe ID	4
*Start Node	P2
*End Node	P3
Description	
Tag	
*Length	199.71
*Diameter	165
*Roughness	130

Gambar 14 Tampilan *pipe 4*

2. Proses Program Epanet 2.0

Aplikasi Epanet 2.0 dapat digunakan untuk simulasi aliran air dalam pipa.

Untuk menjalankan simulasi dibutuhkan peta jaringan perpipaan yang menjadi lokasi penelitian seperti pada Gambar 15 berikut :

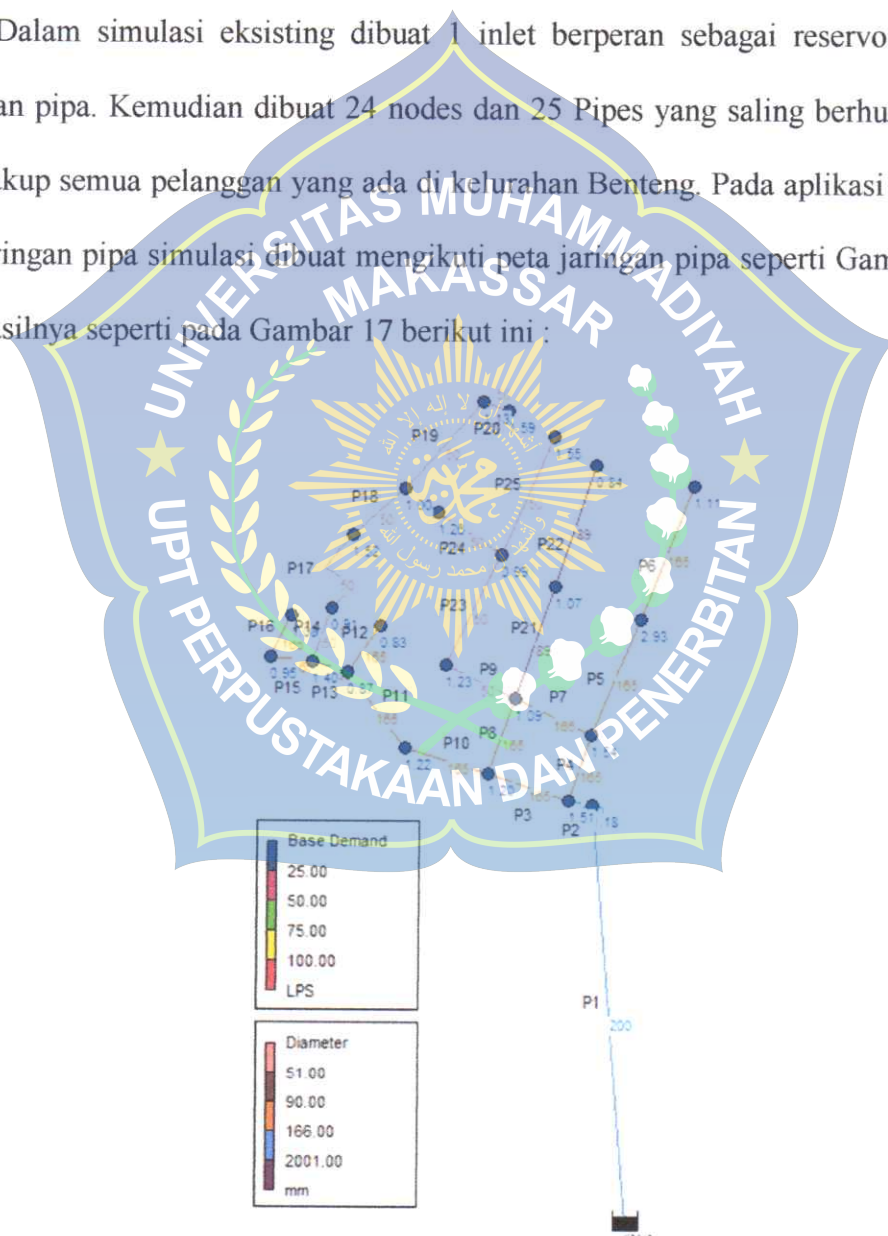


Gambar 15 Peta Jaringan Perpipaan Air Bersih

Di lakukan 2 (dua) simulasi sebagai perbandingan dengan kondisi eksisting pada tahun 2022 dan kondisi 20 tahun kedepan dengan aplikasi Epanet 2.0 di

komputer. Hal ini bertujuan untuk dapat mengetahui kondisi pendistribusian air ke pelanggan berjalan dengan baik atau tidak dan saran yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan untuk mendapatkan solusi dari permasalahan. Sebelum dilakukan simulasi sebagai bahan pertimbangan, terlebih dahulu dilakukan simulasi terhadap kondisi eksisting pada Epanet 2.0.

Dalam simulasi eksisting dibuat 1 inlet berperan sebagai reservoir awal jaringan pipa. Kemudian dibuat 24 nodes dan 25 Pipes yang saling berhubungan mencakup semua pelanggan yang ada di kelurahan Benteng. Pada aplikasi Epanet 2.0 jaringan pipa simulasi dibuat mengikuti peta jaringan pipa seperti Gambar 16 dan hasilnya seperti pada Gambar 17 berikut ini :



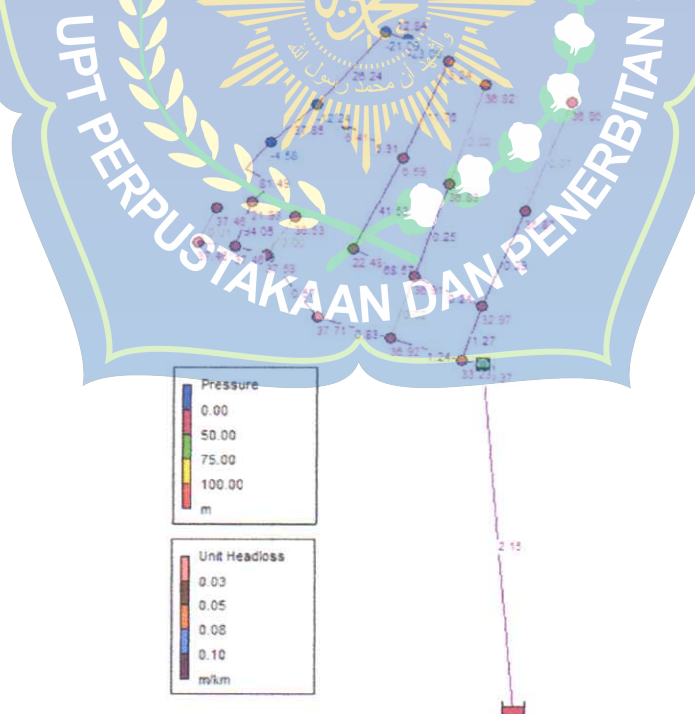
Gambar 16 Visualisasi Jaringan Distribusi di Kelurahan Benteng

Pada Gambar 16 terlihat visualisasi jaringan distribusi di kelurahan Benteng dengan menggunakan aplikasi Epanet 2.0 dapat diketahui keadaan pada node maupun pada pipa. Untuk proses eksekusi, kita harus memasukan semua input yang diperlukan dalam aplikasi seperti panjang pipa, diameter pipa, kekasaran pipa dan elevasi. Setelah itu dilakukan proses eksekusi. Pada proses inilah diketahui bisa tidaknya jaringan yang telah dibuat untuk beroperasi dengan baik.

