



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EVALUASI DAN PENGEMBANGAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR  
MINUM PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM (PDAM) PONDOK  
UNGU, BEKASI**

**SKRIPSI**

**SEKAR UTARI**

**06 06 07 8216**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
DEPOK  
JULI 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EVALUASI DAN PENGEMBANGAN JARINGAN DISTRIBUSI  
AIR MINUM PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM (PDAM)  
PONDOK UNGU, BEKASI**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk melengkapi  
sebagian persyaratan menjadi sarjana teknik**

**SEKAR UTARI**

**06 06 07 8216**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
DEPOK  
JULI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Sekar Utari

NPM : 0606078216

Tanda Tangan : 

Tanggal : 6 Juli 2010

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Sekar Utari  
NPM : 0606078216  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul Skripsi : Evaluasi dan Pengembangan Jaringan Distribusi  
Air Minum Perusahaan Daerah Air Minum  
(PDAM) Pondok Ungu, Bekasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

## DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Firdaus Ali, MSc  
Pembimbing : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, S.E., M.Eng (  )  
Penguji : Ir. El Khobar M. Nazech, M.Eng (  )  
Penguji : Dr. Nyoman Suwartha, ST, MT, M.Agr (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Juli 2010

**PAGE OF APPROVAL**

This final assignment is submitted by :

Name : Sekar Utari

NPM : 0606078216

Study Program : Environmental Engineering

Title of Final Assignment : Evaluation and Development of Water Supply  
Distribution Perusahaan Daerah Air Minum  
(PDAM) Pondok Ungu, Bekasi

**Has been successfully defended in front of the Board of Examiners and was approved as one of requirement needed to achieve Bachelor Degree in Environmental Engineering Study Program, Faculty of Engineering, University of Indonesia.**

**BOARD OF EXAMINER**

Supervisor : Dr. Ir. Firdaus Ali, MSc

Supervisor : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, S.E., M.Eng

Examiner : Ir. El Khobar M. Nazech, M.Eng

Examiner : Dr. Nyoman Suwartha, ST, MT, M.Agr

Approved in : Depok

Date : July 6<sup>th</sup>, 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, skripsi ini dapat diselesaikan. Penulisan skripsi dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bapak Dr. Ir. Djoko M. Hartono, S.E., M.Eng., dan Bapak Ir. Firdaus Ali, PhD, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Pak Abdulrahman, Pak Nurhasan, dan Pak Arifin, selaku pegawai PDAM yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (3) Orang tua dan saudara-saudara saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (4) Saudari Ratna Kusuma Dewi sebagai teman seperjuangan dalam memperoleh data skripsi yang juga telah memberikan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini;
- (5) Saudari Sri Diah Handayani yang telah meminjamkan laptopnya saat saya akan sidang seminar;
- (6) Saudari Fira Yolanda, Meissa Riani, Santi Trilina, Nia Nur Kurniawati, Siti Kurnia, dan rekan-rekan lain yang selalu menyemangati untuk menyelesaikan skripsi ini;
- (7) Rekan-rekan mahasiswa teknik lingkungan lainnya yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini; dan
- (8) Pihak-pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu dalam skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 29 Juni 2010

Penulis

Sekar Utari



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sekar Utari  
NPM : 0606078216  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

EVALUASI DAN PENGEMBANGAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM  
PDAM PONDOK UNGU, BEKASI

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 29 Juni 2010

Yang menyatakan

(Sekar Utari)

## ABSTRAK

Nama : Sekar Utari  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Evaluasi dan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Minum  
Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Pondok Ungu, Bekasi

Kebutuhan air minum bagi masyarakat yang harus dipenuhi secara memadai dan berkesinambungan memerlukan pembangunan prasarana dan sarana air minum. PDAM Pondok Ungu yang merupakan cabang dari PDAM Bekasi ini melayani daerah di sekitar PDAM tersebut (kelurahan Pejuang) dan 2 unit lainnya (kelurahan Kaliabang Tengah dan Kecamatan Tarumajaya). Kehilangan air yang terjadi pada jaringan distribusi air minum PDAM Pondok Ungu sebesar hampir 40 % menyebabkan perlunya dilakukan evaluasi pada jaringan distribusi ini. Evaluasi dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi, lalu diberikan rekomendasi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pengembangan jaringan distribusi air minum dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air minum penduduk yang semakin bertambah setiap tahunnya, sehingga perlu adanya rekomendasi untuk pengembangan jaringan distribusi air minum sampai mencapai kapasitas maksimum 600 L/detik. Evaluasi dan pengembangan jaringan distribusi ini dilakukan menggunakan program EPANET dan WaterCAD. Kecepatan aliran dalam pipa yang kurang dari kriteria desain merupakan permasalahan yang terjadi, maka diperlukan penggantian pipa dengan diameter yang lebih kecil. Pengembangan dilakukan sampai kapasitas maksimum 600 L/detik yang dicapai pada tahun 2024, dan perlu penambahan 2 *loop* pada jaringan distribusi air minum PDAM Pondok Ungu.

Kata kunci :  
Evaluasi, pengembangan, jaringan distribusi air minum, PDAM Pondok Ungu

## ABSTRACT

Name : Sekar Utari  
Study Program: Environmental Engineering  
Title : Evaluation and Development of Water Supply Distribution  
Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Pondok Ungu, Bekasi

Water supplies for communities must be met adequately and sustainable development requires infrastructure and drinking water facilities. PDAM Pondok Ungu which are of the branch of PDAM Bekasi serves the area around the PDAM Pondok Ungu (Pejuang Village) and two other units (Kaliabang Tengah Village, and Tarumajaya District). Water losses that occurs in PDAM Pondok Ungu water distribution system by almost 40%, causing the need of evaluation in this distribution system. The evaluation was done to identify problems that occurred, and provided recommendations to overcome these problems. Development of water distribution to meet drinking water needs of a growing population every year, so it needs a recommendation for the development of water supply distribution until it reaches the maximum capacity of 600 L/s. Evaluation and development of distribution system is performed using the program EPANET and WaterCAD. Flow velocity in the pipe that is less than the design criteria is a problem that occurs, then the necessary change the pipe into smaller diameter. Development is done until the maximum capacity 600 L/s that is reached in 2024, and need the addition of two loops in the water distribution system of PDAM Pondok Ungu, Bekasi.

Keywords:  
Evaluation, development, water supply distribution, PDAM Pondok Ungu

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
<b>PAGE OF APPROVAL</b> .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Penelitian .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Kebutuhan Air Minum .....	5
2.2 Reservoir .....	10
2.3 Sistem Distribusi Air Minum .....	10
2.3.1 Desain Distribusi Air Minum .....	10
2.3.2 Keseimbangan Air ( <i>Water Balance</i> ) .....	17
2.3.3 Kesalahan Desain .....	18
2.4 Flokulasi .....	20
2.4.1 Pipa .....	20
2.4.2 Katup ( <i>Valve</i> ) .....	23
2.4.3 Meter Air ( <i>Meters</i> ) .....	25
<b>3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>27</b>
3.1 Kerangka Berpikir .....	27
3.2 Data Penunjang .....	28
3.2.1 Studi Literatur .....	28
3.2.2 Data Primer .....	29
3.2.3 Data Sekunder .....	29
3.3 Pengolahan Data .....	29
3.3.1 Perhitungan Evaluasi .....	30
3.3.2 Perhitungan Pengembangan .....	31
<b>4. GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI</b> .....	<b>32</b>

4.1 Gambaran Kota Bekasi .....	32
4.2 Lingkungan Fisik Alami .....	35
4.2.1 Topografi .....	35
4.2.2 Hidrologi.....	35
4.3 Kependudukan Kota Bekasi.....	39
4.4 Jaringan Distribusi PDAM Pondok Ungu, Bekasi .....	42
4.4.1 Kelurahan Pejuang .....	43
4.4.2 Kelurahan Kaliabang Tengah .....	43
4.4.3 Kecamatan Tarumajaya.....	44
<b>5. EVALUASI DAN PENGEMBANGAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM EKSISTING .....</b>	<b>45</b>
5.1 Kondisi Jaringan Distribusi Eksisting .....	45
5.2 Evaluasi Jaringan Distribusi.....	47
5.2.1 Program EPANET .....	48
5.2.2 WaterCAD.....	58
5.3 Analisis Evaluasi Jaringan Distribusi Air Minum.....	66
5.3.1 Analisis Komponen Jaringan Distribusi Air Minum .....	66
5.3.2 Analisis Perbandingan Perhitungan menggunakan EPANET dengan WaterCAD .....	79
<b>6. PENGEMBANGAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM PDAM PONDOK UNGU .....</b>	<b>82</b>
6.1 Proyeksi Kebutuhan Air .....	82
6.1.1 Proyeksi Penduduk Kota Bekasi .....	82
6.1.2 Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi.....	88
6.1.3 Proyeksi Penduduk Daerah Pelayanan.....	91
6.1.4 Proyeksi Kebutuhan Air .....	93
6.2 Pengembangan Jaringan Distribusi Air Minum .....	100
6.2.1 Tahapan Pengembangan Jaringan Distribusi .....	100
6.1.2 Pengembangan Jaringan Distribusi dengan EPANET .....	102
<b>6. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>108</b>
6.1 Kesimpulan .....	108
6.2 Saran .....	109
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>110</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan antara Komponen, Subkomponen, dan Sub-subkomponen untuk Sistem Distribusi Air minum.....	17
Gambar 2.2 Gate Valve.....	21
Gambar 2.3 Globe Valve .....	21
Gambar 2.4 Check Valve .....	22
Gambar 2.5 Air-relief Valve .....	22
Gambar 2.6 Balanced Valve.....	23
Gambar 2.7 Pressure-regulating Valves.....	23
Gambar 2.8 Pressure-relief Valves.....	24
Gambar 2.9 Altitude Valves.....	24
Gambar 2.10 Needle Valves.....	25
Gambar 2.11 Sluice Gates.....	25
Gambar 2.12 Butterfly Valves.....	25
Gambar 3.1 Kerangka Konsep .....	28
Gambar 3.2 Langkah Pengolahan Data .....	30
Gambar 4.1 Perkembangan Laju Pertumbuhan Penduduk Kota Bekasi Tahun 1994-2006.....	41
Gambar 4.2. Grafik Jumlah Penduduk menurut Kecamatan dan Jenis Kelamin	42
Gambar 5.1 Peta Jaringan Distribusi Pondok Ungu .....	45
Gambar 5.2 Peta Jaringan Distribusi Air minum Beserta Letak Node.....	47
Gambar 5.3 Jaringan Distribusi (dengan Nomor-Nomor Node).....	52
Gambar 5.4 Jaringan Distribusi (dengan Nomor-Nomor Pipa) .....	53
Gambar 5.5 Hasil Output pada Junction (Node) .....	57
Gambar 5.6 Nilai Kecepatan Hasil Perhitungan EPANET .....	57
Gambar 5.7 Jaringan Distribusi Air minum menggunakan WaterCAD.....	62
Gambar 5.8 Grafik Kecepatan Pipa Eksisting dengan Kriteria Desain .....	67
Gambar 5.9 Jaringan Distribusi dengan Diameter Pipa yang Diperkecil.....	68
Gambar 5.10 Grafik Kecepatan pada Pipa Setelah Diameter Berubah .....	72
Gambar 5.11 Grafik Kecepatan Pipa Eksisting dengan Kriteria desain .....	74
Gambar 5.12 Grafik Kecepatan Aliran pada Pipa Setelah Perubahan Diameter	76
Gambar 5.13 Jaringan Distribusi 15 Node pada Program EPANET.....	74
Gambar 5.14 Jaringan Distribusi 15 node pada Program WaterCAD.....	74
Gambar 6.1 Grafik Pertumbuhan Penduduk Kota Bekasi dengan Metode Aritmatika.....	84
Gambar 6.2 Grafik Pertumbuhan Penduduk Kota Bekasi dengan Metode Geometrik.....	84
Gambar 6.3 Grafik Proyeksi Penduduk Kota Bekasi dengan Metode Mathematical .....	86
Gambar 6.4 Grafik Proyeksi Penduduk Kota Bekasi Dengan Metode Decreasing Rate Of Increase .....	87
Gambar 6.5 Grafik Proyeksi Penduduk Kota Bekasi .....	87
Gambar 6.6 Grafik Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi dengan Metode Aritmatika.....	89
Gambar 6.7 Grafik Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi dengan Metode	

Geometrik.....	89
Gambar 6.8 Grafik Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi dengan Metode Mathematical .....	90
Gambar 6.9. Grafik Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi dengan Metode Decreasing Rate Of Increase .....	90
Gambar 6.10 Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi .....	91
Gambar 6.11 Perencanaan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Minum....	101
Gambar 6.12 Pengembangan Jaringan Distribusi Air Minum .....	103
Gambar 6.13 Perpipaan Jaringan Distribusi Air Minum pada Program EPANET .....	104



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Luas Wilayah Kecamatan dan Daftar Kelurahan Kota Bekasi.....	32
Tabel 4.2 Luas DAS dan Panjang Sungai Utama di Kota Bekasi.....	36
Tabel 4.3 Sungai-Sungai yang Melintasi Wilayah Kota Bekasi .....	38
Tabel 4.4 Kepadatan dan Distribusi Penduduk Tahun 2006.....	40
Tabel 4.5 Jumlah Penduduk Bekasi Menurut Jenis Kelamin.....	41
Tabel 5.1 Panjang dan Diameter Pipa.....	50
Tabel 5.2 Debit Tiap Junction/Node.....	51
Tabel 5.3 Tabel Output Nodes/Junction .....	54
Tabel 5.4 Tabel Output Komponen Pipa .....	55
Tabel 5.5 Data Input Elemen Pipa Jaringan Distribusi.....	63
Tabel 5.6 Data Input Elemen Node Jaringan Distribusi .....	63
Tabel 5.7 Hasil Output Junction Program Watercad .....	64
Tabel 5.8 Hasil Output Pipa Program Watercad .....	65
Tabel 5.9 Pipa dengan Kecepatan di Bawah Kriteria Desain .....	67
Tabel 5.10 Perubahan Diameter Pipa .....	69
Tabel 5.11 Hasil Output Pipa Setelah Perubahan Diameter .....	71
Tabel 5.12 Hasil Output Junction Setelah Perubahan Diameter .....	72
Tabel 5.13 Perubahan Diameter Pipa Jaringan Distribusi .....	75
Tabel 5.14 Hasil Output Pipa Setelah Perubahan Diameter Pipa.....	76
Tabel 5.15 Perbandingan Diameter Pipa Eksisting dengan Pipa Evaluasi .....	77
Tabel 5.16 Panjang Pipa yang Berubah .....	78
Tabel 5.17 Perbandingan Hasil Output Junction EPANET dan WaterCAD ...	80
Tabel 5.18 Perbandingan Hasil Output Pipa EPANET dan WaterCAD .....	80
Tabel 6.1 Jumlah Penduduk Kota Bekasi Tahun 2000-2008 .....	83
Tabel 6.2 Proyeksi Penduduk Kota Bekasi menggunakan Metode Aritmatika	83
Tabel 6.3 Proyeksi Penduduk Kota Bekasi menggunakan Metode Geometrik	84
Tabel 6.4 Proyeksi Penduduk Kota Bekasi dengan Metode Mathematical .....	86
Tabel 6.5 Proyeksi Penduduk Kota Bekasi dengan Metode Decreasing Rate Of Increase .....	87
Tabel 6.6 Jumlah Penduduk Kabupaten Bekasi Tahun 2001-2005.....	88
Tabel 6.7 Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi menggunakan Metode Aritmatika.....	88
Tabel 6.8 Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi menggunakan Metode Geometrik .....	89
Tabel 6.9 Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi menggunakan Metode Mathematical.....	90
Tabel 6.10 Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi menggunakan Metode Decreasing Rate Of Increase .....	91
Tabel 6.11 Proyeksi Penduduk Kelurahan Pejuang.....	92
Tabel 6.12 Proyeksi Penduduk Kelurahan Kaliabang Tengah.....	92
Tabel 6.13 Proyeksi Penduduk Kecamatan Tarumajaya .....	92
Tabel 6.14 Kebutuhan Air.....	93
Tabel 6.15 Kebutuhan Air Pemukiman Kelurahan Pejuang .....	94
Tabel 6.16 Proyeksi Kebutuhan Air Kelurahan Pejuang .....	95

Tabel 6.17 Kebutuhan Air Pemukiman Kelurahan Kaliabang Tengah .....	96
Tabel 6.18 Proyeksi Kebutuhan Air Kelurahan Kaliabang Tengah .....	97
Tabel 6.19 Kebutuhan Air Pemukiman Kecamatan Tarumajaya .....	98
Tabel 6.20 Proyeksi Kebutuhan Air Kecamatan Tarumajaya .....	99
Tabel 6.21 Kebutuhan Air Daerah Pelayanan PDAM Pondok Ungu .....	100
Tabel 6.22 Data Input pada Junction/Node .....	103
Tabel 6.23 Perencanaan Pengembangan Perpipaan Jaringan Distribusi .....	104
Tabel 6.24 Perbandingan Diameter Pipa Eksisting dengan Pipa Pengembangan .....	107



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proyeksi Penduduk Kota Bekasi.....	113
Lampiran 2. Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi.....	114
Lampiran 3. Proyeksi Penduduk Daerah Pelayanan.....	115
Lampiran 4. Proyeksi Fasilitas Cabang Pondok Ungu .....	116
Lampiran 5. Proyeksi Fasilitas Unit Tarumajaya .....	118
Lampiran 6. Proyeksi Fasilitas Unit Pondok Ungu Permai .....	120



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Air merupakan unsur utama yang paling penting bagi kehidupan manusia di dunia. Kita mampu bertahan hidup tanpa makan dalam beberapa minggu, namun tanpa air kita akan mati dalam beberapa hari saja. Air yang kita gunakan untuk bertahan hidup tersebut tentulah harus air minum. Air merupakan elemen yang paling melimpah di atas Bumi, yang meliputi 70% permukaannya dan berjumlah kira-kira 1,4 milyar kilometer kubik. Namun hanya sebagian kecil saja dari jumlah ini yang benar-benar dimanfaatkan, yaitu kira-kira hanya 0,003%. Oleh karena itu, air yang benar-benar dapat dimanfaatkan ini harus digunakan se-efektif mungkin agar dapat mencukupi kebutuhan manusia dan makhluk hidup lainnya di bumi ini.

Pada hakekatnya pembangunan prasarana dan sarana air bersih bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air minum bagi masyarakat secara memadai dan berkesinambungan baik dalam hal kualitas maupun kuantitas, sehingga dapat meningkatkan kesehatan dan kualitas hidup masyarakat. Berkaitan dengan hal tersebut, maka penyediaan air minum perlu mendapatkan prioritas utama dalam hal ketersediaan sumber air baku secara berkelanjutan. Selain itu, seiring dengan peningkatan laju pertumbuhan ekonomi dan penduduk kota Bekasi, maka berimplikasi pada kebutuhan air minum bagi masyarakat yang akan semakin meningkat, sementara air minum yang dapat disediakan oleh pemerintah masih memiliki keterbatasan dalam hal melayani dan mengantisipasi kebutuhan tersebut.

Prasarana dan sarana air minum di Bekasi ditangani oleh PDAM Bekasi. PDAM Bekasi ini bertanggung jawab melayani dan menyediakan air minum di wilayah Bekasi. PDAM Pondok Ungu yang merupakan cabang dari PDAM Bekasi ini melayani daerah di sekitar PDAM tersebut dan 2 unit lainnya. Persentase penduduk yang telah dilayani pada PDAM Pondok Ungu tahun 2009 mencapai 79,7 %, pada unit Pondok Ungu Permai mencapai 11,9 %, dan pada unit Tarumajaya mencapai 13,5 % (Laporan Bulanan PDAM

Pondok Ungu Bekasi, 2009). Penduduk yang harus dilayani pun terus bertambah seiring bertambahnya waktu. Semakin banyak masyarakat yang memerlukan air minum yang disediakan oleh PDAM Pondok Ungu, Bekasi. Lalu, dalam pendistribusian air minum ke konsumen-konsumen terjadi kehilangan air sebesar sekitar 40 % (Laporan Bulanan PDAM Pondok Ungu Bekasi, 2009-2010). Kehilangan air ini menyebabkan jumlah air minum yang diterima konsumen lebih kecil dari yang keluar dari instalasi. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi untuk mengidentifikasi penyebab masalah pada pendistribusian air minum ini, dan setelah itu diketahui solusinya. Di sisi lain, diperlukan pula pengembangan jaringan distribusi air minum pada area pelayanan PDAM Pondok Ungu ini untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang terus bertambah beberapa tahun ke depan.

## **1.2 PERUMUSAN MASALAH**

- a. Apa permasalahan yang terjadi pada jaringan distribusi air minum PDAM Pondok Ungu?
- b. Apa penyebab masalah tersebut?
- c. Bagaimana solusi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut?
- d. Bagaimana pengembangan yang tepat untuk jaringan distribusi air minum pada PDAM Pondok Ungu?

## **1.3 TUJUAN PENELITIAN**

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk :

- Mengidentifikasi masalah yang terjadi pada jaringan distribusi air minum PDAM Pondok Ungu
- Memberikan rekomendasi untuk mengatasi permasalahan yang ditemukan
- Memberikan rekomendasi untuk pengembangan jaringan distribusi air minum sampai mencapai kapasitas maksimum 600 L/detik

## **1.4 BATASAN PENELITIAN**

Hal-hal yang membatasi penulisan skripsi ini adalah :

- Terbatas pada evaluasi sistem jaringan distribusi air minum

- Terbatas pada pengembangan sistem jaringan distribusi air minum
- Evaluasi dan pengembangan jaringan distribusi air minum ini hanya dilakukan di daerah pelayanan PDAM Pondok Ungu Bekasi
- Tidak membahas kualitas pada sistem jaringan distribusi air minum
- Tidak memperhitungkan biaya yang dibutuhkan dalam pengembangan jaringan distribusi air minum
- Evaluasi dan pengembangan jaringan distribusi air minum hanya dilakukan pada 2 unit (unit Cabang Pondok Ungu dan unit Pondok Ungu Permai) yang dilayani PDAM Cabang Pondok Ungu, Bekasi
- Hanya mengkaji masalah teknis, masalah sosial-ekonomi masyarakat tidak dibahas

## **1.5 SISTEMATIKA PENULISAN**

Sistematika dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini dibahas tentang latar belakang dilakukannya evaluasi dan pengembangan jaringan distribusi air minum di PDAM Pondok Ungu, tujuan penulisan, batasan masalah yang akan diteliti, dan sistematika penulisan skripsi ini.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang teori-teori dasar yang berhubungan dengan air minum, sistem distribusi air minum yang akan dipakai sebagai dasar dari analisis yang akan dilakukan di PDAM Pondok Ungu.

### **BAB 3 METODOLOGI PENULISAN**

Bab ini membahas tentang metodologi pemecahan masalah, langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini, cara pengambilan dan pengolahan data, dan pemilihan studi literature.

### **BAB 4 GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI**

Dalam bab ini akan dipaparkan data dan informasi mengenai kondisi eksisting wilayah objek studi, seperti kondisi geografi wilayah studi, tata guna lahan, topografi, keadaan penduduk, dan jaringan distribusi eksisting di wilayah tersebut.

## BAB 5 EVALUASI JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM EKSISTING

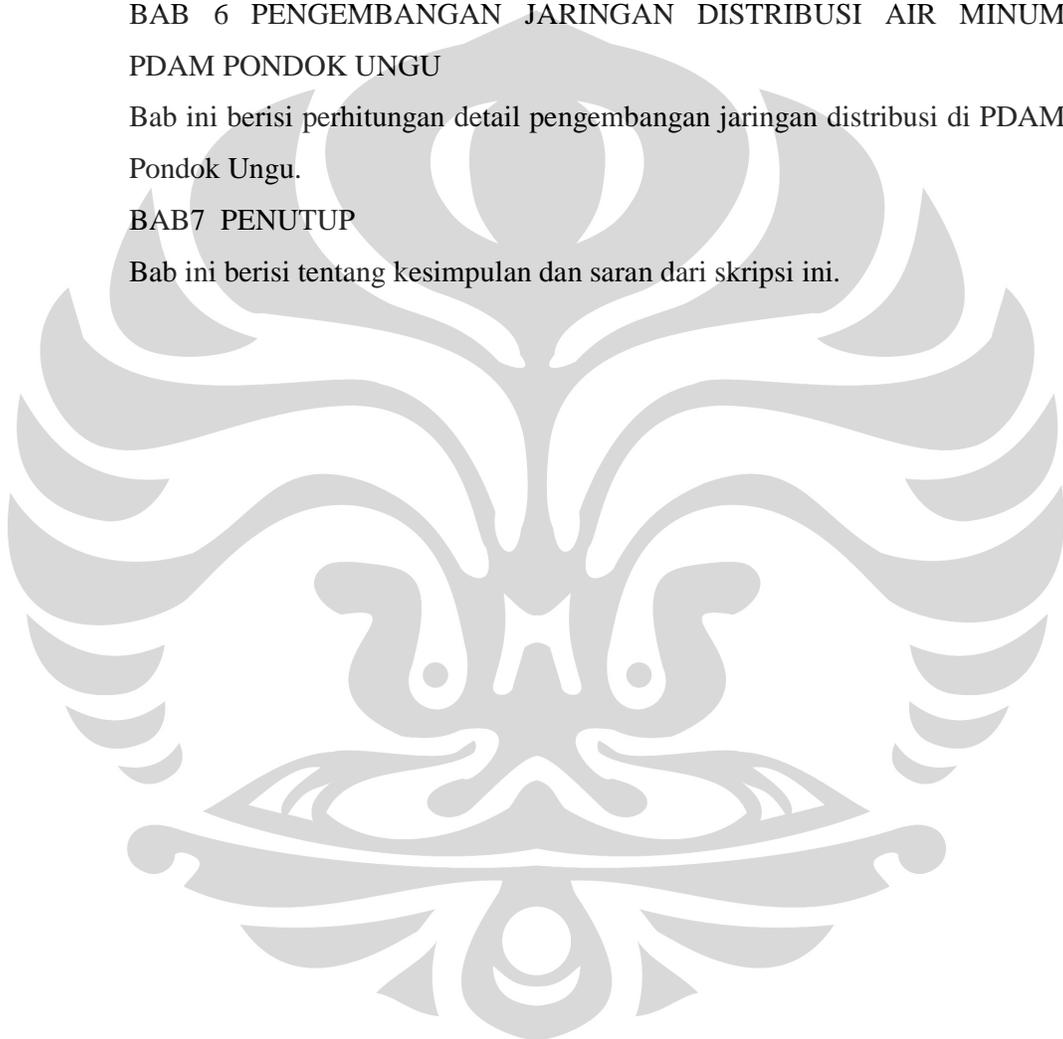
Bab ini berisi kondisi eksisting jaringan distribusi air minum Pondok Ungu saat ini, perhitungan dan pengolahan data pada jaringan distribusi eksisting tersebut sekaligus mengidentifikasi masalah yang terjadi, dan analisa perhitungan sistem jaringan distribusi eksisting tersebut untuk didapatkan rekomendasi solusi.

## BAB 6 PENGEMBANGAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM PDAM PONDOK UNGU

Bab ini berisi perhitungan detail pengembangan jaringan distribusi di PDAM Pondok Ungu.

## BAB7 PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari skripsi ini.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 KEBUTUHAN AIR**

Dalam merancang suatu sistem jaringan distribusi air minum perlu memperhatikan jumlah populasi di wilayah yang akan dilayani atau biasa disebut dengan area pelayanan. Jumlah populasi di area pelayanan perlu diperhatikan untuk menentukan kuantitas kebutuhan air minum di wilayah tersebut. Jumlah populasi penduduk ini berbanding lurus dengan jumlah kebutuhan air. Semakin banyak penduduk/populasi di suatu wilayah, semakin besar pula jumlah kebutuhan air minum di wilayah tersebut.

Konsumsi air dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti iklim, tingkat ekonomi, kepadatan penduduk, derajat industrialisasi, biaya, tekanan, dan kualitas dari air. Suatu analisis kebutuhan yang akan datang dari suatu bagian komunitas harus selalu dimulai dengan mengetahui persen yang digunakan. Konsumsi air bersih ini dapat dibagi menjadi kelas-kelas dari pengguna (domestik, komersial, industri, publik), wilayah kota, tingkat ekonomi pengguna, musim, dan lain-lain. Prosedur umum dalam pembagian total penggunaan dengan total populasi untuk mendapatkan jumlah konsumsi per kapita harus digunakan hanya dengan pertimbangan khusus, selama :

- Populasi yang ada belum dilayani oleh sistem perkotaan
- Adanya pengguna industri yang luas yang tidak akan berubah dengan populasi
- Karakteristiknya akan berubah sesuai dengan besarnya populasi

(McGhee, 1991 )

Dalam merancang jaringan distribusi air minum suatu wilayah untuk beberapa tahun ke depan, diperlukan perhitungan proyeksi penduduk. Proyeksi pertumbuhan penduduk merupakan perhitungan perkiraan penduduk suatu wilayah pada suatu tahun tertentu yang belum diketahui. Penduduk merupakan pelaku sekaligus sasaran pembangunan, sehingga data penduduk merupakan data pokok yang perlu diketahui karakteristiknya, (kuantitas,

distribusi, komposisi dan kualitas) untuk mengetahui potensi maupun kebutuhan yang diperlukan. Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk ini dilakukan dengan menggunakan data demografi. Menurut Bogue (1969), demografi adalah sebagai studi statistik dan matematik terhadap besaran, komposisi, sebaran, serta perubahan-perubahannya yang terjadi dari waktu ke waktu pada populasi manusia melalui berlangsungnya lima proses: fertilitas, mortalitas, perkawinan, migrasi, dan mobilitas sosial (McGhee, 1991). Proyeksi penduduk ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan informasi jumlah penduduk di masa yang akan datang. Kebutuhan informasi jumlah penduduk di masa yang akan datang ini digunakan sebagai dasar dalam perancangan pembangunan suatu wilayah.

Proyeksi penduduk bukan merupakan ramalan jumlah penduduk tetapi suatu perhitungan ilmiah yang didasarkan pada asumsi dari komponen-komponen laju pertumbuhan penduduk, yaitu kelahiran, kematian, dan perpindahan (migrasi). Pertumbuhan penduduk ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kelahiran, kematian, dan migrasi. Pertumbuhan penduduk ini dapat berubah-ubah setiap tahun karena angka kelahiran, angka kematian, dan migrasi ini juga berubah-ubah. Proyeksi pertumbuhan penduduk ini memerlukan data laju pertumbuhan penduduk untuk dimasukkan ke dalam perhitungannya. Dalam perhitungan proyeksi penduduk terdapat beberapa tahapan untuk menentukan jumlah penduduk di masa yang akan datang, antara lain :

- Penentuan data dasar penduduk
- Penentuan asumsi kelahiran, kematian, dan perpindahan
- Perhitungan proyeksi

(McGhee, 1991)

Dalam penentuan data dasar dan perapihan penduduk ini diperlukan data jumlah penduduk dalam beberapa tahun terakhir (misal : data penduduk 5 tahun terakhir). Penentuan data ini sangat diperlukan untuk menentukan laju pertumbuhan penduduk. Komponen-komponen dalam laju pertumbuhan penduduk adalah kelahiran, kematian, dan migrasi. Oleh karena itu, diperlukan penentuan asumsi kelahiran, kematian, dan migrasi yang berarti

diperlukan penentuan asumsi laju pertumbuhan penduduk. Asumsi laju pertumbuhan penduduk ini diketahui dari data jumlah penduduk beberapa tahun terakhir. Perhitungan laju pertumbuhan ini dapat menggunakan rumus perhitungan proyeksi penduduk dan dapat juga menggunakan rata-rata laju pertumbuhan penduduk setiap tahun. Setelah diketahui laju pertumbuhan penduduk dapat dihitung proyeksi penduduknya (McGhee, 1991).

Perhitungan proyeksi penduduk dapat dilakukan dengan berbagai metode. Salah satunya adalah dengan menggunakan **metode geometrik**. Perhitungan dengan metode ini adalah dengan menggunakan rumus (Qasim, Motley, & Zhu, 2000, p.64) :

$$\ln Y_t = \ln Y_2 + K_p (T - T_2) \quad (2.1)$$

dengan,

$Y_t$  = jumlah populasi yang dicari

$Y_2$  = jumlah populasi pada waktu awal

$K_p$  = laju pertumbuhan penduduk

$T$  = waktu saat populasi yang dicari

$T_2$  = waktu awal

Dari persamaan tersebut juga dapat dicari laju pertumbuhan penduduk dari data kependudukan yang telah ada dan laju pertumbuhan penduduk ini dapat dipakai untuk menghitung proyeksi penduduk di masa yang akan datang. Persamaan yang digunakan dalam menghitung laju pertumbuhan penduduk adalah (Qasim, Motley, & Zhu, 2000, p.64):

$$K_p = \frac{\ln Y_2 - \ln Y_t}{T - T_2} \quad (2.2)$$

Selain menggunakan metode geometrik, proyeksi pertumbuhan penduduk ini juga dapat dihitung menggunakan **metode aritmatika**. Rumus yang digunakan dalam menghitung proyeksi penduduk menggunakan metode eksponensial adalah (Qasim, Motley, & Zhu, 2000, p.64) :

$$Y_t = Y_2 + K_a (T - T_2) \quad (2.3)$$

Asumsi dalam metode ini adalah laju pertumbuhan penduduk konstan. Persamaan yang digunakan dalam mencari laju pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode aritmatika adalah :

$$K_a = \frac{Y_t - Y_2}{T - T_2} \quad (2.4)$$

Selain itu, terdapat **metode *mathematical*** yang juga dipakai dalam perhitungan proyeksi penduduk. Rumus perhitungan proyeksi penduduk menggunakan metode ini adalah (Qasim, Motley, & Zhu, 2000, p.65) :

$$Y_t = \frac{Z}{1 + a e^{(b)(T - T_0)}} \quad (2.5)$$

$$a = \frac{Z - Y_0}{Y_0} \quad (2.6)$$

$$b = \left( \frac{1}{n} \right) \ln \left( \frac{Y_0(Z - Y_1)}{Y_1(Z - Y_0)} \right) \quad (2.7)$$

dimana,

Z = jumlah jenuh populasi

a, b = konstanta

n = interval konstanta antara  $T_0, T_1, T_2$

**Metode *decreasing rate of increase*** juga merupakan salah satu cara dalam memproyeksikan penduduk. Pada metode ini perhitungan proyeksi penduduk menggunakan rumus berikut (Qasim, Motley, & Zhu, 2000, p.65) :

$$Y_t = Y_2 + (Z - Y_2) (1 - e^{(-K_d)(T - T_2)}) \quad (2.8)$$

$$Z = \frac{2Y_0Y_1Y_2 - (Y_1^2)(Y_0 + Y_2)}{Y_0Y_2 - Y_1^2} \quad (2.9)$$

$$K_d = -\frac{1}{T_2 - T_1} \ln \left( \frac{Z - Y_2}{Z - Y_1} \right) \quad (2.10)$$

dimana,  $K_d$  = laju pertumbuhan penduduk

Air minum ini digunakan untuk keperluan yang berbeda-beda. Kebutuhan air minum secara umum diklasifikasikan sesuai dengan penggunaannya, antara lain :

a. Domestik

Air yang digunakan oleh rumah-rumah, hotel-hotel, dan lain-lain, untuk kebersihan, masak-memasak, dan keperluan lainnya. Digunakan oleh konsumen dari berbagai tingkat ekonomi dengan penggunaan antara 75 – 380 L (20 – 100 gal) per kapita per hari (McGhee, 1991).

b. Komersial dan industri

Air bersih digunakan oleh perusahaan-perusahaan industri dan komersial seperti pabrik, kantor, dan pertokoan. Jumlah air yang dibutuhkan untuk komersial dan industri dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti unit yang dihasilkan, jumlah pegawai, atau jumlah lantai perusahaan. Pada kota yang penduduknya lebih dari 25.000, konsumsi air oleh komersial sekitar 15 % dari total konsumsi (McGhee, 1991).

c. Umum/publik

Air bersih digunakan untuk bangunan-bangunan publik dan digunakan untuk layanan publik, termasuk air untuk bangunan-bangunan kota, sekolah-sekolah, pembersihan jalan-jalan, dan perlindungan kebakaran, yang dananya tidak ditanggung oleh supplier perkotaan. Air yang digunakan untuk keperluan ini mencapai 50 – 75 L per kapita per hari (McGhee, 1991).

d. Kehilangan Air

Air minum yang tak terhitung penggunaannya (*unaccounted-for*) yang tidak digunakan oleh pengguna yang spesifik. Air minum yang tak terhitung penggunaannya ini dapat disebabkan oleh kesalahan pembacaan meteran, sambungan ilegal, dan kebocoran dalam sistem distribusi (McGhee, 1991).

## 2.2 Reservoir

Reservoir digunakan untuk menyimpan, untuk mengekualisasi aliran, untuk mendistribusikan atau mengekualisasi tekanan, dan menyimpan air.

Suatu reservoir dalam sistem distribusi akan mengkualisasi jumlah aliran, tekanan, dan akan menyediakan air untuk keadaan darurat. Reservoir distribusi digunakan untuk menambah nilai variabel kebutuhan untuk menilai penyediaan yang tidak sama dengan nilai kebutuhan. Penggunaan reservoir ini memungkinkan untuk mengurangi ukuran pompa yang dibutuhkan untuk menyediakan pelayanan daerah dengan reservoir, sejak nilai kebutuhan puncak pada pompa dikurangi oleh reservoir. Reservoir pada sistem distribusi diklasifikasikan berdasarkan posisinya, di permukaan atau ditinggikan, atau berdasarkan pada material dimana reservoir tersebut dibangun, seperti baja, *reinforced concrete*, kayu, dan tanah (Babbitt, 1955).

## 2.3 SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM

### 2.3.1 Desain Distribusi Air minum

Konfigurasi sistem penyediaan air minum merupakan susunan dari komponen-komponen yang saling berurutan. Pada prinsipnya penyediaan air minum yang diambil dari sumber dialirkan ke reservoir melalui pipa transmisi yang selanjutnya dialirkan ke konsumen melalui pipa distribusi, pengaliran dilakukan dengan memanfaatkan beda tinggi atau dengan sistem gravitasi. Layout dari sistem distribusi dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. *Circle / belt systems* ;
- b. *Gridiron systems* ; dan
- c. *Tree systems*

Nama-nama tersebut mendeskripsikan cara pipa distribusi disusun dalam perencanaan. *Gridiron system* merupakan sistem yang paling umum digunakan di kota-kota besar (Babbitt, 1955).

Kecukupan dari suatu sistem distribusi diketahui dari tekanan yang terdapat pada berbagai titik pada sistem pada kondisi beroperasi. Tekanan cukup untuk memenuhi kebutuhan konsumen dan kebutuhan pemadam kebakaran. Di sisi lain, tekanan yang terlalu tinggi membutuhkan biaya

yang tinggi. Oleh karena itu, rancangan untuk sistem distribusi harus sesuai dan ekonomis.

Faktor yang menyebabkan kehilangan head atau tekanan adalah interdependent dan meliputi ukuran pipa, nilai debit, dan friksi. Biasanya, hanya kehilangan karena friksi pada pipa lurus yang dipertimbangkan. Jika *minor losses* juga akan diperhitungkan, hal yang paling sesuai menghitung efeknya dengan menambah panjang pipa lurus dimana friksi merupakan ekuivalen yang dipakai untuk menghitung *minor losses*. Kehilangan head atau tekanan ini dapat dibagi menjadi 2, yaitu *minor losses* yang disebabkan oleh geometri pipa dan *major losses* yang disebabkan oleh gaya gesek.

Prosedur yang dilakukan dalam merancang jaringan distribusi air minum :

- a. Menyiapkan peta daerah yang akan dilayani
- b. Menggambarkan rencana jaringan distribusi yang efektif pada daerah tersebut, dimana terdapat letak pipa utama, sekunder, dan tersier.
- c. Memperkirakan jumlah permintaan untuk segala kebutuhan pada setiap pipa dan menandakan nilai asumsi ini sebagai pipa yang tepat.
- d. Menghitung diameter tiap pipa.
- e. Menghitung tekanan di berbagai titik pada sistem distribusi, menggambar *piezometric contours* jika benar-benar diperlukan.

Dalam merancang jaringan distribusi ini terdapat metode-metode yang dihitung secara manual dan menggunakan program komputer. Berikut merupakan program komputer yang digunakan dalam merancang jaringan distribusi air minum :

- a. EPANET

EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari Pipa, Node (titik koneksi pipa), pompa, katup, dan tangki air atau reservoir. EPANET menjajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengaliran. Sebagai tambahan, usia air (*water age*) dan pelacakan sumber dapat juga

disimulasikan. Langkah awal penerapan EPANET yang paling penting adalah pemilihan metode apa yang akan dipakai pada program ini, Hazen-William, Darcy-Weisbach, dan Chessy-Manning, dan satuan yang akan kita pakai.

Program EPANET saat ini telah berbasis dalam sistem window, berikut merupakan langkah-langkah penggunaan program adalah :

- Membuat jaringan pipa pada peta perencanaan yang ada dan diplot dengan sumbu X-Y maka didapatkan koordinat titik pengambilan.
- Pada titik pengambilan dihitung debit air untuk kebutuhan konsumen, elevasi tanah sesuai dengan peta topografi yang ada serta panjang pipa sesuai skala dalam peta.
- Merencanakan diameter pipa dan arah aliran dengan melihat letak reservoir.
- Dari data-data diatas kemudian dimasukkan dalam program EPANET.

Langkah 1 : Membuat input file

Untuk menjalankan EPANET dalam sistem windows, pertama kali harus masuk pada *Pull-Down* (instruksi) “File”. Pembuatan input file baru dipilih open file.

Langkah 2 : Menggunakan simulasi EPANET

Perintah yang digunakan dalam menjalankan program EPANET dalam sistem windows adalah :

EPANET infile dan outfile, infile adalah nama input file; dan outfile adalah nama file yang terdiri dari output report hasil perhitungan. Dalam program EPANET dalam sistem windows terdapat pull-down (instruksi) antara lain :

- File, terdiri dari : Open – Input, Open – Output, Open – Map, Save, Output, Print, Print Setup, Exit
- Edit, terdiri dari : Copy clipboard dan input-dat
- Run, terdiri dari : Windowed, Minimum dan Cancel
- Report, terdiri dari : Input data, Out Summary, Current Time, Time Series, Search, Restore

- Graph, terdiri dari : Current Node, Current Link, Pump Curve, Option
- Map, terdiri dari : Zoom-in, Zoom-out, Redraw, Display Legend, Modifide, Contu-Map, Option

b. WaterCAD

WaterCAD merupakan software yang digunakan dalam pemodelan dan analisis dari sistem distribusi air minum. Metodologi dalam program ini dapat dipakai pada berbagai sistem fluida dengan karakteristik berikut ini:

- *Steady* atau aliran turbulen yang bervariasi secara tetap
- Tak dapat dimampatkan, newtonian, *single phase* fluida
- Penuh, saluran tertutup (sistem tekanan)

Langkah-langkah penggunaan program ini mirip dengan program EPANET, hanya tampilan masing-masing program yang berbeda. WaterCAD yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah versi 6 yang merupakan versi akademik. Langkah-langkah dalam pembuatan jaringan distribusi menggunakan WaterCAD adalah sebagai berikut :

- Pada saat pertama kali membuka program ini terdapat pilihan untuk membuat proyek baru, klik ikon tersebut lalu susunlah skenario yang akan dibuat (formula yang dipakai, satuan yang dipakai, memodelkan dengan skematik atau skalatis).
- Setelah pembuatan skenario awal, klik finished pada tab tersebut. Lalu, dilanjutkan dengan pembuatan jaringan distribusi.
- Pemasukan data input dilakukan setelah jaringan distribusi air minum selesai dibuat. Pemasukan data input ini dilakukan pada setiap komponen/elemen pada jaringan distribusi yang telah dibuat tersebut.

- Lalu, dilakukan analisis steady-state dengan meng-klik ikon GO. Selanjutnya dapat diketahui hasil perhitungan dari program ini dengan meng-klik ikon tabel di sebelah ikon GO.

### 2.3.2 Keseimbangan Air (*Water Balance*)

Komponen dari keseimbangan air (*water balance*) :

a. Volume Input Sistem

Volume input tahunan dari sistem penyediaan air minum yang berhubungan dengan perhitungan keseimbangan air.

b. Konsumsi resmi (*Authorized consumption*)

Volume tahunan air yang dilihat dari meteran pelanggan yang terdaftar, supplier air, dan lain-lain untuk penggunaan perumahan, komersial, dan industri.

c. Kehilangan Air (*water losses*)

- Kehilangan Teknis (*Real Losses*)

Kehilangan air fisik dari sistem bertekanan, sampai pada titik pengukuran penggunaan pelanggan. Kehilangan volume tahunan melalui berbagai tipe kebocoran, ledakan, dan peluapan tergantung oleh frekuensi, debit, dan durasi rata-rata dari kebocoran individual.

- Kehilangan Komersial/Non Teknis (*Apparent Losses*)

Perhitungan untuk segala macam ketidakakuratan yang berhubungan dengan pengukuran produksi (*production metering*) dan pengukuran pelanggan (*customer metering*), dan juga penggunaan illegal.

d. Air yang tidak terjual (*Nonrevenue water*)

Perbedaan antara volume tahunan system input dan konsumsi pelanggan sah/legal yang membayar. *Nonrevenue water* tidak hanya meliputi *real losses* dan *apparent losses*, tapi juga konsumsi pelanggan sah/legal yang tidak membayar.

Tahapan menghitung *nonrevenue water* dan kehilangan air adalah sebagai berikut:

- a. Menetapkan volume input sistem
- b. Menentukan konsumsi tertagih yang tercatat (*billed metered consumption*) dan konsumsi tertagih yang tidak tercatat (*billed unmetered consumption*), lalu ditotal menjadi konsumsi tertagih yang sah (*billed authorized consumption*) dan air yang terjual (*revenue water*).
- c. Menghitung volume *nonrevenue water* yang merupakan selisih dari volume sistem input dengan *revenue water*.
- d. Menentukan konsumsi tidak tertagih yang tercatat (*unbilled metered consumption*) dan konsumsi tidak tertagih yang tidak tercatat (*unbilled unmetered consumption*), lalu ditotal menjadi konsumsi tidak tertagih yang sah (*unbilled authorized consumption*).
- e. Menambahkan volume dari konsumsi tidak tertagih yang sah (*unbilled authorized consumption*) dengan konsumsi tertagih yang sah (*billed authorized consumption*), hal ini dilakukan untuk mengetahui konsumsi yang sah (*authorized consumption*).
- f. Menghitung kehilangan air dengan mengurangi volume input sistem dan konsumsi yang sah (*authorized consumption*).
- g. Menghitung kehilangan komersial (*apparent losses*) yang terdiri dari konsumsi tidak sah (*unauthorized consumption*) dan ketidak-akuratan pembacaan meter air (*metering inaccuracies*).
- h. Menghitung kehilangan teknis (*real losses*) yang merupakan pengurangan kehilangan air dengan kehilangan komersial (*apparent losses*).

### 2.3.3 Kesalahan Desain

Walaupun jaringan distribusi air minum memiliki banyak kesamaan dengan tipe jaringan lainnya, tapi terdapat perbedaan signifikan diantara mereka pada saat memeriksa suatu kesalahan. Pada dasarnya, kesalahan dalam jaringan distribusi air minum dapat diketahui dari tekanan dan/atau debit yang tidak sesuai di satu atau lebih node dalam jaringan. Terdapat 2 jenis kegagalan utama dalam jaringan distribusi air minum (Mays, 2002) :

- *Performance failure*

Dalam kasus ini, jaringan gagal di desain karena kesalahan tradisional dengan muatan yang melebihi kapasitas desain. Kebutuhan dalam sistem melebihi nilai kebutuhan desain. Hal ini menyebabkan kegagalan dalam struktur jaringan, tekanan di suatu atau lebih node dapat drop di bawah nilai minimum dan/atau jumlah debit yang ada pada node turun sampai di bawah level yang dibutuhkan. Masalah ini dapat ditangani dengan mengganti pipa dengan diameter yang lebih besar dan/atau menempatkan lebih banyak pompa.

- *Component failure*

Probabilitas dari kegagalan komponen diperoleh dari catatan kejadian yang lalu (*historical failure records*) dan model menggunakan probabilitas distribusi yang sesuai.

Ketahanan sistem distribusi air minum dapat diketahui menggunakan pendekatan Goulter (1995) :

Kemampuan sistem distribusi air minum mencukupi kebutuhan yang ditempatkan dimana kebutuhan dispesifikasikan dalam :

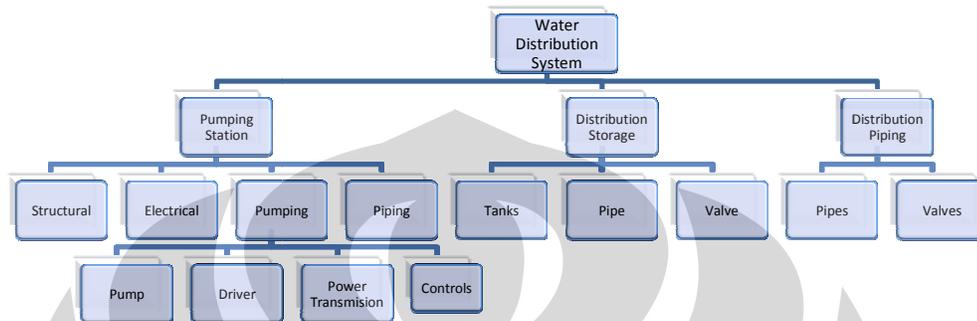
- a. Aliran yang akan disediakan (total volume dan debit)
- b. Tingkatan tekanan pada saat aliran harus disediakan

(Mays, 2002)

Ketahanan (*reability*) ini merupakan faktor eksplisit dalam desain dan operasi dari sistem jaringan distribusi air minum untuk waktu yang penting seperti ditunjukkan oleh jaringan *loop* yang ada. Kehadiran *loop* menambah reliabilitas dan redundansi pada sistem dengan memberikan

kapasitas berlebih dan cara alternatif untuk penyediaan air minum dalam kegagalan dalam komponen-komponen sistem (Mays, 2002).

## 2.4 KOMPONEN-KOMPONEN DALAM SISTEM DISTRIBUSI



Gambar 2.1 Hubungan antara Komponen, Subkomponen, dan Sub-subkomponen untuk Sistem Distribusi Air minum

Sumber : Urban Water Supply Handbook, 2002

### 2.4.1 Pipa

Material yang umum digunakan untuk pipa distribusi meliputi besi, baja, semen, dan semen asbestos. Material plastik digunakan dalam diameter 6 inchi dan yang lebih kecil. Sulfur, pasir, karet, timah dan tambahan timah, dan oakum digunakan dalam sambungan pipa. Tambahan material lain seperti nikel, alumunium, krom, tanah liat, dan asbestos digunakan secara sering pada campuran untuk perlindungan metal dari korosi. Kayu digunakan untuk pipa yang besar dan untuk pipa kecil di lokasi yang sementara. Pipa yang digunakan dalam distribusi ini terdiri dari beberapa jenis antara lain :

#### 1. Pipa Besi (*Iron Pipe*)

Pipa besi sudah digunakan untuk menyalurkan air selama lebih dari 300 tahun. Besi daktil (liat) sudah sebagian besar menggantikan besi cor di dalam konstruksi baru, karena karena suatu pada kekuatan yang sama besi ini lebih ringan dan lebih sedikit getas. Meski ketebalan dindingnya lebih sedikit, pipa besi daktil mempunyai diameter luar yang sama sebagai besi cor dengan ukuran nominal yang sama. Meskipun kapasitas hidroliknya lebih besar, besi ini kemudian dapat dipertukarkan dengan besi cor dan

dapat digunakan dengan perlengakapan besi cor. Besi daktil dihasilkan dengan menambahkan senyawa magnesium pada suatu besi dengan kandungan fosfor dan belerang yang sangat rendah. Hasilnya adalah mikrostruktur dari kristal yang sangat berbeda dari besi cor yang biasa dan menghasilkan kekuatan tambahan, ketahanan, dan daktilitas.

Pipa besi sangat tahan lama dan diharapkan untuk bertahan untuk lebih dari 100 tahun. Pipa besi ini, bagaimanapun, lemah pada karatan, yang dapat menghasilkan suatu peristiwa yang disebut tuberkulasi, dimana dilihat dari karat yang melapisi bagian dalam pipa, mengurangi diameter pipa dan meningkatkan kekasaran relatifnya. Kombinasi efek ini dapat menghasilkan suatu pengurangan kapasitas hidrolis 70 persen atau lebih. Untuk alasan ini, adalah hal biasa melapisi pipa besi dengan semen atau material seperti aspal.

Karatan di bagian luar pipa besi (*external corrosion*) terkadang menjadi masalah utama karena ketebalan relatif dindingnya yang besar. Di dalam kondisi-kondisi lahan yang kurang baik, pipa dapat dibungkus dengan tabung-tabung polietilena ketika proses konstruksi. Teknik ini sudah terbukti efektif dalam melindungi pipa dari karatan di bagian luar.