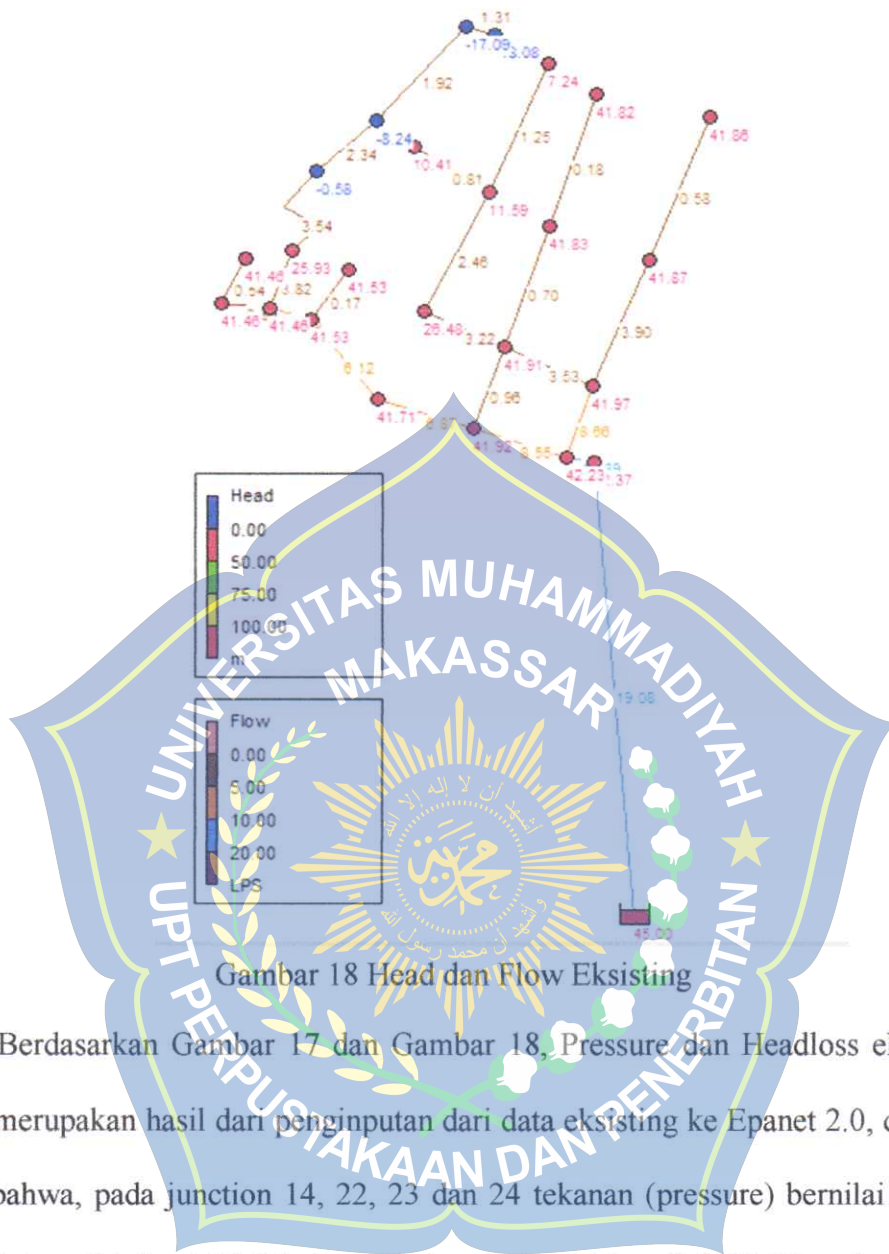
G. Keluaran Data (*Output*)

1. Output Eksisting Tahun 2022

Setelah semua data telah di input ke dalam program maka akan ada keluaran data(output). Adapun keluaran data output Pressure (Tekanan), Unit Headloss, Flow dan Velocity (Kecepatan) pada eksisting di kelurahan Benteng dapat dilihat pada Gambar 17 dan Gambar 18 berikut ini:



Gambar 17 Pressure dan Unit Headloss



Gambar 18 Head dan Flow Eksisting

Berdasarkan Gambar 17 dan Gambar 18, Pressure dan Headloss eksisting yang merupakan hasil dari penginputan dari data eksisting ke Epanet 2.0, dapat dilihat bahwa, pada junction 14, 22, 23 dan 24 tekanan (pressure) bernilai negatif atau sistem distribusi tidak baik, yaitu junction 14 bernilai -23,08 m, junction 22 bernilai -4,85 m, junction 23 bernilai -12,24 m, dan junction 24 bernilai -21,09 m. Untuk data lainnya dapat dilihat pada tabel 13 dan 14 berikut ini:

Tabel 20 Hasil Analisa Program Epanet pada Junction Eksisting

Junction Daerah Layanan	Jumlah Pelanggan (SR)	Head m	Pressure m
Junction 1	46	42,37	30,37
Junction 2	79	42,23	33,23
Junction 3	82	41,97	32,97
Junction 4	221	41,87	35,87
Junction 5	39	41,86	36,86
Junction 6	12	41,82	36,82
Junction 7	35	41,83	36,83
Junction 8	37	41,91	36,91
Junction 9	48	41,92	36,92
Junction 10	50	41,71	37,71
Junction 11	51	26,48	22,48
Junction 12	27	11,59	6,59
Junction 13	83	7,24	3,24
Junction 14	87	-18,08	-23,08
Junction 15	54	10,41	6,41
Junction 16	11	41,53	36,53
Junction 17	15	41,53	37,53
Junction 18	68	41,46	37,46
Junction 19	19	25,93	21,93
Junction 20	23	41,46	37,46
Junction 21	36	41,46	37,46
Junction 22	80	-0,58	-4,58
Junction 23	28	-8,24	-12,24
Junction 24	41	-17,09	-21,09

Sumber: Program Epanet 2.0 pada Tahun 2022

Tabel 21 Hasil Analisa Program Epanet pada Pipa Eksisting

Nomor Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (mm)	Flow lt/s	Velocity m/s	Unit Headloss m/km
Pipe 1	1222,25	200	19,08	0,61	2,15
Pipe 2	70,39	200	18,39	0,59	2,01
Pipe 3	247,33	165	8,55	0,40	1,24
Pipe 4	199,71	165	8,66	0,40	1,27
Pipe 5	364,86	165	3,90	0,18	0,29
Pipe 6	410,67	165	0,58	0,03	0,01
Pipe 7	242,58	165	3,53	0,16	0,24
Pipe 8	231,87	165	0,96	0,04	0,02

Lanjutan Tabel 21

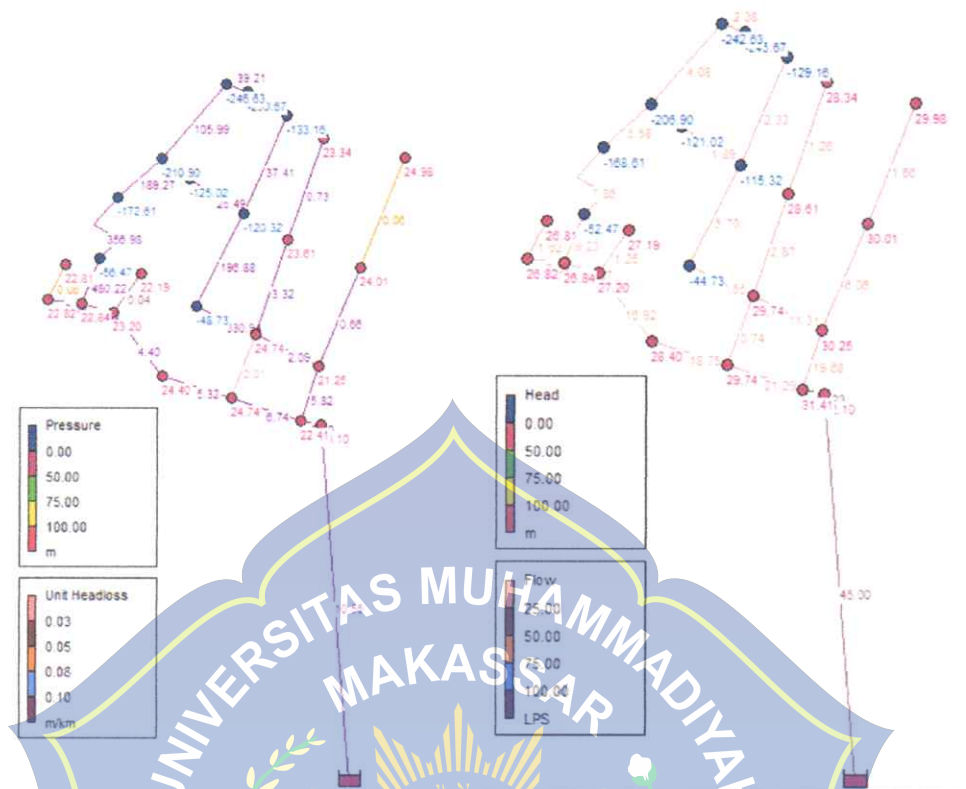
Pipe 9	225,04	50	3,22	1,64	68,57
Pipe 10	252,13	165	6,87	0,23	0,83
Pipe 11	273,69	165	6,12	0,29	0,67
Pipe 12	164,95	165	0,17	0,01	0,00
Pipe 13	109,7	165	5,73	0,27	0,59
Pipe 14	165,16	50	3,82	1,95	94,05
Pipe 15	120,43	165	0,89	0,04	0,02
Pipe 16	135,47	165	0,54	0,03	0,01
Pipe 17	325,33	50	3,54	1,80	81,94
Pipe 18	202,32	50	2,34	1,19	37,85
Pipe 19	337,08	50	1,92	0,98	26,24
Pipe 20	77,9	50	1,31	0,66	12,84
Pipe 21	341,94	89	0,70	0,11	0,25
Pipe 22	371,61	89	0,18	0,03	0,02
Pipe 23	358,52	50	2,46	1,25	41,53
Pipe 24	370,08	50	1,25	0,63	11,76
Pipe 25	223,63	50	0,81	0,41	5,31

Sumber: Program Epanet 2.0 pada Tahun 2022

Berdasarkan Tabel 21 Headloss pada tahun 2042 dapat di lihat bahwa beberapa pipa memiliki headloss yang bernilai besar yaitu pada pipa 9 bernilai 68,57 m/km, pipa 14 bernilai 94,05 m/km, pipa 17 bernilai 81,94 m/km, pipa 18 bernilai 37,85 m/km, pipa 19 bernilai 26,24 m/km, dan pipa 23 bernilai 41,53 m/km. Hal ini disebabkan karena diameter pipa yang kecil menyebabkan headloss dalam pipa besar.

2. Output Pada Tahun 2042

Sama halnya dengan eksisting, maka untuk analisa pada tahun 2024 setelah semua data telah di input ke dalam program juga akan ada keluaran data (output). Adapun keluaran data output Pressure (Tekanan), Unit Headloss, Flow dan Velocity (Kecepatan) pada simulasi dapat dilihat pada Gambar 19 berikut :



Gambar 19 Pressure dan Headloss pada Tahun 2042
 Sumber: Program Epanet 2.0

Berdasarkan Gambar 19 Pressure dan Headloss pada tahun 2042 yang merupakan hasil dari penginputan dari data ke Epanet 2.0, dapat di lihat bahwa, pada junction 11, 12, 13, 14, 15, 19, 22, 23 dan 24 tekanan (pressure) bernilai negatif atau sistem pendistribuan tidak baik, yaitu junction 11 bernilai -48,73 m, junction 12 bernilai -120,32 m, junction 13 bernilai -133,61 m, junction 14 bernilai -250,67 m, junction 15 bernilai -125,02 m, junction 19 bernilai -56,47 m, junction 22 bernilai -172,61 m, junction 23 bernilai -210,90 m, dan junction 24 bernilai -246,63 m. Untuk data lainnya dapat dilihat pada tabel 4.19 dan 4.20 berikut ini:

Tabel 22 Hasil Analisa Program Epanet pada Junction Tahun 2042

Junction Daerah Layanan	Jumlah Pelanggan (SR)	Head m	Pressure m
Junction 1	118	32,10	20,10
Junction 2	151	31,41	22,41
Junction 3	154	30,25	21,25
Junction 4	293	30,01	24,01
Junction 5	111	29,98	24,98
Junction 6	84	28,34	23,34
Junction 7	107	28,61	23,61
Junction 8	109	29,74	24,74
Junction 9	120	29,74	24,74
Junction 10	122	28,40	24,40
Junction 11	123	-44,73	-48,73
Junction 12	99	-115,32	-120,32
Junction 13	155	-129,16	-133,16
Junction 14	159	-245,67	-250,67
Junction 15	126	-121,02	-125,02
Junction 16	83	27,19	22,19
Junction 17	87	27,20	23,20
Junction 18	140	26,84	22,84
Junction 19	91	-52,47	-56,47
Junction 20	95	26,82	22,82
Junction 21	108	26,81	22,81
Junction 22	152	-168,61	-172,61
Junction 23	100	-206,90	-210,90
Junction 24	113	-242,63	-246,63