## 2. Pipa Baja

Baja bisa digunakan untuk aliran air, terutama dalam keadaan di mana diameter pipa besar dan tekanan tinggi. Baja mempunyai keuntungan dari sisi ekonomi, karena bersifat lebih ringan dan lebih kuat. Pipa baja, dengan perbandingan berat, lebih murah dibandingkan pipa besi, lebih dengan mudah diangkut dan lebih mudah dirakit. Dindingnya yang tipis secara relatif juga membuat pipa baja lebih mungkin dirusak oleh karatan dibanding pipa besi. Dalam kondisi yang baik, pipa baja dapat bertahan lebih dari 50 tahun. Kondisi yang kurang baik mencakup air yang bersifat korosif dan tanah yang bersifat korosif.

### 3. Pipa Beton

Pipa silinder beton dibuat dengan membungkus kawat *high-tensile-strength* di sekitar silinder baja yang sudah dilapisi dengan adukan semen yang ditempatkan secara sentrifugal. Kawat dibungkus dengan ketat untuk mengenakan tekanan awal (*prestress*) pada inti dan ditutupi oleh lapisan luar dari beton. Untuk tekanan yang lebih rendah, pipa yang serupa dibuat tanpa kawat *prestress*. Fitting bisa dibuat dengan cara yang sama seperti pipa atau bisa dibangun pada tempat beton bertulang. Pipa silinder beton biasanya dibuat untuk proyek-proyek tertentu, karena bagian-bagian khusus tidak sulit untuk diperoleh. Pipa beton (kecuali di dalam kasus perairan asam) tidak lemah terhadap karat dan tidak menderita kerugian dalam kapasitas hidroliknya untuk jangka waktu panjang. Perkiraan ketahanan pipa beton adalah sekitar 75 tahun.

### 4. Pipa Asbes Semen

Pipa asbes semen mempunyai suatu permukaan dalam yang sangat lembut, yang membuat pipa ini mempunyai karakteristik-karakteristik hidrolik yang sempurna. Namun asbes sudah terbukti menjadi segala penyebab kanker ketika serat-seratnya terhirup, dan ada beberapa bukti, meski masih dapat dibantah, bahwa serat-serat asbes di dalam air dapat menyebabkan kanker yang berhubungan juga dengan usus. Serat-serat asbes ditemukan dalam beberapa air alami dan bisa jadi terlarut dari pipa asbes semen di perairan yang sangat agresif, dimana semen pada pipa telah terpecah. Beberapa bangunan air tidak lagi menggunakan pipa asbes semen pada konstruksinya yang baru.

### 5. Pipa Plastik

Pipa plastik dibuat dari bahan padatan dan serat untuk perkuatan. Pipa seperti ini digunakan secara luas baik dalam pipa ledeng domestik dan dalam sistem distribusi air, karena jauh lebih mudah dalam penanganan dan pemasangan dan secara umum lebih

murah dibanding bahan-bahan tradisional seperti besi dan beton. Kinerja untuk jangka panjang bahan pipa plastic ini dapat dibentuk hanya oleh berjalannya waktu. Aliran dingin, penggetasan usia, atau tekanan pemasangan dapat mempengaruhi kemampuan pelayanan jangka panjang pipa plastik. Berikut merupakan jenis-jenis pipa plastik :

- PVC (*Polyvinyl Chloride*)

PVC merupakan jenis pipa plastik yang paling kuat dan paling umum digunakan. Pipa ini memiliki ketahanan yang kecil pada pelarut. Pipa ini dibuat hanya dari senyawa yang tidak mengandung plastisizer dan beberapa material lainnya. Pipa ini tahan terhadap api dan tidak mudah terbakar (Frankel, 2002).

- CPVC (*Chlorinated Polyvinyl Chloride*)

CPVC merupakan modifikasi kimia dari PVC, dengan tambahan klorin pada strukturnya dengan temperatur sampai sekitar 200<sup>0</sup> F, 50<sup>0</sup> F lebih tinggi dari PVC (Frankel, 2002).

- PE (*Polyethylene*)

PE merupakan polyolefin yang paling terkenal. Pipa jenis ini sering digunakan karena kekerasannya, *ductility*, dan kemampuannya untuk mengurangi getaran air. Pipa jenis ini memiliki ketahanan temperatur sampai sekitar 140<sup>0</sup> F (Frankel, 2002).

#### 2.4.2 Katup (*Valve*)

Katup (*Valve*) digunakan dalam distribusi air minum pada pipa-pipa untuk mengontrol aliran air, untuk mengatur tekanan, untuk melepaskan atau menambah udara, dan keperluan lainnya. Tipe dari katup tersebut paling baik dibedakan untuk setiap kebutuhan. Berikut merupakan jenis-jenis dari katup tersebut :

1. *Gate valve* merupakan tipe paling umum dari katup yang digunakan dalam air minum. *Gate valves* yang digunakan

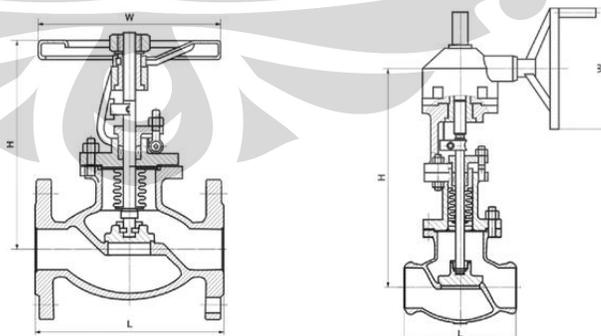
dalam distribusi air minum biasanya dibuat dari *cast iron* dengan *brass mountings*.



Gambar 2.2 Gate Valve

Sumber : [www.onerovalue.com](http://www.onerovalue.com)

2. *Globe valve* digunakan secara khusus pada pipa dengan diameter 4 inci atau lebih kecil, biasanya untuk pipa dalam plumbing. Jenis ini jarang digunakan dalam sistem distribusi air minum. Kelebihan *globe valve* ini dibanding dengan *gate valve* adalah *globe valve* lebih murah dibanding *gate valve* pada ukuran yang sama, dan membutuhkan biaya perbaikan yang lebih sedikit. Kekurangannya adalah adanya kehilangan tekanan yang tinggi saat melewati lintasan yang berliku.



Gambar 2.3 Globe Valve

Sumber : [www.valvemade.com](http://www.valvemade.com)

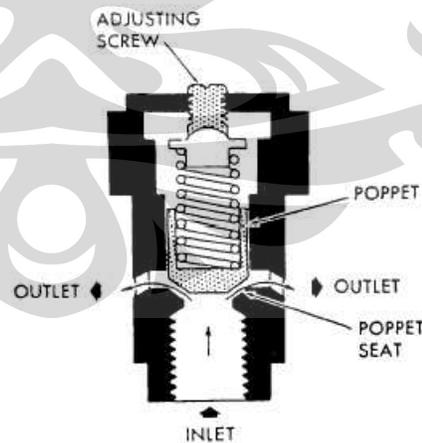
3. *Check Valve* digunakan untuk mengizinkan aliran air mengalir dalam 1 arah saja. Aliran dari arah yang berkebalikan secara otomatis dihentikan oleh katup (*valve*) ini.



Gambar 2.4 *Check Valve*

Sumber : [www.avcovalve.com](http://www.avcovalve.com)

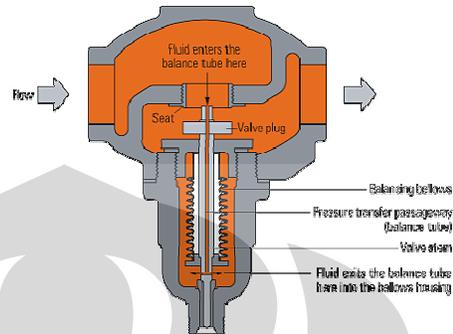
4. *Air-relief Valves* merupakan valve (katup) yang akan memperbolehkan udara untuk keluar dari atau masuk ke pipa. Jika tekanan dalam pipa turun dan air keluar pada ujung yang lebih rendah, pengapung akan memberi dan menambah udara untuk menggantikan air yang lolos tersebut dan terjadinya ruang vakum dapat dicegah.



Gambar 2.5 *Air-relief Valve*

Sumber : [www.tpub.com](http://www.tpub.com)

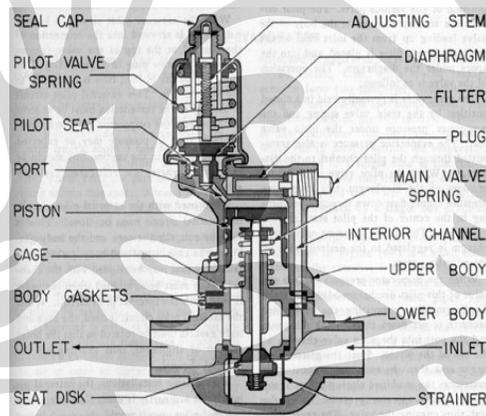
5. *Balanced Valves*, prinsip dari balance valve ini digunakan dalam berbagai alat-alat otomatis dan penggunaan khusus valve.



Gambar 2.6 *Balanced Valve*

Sumber : [www.spiraxsarco.com](http://www.spiraxsarco.com)

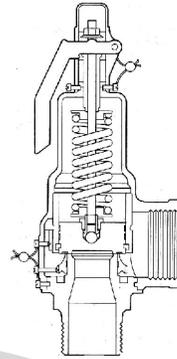
6. *Pressure-regulating Valves* digunakan untuk mengantarkan air dari sistem bertekanan tinggi ke sistem bertekanan rendah.



Gambar 2.7 *Pressure-regulating Valves*

Sumber : [www.maritime.org](http://www.maritime.org)

7. *Pressure-relief Valves* digunakan untuk melepaskan tekanan berlebih yang berasal dari container tertutup.



Gambar 2.8 *Pressure-relief Valves*

Sumber : [www.egr.msu.edu](http://www.egr.msu.edu)

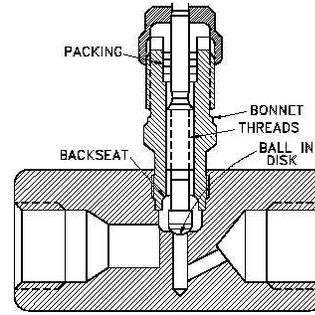
8. *Altitude Valves* secara prinsip digunakan pada deretan penyediaan ke elevated tanks atau standpipes, untuk menutup secara otomatis saat tangki penuh dan terbuka saat tekanan pada sisi pompa lebih kecil daripada valve yang berada di sisi tangki.



Gambar 2.9 *Altitude Valves*

Sumber : [www.fluidcontrol.com.au](http://www.fluidcontrol.com.au)

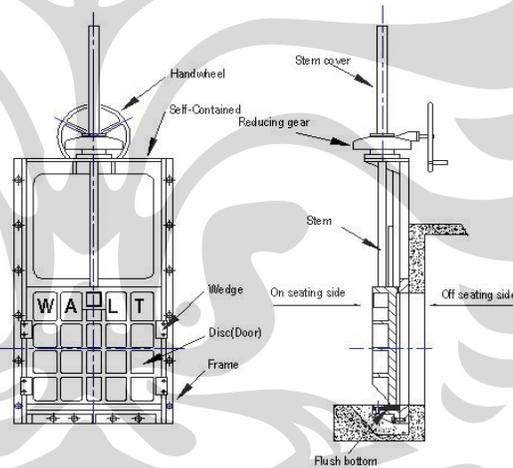
9. *Needle Valves* digunakan untuk mengatur air menuju dan dari reservoir besar dan penambahan jumlah debit tertutup pada alat kontrol mekanis.



Gambar 2.10 Needle Valves

Sumber : [www.tpub.com](http://www.tpub.com)

10. *Sluice Gates* secara prinsip digunakan pada inlet atau outlet pipa yang masuk atau keluar reservoir, tekanan pada gate secara berkala berlawanan pada 1 sisi dan pada 1 arah saja.



Gambar 2.11 Sluice Gates

Sumber : [www.wemvalves.com](http://www.wemvalves.com)

11. *Butterfly Valves* biasanya tidak cocok untuk memberhentikan aliran air secara menyeluruh.



Gambar 2.12 Butterfly Valves

Sumber : [www.tpub.com](http://www.tpub.com)

### 2.4.3 Meter Air (*Meters*)

Meter air ini digunakan dalam sistem distribusi air minum pada tipe pemindahannya (*displacement*) dan kecepatannya (*velocity*). *Displacement meters* (meter air pemindahan) secara utama digunakan untuk aliran yang relatif kecil, seperti yang dibutuhkan oleh konsumen kecil dan menengah. *Displacement meters* mengukur jumlah aliran dengan mencatat jumlah suatu kontainer dengan volume yang diketahui diisi dan dikosongkan. *Velocity meters* (meteran kecepatan) mengukur kecepatan aliran yang lewat suatu area tertentu. Tipe-tipe dari *displacement meters* yang digunakan antara lain *reciprocating*, *rotary*, *oscillating*, dan *nutating-disk meters*. *Nutating-disk meter* merupakan tipe yang paling umum digunakan untuk pelayanan domestik. Fitur-fitur yang dipertimbangkan dalam pemilihan meteran antara lain (Babbit, 1955):

- a. Keakuratan pengukuran dan registrasi untuk aliran kecil dan besar;
- b. Kapasitas dengan head loss minimum;
- c. Durabilitas;
- d. Kekasaran;
- e. Kemudahan perbaikan;
- f. Ketersediaan spareparts;
- g. Reputasi pabrik;
- h. Bebas dari kebisingan; dan
- i. Biaya yang rendah

## **BAB 3**

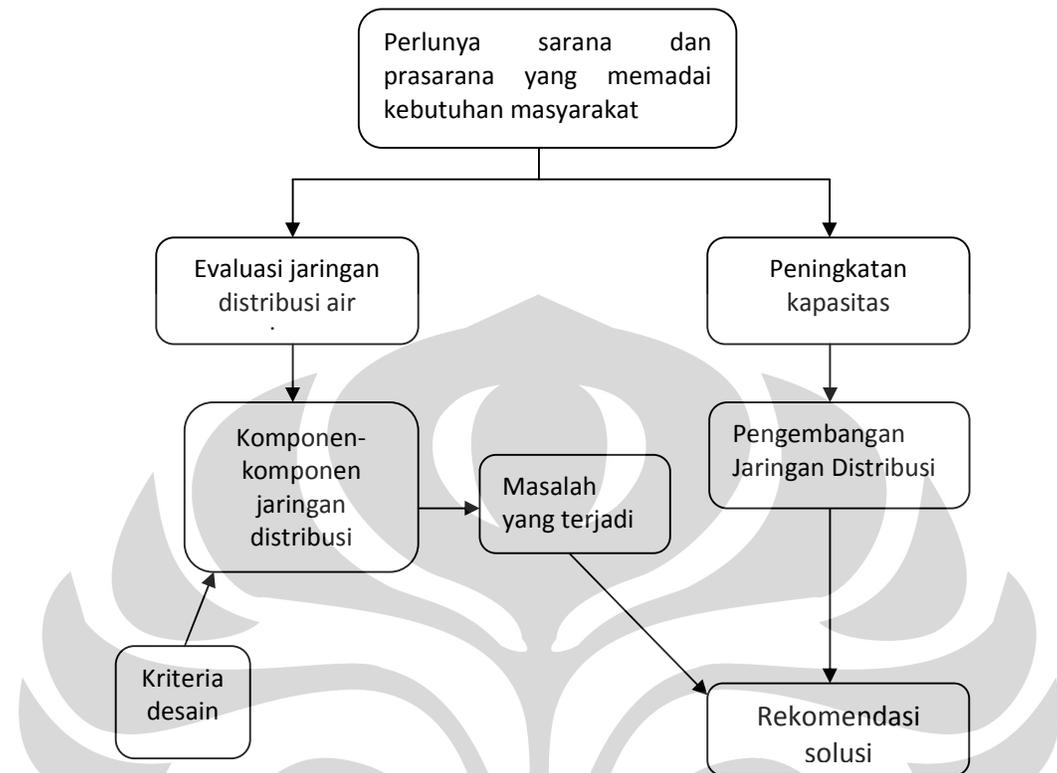
### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 KERANGKA BERPIKIR**

Kebutuhan air bagi masyarakat harus dipenuhi secara memadai dan berkesinambungan. Lalu, kebutuhan air ini meningkat seiring bertambahnya waktu. Oleh karena itu, diperlukan prasarana dan sarana air minum yang dapat menunjang kebutuhan tersebut sehingga dilakukan evaluasi dan pengembangan jaringan distribusi air minum PDAM Pondok Ungu. Evaluasi dan pengembangan jaringan distribusi air minum PDAM Pondok Ungu dilakukan untuk mengetahui masalah yang terjadi dan selanjutnya dapat diberikan rekomendasi untuk mengatasi masalah tersebut. Selain itu, dapat diberikan rekomendasi untuk pengembangan jaringan distribusi ini.

Evaluasi yang dilakukan adalah dengan membandingkan hasil output dari perhitungan jaringan distribusi eksisting dengan kriteria desain. Kriteria desain yang dipakai adalah menggunakan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.18 tahun 2007. Komponen jaringan distribusi air minum PDAM Pondok Ungu yang hasil outputnya tidak memenuhi kriteria desain perlu diperbaiki. Perbaikan yang dilakukan inilah yang merupakan rekomendasi untuk mengatasi masalah yang terjadi.

Pengembangan dilakukan sampai mencapai kapasitas maksimum air baku yang dapat diolah oleh instalasi PDAM Pondok Ungu yaitu 600 L/detik. Dalam pengembangan ini dilakukan terlebih dahulu proyeksi penduduk, dilanjutkan dengan proyeksi kebutuhan air daerah pelayanan. Dari proyeksi kebutuhan air ini dapat diketahui sampai tahun berapa kebutuhan air mencapai kapasitas maksimum tersebut. Setelah itu dapat diketahui debit puncak yang akan mengalir pada jaringan distribusi air minum ini. Debit puncak ini digunakan untuk merancang pengembangan jaringan distribusi air minum dan menghasilkan rekomendasi untuk pengembangan jaringan distribusi air minum PDAM Pondok Ungu.



Gambar 3.1 Kerangka Konsep

Sumber : Hasil Olahan

### 3.2 DATA PENUNJANG

Data penunjang merupakan data yang didapat dari informasi PDAM Pondok Ungu Bekasi, buku ajar, media-media massa, dan internet. Data penunjang ini berupa studi literatur, data sekunder, dan data primer.

#### 3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur ini merupakan studi pustaka yang berupa buku-buku ajar yang berisi tentang jaringan distribusi air minum. Buku ajar ini berisi tentang langkah-langkah mendesain jaringan distribusi air minum suatu kota, masalah-masalah yang dapat terjadi dalam pendistribusian, dan hal lain yang berkaitan dengan evaluasi dan pengembangan jaringan distribusi air minum.

### 3.2.2 Data Primer

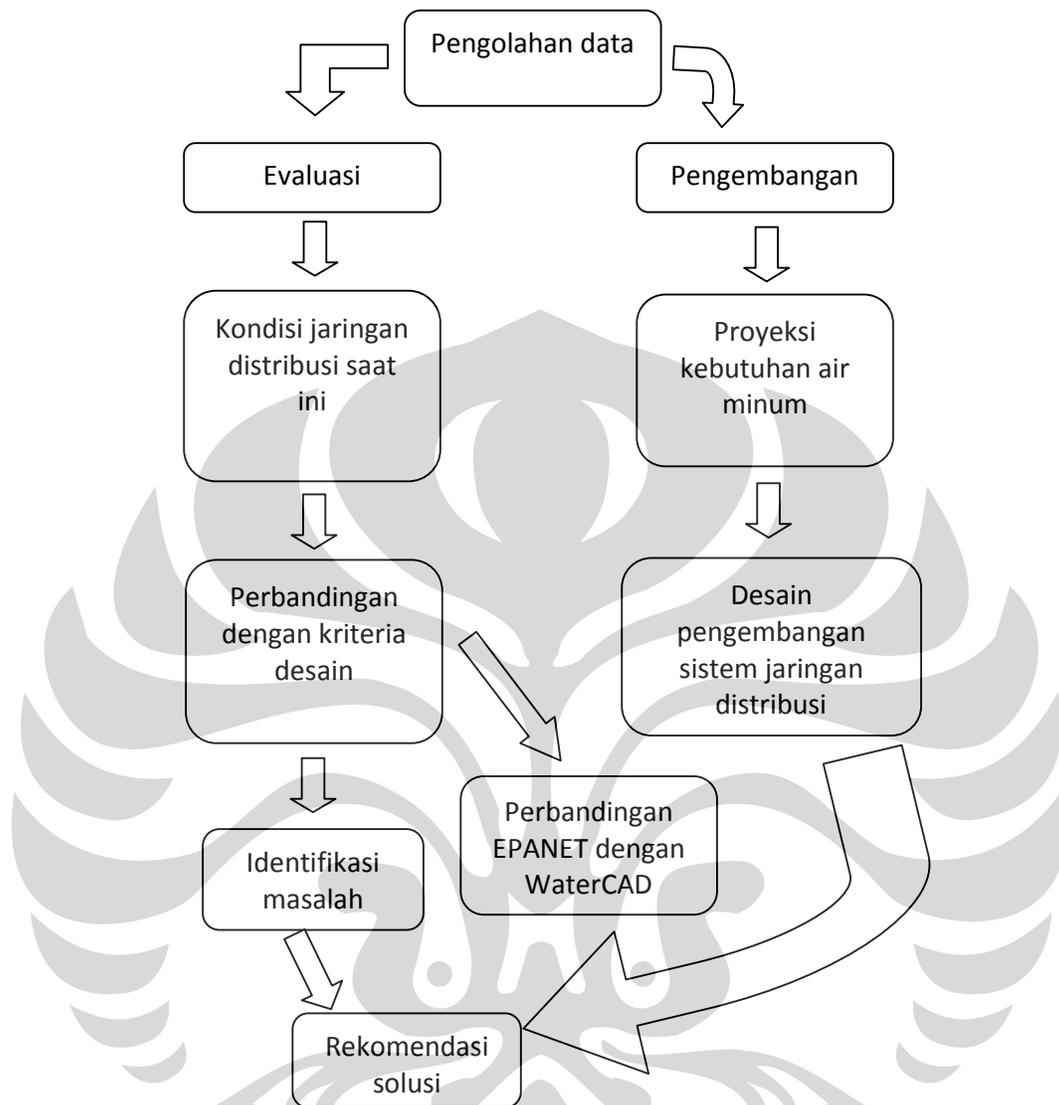
Data primer merupakan data-data yang didapat dari observasi lapangan dan wawancara. Observasi lapangan untuk mengetahui kondisi pipa-pipa distribusi yang terlihat di jalan dan mengetahui bagaimana kondisi kontur/kemiringan jalan daerah pelayanan. Wawancara juga dilakukan ke petugas PDAM Pondok Ungu. Data primer ini digunakan sebagai data tambahan untuk mendesain dan mengevaluasi jaringan distribusi ini.

### 3.2.3 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data-data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan dan analisa. Data sekunder ini berupa data-data pendukung yang berasal dari PDAM Pondok Ungu, Bekasi. Data yang berisi kondisi eksisting pipa jaringan distribusi, peta jaringan distribusi eksisting, dan jumlah penduduk daerah pelayanan.

## 3.3 PENGOLAHAN DATA

Dalam pengolahan data tugas akhir ini dilakukan untuk melakukan evaluasi dan pengembangan jaringan distribusi air minum. Data sekunder dan studi literatur dibutuhkan untuk perhitungan evaluasi dan desain untuk pengembangan jaringan distribusi ini. Pengolahan data ini menggunakan software EPANET dan WaterCAD. Dalam mengolah data untuk evaluasi dilakukan perbandingan hasil output software yang digunakan untuk menghitung dengan kriteria desain. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui penyebab permasalahan pada jaringan distribusi tersebut, lalu didapat solusinya. Perhitungan pengembangan dilakukan sampai kebutuhan air penduduk mencapai kapasitas maksimum yang dapat diterima PDAM Pondok Ungu yaitu 600 L/detik. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam pengolahan data :



Gambar 3.2 Langkah Pengolahan Data

Sumber : Hasil Olahan

### 3.3.1 Perhitungan Evaluasi

Pada perhitungan ini diperlukan data-data sekunder seperti debit yang keluar dari instalasi, peta jaringan distribusi eksisting, data pipa yang dipakai, diameter pipa jaringan distribusi eksisting, panjang pipa, data pompa yang dipakai reservoir, dan elevasi pada daerah pelayanan. Data-data tersebut merupakan data input yang dimasukkan ke dalam program EPANET dan WaterCAD. Hasil perhitungan dari kedua

program (*output*) tersebut dibandingkan dengan kriteria desain yang ada. Output yang dibandingkan dengan kriteria desain adalah nilai kecepatan dan tinggi tekanan. Lalu, dapat diketahui komponen dari jaringan distribusi air minum ini yang bermasalah, sehingga dapat diberikan rekomendasi untuk mengatasi permasalahan tersebut.

### 3.3.2 Perhitungan Pengembangan

Perhitungan pengembangan jaringan distribusi ini membutuhkan data-data jumlah penduduk, kebutuhan air rata-rata penduduk berdasarkan penggunaannya, dan peta jaringan distribusi. Perhitungan pengembangan jaringan distribusi ini diawali dengan menghitung proyeksi penduduk. Lalu, dilanjutkan oleh perhitungan proyeksi kebutuhan air minum penduduk maka diketahui debit yang diperlukan untuk merancang jaringan distribusi air minum. Data input yang berupa debit tersebut dimasukkan ke dalam program. Diameter tiap pipa disesuaikan dengan hasil output dari komponen pipa yang berupa kecepatan. Apabila nilai kecepatan terlalu besar, maka diperlukan adanya pembesaran diameter pipa. Perhitungan pengembangan jaringan distribusi ini juga menggunakan hanya program EPANET.