Sumber: Program Epanet 2.0 pada Tahun 2042

Tabel 23 Hasil Analisa Program Epanet pada Pipa Tahun 2042

Nomor Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (mm)	Flow lt/s	Velocity m/s	Unit Headloss m/km
Pipe 1	1222,25	200	45,00	1,43	10,55
Pipe 2	70,39	200	43,23	1,38	9,80
Pipe 3	247,33	165	21,29	1,00	6,74
Pipe 4	199,71	165	19,68	0,92	5,82
Pipe 5	364,86	165	6,06	0,28	0,66
Pipe 6	410,67	165	1,66	0,08	0,06
Pipe 7	242,58	165	11,31	0,53	2,09

Lanjutan Tabel 23

Pipe 8	231,87	165	0,74	0,03	0,01
Pipe 9	225,04	50	7,55	3,84	330,94
Pipe 10	252,13	165	18,75	0,88	5,32
Pipe 11	273,69	165	16,92	0,79	4,40
Pipe 12	164,95	165	1,25	0,06	0,04
Pipe 13	109,7	165	14,37	0,67	3,25
Pipe 14	165,16	50	9,23	4,70	480,22
Pipe 15	120,43	165	3,04	0,14	0,18
Pipe 16	135,47	165	1,62	0,08	0,06
Pipe 17	325,33	50	7,86	4,00	356,98
Pipe 18	202,32	50	5,58	2,84	189,27
Pipe 19	337,08	50	4,08	2,08	105,99
Pipe 20	77,9	50	2,38	1,21	39,21
Pipe 21	341,94	89	2,87	0,46	3,32
Pipe 22	371,61	89	1,26	0,20	0,73
Pipe 23	358,52	50	5,70	2,90	196,88
Pipe 24	370,08	50	2,33	1,18	37,41
Pipe 25	223,63	50	1,89	0,96	25,49

Sumber: Program Epanet 2.0 pada tahun 2042

Dari hasil analisa menggunakan Epanet 2.0 dapat di lihat pada Tabel 20 bahwa, pada junction 14, 22, 23 dan 24 tekanan bernilai negatif. Dengan bertambahnya penduduk di masa mendatang, junction dengan tekanan bernilai negatif semakin bertambah hal ini dapat di lihat pada tabel 23 pada tahun 2042 junction 11, 12, 13, 14, 15, 19, 22, 23 dan 24 dengan tekanan bernilai negatif atau sistem pendistribuan tidak baik, karena air tidak mengalir ke konsumen.

Untuk solusi dari permasalahan pada kondisi eksisting hingga tahun 2042 adalah penggantian diameter pipa dengan diameter yang lebih besar. Hal ini dilakukan karena diameter pipa yang kecil menyebabkan headloss dalam pipa besar. Oleh karena itu dengan adanya penggantian pipa diharapkan dapat mengurangi besarnya headloss dan kecepatan dalam pipa.

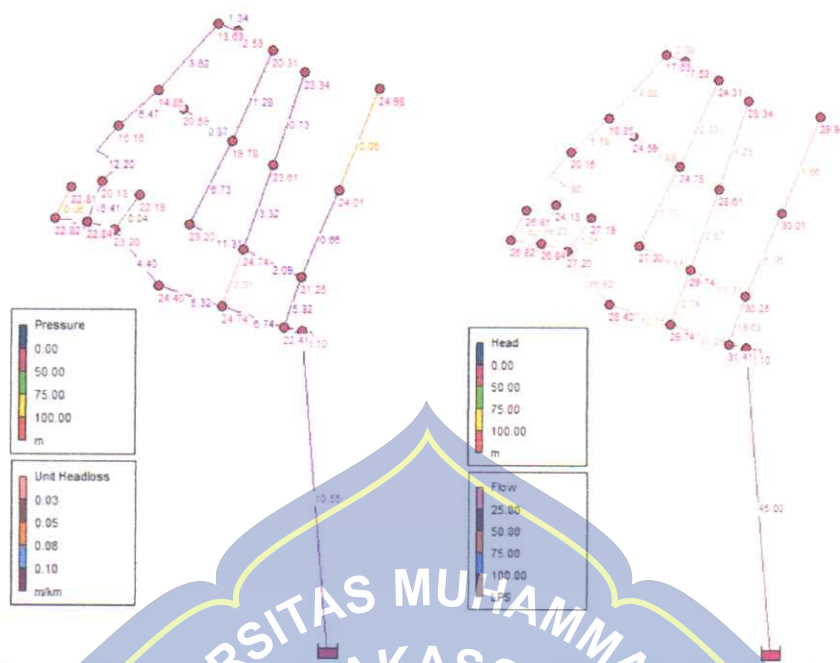
Penggantian diameter pipa yang lebih besar dilakukan pada pipa yang memiliki kehilangan tinggi tekan yang besar. Dari hasil simulasi Epanet yang telah dilakukan, dapat diketahui beberapa pipa yang tidak sesuai lagi untuk digunakan. Berikut tabel penggantian diameter pipa sebagai berikut:

Tabel 24 Penggantian Diameter Pipa

Nomor Pipa	Diameter Lama (mm)	Diameter Baru (mm)	Nomor Pipa	Diameter Lama (mm)	Diameter Baru (mm)
<i>Pipe 1</i>	200	200	<i>Pipe 14</i>	50	165
<i>Pipe 2</i>	200	200	<i>Pipe 15</i>	165	165
<i>Pipe 3</i>	165	165	<i>Pipe 16</i>	165	165
<i>Pipe 4</i>	165	165	<i>Pipe 17</i>	50	165
<i>Pipe 5</i>	165	165	<i>Pipe 18</i>	50	165
<i>Pipe 6</i>	165	165	<i>Pipe 19</i>	50	165
<i>Pipe 7</i>	165	165	<i>Pipe 20</i>	50	165
<i>Pipe 8</i>	165	165	<i>Pipe 21</i>	89	89
<i>Pipe 9</i>	50	165	<i>Pipe 22</i>	89	89
<i>Pipe 10</i>	165	165	<i>Pipe 23</i>	50	165
<i>Pipe 11</i>	165	165	<i>Pipe 24</i>	50	165
<i>Pipe 12</i>	165	165	<i>Pipe 25</i>	50	165
<i>Pipe 13</i>	165	165			

Pipa yang diganti yaitu pipa 9, pipa 14, pipa 17, pipa 18, pipa 19, pipa 20, pipa 23, pipa 24 dan pipa 25. Dengan diameter sebelumnya 50 mm (2 inch) menjadi diameter 165 mm (6 inch).

Dengan diameter pipa baru maka dilakukan analisis kembali pada simulasi di tahun 2042, dapat dilihat pada Gambar 20 berikut:



Gambar 20 Pressure dan Headloss pada 2042 dengan Diameter Pipa Baru
 Sumber: Program Epanet 2.0

Tabel 25 Hasil Simulasi Epanet pada Junction dengan Diameter Pipa Baru

Junction	Jumlah Pelanggan (SR)	Head (m)	Pressure (m)
Junction 1	118	32,10	20,10
Junction 2	151	31,41	22,41
Junction 3	154	30,25	21,25
Junction 4	293	30,01	24,01
Junction 5	111	29,98	24,98
Junction 6	84	28,34	23,34
Junction 7	107	28,61	23,61
Junction 8	109	29,74	24,74
Junction 9	120	29,74	24,74
Junction 10	122	28,40	24,40
Junction 11	123	29,52	25,52
Junction 12	99	29,31	24,31
Junction 13	155	29,27	25,27

Lanjutan Tabel 25

Junction 14	159	26,03	21,03
Junction 15	126	29,29	25,29
Junction 16	83	27,19	22,19
Junction 17	87	27,20	23,20
Junction 18	140	26,84	22,84
Junction 19	91	26,60	22,60
Junction 20	95	26,82	22,82
Junction 21	108	26,81	22,81
Junction 22	152	26,26	22,26
Junction 23	100	26,14	22,14
Junction 24	113	26,04	22,04

Sumber: Program Epanet 2.0

Tabel 26 Hasil Simulasi Epanet pada Pipa dengan Diameter Pipa Baru

Nomor Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (mm)	Flow (lt/s)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipe 1	1222,25	200	45,00	1,43	10,55
Pipe 2	70,39	200	43,23	1,38	9,80
Pipe 3	247,33	165	21,29	1,00	6,74
Pipe 4	199,71	165	19,68	0,92	5,82
Pipe 5	364,86	165	6,06	0,28	0,66
Pipe 6	410,67	165	1,66	0,08	0,06
Pipe 7	242,58	165	11,31	0,53	2,09
Pipe 8	231,87	165	0,74	0,03	0,01
Pipe 9	225,04	165	7,55	0,35	0,99
Pipe 10	252,13	165	18,75	0,88	5,32
Pipe 11	273,69	165	16,92	0,79	4,40
Pipe 12	164,95	165	1,25	0,06	0,04
Pipe 13	109,7	165	14,37	0,67	3,25
Pipe 14	165,16	165	9,23	0,43	1,43
Pipe 15	120,43	165	3,04	0,14	0,18
Pipe 16	135,47	165	1,62	0,08	0,06
Pipe 17	325,33	165	7,86	0,37	1,06
Pipe 18	202,32	165	5,58	0,26	0,56
Pipe 19	337,08	165	4,08	0,19	0,32
Pipe 20	77,9	165	2,38	0,11	0,12
Pipe 21	341,94	89	2,87	0,46	3,32
Pipe 22	371,61	89	1,26	0,20	0,73

Lanjutan Tabel 26

<i>Pipe 23</i>	358,52	165	5,70	0,27	0,59
<i>Pipe 24</i>	370,08	165	2,33	0,11	0,11
<i>Pipe 25</i>	223,63	165	1,89	0,09	0,08

Sumber: Program Epanet 2.0

H. Hasil Perbandingan

Berdasarkan hasil dari simulasi yang dilakukan pada aplikasi Epanet 2.0 maka dapat dilihat perbandingan Pressure dan Unit Headloss kondisi eksisting yaitu tahun 2022 dan simulasi pada tahun 2042 dengan simulasi tahun 2042 dengan diameter pipa baru. Perbandingan Pressure pada tiap nodes atau tiap titik dapat dilihat pada Tabel 27 berikut :

Tabel 27 Perbandingan Pressure

Junction	Pressure		Diameter baru
	2022	2042	
Junction 1	30,37	20,10	20,10
Junction 2	33,23	22,41	22,41
Junction 3	32,97	21,25	21,25
Junction 4	35,87	24,01	24,01
Junction 5	36,86	24,98	24,98
Junction 6	36,82	23,34	23,34
Junction 7	36,83	23,61	23,61
Junction 8	36,91	24,74	24,74
Junction 9	36,92	24,74	24,74
Junction 10	37,71	24,40	24,40
Junction 11	22,48	-48,73	25,52
Junction 12	6,59	-120,32	24,31
Junction 13	3,24	-133,16	25,27
Junction 14	-23,08	-250,67	21,03
Junction 15	6,41	-125,02	25,29
Junction 16	36,53	22,19	22,19
Junction 17	37,53	23,20	23,20
Junction 18	37,46	22,84	22,84
Junction 19	21,93	-56,47	22,60
Junction 20	37,46	22,82	22,82
Junction 21	37,46	22,81	21,03

Lanjutan Tabel 27

Junction 22	-4,58	-168,61	22,26
Junction 23	-12,24	-206,90	22,14
Junction 24	-21,09	-242,63	22,04

Sumber: Program Epanet 2.0

Sementara itu untuk perbandingan Unit Headloss kondisi eksisting yaitu tahun 2022 dan simulasi pada tahun 2042 dengan diameter pipa baru pada tiap Pipes dapat dilihat pada Tabel 27 dan perbandingan Flow (debit) pada pipa dapat dilihat pada Tabel 29 berikut:

Tabel 28 Perbandingan Unit Headloss

Nomor Pipa	Unit Headloss (m/km)				
	Diameter Pipa Lama	2022	2042	Diameter Pipa Baru	2042
Pipe 1	200	2,15	10,55	200	10,55
Pipe 2	200	2,01	9,80	200	9,80
Pipe 3	165	1,24	6,74	165	6,74
Pipe 4	165	1,27	5,82	165	5,82
Pipe 5	165	0,29	0,66	165	0,66
Pipe 6	165	0,01	0,06	165	0,06
Pipe 7	165	0,24	2,09	165	2,09
Pipe 8	165	0,02	0,01	165	0,01
Pipe 9	50	68,57	330,94	165	0,99
Pipe 10	165	0,83	5,32	165	5,32
Pipe 11	165	0,67	4,40	165	4,40
Pipe 12	165	0,00	0,04	165	0,04
Pipe 13	165	0,59	3,25	165	3,25
Pipe 14	50	94,05	480,22	165	1,43
Pipe 15	165	0,02	0,18	165	0,18
Pipe 16	165	0,01	0,06	165	0,06
Pipe 17	50	81,94	356,98	165	1,06
Pipe 18	50	37,85	189,27	165	0,56
Pipe 19	50	26,24	105,99	165	0,32
Pipe 20	50	12,84	39,21	165	0,12
Pipe 21	89	0,25	3,32	89	3,32
Pipe 22	89	0,02	0,73	89	0,73
Pipe 23	50	41,53	196,88	165	0,59
Pipe 24	50	11,76	37,41	165	0,11
Pipe 25	50	5,31	25,49	165	0,08