## BAB 4

### GAMBARAN UMUM DAERAH STUDI

#### 4.1 GAMBARAN KOTA BEKASI

Kota Bekasi merupakan salah satu wilayah administrasi di Provinsi Jawa Barat. Secara geografis kota Bekasi terletak di bagian Barat Laut Provinsi Jawa Barat dengan posisi  $106^{\circ} 48' 78''$  -  $107^{\circ} 27' 29''$  Bujur Timur dan  $6^{\circ} 10'$  -  $6^{\circ} 30'$  Lintang Selatan. Batas-batas administrasi Kota Bekasi adalah sebagai berikut:

- Sebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa;
- Sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Bogor;
- Sebelah barat berbatasan dengan DKI Jakarta;
- Sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Karawang

Bekasi resmi menjadi wilayah administratif kota pada 16 Desember 1996, melalui UU No. 9 tahun 1996. Sebelumnya kota Bekasi adalah kota administratif (kotif) dibawah wilayah Kabupaten Bekasi. Melihat perkembangan kotif Bekasi yang sangat pesat, pemerintah pusat meningkatkan statusnya menjadi kota. Saat diresmikan menjadi kota, ada 7 kecamatan, terdiri atas empat kecamatan yaitu Bekasi Utara, Bekasi Timur, Bekasi Selatan, dan Bekasi Barat yang sebelumnya masuk wilayah Kotif Bekasi dan tiga kecamatan lainnya, Pondok Gede, Jatiasih, dan Bantargebang sebelumnya termasuk dalam wilayah Kabupaten Bekasi. Sejak 2005, kota yang mempunyai luas  $210,49 \text{ km}^2$  ini sudah berkembang menjadi 12 kecamatan dan 56 kelurahan.

Tabel 4.1 Luas Wilayah Kecamatan dan Daftar Kelurahan Kota Bekasi

Kecamatan	Luas Wilayah (hektar)	Kelurahan
Pondok Gede	1.629	Jati Waringin Jati Cempaka Jati Bening Jati Bening Baru Jati Makmur

Tabel 4.1 Luas Wilayah Kecamatan dan Daftar Kelurahan Kota Bekasi (sambungan)

<b>Kecamatan</b>	<b>Luas Wilayah (hektar)</b>	<b>Kelurahan</b>
Pondok Melati	1.857	Jati Rahayu Jati Warna Jati Melati Jati Murni
Jati Sampurna	1.449	Jati Karya Jati Sampurna Jati Rangga Jati Ranggon Jati Murni
Jati Asih	2.200	Jati Sari Jati Luhur Jati Rasa Jati Asih Jati Mekar Jati Kramat
Bantar Gebang	1.704	Ciketing Udik Sumur Batu Cikiwul Bantar Gebang
Mustika Jaya	2.474	Mustika Jaya Padurenan Cimuning Mustika Sari
Bekasi Timur	1.349	Margahayu Bekasi Jaya Duren Jaya Aren Jaya

Tabel 4.1 Luas Wilayah Kecamatan dan Daftar Kelurahan Kota Bekasi (sambungan)

<b>Kecamatan</b>	<b>Luas Wilayah (hektar)</b>	<b>Kelurahan</b>
Rawa Lumbu	1.567	Bojong Menteng Bojong Rawa Lumbu Sepanjang Jaya Pengasinan
Bekasi Selatan	1.496	Jaka Mulya Jaka Setia Pekayon Jaya Marga Jaya Kayuringin Jaya
Bekasi Barat	1.889	Bintara Jaya Bintara Kranji Kota Baru Jaka Sampurna
Medan Satria	1.471	Harapan Mulya Kali Baru Medan Satria Pejuang
Bekasi Utara	1.965	Harapan Jaya Kaliabang Tengah Perwira Harapan Baru Teluk Pucung Marga Mulya
<b>Total</b>	<b>21.049</b>	

Sumber: BPS Kota Bekasi, 2006

## 4.2 LINGKUNGAN FISIK ALAMI

### 4.2.1 Topografi

Sebagian besar wilayah Kota Bekasi memiliki tingkat kemiringan lahan relatif datar (0 – 2%). Secara teknik keadaan ini memiliki potensi yang sangat baik untuk segala kegiatan budidaya manusia, khususnya budidaya yang bersifat perkotaan. Ketinggian kurang dari 25 meter berada pada Kecamatan Bekasi Utara, Bekasi Selatan, Bekasi Timur, dan Pondok Gede. Sedangkan ketinggian antara 25-100 meter di atas permukaan air laut berada di kecamatan Bantargebang, Jatiasih, dan Jatisampurna.

Wilayah Kota Bekasi tidak terdapat bukit dan secara keseluruhan kondisi morfologi lahannya adalah datar dan berawa yang menyebar pada seluruh wilayah kecamatan di Kota Bekasi. Kondisi alami lahan kota Bekasi kemudian banyak diubah menjadi lingkungan buatan dengan penggunaan lahan sebagai lahan pertanian dan permukiman. Dalam perkembangannya, perubahan penggunaan lahan kota Bekasi mengarah dari daerah perdesaan (*rural area*) menjadi daerah perkotaan (*urban area*). Perkembangan ini membawa konsekuensi pada makin berkurangnya lahan alami maupun lahan pertanian dan sebaliknya makin bertambahnya lahan permukiman beserta fasilitas perkotaan.

### 4.2.2 Hidrologi

Kondisi hidrologi Kota Bekasi dibedakan menjadi dua, yaitu hidrologi air permukaan dan hidrologi air tanah. Ditinjau dari hidrologi air permukaan, wilayah administrasi Kota Bekasi termasuk ke dalam tiga wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu DAS Cakung, DAS Kali Bekasi dan DAS Sunter, yang masing-masing memiliki beberapa anak sungai yang melintasi Kota Bekasi.

DAS Bekasi adalah DAS dengan wilayah cakupan paling luas di Kota Bekasi. DAS Bekasi sendiri merupakan bagian dari Satuan Wilayah Sungai (SWS) Citarum. SWS adalah suatu batas manajemen administrasi yang terdiri atas satu atau lebih Daerah Aliran Sungai (DAS). SWS Citarum terdiri atas dua (2) DAS

yaitu DAS Citarum dan DAS Bekasi. Luas DAS Citarum adalah 658.500 ha dengan potensi air sebesar 13 milyar m<sup>3</sup>/tahun, sedangkan luas DAS Bekasi adalah 144.200 ha dengan potensi air sebesar 2,5 milyar m<sup>3</sup>/tahun (BAPPEDA Kota Bekasi, 2008).

Dua wilayah DAS yang lain, yaitu DAS Cakung dan DAS Sunter hanya mencakup sebagian kecil dari wilayah administrasi Kota Bekasi. Oleh karena itu, wilayah kajian hidrologis dalam penelitian ini akan difokuskan pada DAS Bekasi.

Tabel 4.2 Luas DAS dan Panjang Sungai Utama di Kota Bekasi

No.	Nama DAS & Sungai	Kelas Sungai	Luas DAS (ha)	Panjang Sungai (km)
1.	<b>DAS SUNTER</b>		<b>33.490</b>	
	Sungai Sunter	Utama		56,10
2.	<b>DAS CAKUNG</b>		<b>14.170</b>	
	Sungai Cakung	Utama		39,68
	Sungai Cibiru	1		20,30
3.	<b>DAS BEKASI</b>		<b>144.000</b>	
	Sungai Bekasi	Utama		132,50
	Kali Cikeas	1		138,60
	Kali Cileungsi	1		
	Kali Malang	Sbo		56,32

Sumber : BAPPEDA Kota Bekasi, 2008

Sungai utama yang melintas di Kota Bekasi adalah Sungai Bekasi yang merupakan penggabungan Sungai Cileungsi dan Sungai Cikeas. Hulu sungai Bekasi adalah Sungai Cikeas yang berasal dari gunung pada ketinggian kurang lebih 1.500 meter dari permukaan laut. Secara spesifik, sungai-sungai yang melintasi Kota Bekasi mempunyai karakteristik sebagai berikut:

1. Sungai Bekasi, dengan karakteristik bagian hulu mempunyai kemiringan curam, bagian tengah bermeander sedangkan bagian hilir sampai CBL sangat landai. Luas DAS Bekasi adalah 367,39 km<sup>2</sup> dengan panjang sungai utama adalah 130,25 km. Sedangkan kapasitas alur sungai adalah 30 – 200 m<sup>3</sup>/det.
2. Sungai Cikeas, merupakan Sub DAS Sungai Bekasi dengan luas 101,05 km<sup>2</sup>. Panjang Sungai Cikeas adalah 90,88 km dan kemiringan 0,0058 km.
3. Sungai Cileungsi, juga merupakan Sub DAS Sungai Bekasi dengan luas 251,45 km<sup>2</sup>. Panjang sungai Cileungsi adalah 90,75 km dan kemiringan sungai adalah 0,013. Sungai Cileungsi mempunyai Sub DAS yang merupakan anak sungai yang terletak di Kampung Sawah dengan luas 67,55 km<sup>2</sup>. Panjang sungai adalah 27 km dan kemiringan 0,0407 km.

Sistem sungai yang melintasi wilayah Kota Bekasi pada dasarnya termasuk dalam sistem aliran banjir CBL (Cikarang-Bekasi-Laut Floodway). Sistem CBL dibangun pada tahun 1985 dan merupakan bagian dari Proyek Pelebaran Saluran Irigasi Jatiluhur yang berfungsi untuk mencegah banjir di wilayah Kota Bekasi, Cisadang dan Cikarang. Aliran banjir ini mempunyai area tangkapan (*Catchment Area*) seluas 1.135 km<sup>2</sup> dan panjang kira-kira 29 km. Sistem CBL tersebut terdiri atas aliran banjir Sungai Bekasi, Sungai Cisadang, Sungai Cikarang dan Sungai Lemahabang.

Sungai Bekasi termasuk dalam sistem DPS yang berhulu di Sungai Cikeas dan Sungai Cileungsi dan bergabung di sebelah selatan Kota Bekasi menjadi sungai Bekasi. Aliran Sungai Bekasi mengalir melalui Kota Bekasi dan kemudian bergabung dengan CBL yang berhilir di aliran banjir. Maka, secara keseluruhan sungai, DPS/DAS yang melintasi wilayah Kota Bekasi dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Sungai-Sungai yang Melintasi Wilayah Kota Bekasi

No.	Daerah Pengaliran Sungai	Wilayah yang Dilewati
1.	Sungai Sunter	Kecamatan Jatisampurna (sebagian wilayah Kelurahan Jatikarya, Jatisampurna, Desa Jatiwarna); Kecamatan Pondokgede (Desa Jatirahayu, Jatimakmur, dan Kelurahan Jatiwaringin)
2.	Sungai Buaran	Kecamatan Jatiasih (Desa Jatikramat); Kecamatan Pondokgede (Kelurahan Jatibening)
3.	Sungai Cakung (anak sungainya)	Kecamatan Jatisampurna (sebagian wilayah Kelurahan Jatikarya, Jatisampurna, Desa Jatiranggon, Desa Jatisari, Desa Jatiluhur); Kecamatan Jatiasih (Desa Jatiasih, Kelurahan Jatimekar, Desa Jatikramat); Kecamatan Bekasi Barat (Kelurahan Bintarajaya, Jakasampurna, Kranji, Kotabaru, Medansatria)
4.	Sungai Cileungsi	Kecamatan Bantargebang (Desa Cikeutingudik, Bantargebang)
5.	Sungai Bekasi	Kecamatan Jatiasih (Desa Jatirasa); Kecamatan Bekasi Selatan (Pekayon, Margajaya, Harapanmulya, Margamulya, Jakasetia); Kecamatan Bekasi Timur (Kelurahan Bojongmenteng, Bojong Rawalumbu, Sepanjangjaya, Margahayu, Bekasi Jaya); Kecamatan Bekasi Utara (Kelurahan Perwira, Kaliabang tengah)
6.	Sungai Sasak Jarang	Kecamatan Bekasi Timur (Kelurahan Pengasingan, Arenjaya)
7.	Sungai Cibitung	Kecamatan Bantargebang, (Desa Sumur Batu, Cimuning, Kelurahan Pedurenan, Desa Mustikajaya, Desa Mustikasari)

Sumber : BAPPEDA Kota Bekasi, 2008

Ditinjau dari hidrologi air tanah (hidrogeologi), Kota Bekasi terletak pada Cekungan Air Tanah (CAT) Bekasi-Karawang. Potensi imbuhan air tanah bebas sebesar 1.483.000 m<sup>3</sup>/tahun dan jumlah aliran air tanah tertekan sebesar 6.000.000 m<sup>3</sup>/tahun.

### 4.3 KEPENDUDUKAN KOTA BEKASI

Sebagai wilayah penyangga kota Jakarta, jumlah penduduk kota Bekasi dari tahun ke tahun cenderung meningkat. Saat kota Bekasi masih menjadi kota administratif, laju pertumbuhan penduduk juga sudah cukup tinggi. Pada periode 1997-1998, laju pertumbuhan penduduk pernah mencapai 7,85 persen. Namun setelah menjadi wilayah administratif kota, laju pertumbuhan penduduknya rata-rata berkisar 5 persen. Tahun 2005-2006, laju pertumbuhannya 3,47 persen. Untuk mengetahui jumlah penduduk dan laju pertumbuhan penduduk kota Bekasi, dapat dilihat pada tabel dan grafik.

Pertumbuhan penduduk yang tinggi tidak diimbangi oleh distribusi penduduk yang merata. Konsentrasi penduduk terpusat di kecamatan Bekasi Utara, Bekasi Timur, dan Bekasi Barat dengan persentase jumlah penduduk berkisar 12-13 persen. Sedangkan di kecamatan Bantar Gebang dan Jati Sampurna persentase jumlah penduduk hanya sekitar 3 persen.

Penduduk lebih terkonsentrasi di wilayah Barat, Pusat, dan Utara karena kemudahan akses jalan dan jalan tol, serta berbatasan langsung dengan wilayah Jakarta. Penduduk yang tinggal di wilayah Barat merupakan limpahan penduduk Jakarta sehingga sebagian besar pelayanannya terlayani oleh wilayah Jakarta Timur. Penduduk terkonsentrasi di wilayah pusat dan utara karena ketersediaan akses jalan utama dan jalan tol yang memudahkan mobilitas ke dalam ataupun keluar kota Bekasi.

Hal inilah yang menyebabkan kepadatan penduduk di Bekasi Utara, Bekasi Timur, dan Bekasi Barat cukup tinggi. Kecamatan Bekasi Timur dengan luas 1.349 hektar, misalnya tahun 2006 kepadatan penduduknya 20.034 jiwa per hektar. Dibandingkan dengan Kecamatan Bantar Gebang dengan luas 4.178 hektar kepadatan penduduknya hanya 4.556 jiwa per hektar.

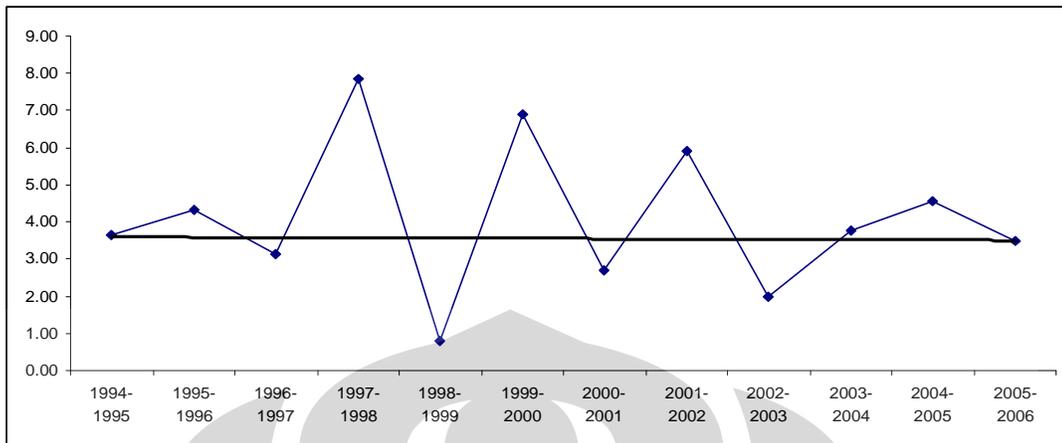
Salah satu kelurahan di Kecamatan Bekasi Barat, kelurahan Kranji mempunyai kepadatan tertinggi, lebih dari 250 jiwa/hektar. Kelurahan Aren Jaya dan Kota Baru yang berlokasi di bagian barat dan timur Bekasi mempunyai kepadatan penduduk 201-205 jiwa per hektar. Kepadatan penduduk tersebut

berhubungan dengan keberadaan jalan arteri primer yang membelah wilayah Bekasi bagian tengah. Lokasi-lokasi kelurahan tersebut linier dengan jalan utama Bekasi. Tidak hanya kelurahan Aren Jaya, Kranji dan Kota Baru saja, Bintaro, Kayumanis Jaya, Marga Jaya, Marga Mulya, Bekasi Jaya juga mempunyai kepadatan penduduk relatif tinggi (101-200 jiwa per hektar).

Tabel 4.4. Kepadatan dan Distribusi Penduduk Tahun 2006

Kecamatan	Penduduk	
	Kepadatan	Distribusi
Pondok Gede	12953	10.19
Jati Sampurna	4952	3.46
Jati Asih	7677	8.15
Bantar Gebang	4556	3.75
Bekasi Timur	20034	13.05
Rawa Lumbu	11117	8.41
Bekasi Selatan	13422	9.69
Bekasi Barat	14657	13.37
Medan Satria	10240	7.27
Bekasi Utara	13673	12.97
Pondok Melati	5984	5.36
Mustika Jaya	3624	4.33
Tabel	116969	

Sumber : BPS Kota Bekasi



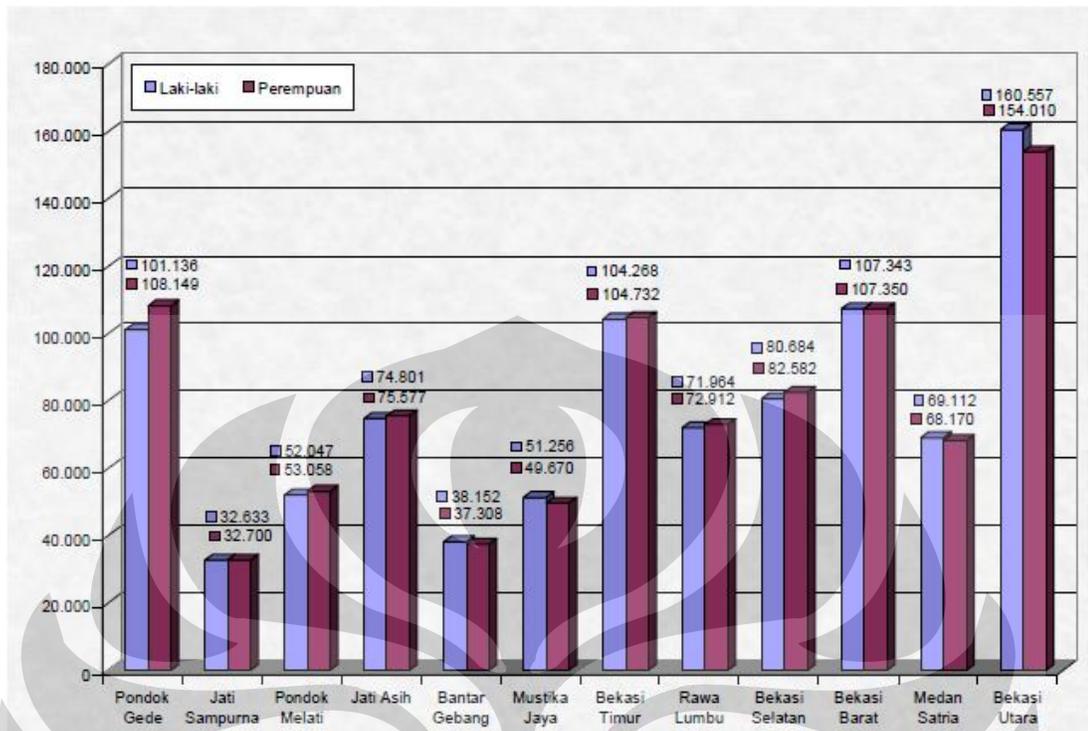
Gambar 4.1. Perkembangan Laju Pertumbuhan Penduduk Kota Bekasi Tahun 1994-2006

Sumber : BPS Kota Bekasi

Tabel 4.5 Jumlah Penduduk Bekasi Menurut Jenis Kelamin

Tahun	Jenis Kelamin		Total (jiwa)
	Laki – Laki (jiwa)	Perempuan (jiwa)	
2000	828.717	835.085	1.663.802
2001	857.731	850.606	1.708.337
2002	932.885	876.421	1.809.306
2003	930.143	914.862	1.845.005
2004	957.718	956.598	1.914.316
2005	997.622	1.004.277	2.001.899
2006	1.041.960	1.029.484	2.071.444
2007	1.076.163	1.067.641	2.143.804
2008	1.104.721	1.133.996	2.238.717

Sumber: BPS Kota Bekasi



Gambar 4.2 Grafik Jumlah Penduduk menurut Kecamatan dan Jenis Kelamin

Sumber : Kota Bekasi dalam Angka 2008

#### 4.4 JARINGAN DISTRIBUSI PDAM PONDOK UNGU, BEKASI

Perusahaan Daerah Air Minum Pondok Ungu merupakan cabang dari PDAM Pusat Bekasi yang melayani daerah sekitar wilayah Pondok Ungu. PDAM cabang Pondok Ungu ini melayani 2 kecamatan dengan 2 kelurahan. Kecamatan yang termasuk ke dalam wilayah pelayanan Pondok Ungu ini antara lain Kecamatan Bekasi Utara dan Kecamatan Medan Satria. Sedangkan, kelurahan yang dilayani adalah Kali Abang yang berada di Kecamatan Bekasi Utara dan kelurahan Pejuang yang berada di Kecamatan Medan Satria. PDAM Cabang Pondok Ungu ini sendiri terletak di kelurahan Pejuang dengan kecamatan Medan Satria. PDAM cabang Pondok Ungu ini telah melayani 71.125 penduduk di kedua daerah pelayanan Pondok Ungu tersebut. Selain menyediakan air untuk kedua wilayah tersebut, PDAM cabang Pondok Ungu ini juga menyalurkan air untuk Unit Taruma Jaya dan Pondok Ungu Permai. Debit yang digunakan untuk

produksi di PDAM ini adalah 300 L/detik dengan total air yang didistribusikan sebanyak 712.314 m<sup>3</sup> tiap bulannya. Jumlah air baku yang diolah dalam kurun waktu 1 bulan adalah 764.471 m<sup>3</sup> yang berasal dari air permukaan. Air bersih yang didistribusikan untuk cabang Pondok Ungu sendiri tiap bulannya adalah 439.629 m<sup>3</sup>, ke unit Taruma Jaya 173.185 m<sup>3</sup>, dan unit Pondok Ungu Permai 99.500 m<sup>3</sup>. Air distribusi pada cabang Pondok Ungu yang tercatat tiap bulannya pada meteran induk sebanyak 439.629 m<sup>3</sup> dan digunakan untuk pengurusan jaringan sebanyak 455 m<sup>3</sup> dan pemeliharaan instalasi sebanyak 600 m<sup>3</sup>. Jumlah total sambungan langganan adalah 15.534 sambungan, untuk sosial umum sebanyak 1 sambungan, sosial khusus sebanyak 26 sambungan, rumah tangga sebanyak 14.021 sambungan, niaga sebanyak 1.486 sambungan. Jenis sistem distribusi pada PDAM ini adalah dengan sistem perpompaan.

#### **4.4.1 Kelurahan Pejuang**

Kelurahan Pejuang ini memiliki luas wilayah sebesar 438.327 Ha dengan jumlah RW adalah 33 dan jumlah RT adalah 263. Kelurahan Pejuang berbatasan dengan wilayah-wilayah berikut :

- Sebelah Timur : Kelurahan Kaliabang Tengah Kecamatan Bekasi Utara
- Sebelah Barat : Kelurahan Medan Satria Kecamatan Medan Satria
- Sebelah Utara : Desa Setia Asih Kecamatan Tarumajaya
- Sebelah Selatan : Kelurahan Harapan Jaya Kecamatan Bekasi Utara

Jumlah Penduduk pada wilayah ini pada tahun 2009 adalah 59.477 jiwa. Penduduk yang berjenis kelamin laki-laki berjumlah 28.000 jiwa dan penduduk yang berjenis kelamin perempuan berjumlah 31.477 jiwa. Pada kelurahan Pejuang ini terdapat 17.686 kepala keluarga.

#### **4.4.2 Kelurahan Kaliabang Tengah**

Kelurahan Kaliabang Tengah memiliki luas wilayah 397.785 Ha. Wilayah ini merupakan wilayah dataran rendah dengan ketinggian 10 m dari permukaan laut. Wilayah ini termasuk wilayah yang datarannya rendah. Batas-batas kelurahan Kaliabang Tengah ini adalah sebagai berikut :

- Sebelah Timur : Desa Bahagia
- Sebelah Barat : Kelurahan Pejuang
- Sebelah Utara : Desa Setia Asih
- Sebelah Selatan : Kelurahan Perwira

Jumlah penduduk pada wilayah ini pada tahun 2009 adalah 62.345 jiwa. Penduduk yang berkelamin pria berjumlah 30.626 jiwa dan penduduk yang berkelamin perempuan berjumlah 31.719 jiwa. Pada kelurahan ini terdapat 14.290 kepala keluarga.

#### **4.4.3 Kecamatan Tarumajaya**

Kecamatan Tarumajaya merupakan salah satu kecamatan di wilayah Kabupaten Bekasi. Wilayah ini memiliki luas sebesar 5.463 Ha, dan memiliki batas-batas sebagai berikut :

- Selatan : Kecamatan Medan Satria, Kota Bekasi
- Barat : Kecamatan Cilincing, Jakarta
- Timur : Kecamatan Babelan, Kabupaten Bekasi
- Utara : Laut Jawa

Pada tahun 2009, kecamatan Tarumajaya memiliki jumlah penduduk sebanyak 107.000 jiwa. Kecamatan Tarumajaya memiliki 8 desa/kelurahan, antara lain :

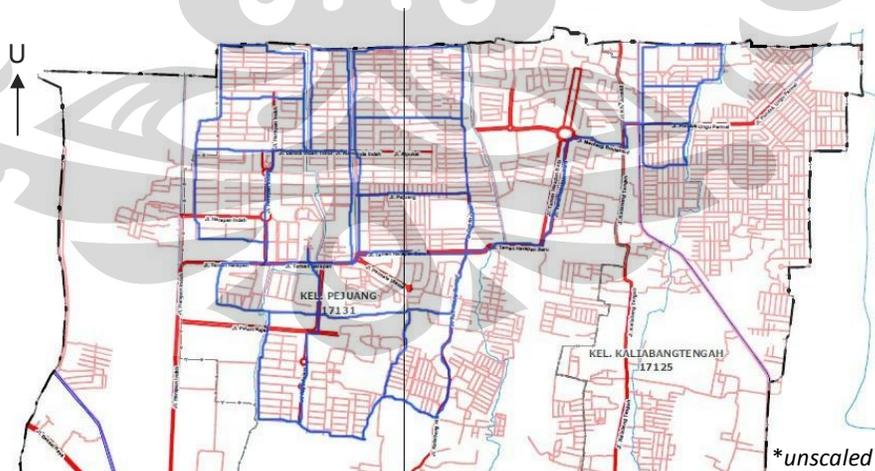
- Pahlawan Setia
- Pantaimakmur
- Pusakarakyat
- Samudrajaya
- Segarajaya
- Segaramakmur
- Setia Asih
- Setiamulya

## BAB 5

### EVALUASI JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM EKSISTING

#### 5.1 KONDISI JARINGAN DISTRIBUSI EKSISTING

Instalasi pengolahan air minum Pondok Ungu menyalurkan air minum ke daerah-daerah sekitar instalasi (beberapa daerah di kelurahan Pejuang), unit Pondok Ungu Permai, dan unit Tarumajaya. Air minum yang dialirkan ke unit Pondok Ungu Permai dan unit Tarumajaya tersebut didistribusikan dari masing-masing unit. Pada skripsi ini, jaringan distribusi yang akan dievaluasi adalah jaringan distribusi di kelurahan Pejuang dan unit Pondok Ungu Permai. Unit Taruma Jaya tidak dibahas karena daerahnya terpisah PDAM Pondok Ungu dan unit Pondok Ungu Permai. Unit Taruma Jaya sudah masuk dalam wilayah Kabupaten Bekasi dan saluran pipa yang menuju daerah Taruma Jaya berbeda dengan saluran pipa yang menyalurkan air pada kedua daerah pelayanan. Selain itu, PDAM Cabang Pondok Ungu ini hanya menyalurkan air ke unit Taruma Jaya tidak sampai mendistribusikan air minum pada daerah tersebut. Berikut merupakan peta jaringan distribusi yang akan dievaluasi :



Gambar 5.1 Peta Jaringan Distribusi Pondok Ungu

Sumber : PDAM Bekasi

Pada peta tersebut yang bergaris biru merupakan pipa-pipa primer dan sekunder pendistribusian air minum ke daerah pelayanan. Jaringan distribusi ini terdiri dari 15 *loop*. Air minum yang telah diolah di instalasi Pondok Ungu disimpan di reservoir yang berada pada elevasi 0 m. Reservoir ini memiliki kapasitas menampung air sampai volume 2000 m<sup>3</sup>. Sebelum masuk ke pipa distribusi air tersebut di pompa, jumlah pompa pada reservoir di Pondok Ungu ini adalah 4 buah. Pompa yang dipakai adalah 2 buah, sedangkan 2 pompa lainnya digunakan sebagai cadangan. Pompa yang digunakan memiliki kapasitas maksimum 150 L/detik dan 200 L/detik. Pompa tersebut memiliki *head* 50 – 55 m. Pipa yang digunakan dalam pendistribusian adalah jenis PVC dengan diameter bervariasi dari 100 – 400 mm. Input data yang diperlukan dalam mengevaluasi jaringan ini antara lain :

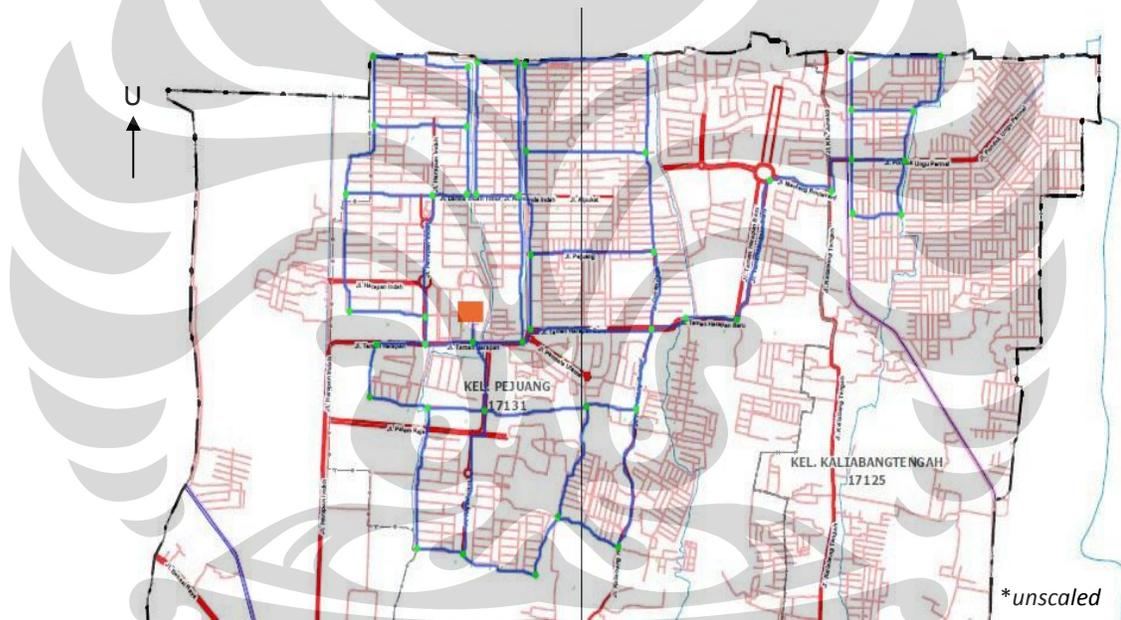
- Diameter pipa tiap segmen
- Panjang pipa tiap segmen
- Elevasi tiap-tiap titik yang menghubungkan pipa (*junction point/node*)
- Debit aliran pada tiap titik yang menghubungkan pipa (*junction point/node*)
- Elevasi reservoir

Input data tersebut merupakan data-data yang telah diketahui dan dimasukkan ke dalam program yang dipakai untuk mengevaluasi jaringan distribusi air minum ini. Program yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah EPANET dan WaterCAD. Diameter pipa tiap segmen merupakan data eksisting yang telah ada, sedangkan panjang pipa tiap segmen didapatkan dari perhitungan menggunakan AutoCAD. Perhitungan panjang pipa ini menggunakan peta jaringan distribusi yang ada dan diukur menggunakan AutoCAD dengan menyesuaikan skala pada peta tersebut. Elevasi pada tiap titik yang menghubungkan pipa didapat dari peta kontur kota Bekasi. Pada kedua program yang dipakai dalam mengevaluasi jaringan distribusi ini menggunakan input data yang sama. Input-input data tersebut akan ditampilkan pada sub bab 5.2 pada penjelasan masing-masing program. Selanjutnya, terdapat komponen-komponen yang terdapat dalam jaringan distribusi air minum. Input-input data tersebut merupakan data-data yang

dimasukkan ke dalam komponen-komponen tersebut. Komponen-komponen yang ada dalam jaringan distribusi air minum ini, antara lain :

- Reservoir adalah *node* yang menggambarkan sumber eksternal yang terus menerus mengalir ke jaringan.
- Pompa adalah *link* yang memberi tenaga ke fluida untuk menaikkan *head* hidrolisnya.
- *Junction/node/sambungan* adalah titik pada jaringan tempat ujung-ujung pipa bertemu dan tempat air memasuki atau meninggalkan jaringan.
- Pipa/*link* adalah penghubung yang membawa air dari satu poin ke poin lainnya dalam jaringan.

Berikut peta jaringan distribusi air minum beserta letak-letak nodenya :



Gambar 5.2 Peta Jaringan Distribusi Air minum Beserta Letak Node

Sumber : Telah Diolah Kembali

## 5.2 EVALUASI JARINGAN DISTRIBUSI

Evaluasi jaringan distribusi air minum ini akan didasarkan pada kriteria desain yang terdapat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.18 tahun 2007 tentang penyelenggaraan pengembangan sistem penyediaan air minum yang meliputi :

1. Kecepatan air dalam pipa disyaratkan sebesar 0.3 m/detik – 3 m/detik

2. Tinggi tekanan yang harus disediakan sampai mencapai titik terjauh minimum sebesar 10 m dan tinggi tekanan maksimum yang diijinkan sebesar 80 m
3. Jenis pipa yang nantinya akan digunakan adalah pipa dengan jenis PVC

Oleh karena itu, output yang perlu diperhatikan dalam pengevaluasian jaringan distribusi air minum ini tinggi tekanan atau *head* atau *pressure* (pada program EPANET dan WaterCAD) dan kecepatan pada tiap-tiap pipa.

### 5.2.1 Program EPANET

Telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, bahwa komponen yang ada dalam evaluasi jaringan distribusi ini adalah reservoir, pompa, *junction/node*, dan pipa. Pada masing-masing komponen tersebut terdapat input yang harus dimasukkan ke dalam program ini dan selanjutnya terdapat output yang dapat dievaluasi. Evaluasi yang dilakukan dalam tugas akhir ini tidak meliputi kualitas air yang didistribusikan. Berikut merupakan input dan output yang ada dalam tiap komponen:

#### 1. Sambungan (*junction*)

Input data yang diperlukan untuk sambungan (*junction*) antara lain :

- Elevasi pada tiap-tiap *junction* (digunakan elevasi pada daerah pelayanan)
- Kebutuhan air (debit yang dibutuhkan pada daerah yang dilewati *junction*)

Lalu, output yang dihasilkan pada perhitungan menggunakan program ini adalah :

- *Head* hidrolis
- Tinggi tekanan (*pressure*)

#### 2. Reservoir

Input utama reservoir yang dimasukkan ke dalam program EPANET ini adalah *head* hidrolis sebanding dengan elevasi permukaan air jika bukan reservoir bertekanan).

### 3. Pipa

Program EPANET ini mengasumsikan bahwa semua pipa penuh berisi air setiap waktunya. Arah aliran adalah dari titik dengan tekanan hidrolik tertinggi menuju titik dengan tekanan hidrolik rendah. Input untuk komponen pipa adalah :

- Data *node/junction* awal dan akhir
- Diameter pipa
- Panjang pipa
- Koefisien kekasaran (untuk menjelaskan hilang tekan)
- Status (terbuka, tertutup, atau *check valve*), status ini berhubungan dengan *valve* yang terdapat di jaringan distribusi. Dalam evaluasi ini diasumsikan semua pipa berstatus terbuka karena air selalu mengalir untuk didistribusikan ke rumah-rumah.

Output yang dihasilkan dalam perhitungan menggunakan program ini antara lain :

- Laju aliran/ kecepatan
- *Headloss*
- Faktor friksi

### 4. Pompa

Input yang digunakan adalah *node* awal dan akhir, dan kurva pompa (kombinasi dari *head* dan debit aliran air dimana pompa harus memproduksinya). Input yang dimasukkan ke dalam kurva pompa adalah kapasitas debit dan head dari pompa yang dipakai di reservoir untuk mendistribusikan air minum tersebut. Lalu, parameter output yang prinsip adalah aliran dan pencapaian *head*. Aliran melalui pompa adalah langsung dan EPANET tidak akan membolehkan pompa beroperasi di luar *range* kurva pompa. Kurva pompa yang dibutuhkan untuk input dalam pompa ini menjelaskan hubungan antara *head* dan debit yang dapat dialirkan oleh pompa pada pengaturan kecepatan nominal. *Head* yang diperoleh air dari pompa digambarkan di grafik pada sumbu y dengan satuan meter. Debit aliran digambarkan pada sumbu x menggunakan satuan debit

(L/detik). Berikut merupakan data yang diketahui dan dijadikan input program EPANET ini (nomor pipa disesuaikan dengan gambar peta jaringan distribusi air minum menggunakan EPANET) :

Tabel 5.1 Panjang dan Diameter Pipa

pipa	panjang pipa (m)	diameter luar pipa (mm)	diameter dalam pipa (mm)
1	250	400	388
4	50	400	388
5	625	300	288
6	181	300	288
7	275	300	288
8	600	300	288
9	275	300	288
10	125	300	288
11	334	150	138
12	325	150	138
13	300	150	138
14	375	150	138
15	275	150	138
16	375	150	138
17	575	150	138
18	550	150	138
19	575	150	138
20	251	200	188
21	127	150	138
22	496	150	138
23	130	200	188
24	291	200	188
25	615	150	138
26	550	150	138
27	197	150	138
28	551	150	138
29	375	200	188
30	475	150	138
31	458	150	138
32	234	150	138
33	496	150	138
34	210	150	138
35	335	150	138
36	477	150	138
37	459	150	138
38	250	150	138
39	249	150	138
40	249	150	138
41	263	150	138
42	290	150	138
43	500	150	138
44	271	150	138
45	383	150	138
46	596	150	138

Tabel 5.1 Panjang dan Diameter Pipa (sambungan)

pipa	panjang pipa (m)	diameter luar pipa (mm)	diameter dalam pipa (mm)
47	249	150	138
48	585	200	188
49	450	200	188
50	270	200	188
51	330	200	188
52	605	150	138
53	454	200	188
54	237	100	88
55	239	100	88
56	233	100	88
57	212	100	88
58	354	150	138
59	206	100	88
60	236	150	138
61	325	150	138
62	293	100	88
63	440	150	138

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 5.2 Debit Tiap *Junction/Node*

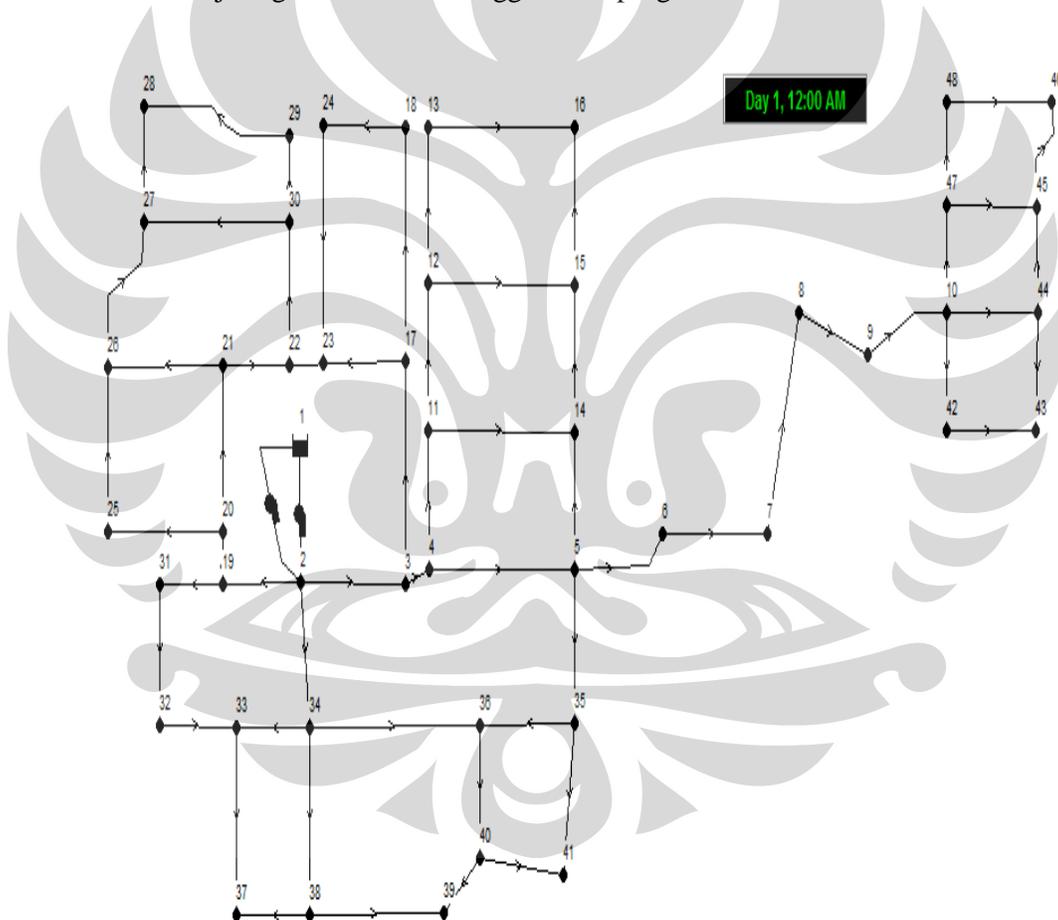
<i>node</i>	debit (L/detik)	<i>node</i>	debit (L/detik)	<i>node</i>	debit (L/detik)
2	5,0434783	18	4,043478	34	4,04902
3	8,1434783	19	7,043478	35	3,54902
4	7,9434783	20	5,943478	36	4,734694
5	7,0434783	21	7,043478	37	3,54902
6	5,9923077	22	4,54902	38	4,54902
7	5,9923077	23	4,043478	39	4,54902
8	5,9923077	24	4,043478	40	3,54902
9	5,9923077	25	5,043478	41	3,54902
10	5,9923077	26	5,043478	42	4,54902
11	5,0434783	27	5,043478	43	5,043478
12	6,3434783	28	4,543478	44	2,996154
13	6,3434783	29	5,549019	45	8,743478
14	6,3434783	30	5,043478	46	3,996154
15	6,3434783	31	6,04902	47	2,996154
16	6,3434783	32	3,54902	48	3,996154
17	5,0434783	33	4,54902		

Sumber : Laporan Bulanan PDAM Cabang Pondok Ungu

Debit yang dialirkan dari instalasi adalah 300L/detik dan yang dialirkan untuk unit Tarumajaya adalah 68 L/detik. Oleh karena itu, debit yang mengalir pada unit Cabang Pondok Ungu dan Pondok

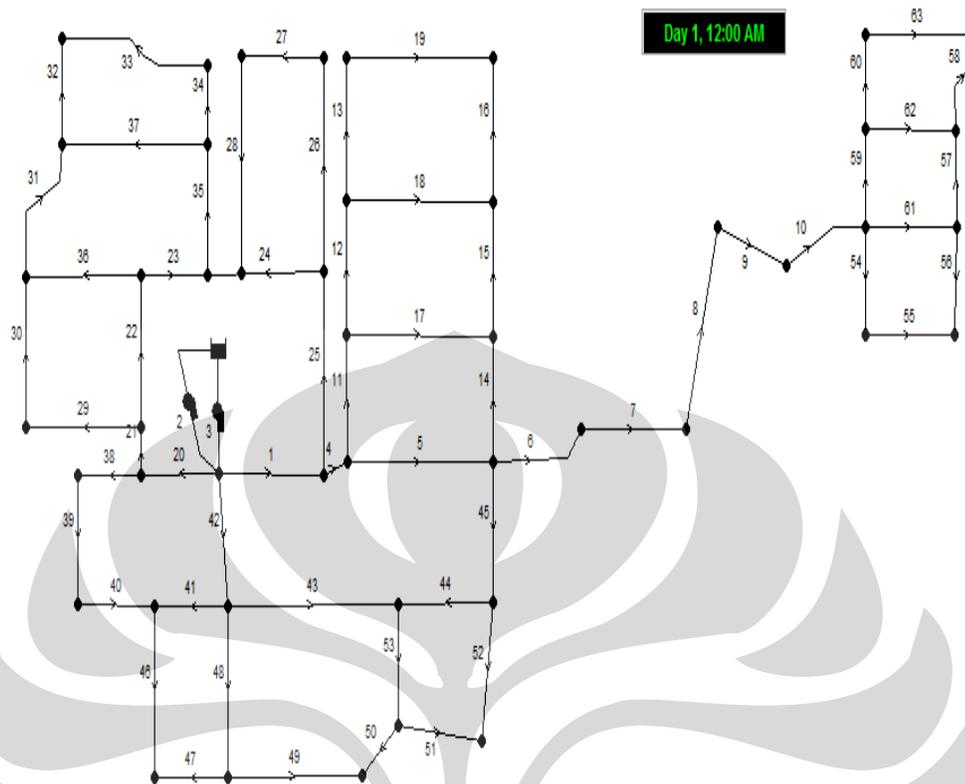
Ungu Permai adalah 232 L/detik. Lalu, diameter pipa yang dimasukkan sebagai input adalah diameter dalam pipa. Diameter dalam merupakan diameter luar dikurangi ketebalan pipa (12 mm). Pipa nomor 4 dan selanjutnya merupakan lanjutan dari pipa nomor 1, sehingga pipa nomor 4 dan selanjutnya adalah pipa urutan 2 dan selanjutnya.

Tahapan menggunakan program ini telah dijelaskan di bab 2. Setelah dibuat jaringan distribusi eksisting pada program ini, data-data input yang ada dimasukkan. Berikut merupakan hasil penggambaran jaringan distribusi menggunakan program EPANET :



Gambar 5.3 Jaringan Distribusi (dengan Nomor-Nomor Node)

Sumber : Hasil Olahan Program EPANET



Gambar 5.4 Jaringan Distribusi (dengan Nomor-Nomor Pipa)

Sumber : Hasil Olahan Program EPANET

Perhitungan yang dipilih pada program ini menggunakan formula Hazen-William. Formula ini dipilih karena merupakan formula yang umum digunakan. Setelah data-data input dimasukkan, dilakukan run program untuk mengecek apakah data input yang dimasukkan telah sesuai dengan yang dibutuhkan program tersebut. Apabila run tersebut berhasil dilakukan, akan muncul tulisan *“run was successful”*. Sedangkan, bila run tidak berhasil akan muncul tulisan *“run was not successful”*, maka diperlukan pengecekan ulang apakah data input yang dimasukkan telah benar. Bila *run* telah berhasil maka dapat dilihat hasil perhitungan program ini pada output masing-masing komponen. Hasil output yang perlu diperhatikan adalah hasil output dari komponen junction/sambungan dan pipa. Hasil output komponen ini dapat dilihat dalam tabel yang dihasilkan dari perhitungan program ini. Berikut merupakan tabel output program EPANET :

Tabel 5.3 Tabel Output *Nodes/Junction*

node	debit (L/detik)	Head (m)	Pressure (m)
2	5,04	61,42	56,42
3	8,14	60,6	55,6
4	7,94	60,49	55,49
5	7,04	57,24	52,24
6	5,99	56,79	51,79
7	5,99	56,22	51,22
8	5,99	55,21	50,21
9	5,99	54,84	49,84
10	5,99	54,71	49,71
11	5,04	55,56	50,56
12	6,34	53,47	48,47
13	6,34	52,51	47,51
14	6,34	55,31	50,31
15	6,34	53,4	48,4
16	6,34	52,51	47,51
17	5,04	49,48	44,48
18	4,04	47,09	42,09
19	7,04	57,21	52,21
20	5,94	52,46	47,46
21	7,04	49,36	44,36
22	4,55	49,32	44,32
23	4,04	46,37	41,37
24	4,04	46,69	41,69
25	5,04	51,7	46,7
26	5,04	49,33	44,33
27	5,04	48,11	43,11
28	4,54	47,93	42,93
29	5,55	47,93	42,93
30	5,04	48,12	43,12
31	6,05	56,33	51,33
32	3,55	56,14	51,14
33	4,55	56,13	51,13
34	4,05	56,42	51,42
35	3,55	56,09	51,09
36	4,73	55,97	50,97
37	3,55	55,98	50,98
38	4,55	56	51
39	4,55	55,92	50,92
40	3,55	55,92	50,92
41	3,55	55,91	50,91

Tabel 5.3 Tabel Output *Nodes/Junction* (sambungan)

node	debit (L/detik)	Head (m)	Pressure (m)
42	4,55	50,98	45,98
43	5,04	50,33	45,33
44	3	51,11	46,11
45	8,74	47,07	42,07
46	4	47,04	42,04
47	3	47,46	42,46
48	4	47,14	42,14

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 5.4 Tabel Output Komponen Pipa

pipa	debit (L/detik)	kecepatan (m/detik)	unit headloss (m/km)	faktor friksi
1	158,2	1,34	3,29	0,014
4	123,9	1,05	2,09	0,015
5	92,49	1,42	5,2	0,015
6	62,26	0,96	2,5	0,015
7	56,27	0,86	2,07	0,02
8	50,28	0,77	1,68	0,02
9	44,29	0,68	1,33	0,02
10	38,30	0,59	1,02	0,02
11	23,47	1,57	14,78	0,02
12	14,96	1,00	6,42	0,02
13	6,84	0,46	3,19	0,04
14	13,27	0,89	5,14	0,02
15	10,40	0,70	6,94	0,04
16	5,84	0,39	2,39	0,04
17	3,47	0,23	0,43	0,02
18	1,78	0,12	0,12	0,02
19	0,50	0,03	0,01	0,03
20	56,64	2,04	16,76	0,02
21	38,78	2,59	37,46	0,02
22	14,74	0,99	6,25	0,02
23	6,45	0,23	30,00	0,02
24	-9,00	0,32	0,56	0,02
25	-26,16	1,75	18,08	0,02
26	12,12	0,81	4,35	0,02
27	8,08	0,54	2,05	0,02
28	4,04	0,27	0,57	0,02
29	18,10	0,65	2,03	0,02
30	13,06	0,87	4,99	0,02
31	9,27	0,62	2,65	0,02

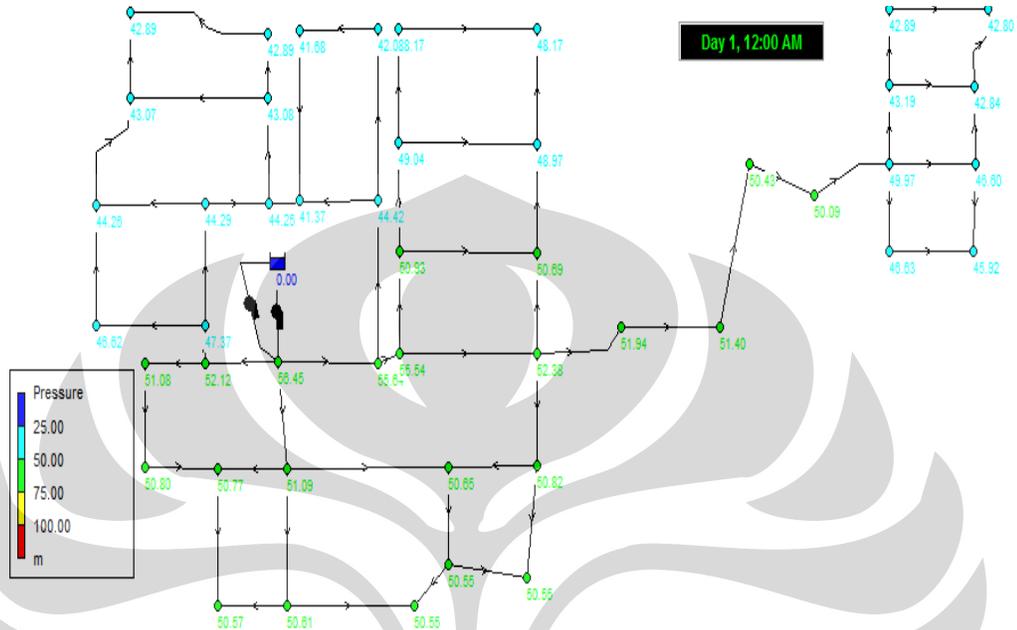
Tabel 5.4 Tabel Output Komponen Pipa (sambungan)

pipa	debit (L/detik)	kecepatan (m/detik)	unit <i>headloss</i> (m/km)	faktor friksi
32	4,83	0,32	0,79	0,02
33	0,29	0,02	0,00	0,03
34	-5,26	0,35	0,93	0,02
35	-10,90	0,73	3,57	0,02
36	1,25	0,08	0,07	0,03
37	0,60	0,04	0,02	0,03
38	10,82	0,72	3,52	0,02
39	4,77	0,32	0,77	0,02
40	1,22	0,08	0,06	0,03
41	-5,85	0,39	1,13	0,02
42	-25,50	1,70	17,24	0,02
43	5,18	0,35	0,90	0,02
44	-3,53	0,24	0,44	0,02
45	-9,91	0,66	3,00	0,02
46	2,52	0,17	0,24	0,02
47	-1,03	0,07	0,05	0,03
48	-10,42	0,38	0,73	0,02
49	4,84	0,17	0,18	0,02
50	0,29	0,01	0,00	0,03
51	0,72	0,03	0,01	0,03
52	-2,83	0,19	0,29	0,02
53	-3,98	0,14	0,12	0,02
54	7,44	1,22	15,75	0,02
55	2,89	0,47	2,73	0,02
56	-2,15	0,35	3,36	0,05
57	8,25	1,36	19,07	0,02
58	1,48	0,10	0,09	0,02
59	11,48	1,89	35,19	0,02
60	6,51	0,44	1,37	0,02
61	13,40	0,90	11,09	0,04
62	1,98	0,33	1,35	0,02
63	2,51	0,17	0,24	0,02