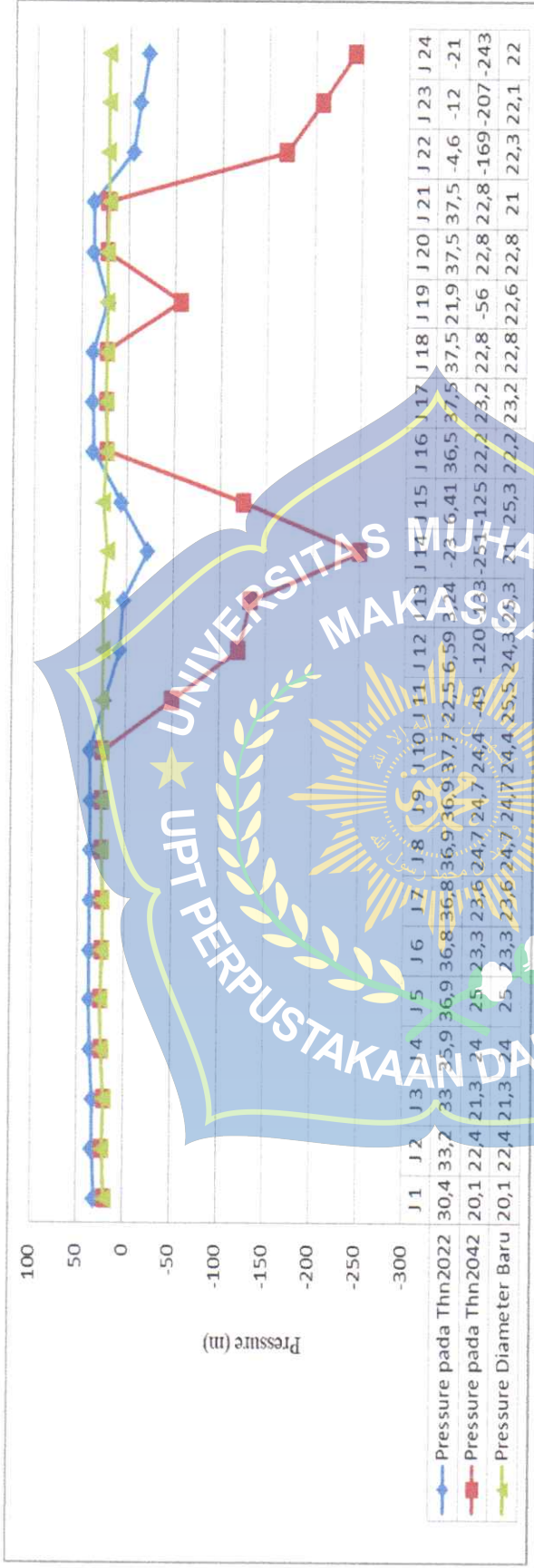
Sumber: Program Epanet 2.0

Berdasarkan Tabel 28 perbandingan unit headloss didapatkan bahwa pada diameter pipa lama beberapa pipa memiliki headloss yang berniali besar. Hal ini disebabkan karena diameter pipa yang kecil menyebabkan headloss dalam pipa besar. Untuk itu dilakukan pergantian diameter pipa dengan diameter yang lebih besar agar dapat mengurangi besarnya headloss pada pipa.