Sumber : Hasil Olahan

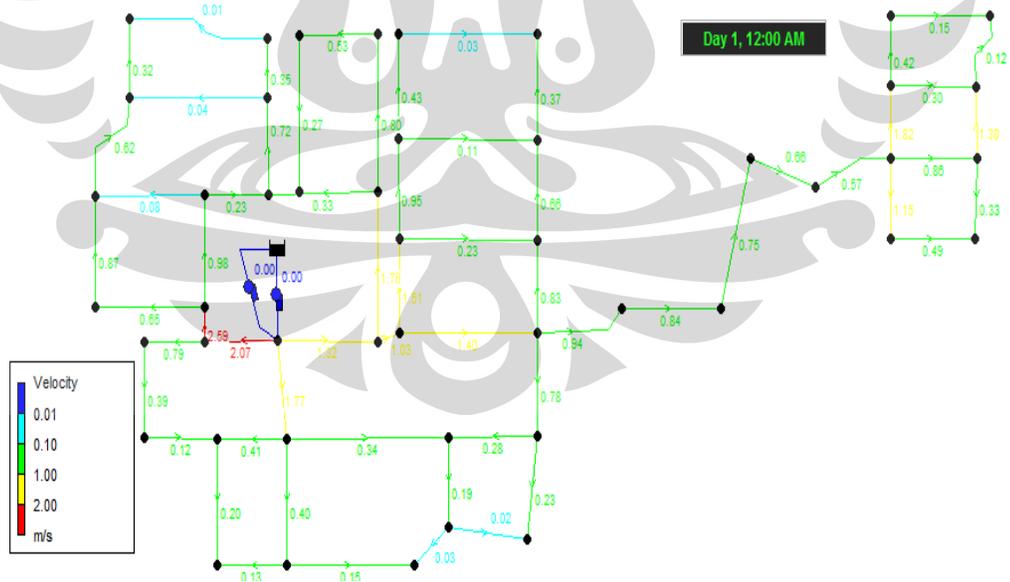
Pada tabel 5.4 tersebut terdapat nilai debit yang bernilai negatif yang menandakan asumsi arah yang dibuat salah. Setelah dilakukan perhitungan oleh program EPANET ini, selain menghasilkan tabel di atas juga dapat dilihat gambar jaringan distribusi tersebut mengalami perbedaan warna. Perbedaan warna ini didasarkan pada perbedaan

hasil output pada masing komponen. Berikut merupakan gambar jaringan distribusi dengan nilai tinggi tekanan (*pressure*) :



Gambar 5.5 Hasil Output pada *Junction (Node)*

Sumber : Hasil Olahan Program EPANET



Gambar 5.6 Nilai Kecepatan Hasil Perhitungan EPANET

Sumber : Hasil Olahan Program EPANET

Dapat dilihat pada gambar ataupun pada tabel tinggi tekanan pada tiap *node/junction* telah memenuhi kriteria desain yang terdapat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.18 tahun 2007 yaitu antara 10 – 80 m. Tinggi tekanan yang terlihat pada tabel dan gambar berkisar sekitar 52 – 56 m. Akan tetapi masih ada beberapa segmen yang kecepatan alirannya tidak memenuhi ketentuan dari Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.18 tahun 2007. Pada gambar juga dapat terlihat pipa-pipa yang kecepatan alirannya belum memenuhi kriteria desain. Pipa-pipa yang kecepatan alirannya belum memenuhi kriteria desain dapat dilihat pada gambar, pipa tersebut berwarna biru muda dan untuk yang berwarna hijau sebagian telah memenuhi kriteria desain yang terdapat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.18 tahun 2007. Persyaratan kecepatan aliran pada pipa tersebut ditetapkan 0.3 m/detik – 3 m/detik. Kurangnya kecepatan tersebut menyebabkan kecilnya aliran yang diterima oleh pelanggan.

### 5.2.2 WaterCAD

Dalam sistem distribusi air minum ini, terdapat komponen-komponen yang harus ada. Dalam program ini komponen-komponen ini terdiri dari :

- Pipa bertekanan, pipa merupakan elemen yang menghubungkan *junction/nodes*, pompa, *valves*, tangki, dan reservoir satu sama lain. Satu-satunya cara air mengalir dari satu *node* ke *node* lainnya adalah dengan melewati satu atau lebih pipa.
- *Junctions* bertekanan bukan merupakan *node* penyimpanan air dapat dimana air meninggalkan jaringan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.
- Reservoir merupakan jenis nodal penyimpanan. Elevasi permukaan air tidak berubah seperti aliran air yang masuk atau keluar dari reservoir selama periode simulasi berlangsung, kecuali jika terdapat pola HGL pada reservoir.
- Pompa merupakan elemen yang menambah *head* pada sistem saat air melewatinya. Elemen ini biasanya diketahui dari kurva pompa

dan pengontrolan elevasi, yang menyalakan atau mematikan pompa. Dalam WaterCAD ini, pompa diwakili sebagai suatu *node*.

Dalam WaterCAD ini, data input dimasukkan ke dalam editor masing-masing elemen yang telah disebutkan di atas. Elemen editor ini memungkinkan untuk mengubah semua input data dan melihat hasil perhitungan yang merupakan output dari masing-masing elemen jaringan. Berikut merupakan isi dari masing-masing elemen editor tersebut :

1. Editor pipa bertekanan

Editor pipa bertekanan ini mengatur data input dan hasil perhitungan ke dalam tabs berikut :

- *General* – informasi umum tentang pipa termasuk dimensi dan karakter fisik, seperti output data hidrolik.
- *Controls* – data kontrol digunakan untuk menentukan apakah pipa terbuka atau tertutup pada saat waktu simulasi atau berdasarkan HGL atau tekanan pada beberapa *node* dalam sistem.
- *Quality* – parameter input yang digunakan saat dilakukan analisis kualitas air.
- *Capital cost* – data input/output analisis biaya digunakan saat dilakukan perhitungan analisis biaya.
- *User data* – data tambahan yang ditentukan oleh kita, seperti tanggal pemasangan pipa.
- *Messages* – pesan perhitungan, seperti peringatan atau pesan eror, dan catatan dan deskripsi yang dimasukkan.

Pada evaluasi jaringan air minum ini, data input yang dimasukkan ke dalam editor adalah jenis material pipa, diameter pipa, dan panjang pipa. Data-data tersebut terdapat dalam tab general.

2. Editor junction bertekanan

Tab-tab yang terdapat dalam editor ini antara lain :

- *General* – informasi umum junction termasuk data geografis dan hasil hidrolis.
- *Demand* – penetapan debit yang dibutuhkan atau debit yang masuk (*inflows*) ke elemen *junction* untuk simulasi air yang masuk atau meninggalkan jaringan.
- *Quality* – parameter input yang digunakan saat dilakukan analisis kualitas air.
- *Fire flow* - berisi data input dan output air yang digunakan untuk kebakaran.
- *Capital cost* – data input/output analisis biaya digunakan saat melakukan perhitungan analisis biaya.

Data yang dimasukkan dalam evaluasi jaringan distribusi ini antara lain elevasi *junction* dan nilai *demand* pada *junction* tersebut. Data tersebut dimasukkan dalam tab *General* dan *Demand*.

### 3. Editor Reservoir

Tab yang terdapat dalam elemen editor ini hampir sama seperti tab di elemen editor yang lain. Hanya saja terdapat perbedaan dalam tab *General*. Pada elemen ini, tab *General* berisi informasi umum mengenai reservoir yang meliputi data geografis (elevasi reservoir) dan hasil hidrolisnya. Sedangkan, untuk tab yang lainnya berisi sama dengan elemen yang lainnya dan tidak terlalu berpengaruh terhadap perhitungan.

### 4. Editor Pompa

Pada software ini dapat digunakan 6 jenis pompa yang berbeda :

- *Constant Power* – pompa-pompa ini berguna untuk preliminary desain dan memperkirakan ukuran pompa, tapi tidak boleh digunakan untuk beberapa analisis yang membutuhkan perhitungan yang lebih akurat.
- *Design Point (One-Point)* – suatu pompa dapat diketahui dengan single design point ( $H_d @ Q_d$ ). Dari titik ini, kurva antara head dan debit dihitung dengan rumus  $H_o = 1.33 * H_d$  dan  $Q_o = 2 *$

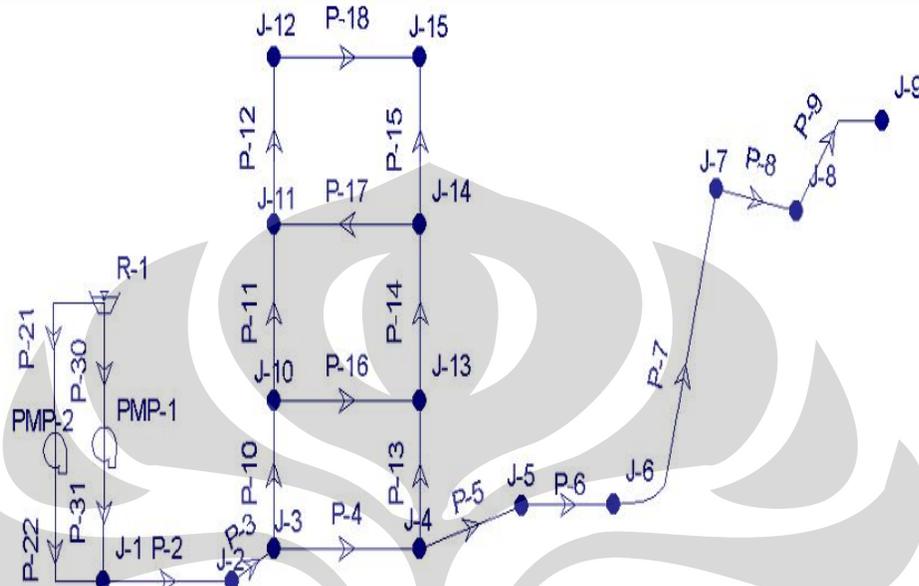
Qd. Pompa jenis ini berguna dalam preliminary desain, tapi tidak dianjurkan digunakan untuk analisis akhir.

- *Standard (Three-Point)* – kurva pompa diketahui dengan 3 points – *shutoff head* (head pompa pada saat debit bernilai nol), *design point* (sama dengan pompa *single point*), dan *maximum operating point* (debit tertinggi saat pompa beroperasi).
- *Standard Extended* – sama dengan pompa *standard three-point*, tapi dengan titik tambahan saat head pompa bernilai nol. Hal ini secara otomatis dihitung oleh program ini.
- *Custom Extended* – pompa ini sama dengan pompa *standard extended*, tapi membolehkan untuk memasukkan debit pada saat head bernilai nol.
- *Multiple Point* – pilihan ini membolehkan untuk menentukan peringkat kurva yang beragam untuk pompa. Kurva pompa ditentukan dengan memasukkan nilai debit dalam head yang bervariasi.

Dalam editor pompa ini, seperti pada elemen lain terdapat tab-tab yang mengatur input data dan hasil perhitungan. Tab yang berada dalam editor ini hampir sama dengan elemen lain. Perbedaan terdapat pada tab General, dalam tab ini terdapat informasi umum pompa meliputi data geografis, data kurva pompa, pengaturan awal (*initial settings*), dan hasil hidrolis. Selain itu, dalam editor ini terdapat tab VSP yang merupakan kepanjangan dari *variabel speed pump*. Dalam tab ini diatur variabel kecepatan pompa.

Program WaterCAD yang digunakan merupakan edisi akademik, sehingga hanya dapat digunakan dengan *node* yang terbatas. Pada versi akademik ini, *node* yang dapat dibuat terbatas sampai 15 *node*. Jika melebihi jumlah *node* tersebut, maka tidak dapat dilakukan analisis dan perhitungan dalam program ini. Jaringan distribusi air minum yang akan dievaluasi memiliki 47 *node*. Oleh karena itu, evaluasi jaringan distribusi ini hanya dilakukan di 1 bagian. Bagian

yang dipilih adalah 15 *node* yang terdekat dengan reservoir . Berikut merupakan gambar jaringan distribusi air minum yang akan dievaluasi:



Gambar 5.7 Jaringan Distribusi Air minum menggunakan WaterCAD  
Sumber : Hasil Olahan

Data input yang dimasukkan ke dalam Watercad ini hampir sama dengan data input yang dimasukkan ke dalam program EPANET. Perbedaan hanya terdapat pada penomoran pipa dan *node* pada masing-masing program dan terdapatnya pemisahan *loop-loop* pada Watercad. Oleh karena itu, data input ini akan ditampilkan lagi sesuai dengan penomoran pada program WaterCAD dan sesuai dengan pembagian wilayah. Berikut merupakan data input untuk jaringan distribusi yang akan dievaluasi:

Tabel 5.5 Data Input Elemen Pipa Jaringan Distribusi

	<i>Length</i> (m)	<i>Outer</i> <i>Diameter</i> (mm)	<i>Inner</i> <i>Diameter</i> (mm)	Material	Hazen- Williams C	Label
P-2	250,00	400,0	388,0	PVC	150,0	P-2
P-3	50,00	400,0	388,0	PVC	150,0	P-3
P-4	625,00	300,0	288,0	PVC	150,0	P-4
P-5	181,00	300,0	288,0	PVC	150,0	P-5
P-6	275,00	300,0	288,0	PVC	150,0	P-6
P-7	600,00	300,0	288,0	PVC	150,0	P-7
P-8	275,00	300,0	288,0	PVC	150,0	P-8
P-9	125,00	300,0	288,0	PVC	150,0	P-9
P-10	334,00	150,0	138,0	PVC	150,0	P-10
P-11	325,00	150,0	138,0	PVC	150,0	P-11
P-12	300,00	150,0	138,0	PVC	150,0	P-12
P-13	375,00	150,0	138,0	PVC	150,0	P-13
P-14	275,00	150,0	138,0	PVC	150,0	P-14
P-15	375,00	150,0	138,0	PVC	150,0	P-15
P-16	575,00	150,0	138,0	PVC	150,0	P-16
P-17	550,00	150,0	138,0	PVC	150,0	P-17
P-18	575,00	150,0	138,0	PVC	150,0	P-18
P-21	15,00	400,0	138,0	PVC	150,0	P-21
P-22	50,00	400,0	388,0	PVC	150,0	P-22
P-30	12,50	400,0	388,0	PVC	150,0	P-30
P-31	50,00	400,0	388,0	PVC	150,0	P-31

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 5.6 Data Input Elemen Node Jaringan Distribusi

Label	Elevasi (m)	Debit (L/detik)
J-1	5	5,04
J-2	5	8,14
J-3	5	7,94
J-4	5	7,04
J-5	5	5,99
J-6	5	5,99
J-7	5	5,99
J-8	5	5,99
J-9	5	5,99
J-10	5	5,04
J-11	5	6,34
J-12	5	6,34
J-13	5	6,34
J-14	5	6,34
J-15	5	6,34

Sumber : Hasil Olahan

Setelah semua data input tersebut dimasukkan ke dalam program WaterCAD ini, pilih ikon “GO” kemudian dapat dilihat apakah jaringan distribusi tersebut terdapat masalah atau tidak. Laporan yang didapat dari hasil perhitungan menunjukkan apakah jaringan distribusi tersebut berjalan dengan baik atau tidak. Pada jaringan distribusi bagian I ini, debit pada tiap *loop* seimbang setelah dilakukan 7 kali percobaan. Perubahan relatif debit pada *loop* ini adalah 0,000027, debit yang disalurkan sebesar 94,85 L/detik dan yang dibutuhkan 94,85 L/detik. Berikut merupakan hasil output dari elemen *junction* dan pipa setelah dilakukan perhitungan menggunakan watercad ini :

Tabel 5.7 Hasil Output Junction Program WaterCAD

Label	Elevation (m)	Demand (Calculated) (L/s)	Calculated Hydraulic Grade (m)	Pressure (kPa)
J-1	5,00	5,04	66,65	603,35
J-2	5,00	8,14	66,36	600,53
J-3	5,00	7,94	66,31	600,05
J-4	5,00	7,04	65,14	588,59
J-5	5,00	5,99	65,02	587,44
J-6	5,00	5,99	64,93	586,50
J-7	5,00	5,99	64,78	585,03
J-8	5,00	5,99	64,74	584,71
J-9	5,00	5,99	64,74	584,67
J-10	5,00	5,04	62,49	562,65
J-11	5,00	6,34	60,99	547,92
J-12	5,00	6,34	60,55	543,68
J-13	5,00	6,34	62,32	560,96
J-14	5,00	6,34	60,99	547,98
J-15	5,00	6,34	60,55	543,65

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 5.8 Hasil Output Pipa Program WaterCAD

Label	Discharge (l/s)	Upstream Structure Hydraulic Grade (m)	Downstream Structure Hydraulic Grade (m)	Pressure Pipe Headloss (m)	Headloss Gradient (m/km)	Velocity (m/s)
P-2	89,81	66,65	66,36	0,29	1,15	0,76
P-3	81,67	66,36	66,31	0,05	0,97	0,69
P-4	53,29	66,31	65,14	1,17	1,87	0,82
P-5	29,95	65,14	65,02	0,12	0,64	0,46
P-6	23,96	65,02	64,93	0,10	0,35	0,34
P-7	17,97	64,93	64,78	0,15	0,25	0,28
P-8	11,98	64,78	64,74	0,03	0,12	0,18
P-9	5,99	64,74	64,74	0,00	0,03	0,09
P-10	20,44	66,31	62,49	3,82	11,44	1,37
P-11	12,54	62,49	60,99	1,50	4,63	0,84
P-12	6,68	60,99	60,55	0,43	1,44	0,45
P-13	16,30	65,14	62,32	2,82	7,53	1,09
P-14	12,82	62,32	60,99	1,33	4,82	0,86
P-15	6,00	60,99	60,55	0,44	1,18	0,40
P-16	2,86	62,49	62,32	0,17	0,30	0,19
P-17	-0,48	60,99	60,99	0,01	0,01	0,03
P-18	0,34	60,55	60,55	0,00	0,01	0,02

Sumber : Hasil Olahan

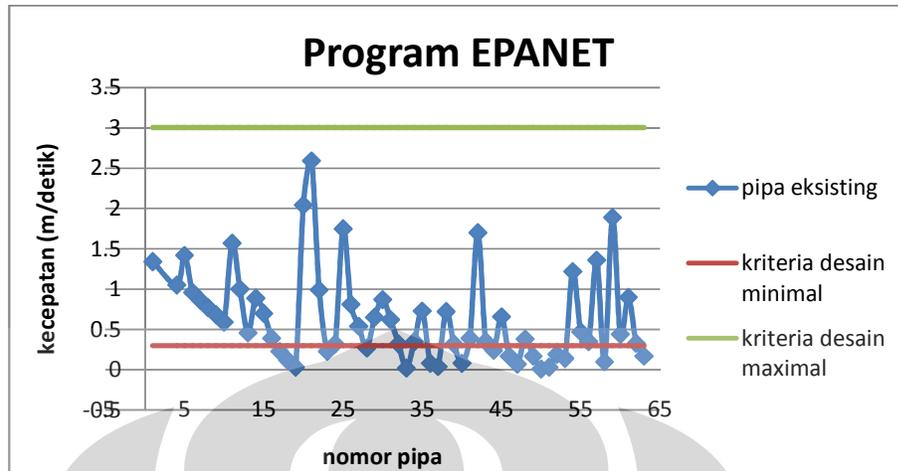
Pada tabel-tabel hasil output di atas, dapat terlihat bahwa tinggi tekanan pada tiap node/junction telah memenuhi persyaratan dari Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.18 tahun 2007. Tinggi tekanan tersebut berkisar antara 60 – 67 m pada tiap *node*. Kecepatan pada tiap pipa sama seperti hasil pada program EPANET, terdapat beberapa segmen pipa yang kecepatannya kurang dari 0,3 m/detik. Akan tetapi, pada jaringan distribusi bagian pertama pada program Watercad ini tidak ada kecepatan yang melebihi persyaratan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.18 tahun 2007 tersebut. Perhitungan dalam program ini sama-sama menggunakan formula Hazen-William dan kekasaran pipanya pun sama yaitu 150 untuk material PVC.

### 5.3 ANALISIS EVALUASI JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM

#### 5.3.1 Analisis Komponen Jaringan Distribusi Air Minum

Pada subbab 5.2 telah dijelaskan dan ditampilkan hasil output dari data-data input pada jaringan distribusi ini. Terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan karena tidak sesuai dengan kriteria desain yang disyaratkan. Pada tiap *node/junction*, tidak lagi diperlukan suatu perbaikan karena tinggi tekanannya telah sesuai dengan kriteria desain. Kecepatan pada tiap pipa belum memenuhi kriteria desain, maka diperlukan perubahan pada pipa-pipa tersebut. Kecepatan yang lebih kecil dari kriteria desain tersebut menyebabkan debit yang mengalir di pelanggan kecil bahkan dapat menyebabkan air tidak mengalir ke saluran pelanggan. Selain itu, dapat menyebabkan terjadinya pengendapan pada pipa dan menyebabkan kerusakan pada material pipa. Kecepatan yang melebihi kriteria desain dapat menyebabkan material pipa terkikis dan menyebabkan mudahnya terjadi kebocoran. Kebocoran ini menyebabkan adanya kehilangan air pada sistem distribusi air minum ini.

Tidak semua pipa pada jaringan distribusi ini kecepatannya tidak memenuhi persyaratan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.18 tahun 2007 . Hanya pipa pada segmen tertentu saja, agar lebih jelas dapat dilihat dari grafik berikut pipa – pipa yang kecepatannya tidak memenuhi kriteria desain menurut perhitungan program EPANET dan WaterCAD:



Gambar 5.8 Grafik Kecepatan Pipa Eksisting dengan Kriteria Desain  
Sumber : Hasil Olahan

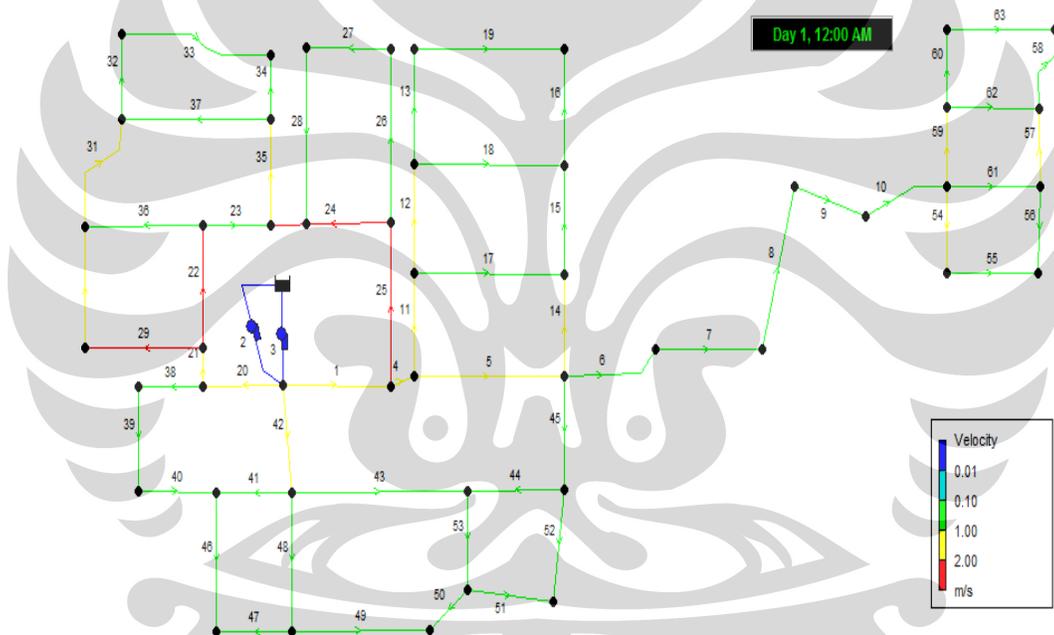
Dari grafik tersebut dapat terlihat pipa-pipa yang kecepataannya tidak memenuhi kriteria desain. Pada jaringan distribusi ini banyak pipa yang kecepataannya lebih kecil dari kriteria desain, jumlahnya adalah 19 pipa. Berikut merupakan daftar pipa yang menurut perhitungan EPANET kecepataannya tidak memenuhi kriteria desain :

Tabel 5.9 Pipa dengan Kecepatan di Bawah Kriteria Desain

Pipa	Diameter luar (mm)	Diameter dalam (mm)	Debit (L/detik)	Kecepatan (m/detik)
17	150	138	3,47	0,23
18	150	138	1,78	0,12
19	150	138	0,50	0,03
23	200	188	6,45	0,23
28	150	138	4,04	0,27
33	150	138	0,29	0,02
36	150	138	1,25	0,08
37	150	138	0,60	0,04
40	150	138	1,22	0,08
44	150	138	-3,53	0,24
46	150	138	2,52	0,17
47	150	138	-1,03	0,07
49	200	188	4,84	0,17
50	200	188	0,29	0,01
51	200	188	0,72	0,03
52	150	138	-2,83	0,19
53	200	188	-3,98	0,14
58	150	138	1,48	0,10
63	150	138	2,51	0,17

Sumber : Hasil Olahan

Pipa-pipa yang kecepatannya kurang dari kriteria desain yang terdapat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.18 tahun 2007 ini dapat disesuaikan kecepatannya dengan mengurangi diameter pipa. Selain itu, dapat juga dengan memperkasar material pipa. Perbesaran kekasaran material pipa mungkin tidak cukup efektif untuk mempercepat kecepatan ini. Oleh karena itu, solusi yang perlu dilakukan adalah mengecilkan diameter pipa. Pipa yang diameternya diperkecil bukan hanya pipa yang kecepatannya tidak sesuai dengan kriteria desain tersebut, tetapi juga pipa-pipa di sekitar pipa tersebut. Berikut merupakan gambar jaringan distribusi setelah beberapa pipa diperkecil diameternya :



Gambar 5.9 Jaringan Distribusi dengan Diameter Pipa yang Diperkecil

Sumber : Hasil Olahan Program EPANET

Pada gambar tersebut dapat terlihat bahwa sudah tidak ada pipa yang berwarna biru muda. Dengan kata lain, sudah tidak ada pipa yang kecepatannya kurang dari 0,1 m/detik dan kecepatan pipa-pipa pada jaringan tersebut telah sesuai dengan kriteria desain. Berikut merupakan perubahan diameter pada pipa-pipa pada jaringan distribusi ini :

Tabel 5.10 Perubahan Diameter Pipa

pipa	panjang pipa (m)	diameter luar pipa (mm)	diameter dalam pipa (mm)
1	250	400	388
4	50	400	388
5	625	300	288
6	181	300	288
7	275	300	288
8	600	300	288
9	275	300	288
10	125	300	288
11	334	150	138
12	325	150	138
13	300	150	138
14	375	100	88
15	275	100	88
16	375	100	88
17	575	100	88
18	550	100	88
19	575	150	138
20	251	200	188
21	127	200	188
22	496	100	88
23	130	100	88
24	291	100	88
25	615	150	138
26	550	150	138
27	197	150	138
28	551	150	138
29	375	100	88
30	475	100	88
31	458	100	88
32	234	150	138
33	496	80	68
34	210	80	68
35	335	100	88
36	477	100	88
37	459	100	88
38	250	150	138
39	249	150	138
40	249	150	138
41	263	150	138
42	290	150	138

Tabel 5.10 Perubahan Diameter Pipa (sambungan)

pipa	panjang pipa (m)	diameter luar pipa (mm)	diameter dalam pipa (mm)
43	500	150	138
44	271	100	88
45	383	150	138
46	596	80	68
47	249	80	68
48	585	150	138
49	450	150	138
50	270	100	88
51	330	80	68
52	605	80	68
53	454	150	138
54	237	100	88
55	239	100	88
56	233	100	88
57	212	100	88
58	354	150	138
59	206	100	88
60	236	150	138
61	325	150	138
62	293	100	88
63	440	100	88

Sumber : Hasil Olahan

Perubahan diameter pipa ini menyebabkan hasil output yang berbeda pula pada perhitungan EPANET. Berikut merupakan hasil output untuk komponen pipa dari perhitungan program EPANET :

Tabel 5.11 Hasil Output Pipa Setelah Perubahan Diameter

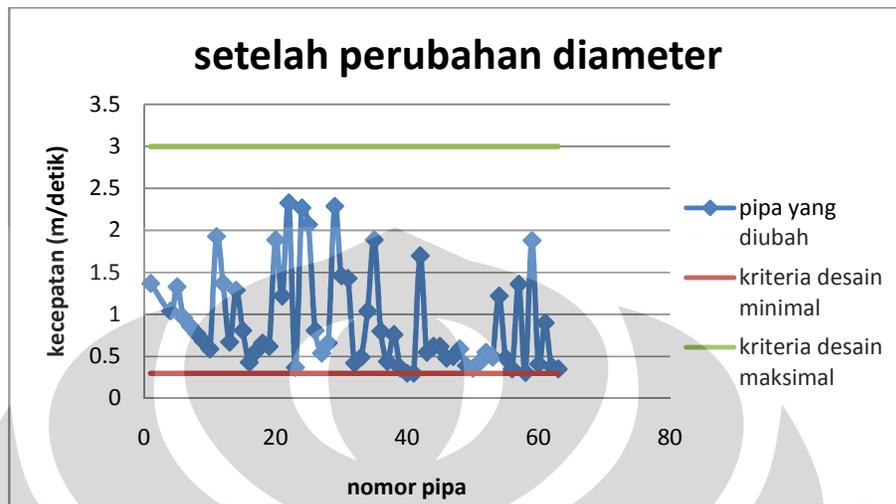
pipa	debit (L/detik)	kecepatan (m/detik)	unit headloss (m/km)	faktor friksi
1	162,37	1,37	3,46	0,014
4	123,28	1,04	2,08	0,015
5	86,46	1,33	4,59	0,015
6	62,26	0,96	2,5	0,015
7	56,27	0,86	2,07	0,016
8	50,28	0,77	1,68	0,016
9	44,29	0,68	1,33	0,016
10	38,3	0,59	1,02	0,017
11	28,89	1,93	21,71	0,016
12	20,42	1,37	11,42	0,017
13	10,09	0,67	6,56	0,039
14	7,85	1,29	17,42	0,018
15	4,94	0,81	15,63	0,041

Tabel 5.11 Hasil Output Pipa Setelah Perubahan Diameter (sambungan)

pipa	debit (L/detik)	kecepatan (m/detik)	unit headloss (m/km)	faktor friksi
16	2,59	0,43	4,74	0,045
17	3,42	0,56	3,74	0,02
18	3,99	0,66	4,98	0,02
19	3,75	0,62	4,43	0,02
20	52,47	1,89	14,55	0,015
21	33,99	1,22	6,51	0,016
22	14,15	2,33	51,84	0,017
23	2,24	0,37	1,7	0,022
24	-13,79	2,27	49,39	0,017
25	-30,95	2,07	24,67	0,016
26	12,12	0,81	4,35	0,018
27	8,08	0,54	2,05	0,019
28	4,04	0,66	5,09	0,02
29	13,9	2,29	50,14	0,017
30	8,86	1,46	21,78	0,018
31	8,7	1,43	21,04	0,018
32	6,31	0,42	1,3	0,02
33	1,77	0,49	3,89	0,022
34	-3,78	1,04	15,75	0,019
35	-11,47	1,89	35,15	0,017
36	4,88	0,8	7,2	0,019
37	2,66	0,44	2,34	0,021
38	11,44	0,76	3,91	0,018
39	5,4	0,36	0,97	0,02
40	1,85	0,3	1,2	0,022
41	-4,43	0,3	0,68	0,021
42	-25,48	1,7	17,21	0,016
43	8,24	0,55	2,13	0,019
44	-3,74	0,62	4,42	0,02
45	-9,3	0,62	2,66	0,019
46	1,74	0,48	3,73	0,022
47	-1,81	0,5	4,06	0,022
48	-8,75	0,59	2,38	0,019
49	2,39	0,39	1,92	0,022
50	-2,16	0,36	1,6	0,022
51	1,54	0,43	3,01	0,022
52	-2,01	0,55	4,88	0,021
53	-7,25	0,49	1,68	0,019
54	7,45	1,22	15,79	0,018
55	2,9	0,48	2,75	0,021
56	-2,14	0,35	3,33	0,046
57	8,3	1,36	19,3	0,018
58	1,88	0,31	1,23	0,022
59	11,43	1,88	34,88	0,017
60	6,12	0,41	1,22	0,02
61	13,44	0,9	11,15	0,037
62	2,32	0,38	1,81	0,022
63	2,12	0,35	1,54	0,022

Sumber : Hasil Olahan

Berikut grafik yang menunjukkan kecepatan pipa yang diameternya telah diubah dengan kriteria desain yang dipakai :



Gambar 5.10 Grafik Kecepatan pada Pipa Setelah Diameter Berubah

Sumber : Hasil Olahan

Perubahan diameter yang dilakukan pada beberapa pipa tersebut juga mempengaruhi hasil output komponen lain. Hasil output pada komponen junction berubah, tinggi tekanan yang dihasilkan pada tiap node berubah, ada yang semakin kecil dan ada pula yang semakin besar. Berikut merupakan hasil output pada komponen junction/node :

Tabel 5.12 Hasil Output Junction Setelah Perubahan Diameter

node	debit (L/detik)	Head (m)	Pressure (m)
2	5,04	61,42	56,42
3	8,14	60,56	55,56
4	7,94	60,45	55,45
5	7,04	57,58	52,58
6	5,99	57,13	52,13
7	5,99	56,56	51,56
8	5,99	55,55	50,55
9	5,99	55,18	50,18
10	5,99	55,06	50,06
11	5,04	53,2	48,2
12	6,34	49,49	44,49
13	6,34	47,52	42,52
14	6,34	51,05	46,05
15	6,34	46,75	41,75

Tabel 5.12 Hasil Output Junction Setelah Perubahan Diameter (sambungan)

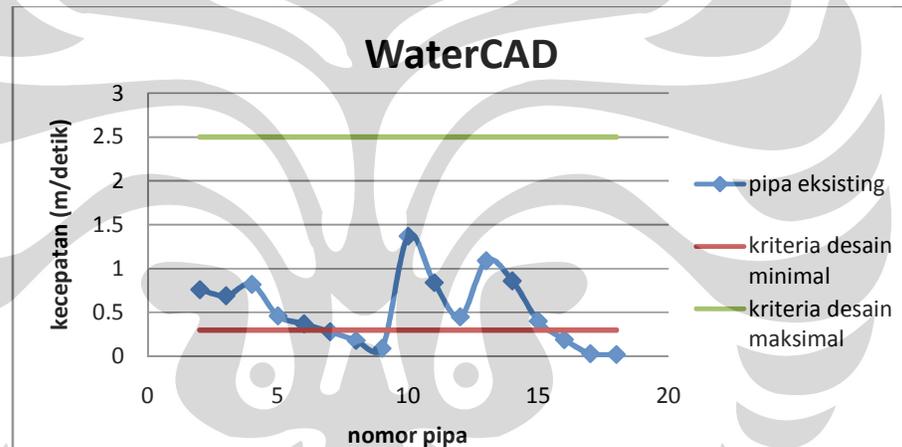
node	debit (L/detik)	Head (m)	Pressure (m)
16	6,34	44,98	39,98
17	5,04	45,38	40,38
18	4,04	42,99	37,99
19	7,04	57,77	52,77
20	5,94	56,94	51,94
21	7,04	31,23	26,23
22	4,55	31,01	26,01
23	4,04	39,79	34,79
24	4,04	42,59	37,59
25	5,04	38,14	33,14
26	5,04	27,79	22,79
27	5,04	18,16	13,16
28	4,54	17,86	12,86
29	5,55	15,93	10,93
30	5,04	19,24	14,24
31	6,04	56,79	51,79
32	3,55	56,55	51,55
33	4,55	56,25	51,25
34	4,05	56,43	51,43
35	3,55	56,56	51,56
36	4,73	55,37	50,37
37	3,55	54,03	49,03
38	4,55	55,04	50,04
39	4,55	54,17	49,17
40	3,55	54,6	49,6
41	3,55	53,61	48,61
42	4,55	51,31	46,31
43	5,04	50,66	45,66
44	3	51,43	46,43
45	8,74	47,34	42,34
46	4	46,9	41,9
47	3	47,87	42,87
48	4	47,58	42,58

Sumber : Hasil Olahan

Adanya perubahan diameter pada beberapa pipa untuk meningkatkan kecepatan air yang mengalir pada pipa mengubah tinggi tekanan pada tiap node. Akan tetapi, tinggi tekanan yang berubah tersebut masih berada pada kisaran kriteria desain yang dipakai. Oleh

karena itu, tidak perlu adanya penanganan khusus untuk menaikkan atau menurunkan tinggi tekanan.

Pada program WaterCAD juga terdapat pipa-pipa yang kecepatannya tidak sesuai dengan kriteria desain. Segmen pipa yang kecepatannya tidak sesuai dengan kriteria desain tersebut agak berbeda dengan program EPANET. Akan tetapi, ada segmen pipa dengan kecepatan kurang dari kriteria desain yang sama dengan program EPANET. Persamaan ini disebabkan karena letak pipa tersebut yang jauh dari reservoir. Berikut merupakan grafik kecepatan pipa pada jaringan distribusi I hasil perhitungan WaterCAD dengan batas atas dan batas bawah nilai kecepatan menurut kriteria desain :



Gambar 5.11 Grafik Kecepatan Pipa Eksisting dengan Kriteria Desain

Sumber : Hasil Olahan

Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa terdapat 6 segmen pipa yang kecepatannya tidak memenuhi kriteria desain. Pipa-pipa tersebut kecepatannya kurang dari 0,3 m/detik, tidak ada pipa yang mengalirkan air dengan kecepatan lebih dari kriteria desain pada jaringan distribusi ini. Pipa-pipa yang kecepatannya alirannya kurang dari 0,3 m/detik antara lain pipa 7, 8, 9, 16, 17, dan 18. Kecepatan aliran paling rendah terdapat pada pipa 18 karena pipa tersebut merupakan pipa yang terjauh dari reservoir. Diameter pipa-pipa

tersebut dan pipa disekitarnya juga perlu diperkecil agar kecepatan aliran sesuai dengan kriteria desain. Berikut perubahan diameter yang dilakukan agar kecepatan aliran pada pipa sesuai dengan kriteria desain :

Tabel 5.13 Perubahan Diameter Pipa Jaringan Distribusi

	panjang (m)	Diameter (mm)	Material
P-2	250,00	388,0	PVC
P-3	50,00	388,0	PVC
P-4	625,00	288,0	PVC
P-5	181,00	288,0	PVC
P-6	275,00	288,0	PVC
P-7	600,00	188,0	PVC
P-8	275,00	188,0	PVC
P-9	125,00	138,0	PVC
P-10	334,00	88,0	PVC
P-11	325,00	138,0	PVC
P-12	300,00	68,0	PVC
P-13	375,00	138,0	PVC
P-14	275,00	88,0	PVC
P-15	375,00	138,0	PVC
P-16	575,00	88,0	PVC
P-17	550,00	88,0	PVC
P-18	575,00	68,0	PVC

Sumber : Hasil Olahan

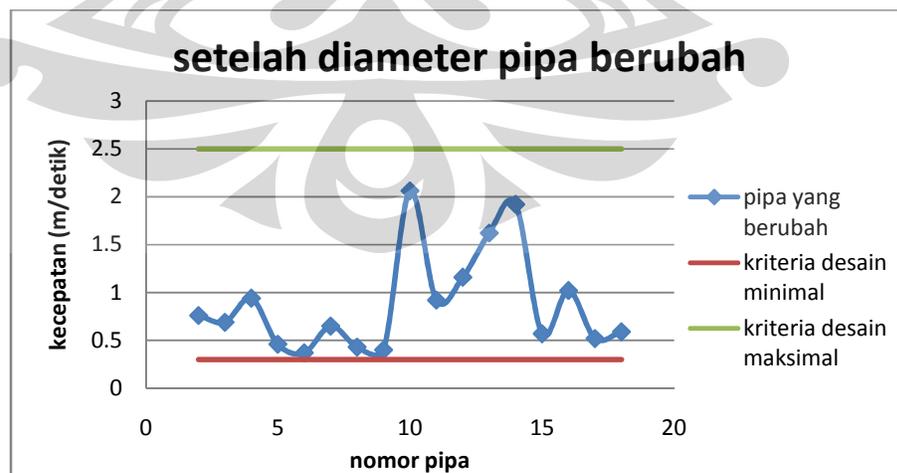
Perubahan diameter pipa tidak dilakukan pada seluruh pipa, hanya pada pipa yang kecepatannya kurang dari kriteria desain. Apabila perubahan diameter pada pipa-pipa tersebut belum memberi perubahan pada kecepatan aliran pada pipa tersebut, maka diameter pipa-pipa di sekitar pipa-pipa tersebut juga perlu diperkecil diameternya. Pada jaringan distribusi ini dilakukan pengecilan diameter pipa pada pipa yang kecepatan alirannya belum memenuhi kriteria desain dan pipa di sekitar pipa tersebut. Berikut merupakan hasil output yang dihasilkan pada perhitungan WaterCAD untuk elemen pipa :

Tabel 5.14 Hasil Output Pipa Setelah Perubahan Diameter Pipa

	Discharge (l/s)	Upstream Structure Hydraulic Grade (m)	Downstream Structure Hydraulic Grade (m)	Pressure Pipe Headloss (m)	Headloss Gradient (m/km)	Velocity (m/s)
P-2	89,81	66,65	66,36	0,29	1,15	0,76
P-3	81,67	66,36	66,31	0,05	0,97	0,69
P-4	61,19	66,31	64,80	1,51	2,42	0,94
P-5	29,95	64,80	64,68	0,12	0,64	0,46
P-6	23,96	64,68	64,56	0,12	0,43	0,37
P-7	17,97	64,56	63,36	1,20	2,00	0,65
P-8	11,98	63,36	63,11	0,26	0,94	0,43
P-9	5,99	63,11	62,96	0,15	1,18	0,40
P-10	12,54	66,31	52,48	13,83	41,41	2,06
P-11	13,69	52,48	50,71	1,77	5,45	0,92
P-12	4,20	50,71	44,95	5,76	19,20	1,16
P-13	24,20	64,80	58,93	5,87	15,65	1,62
P-14	11,67	58,93	48,95	9,98	36,28	1,92
P-15	8,48	48,95	48,11	0,84	2,24	0,57
P-16	-6,19	52,48	58,93	6,45	11,21	1,02
P-17	3,15	50,71	48,95	1,76	3,20	0,52
P-18	-2,14	44,95	48,11	3,16	5,50	0,59

Sumber : Hasil Olahan

Dalam tabel tersebut dapat dilihat bahwa kecepatan aliran pada semua pipa telah sesuai dengan kriteria desain. Grafik berikut dapat memperjelas bahwa kecepatan aliran pada semua pipa telah sesuai dengan kriteria desain :



Gambar 5.12 Grafik Kecepatan Aliran pada Pipa Setelah Perubahan Diameter

Sumber : Hasil Olahan

Berikut merupakan rangkuman dari pipa-pipa yang mengalami perubahan pada evaluasi menggunakan program EPANET :

Tabel 5.15 Perbandingan Diameter Pipa Eksisting dengan Pipa Evaluasi

pipa	diameter pipa (mm)		pipa	diameter pipa (mm)	
	eksisting	evaluasi		eksisting	evaluasi
1	400	400	<b>34</b>	<b>150</b>	<b>80</b>
4	400	400	<b>35</b>	<b>150</b>	<b>100</b>
5	300	300	<b>36</b>	<b>150</b>	<b>100</b>
6	300	300	<b>37</b>	<b>150</b>	<b>100</b>
7	300	300	38	150	150
8	300	300	39	150	150
9	300	300	40	150	150
10	300	300	41	150	150
11	150	150	42	150	150
12	150	150	43	150	150
13	150	150	<b>44</b>	<b>150</b>	<b>100</b>
14	<b>150</b>	<b>100</b>	45	150	150
15	<b>150</b>	<b>100</b>	46	<b>150</b>	<b>80</b>
16	<b>150</b>	<b>100</b>	47	<b>150</b>	<b>80</b>
17	<b>150</b>	<b>100</b>	48	<b>200</b>	<b>150</b>
18	<b>150</b>	<b>100</b>	49	<b>200</b>	<b>150</b>
19	150	150	50	<b>200</b>	<b>100</b>
20	200	200	51	<b>200</b>	<b>80</b>
21	<b>150</b>	<b>200</b>	52	150	<b>80</b>
22	150	<b>100</b>	53	<b>200</b>	<b>150</b>
23	<b>200</b>	<b>100</b>	54	100	100
24	<b>200</b>	<b>100</b>	55	100	100
25	150	150	56	100	100
26	150	150	57	100	100
27	150	150	58	150	150
28	150	150	59	100	100
29	<b>200</b>	<b>100</b>	60	150	150
30	<b>150</b>	<b>100</b>	61	150	150
31	<b>150</b>	<b>100</b>	62	100	100
32	150	150	<b>63</b>	<b>150</b>	<b>100</b>
33	<b>150</b>	<b>80</b>			

Sumber : Hasil Olahan

Pada tabel 5.15 tersebut dapat dilihat pipa-pipa yang berubah, yaitu pipa-pipa yang berhuruf tebal. Pada jaringan distribusi ini terdapat pengecilan pipa. Apabila kecepatan aliran air terlalu tinggi, akan menyebabkan bertambahnya kemungkinan timbulnya pukulan air, dan terkadang menyebabkan ausnya permukaan dalam dari pipa. Pipa-pipa yang diameternya bertambah kecil terdapat di pipa-pipa yang berhuruf tebal. Pipa-pipa ini diperkecil agar kecepatan pada pipa meningkat. Selain itu, kecepatan yang terlalu rendah dapat menimbulkan efek kurang baik dari segi korosi dan pengendapan kotoran. Berikut merupakan panjang pipa yang berubah diameter :

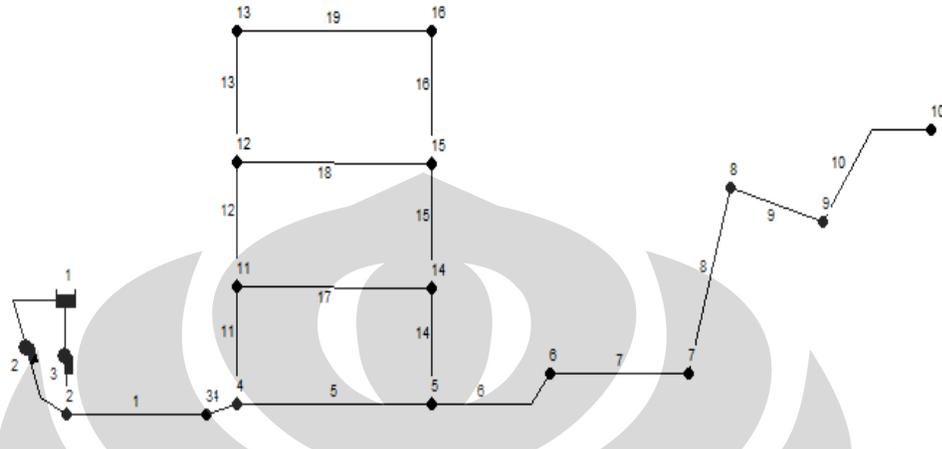
Tabel 5.16 Panjang Pipa yang Berubah Diameter

diameter (mm)	panjang pipa (m)
80	2486
100	7776
150	1489

Sumber : Hasil Olahan

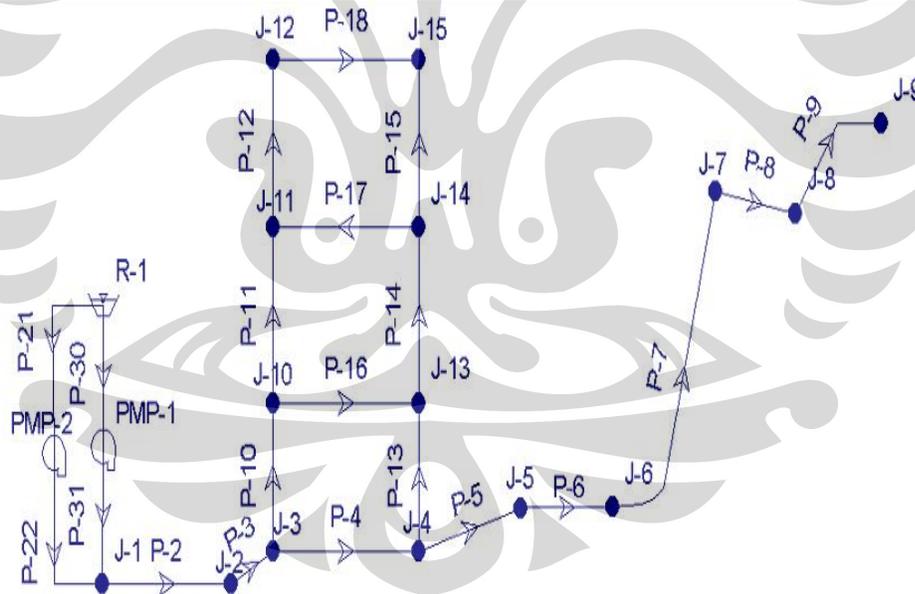
### 5.3.2 Analisis Perbandingan Perhitungan menggunakan EPANET dengan WaterCAD

Perbandingan perhitungan menggunakan program EPANET dengan WaterCAD dilakukan untuk mengetahui perbandingan hasil output perhitungan dari kedua program. Pada kedua program ini dipilih perhitungan kehilangan tekanan dalam pipa menggunakan rumus Hazen-William, dengan nilai kekasaran pipa PVC sebesar 150. Pada program WaterCAD yang dipakai hanya dapat membuat jaringan distribusi sampai 15 node, maka pada EPANET juga dibuat jaringan distribusi yang terdiri dari 15 node. Pemilihan lokasi jaringan distribusi ini adalah lokasi 15 node yang terdekat dengan reservoir. Data-data input yang dimasukkan sama persis pada kedua program. Berikut merupakan gambar jaringan distribusi yang dibandingkan pada program EPANET dan WaterCAD :



Gambar 5.13 Jaringan Distribusi 15 Node pada Program EPANET

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.14 Jaringan Distribusi 15 node pada Program WaterCAD

Sumber : Hasil Olahan

Data input yang dimasukkan ke dalam kedua program merupakan data-data eksisting jaringan distribusi tersebut. Oleh karena itu, terdapat pipa-pipa yang kecepatannya tidak memenuhi kriteria desain, tetapi hal

tersebut diabaikan dalam membandingkan kedua program ini. Berikut merupakan perbandingan hasil output pada program EPANET dan WaterCAD :

Tabel 5.17 Perbandingan Hasil Output Junction EPANET dan WaterCAD

EPANET		WaterCAD	
node ID	Pressure (m)	node ID	Pressure (m)
Junc 2	68.3	J-1	66.65
Junc 3	68.02	J-2	66.36
Junc 4	67.97	J-3	66.31
Junc 5	66.8	J-4	64.8
Junc 6	66.69	J-5	64.68
Junc 7	66.57	J-6	64.56
Junc 8	66.42	J-7	63.36
Junc 9	66.39	J-8	63.11
Junc 10	66.38	J-9	62.96
Junc 11	64.07	J-10	52.48
Junc 12	62.07	J-11	50.71
Junc 13	61.12	J-12	44.95
Junc 14	64.05	J-13	58.93
Junc 15	62.02	J-14	48.95
Junc 16	61.12	J-15	48.11

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 5.18 Perbandingan Hasil Output Pipa EPANET dan WaterCAD

EPANET		WaterCAD	
pipa	kecepatan (m/detik)	pipa	kecepatan (m/detik)
Pipe 1	0.76	P-2	0.76
Pipe 4	0.69	P-3	0.69
Pipe 5	0.81	P-4	0.82
Pipe 6	0.46	P-5	0.46
Pipe 7	0.37	P-6	0.37
Pipe 8	0.28	P-7	0.28
Pipe 9	0.18	P-8	0.18
Pipe 10	0.09	P-9	0.09
Pipe 11	1.38	P-10	1.37
Pipe 12	0.98	P-11	0.84
Pipe 13	0.45	P-12	0.45
Pipe 14	1.08	P-13	1.09
Pipe 15	0.72	P-14	0.86
Pipe 16	0.39	P-15	0.4
Pipe 17	0.07	P-16	0.19
Pipe 18	0.1	P-17	0.03
Pipe 19	0.03	P-18	0.02

Sumber : Hasil Olahan

Pada tabel perbandingan 5.17 dan 5.18 terdapat hasil output yang sama dan terdapat sedikit perbedaan pada beberapa node dan pipa. Pada tabel 5.17 terdapat sedikit perbedaan hasil output yang berupa tinggi tekanan (*pressure*). Tinggi tekanan yang dihasilkan pada program EPANET bernilai antara 61 – 68 m, sedangkan pada program WaterCAD bernilai antara 44 – 67 m. Perbedaan nilai tinggi tekanan ini disebabkan oleh pompa yang digambarkan berbeda pada kedua program. Pada EPANET, pompa digambarkan sebagai suatu *link* yang menghubungkan node – node pada jaringan distribusi. Pada WaterCAD, pompa digambarkan sebagai node yang harus disambungkan dengan *link* atau dalam program ini *link* ini berupa pipa. Pipa yang menyambungkan pompa dengan node lainnya itu terdapat panjang dan diameter pipa yang digunakan sebagai data input. Panjang pipa yang menghubungkan pompa dengan node lainnya inilah yang menyebabkan perbedaan tinggi tekanan pada program EPANET dan WaterCAD. Pada program WaterCAD, nilai tinggi tekanan pada node-node ujung sekitar 44 – 49 m, sedangkan pada EPANET bernilai sekitar 61 – 62 m. Pada kedua program tersebut nilai tinggi tekanan pada node ujung sama-sama memiliki nilai yang paling kecil, akan tetapi perbedaan nilai tinggi tekanannya sangat berbeda karena perbedaan penggambaran pompa pada kedua program. Pada tabel 5.18, terlihat bahwa nilai kecepatan tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Perbedaan nilai yang dihasilkan pada kedua program hampir sama bahkan ada di beberapa pipa yang nilainya sama.