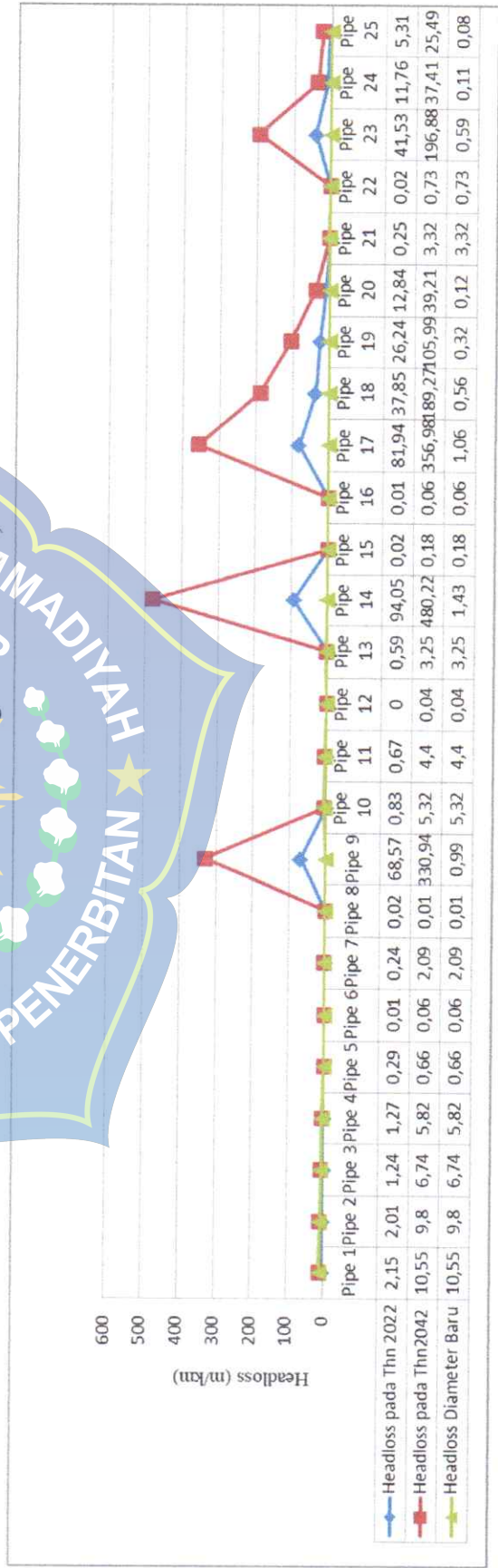
Tabel 29 Perbandingan Flow debit

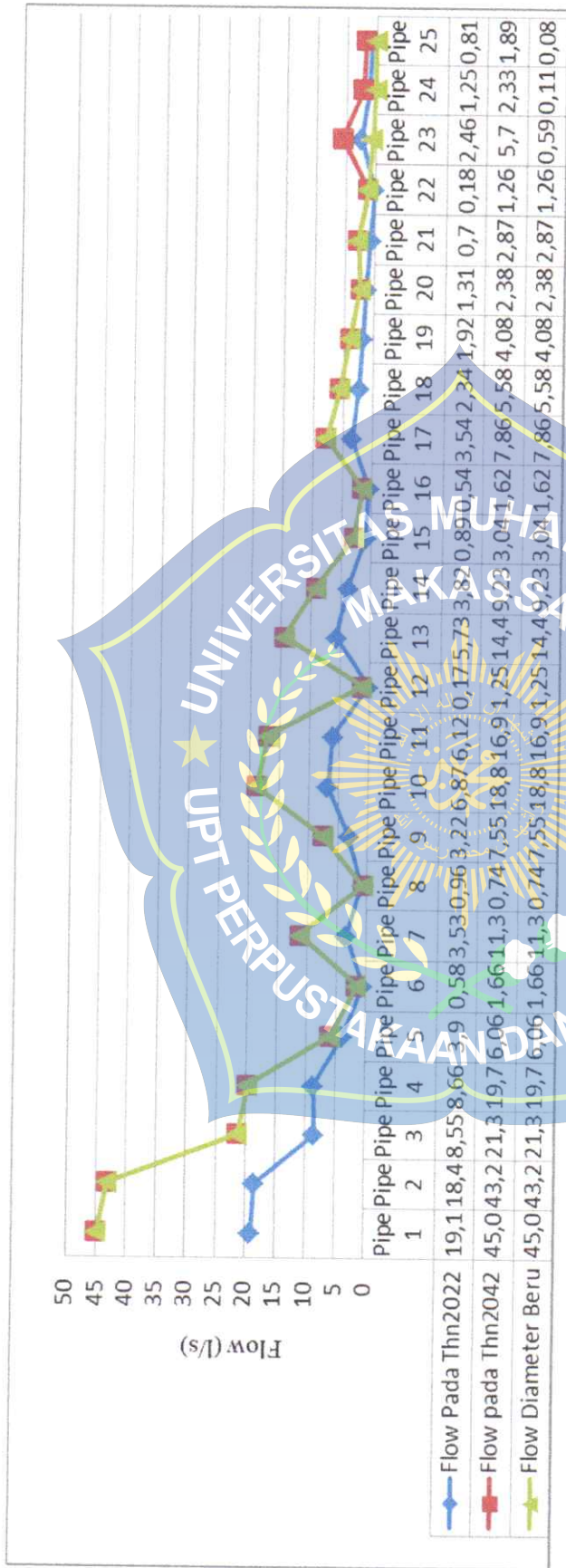
Nomor Pipa	Flow (lt/s)				
	Diameter Pipa Lama	2022	2042	Diameter Pipa Baru	2042
Pipe 1	200	19,08	45,00	200	45,00
Pipe 2	200	18,39	43,23	200	43,23
Pipe 3	165	8,55	21,29	165	21,29
Pipe 4	165	8,66	19,68	165	19,68
Pipe 5	165	3,9	6,06	165	6,06
Pipe 6	165	0,58	1,66	165	1,66
Pipe 7	165	3,53	11,31	165	11,31
Pipe 8	165	0,96	0,74	165	0,74
Pipe 9	50	3,22	7,55	165	7,55
Pipe 10	165	6,87	18,75	165	18,75
Pipe 11	165	6,12	16,92	165	16,92
Pipe 12	165	0,17	1,25	165	1,25
Pipe 13	165	5,73	14,37	165	14,37
Pipe 14	50	3,82	9,23	165	9,23
Pipe 15	165	0,89	3,04	165	3,04
Pipe 16	165	0,54	1,62	165	1,62
Pipe 17	50	3,54	7,86	165	7,86
Pipe 18	50	2,34	5,58	165	5,58
Pipe 19	50	1,92	4,08	165	4,08
Pipe 20	50	1,31	2,38	165	2,38
Pipe 21	89	0,7	2,87	89	2,87
Pipe 22	89	0,18	1,26	89	1,26
Pipe 23	50	2,46	5,7	165	0,59
Pipe 24	50	1,25	2,33	165	0,11
Pipe 25	50	0,81	1,89	165	0,08

Sumber: Program Epanet 2.0

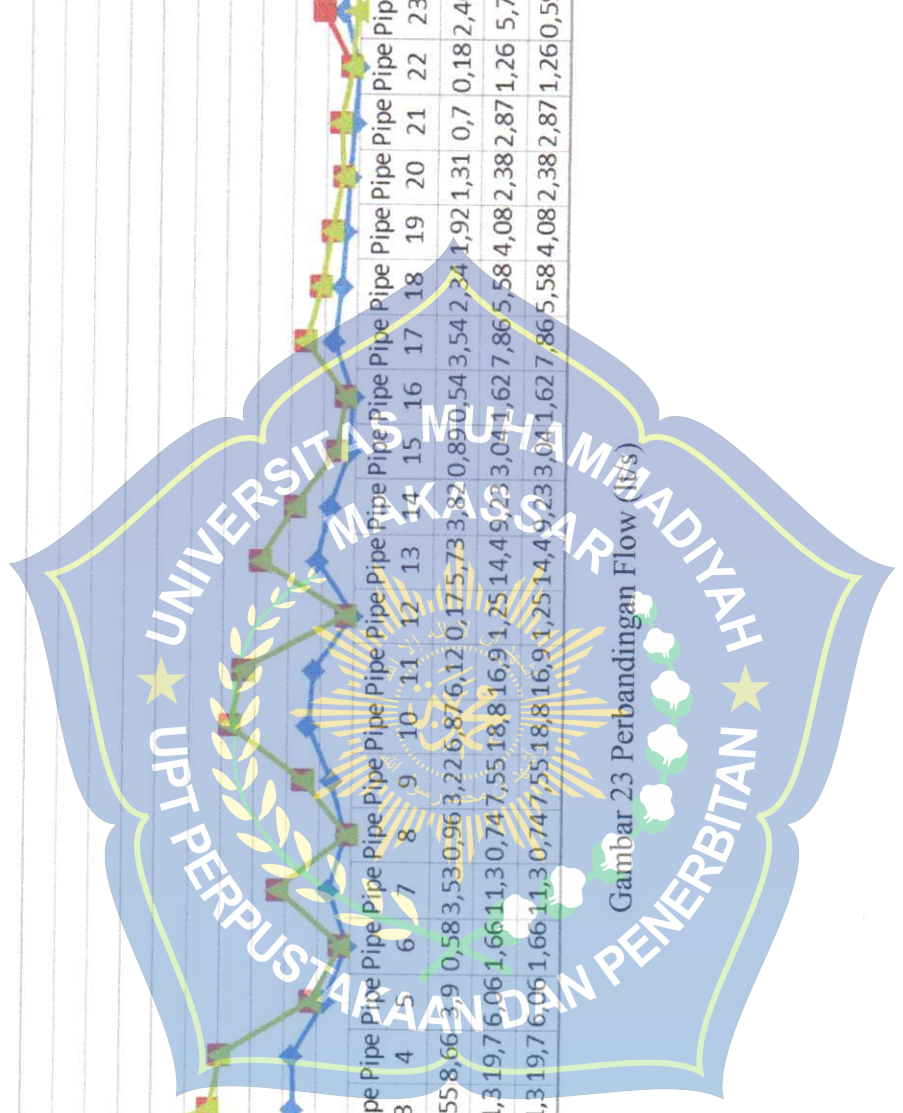


Gambar 21 Perbandingan Pressure (m)





Gambar 23 Perbandingan Flow (l/s)



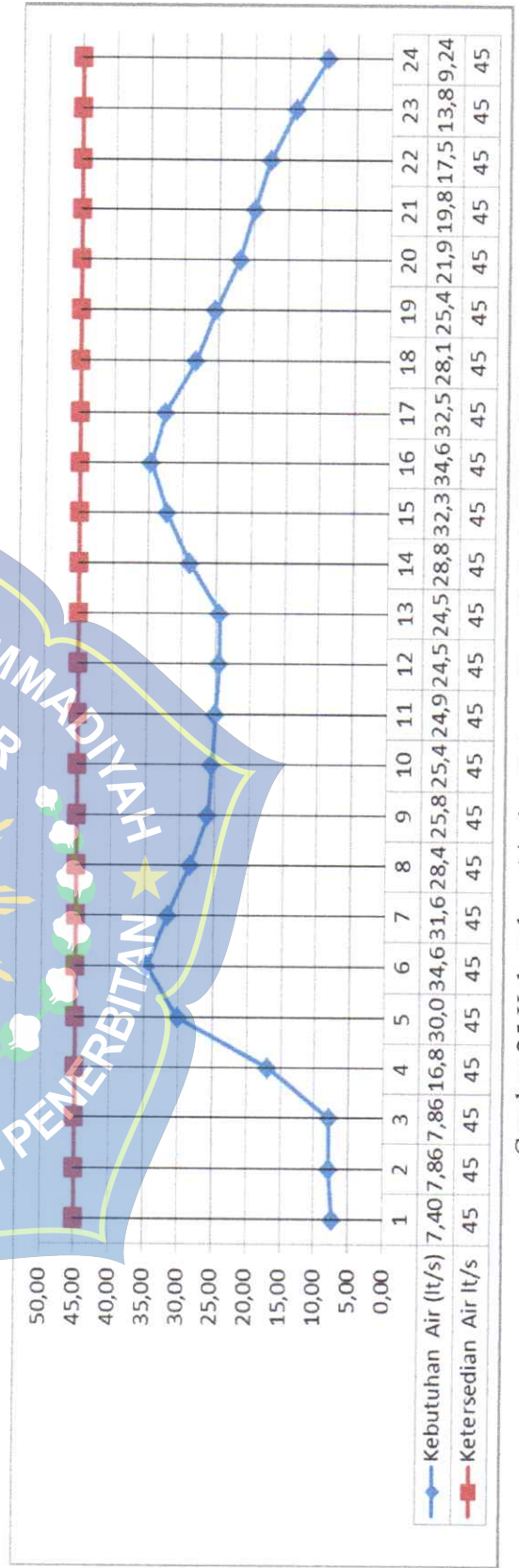
Tabel 31 Kebutuhan Air dan Ketersediaan Air Pada Tahun 2022 dan 2042

Tahun 2022			Tahun 2042		
Jam	Ketersediaan Air lt/s	Kebutuhan Air (lt/s)	Jam	Ketersediaan Air lt/s	Kebutuhan Air (lt/s)
1	45	3,17	1	45	7,40
2	45	3,36	2	45	7,86
3	45	3,36	3	45	7,86
4	45	7,22	4	45	16,87
5	45	12,86	5	45	30,04
6	45	14,84	6	45	34,67
7	45	13,56	7	45	31,66
8	45	12,17	8	45	28,43
9	45	11,08	9	45	25,88
10	45	10,88	10	45	25,42
11	45	10,69	11	45	24,96
12	45	10,49	12	45	24,50
13	45	10,49	13	45	24,50
14	45	12,37	14	45	28,89
15	45	13,85	15	45	32,35
16	45	14,84	16	45	34,67
17	45	13,95	17	45	32,59
18	45	12,07	18	45	28,19
19	45	10,88	19	45	25,42
20	45	9,40	20	45	21,95
21	45	8,51	21	45	19,87
22	45	7,52	22	45	17,56
23	45	5,94	23	45	13,87
24	45	3,96	24	45	9,24

Berdasarkan Tabel 30 jam puncak pada tahun adalah pada sekitaran jam 5 sampai jam 9 pagi dan pada jam 15 sampai 17 sore. Besarnya Pemakaian air pada jam tersebut karena air dimanfaatkan untuk mandi, mencuci pakaian, dan mencuci piring. Akan tetapi kegiatan yang paling banyak memanfaatkan air adalah mandi karena pada jam-jam tersebut merupakan jam persiapan untuk memulai aktivitas pada pagi hari dan pada sore hari.



Gambar 24 Kebutuhan Air dan Ketersediaan Air pada Tahun 2022



Gambar 25 Kebutuhan Air dan Ketersediaan Air pada Tahun 2042

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan mengenai analisis jaringan perpipaan air bersih di Kelurahan Benteng seperti berikut:

1. Hasil perhitungan menggunakan Epanet 2.0 didapatkan bahwa besarnya headloss pada tahun 2022 berkisar antara 0 – 94,05 m/km, pada tahun 2042 berkisar antara 0,01 – 480,22 m/km, setelah dilakukan pergantian diameter pipa baru headloss pada tahun 2042 berkisar antara 0,01 – 16,41 m/km.
2. Hasil perhitungan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2042 sebesar 12.781 jiwa, proyeksi jumlah pelanggan sebesar 3.000 SR, dan berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air rata-rata pada tahun 2042 sebesar 23,110 lt/dt, kebutuhan harian maksimum sebesar 25,241 lt/dt, kebutuhan pada jam puncak sebesar 34,665 lt/dt

B. Saran

Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi di kelurahan Benteng Kabupaten Kepulauan Selayar terkait pemeliharaan jaringan perpipaan air bersih untuk penyaluran air bersih pada pemerintah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2000. Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, Dinas Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Darmasetiawan, M, 2004, *Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*, Ekamitra Engineering, Jakarta.
- Departemen Kesehatan (1990), Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002.
- Hau'Oni K, 2011, *Pengoperasian dan Perawatan Sarana Air Bersih Sistem Gravitasi*, Bahan Bacaan Praktis Untuk Teknisi Pedesaan, Kupang Nusa Tenggara Timur.
- Lambe A.B, 1982. Teknik Penyehatan I (Penyediaan Air Bersih). Mandor Maju, Bandung.
- M. Daud Silalahi, 2003, *Pengaturan Hukum Sumber Daya Air dan Lingkungan Hidup di Indonesia*, Alumni, Bandung.
- Muliakusumah, Sutarsih, 2000. *Proyeksi Penduduk*, Fakultas Ekonomi UI, Jakarta.
- Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Selayar
- Regina Ngagadas, 2014. *Perencanaan Sistem Jaringan Air Bersih Untuk Melayani Daerah Kecamatan Mamboro Kabupaten Sumba Tengah*. Skripsi. Malang. Intitut Teknologi Nasional.
- Rossmann Lewis A, 2000, *Buku Manual Program Epanet Versi Bahasa Indonesia*, Ekamitra Engineering, Jakarta.
- Sahbar R, 2017, *Analisis Kebutuhan Air Bersih (PDAM) Kabupaten Rejang Lebong Provinsi Bengkulu Untuk 10 Tahun Ke Depan*, Jurnal Teknik, No. 1, Vol. 1, hal 40 – 49.
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Nova, Bandung.
- Sutrisno C.T. dkk, 1991. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Rineka Cipta, Jakarta.

Syahrani H, dan Simanungkalit N, M, *Analisis Sebaran Penggunaan Air Domestik Di Kecamatan Binjai Kota*, Tunas Geografi, No. 1, Vol. 6, hal 16 – 24, 2017.

Noerbambang, Soufyan dan Takeo Moh Morimura, 2005, *Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