WaterCAD yang digunakan ini hanya dapat menggambarkan 15 node sehingga hasil output perhitungannya tidak akurat untuk perhitungan jaringan distribusi yang terdiri dari lebih dari 15 node. Oleh karena itu, hasil evaluasi dan perhitungan pengembangan program yang digunakan adalah program EPANET.

## **BAB 6**

### **PENGEMBANGAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM PDAM PONDOK UNGU**

#### **6.1 PROYEKSI KEBUTUHAN AIR**

Dalam perencanaan pengembangan jaringan distribusi ini terlebih dahulu dilakukan proyeksi kebutuhan air bersih daerah yang dilayani. Proyeksi kebutuhan air bersih ini dilakukan untuk mengetahui debit yang dibutuhkan daerah tersebut. Kapasitas debit pada PDAM Pondok Ungu saat ini adalah sebesar 300 L/detik, dengan melayani 3 unit (seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya). Akan tetapi, dalam tugas akhir ini hanya akan dilihat sistem pendistribusian air bersih pada 2 unit saja yaitu unit cabang Pondok Ungu dan Pondok Ungu Permai. Oleh karena itu, debit air bersih yang didistribusikan akan dikurangi dengan debit yang mengalir ke unit Tarumajaya.

Proyeksi kebutuhan air bersih ini diawali dengan perhitungan proyeksi penduduk. Perhitungan proyeksi penduduk tersebut dilakukan untuk menghitung jumlah debit yang dibutuhkan oleh warga daerah pelayanan. Setelah itu barulah dilakukan perhitungan kebutuhan air bersih pada daerah pelayanan ini. Perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih ini dilakukan pada masing-masing daerah pelayanan dan selanjutnya dilakukan penjumlahan debit total yang akan didistribusikan ke masing-masing daerah pelayanan. Kapasitas air baku maksimal pada instalasi Pondok Ungu ini sebesar 600 L/detik. Maka dari itu, pengembangan jaringan distribusi ini dilakukan sampai total kebutuhan air bersih daerah pelayanan mencapai 600 L/detik.

##### **6.1.1 Proyeksi Penduduk Kota Bekasi**

Langkah pertama yang dilakukan dalam memproyeksi kebutuhan air bersih ini adalah melakukan perhitungan proyeksi penduduk. Sebelum dilakukan perhitungan proyeksi penduduk daerah pelayanan, dilakukan perhitungan proyeksi penduduk Kota Bekasi. Perhitungan proyeksi penduduk Kota Bekasi dilakukan untuk mengetahui metode

proyeksi penduduk daerah pelayanan. Data penduduk yang diketahui adalah data penduduk dari tahun 2000-2008, perhitungan proyeksi penduduk ini menggunakan 4 metode. Metode-metode tersebut antara lain metode aritmatika, geometrik, *mathematical*, dan *decreasing rate of increase*. Hasil proyeksi dari keempat metode tersebut dibuat grafiknya dan dibandingkan dengan grafik data penduduk yang diketahui. Metode yang dipilih adalah metode yang grafiknya paling mirip dengan grafik data penduduk yang telah diketahui (tahun 2000-2008). Jumlah penduduk kota Bekasi tahun 2000-2008 adalah sebagai berikut :

Tabel 6.1 Jumlah Penduduk Kota Bekasi Tahun 2000-2008

Tahun	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Jumlah Penduduk	1663802	1708337	1809306	1845005	1914316	2001899	2071444	2143804	2238717

Sumber : Kota Bekasi Dalam Angka 2008

Perhitungan dari masing-masing metode tersebut adalah sebagai berikut :

1. Metode Aritmatika

- Rumus yang digunakan adalah :

$$Y_t = Y_2 + Ka (T-T_2) \rightarrow Ka = \frac{Y_t - Y_2}{T - T_2}$$

dimana,

$Y_t$  = jumlah populasi yang dicari

$Y_2$  = jumlah populasi pada waktu awal

$Ka$  = laju pertumbuhan

Maka, didapatkan laju pertumbuhannya :

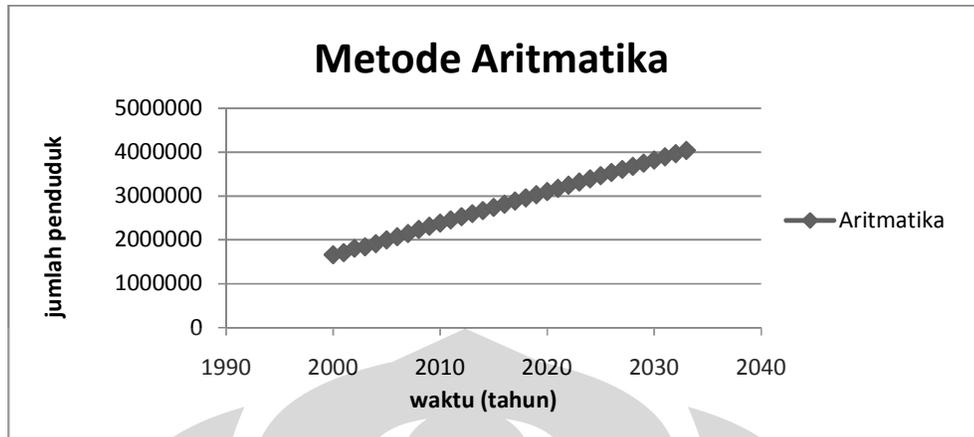
$$Ka = \frac{Y_t - Y_2}{T - T_2} = \frac{2238717 - 1663802}{2008 - 2000} = 71864,4$$

Sehingga didapat hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 6.2 Proyeksi Penduduk Kota Bekasi menggunakan Metode Aritmatika

Tahun	2004	2008	2012	2016	2020	2024	2028	2032
Jumlah Penduduk	1914316	2238717	2526175	2813632	3101090	3388547	3676005	3963462

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 6.1 Grafik Pertumbuhan Penduduk Kota Bekasi dengan Metode Aritmatika

Sumber : Hasil Olahan

## 2. Metode Geometrik

- Rumus yang digunakan adalah :

$$\ln Y_t = \ln Y_2 + Kp (T-T_2) \rightarrow Kp = \frac{\ln Y_2 - \ln Y_t}{T - T_2}$$

dimana,

$Kp$  = laju pertumbuhan penduduk

Maka, laju pertumbuhannya adalah sebagai berikut :

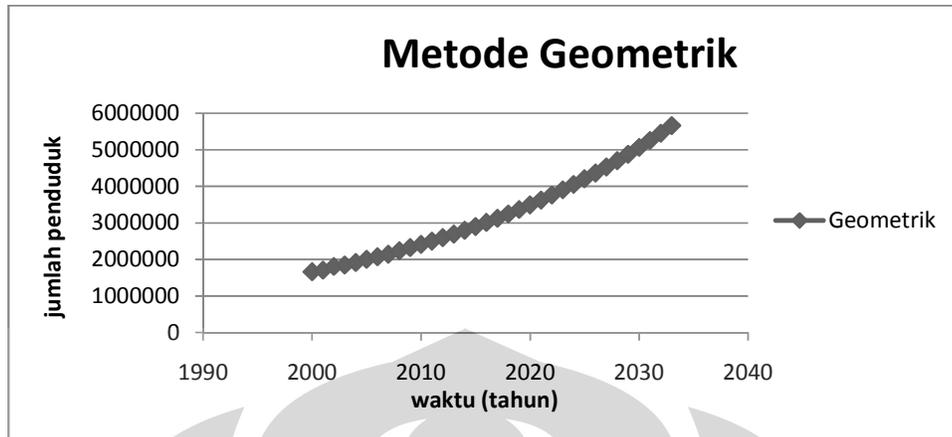
$$Kp = \frac{\ln Y_2 - \ln Y_t}{T - T_2} = \frac{\ln 2238717 - \ln 1663802}{2008 - 2000} = 0,0371$$

Sehingga didapat hasil proyeksi penduduk sebagai berikut :

Tabel 6.3 Proyeksi Penduduk Kota Bekasi menggunakan Metode Geometrik

Tahun	2008	2012	2016	2020	2024	2028	2032
Jumlah Penduduk	2238717	2596857	3012290	3494182	4053165	4701572	5453708

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 6.2 Grafik Pertumbuhan Penduduk Kota Bekasi dengan Metode Geometrik

Sumber : Hasil Olahan

### 3. Metode *Mathematical*

- Rumus yang digunakan pada metode ini adalah :

$$Y_t = \frac{Z}{1+a e^{(b)(T-T_0)}}, \text{ dengan}$$

$$Z = \frac{2 Y_0 Y_1 Y_2 - (Y_1^2)(Y_0 + Y_2)}{Y_0 Y_2 - Y_1^2}, \quad a = \frac{Z - Y_0}{Y_0},$$

$$b = \left(\frac{1}{n}\right) \ln\left(\frac{Y_0 (Z - Y_1)}{Y_1 (Z - Y_0)}\right)$$

dimana,

$Y_0, Y_1, Y_2$  = populasi pada waktu  $T_0, T_1, T_2$

$Z$  = jumlah jenuh populasi

$a, b$  = konstanta

$n$  = interval konstanta antara  $T_0, T_1, T_2$

Maka perhitungan proyeksi menggunakan metode ini adalah :

$$\begin{aligned} Z &= \frac{2 Y_0 Y_1 Y_2 - (Y_1^2)(Y_0 + Y_2)}{Y_0 Y_2 - Y_1^2} \\ &= \frac{2 \times 1663802 \times 1914316 \times 2238717 - (1914316^2)(1663802 + 2238717)}{1663802 \times 2238717 - 1914316^2} \\ &= -670942 \\ a &= \frac{Z - Y_0}{Y_0} = \frac{-670942 - 1663802}{1663802} = -1,40326 \end{aligned}$$

$$b = \left(\frac{1}{n}\right) \ln\left(\frac{Y_0 (Z - Y_1)}{Y_1 (Z - Y_0)}\right)$$

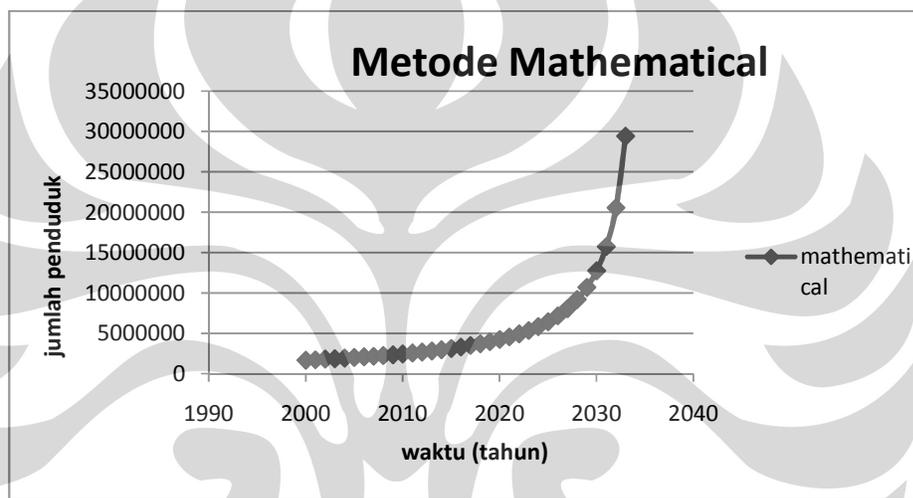
$$= \left(\frac{1}{4}\right) \ln\left(\frac{1663802 (-670942 - 1914316)}{1914316 (-670942 - 1914316)}\right) = -0,00958$$

Sehingga hasil proyeksi menggunakan metode ini adalah :

Tabel 6.4 Proyeksi Penduduk Kota Bekasi menggunakan Metode *Mathematical*

Tahun	2004	2008	2012	2016	2020	2024	2028	2032
Jumlah Penduduk	1914316	2238717	2674972	3292435	4232733	5837071	9189011	20541206

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 6.3 Grafik Pertumbuhan Penduduk Kota Bekasi dengan Metode *Mathematical*

Sumber : Hasil Olahan

#### 4. Metode *Decreasing Rate of Increase*

- Rumus yang digunakan dalam metode ini antara lain :

$$Y_t = Y_2 + (Z - Y_2) (1 - e^{-(Kd)(T - T_2)})$$

$$Z = \frac{2 Y_0 Y_1 Y_2 - (Y_1^2)(Y_0 + Y_2)}{Y_0 Y_2 - Y_1^2}, Kd = -\frac{1}{(T_2 - T_1)} \ln\left(\frac{Z - Y_2}{Z - Y_1}\right)$$

Maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$Kd = -\frac{1}{(T_2 - T_1)} \ln\left(\frac{Z - Y_2}{Z - Y_1}\right)$$

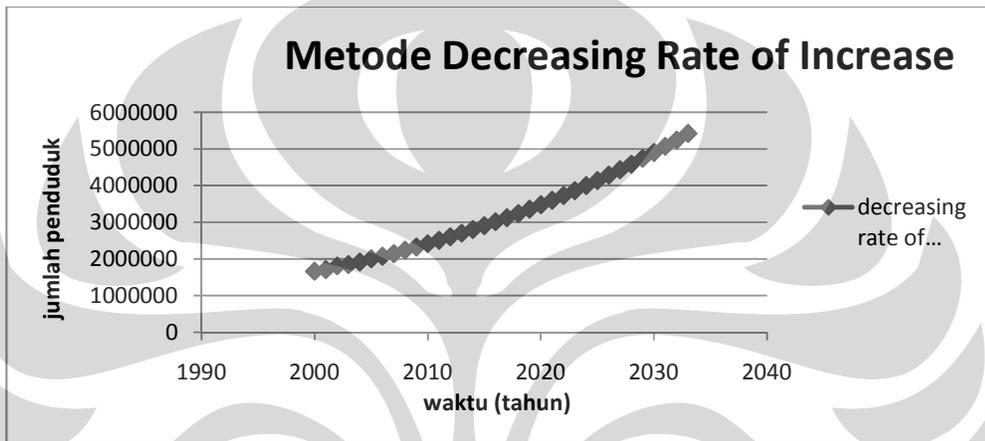
$$= -\frac{1}{(2238717 - 1914316)} \ln\left(\frac{-670942 - 2238717}{-670942 - 1914316}\right) = -0,0296$$

Dengan nilai  $Z$  yang sama dengan metode *mathematical*, didapat hasil proyeksi penduduk sebagai berikut :

Tabel 6.5 Proyeksi Penduduk Kota Bekasi menggunakan Metode *Decreasing Rate of Increase*

Tahun	2004	2008	2012	2016	2020	2024	2028	2032
Jumlah Penduduk	1914316	2238717	2603824	3014745	3477230	3997747	4583579	5242922

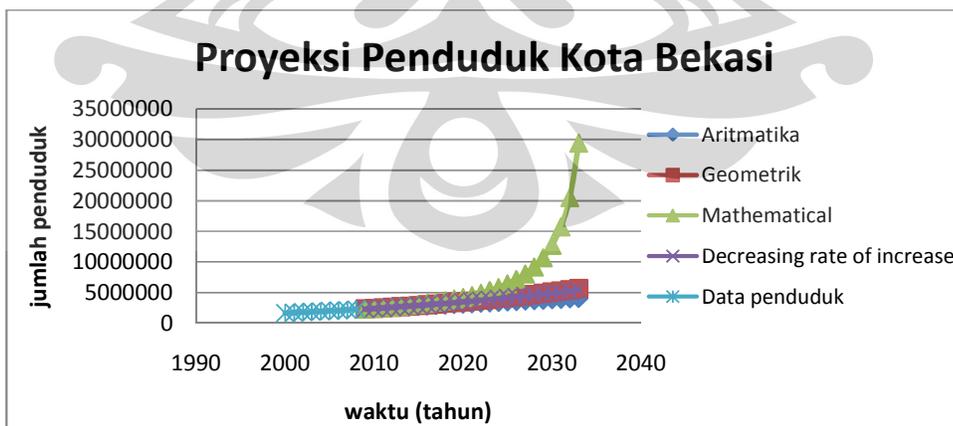
Sumber : Hasil Olahan Sendiri



Gambar 6.4 Grafik Pertumbuhan Penduduk Kota Bekasi dengan Metode *Decreasing Rate of Increase*

Sumber : Hasil Olahan

Berikut merupakan grafik dari keseluruhan metode dan data penduduk kota Bekasi tahun 2000 – 2008 :



Gambar 6.5 Grafik Proyeksi Penduduk Kota Bekasi

Sumber : Hasil Olahan

Dari grafik di atas dapat dilihat bentuk grafik yang paling mendekati pertumbuhan penduduk kota Bekasi tahun 2000 – 2008 adalah grafik proyeksi penduduk menggunakan metode aritmatika. Maka dari itu, metode yang dipilih untuk menghitung proyeksi penduduk daerah pelayanan adalah metode aritmatika.

### 6.1.2 Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi

Perhitungan proyeksi penduduk kabupaten Bekasi ini dilakukan karena terdapat daerah pelayanan yang berada di kabupaten Bekasi. Daerah pelayanan yang terdapat di kabupaten Bekasi ini adalah kecamatan Tarumajaya. Seperti perhitungan proyeksi penduduk kota Bekasi, perhitungan proyeksi penduduk kabupaten Bekasi ini juga untuk mengetahui metode proyeksi penduduk yang cocok untuk daerah pelayanan tersebut. Selain itu, perhitungan proyeksi penduduk ini juga memakai 4 metode yang sama dan dipilih 1 metode yang grafiknya mirip grafik pertumbuhan penduduk data penduduk yang diketahui. Data penduduk kabupaten Bekasi yang diketahui adalah data penduduk dari tahun 2001 – 2005. Berikut merupakan data penduduk yang diketahui :

Tabel 6.6 Jumlah Penduduk Kabupaten Bekasi Tahun 2001-2005

Tahun	2001	2002	2003	2004	2005
Jumlah Penduduk	1640000	1726975	1877414	1950209	2027902

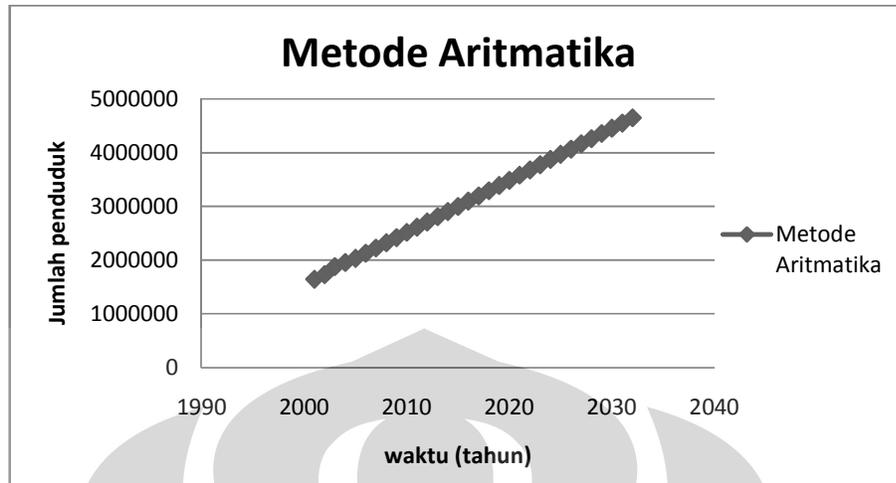
Sumber : BPS Kabupaten Bekasi

Perhitungan proyeksi penduduk Kabupaten Bekasi ini sama dengan perhitungan proyeksi penduduk Kota Bekasi. Rumus yang digunakan dan langkah-langkah yang digunakan sama dengan proyeksi penduduk Kota Bekasi. Berikut merupakan hasil perhitungan proyeksi penduduk Kabupaten Bekasi menggunakan metode aritmatika, geometrik, *mathematical*, dan *decreasing rate of increase* :

Tabel 6.7 Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi menggunakan Metode Aritmatika

Tahun	2004	2008	2012	2016	2020	2024	2028	2032
Jumlah Penduduk	1950209	2318829	2706731	3094633	3482535	3870437	4258339	4646241

Sumber : Hasil Olahan



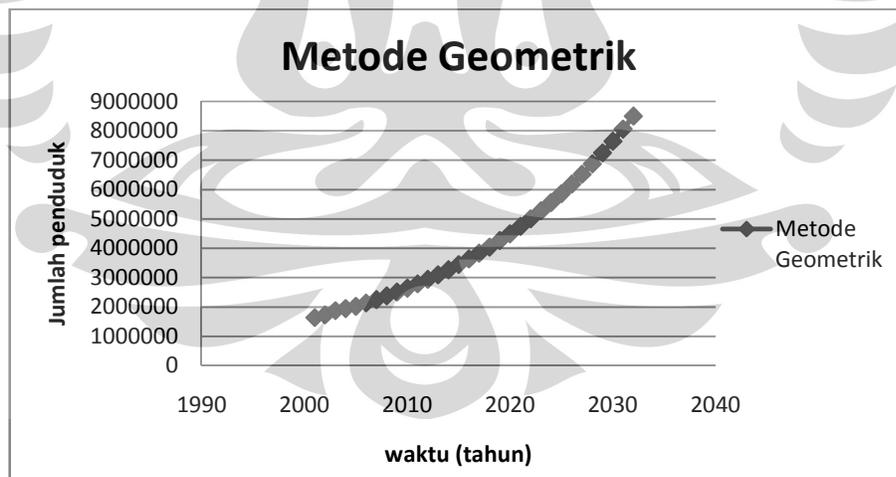
Gambar 6.6 Grafik Pertumbuhan Kabupaten Bekasi menggunakan Metode Aritmatika

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 6.8 Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi menggunakan Metode Geometrik

Tahun	2004	2008	2012	2016	2020	2024	2028	2032
Jumlah Penduduk	1950209	2377931	2940373	3635847	4495817	5559193	6874085	8499983

Sumber : Hasil Olahan Sendiri



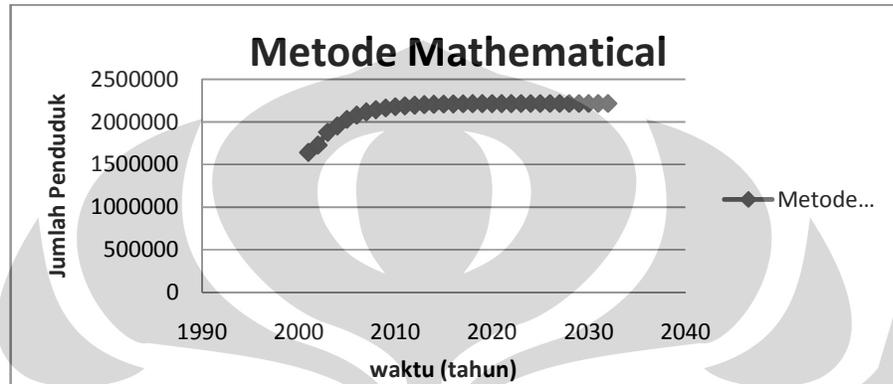
Gambar 6.7 Grafik Pertumbuhan Kabupaten Bekasi menggunakan Metode Geometrik

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 6.9 Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi menggunakan Metode  
*Mathematical*

Tahun	2004	2008	2012	2016	2020	2024	2028	2032
Jumlah Penduduk	1950209	2142221	2195117	2209454	2213252	2214252	2214515	2214584

Sumber : Hasil Olahan



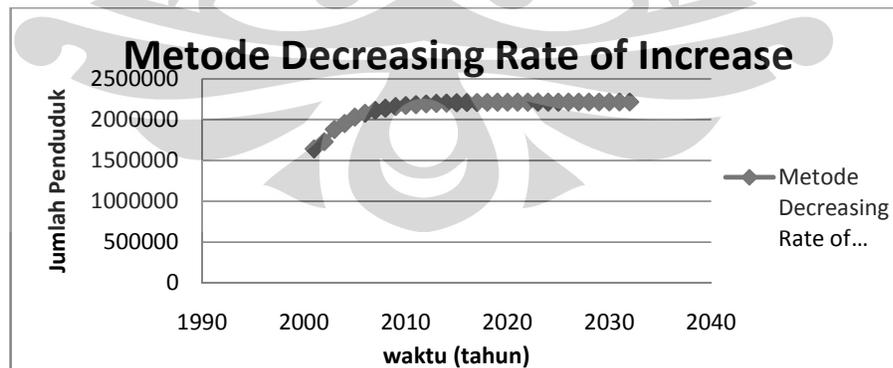
Gambar 6.8 Grafik Pertumbuhan Kabupaten Bekasi menggunakan Metode  
*Mathematical*

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 6.10 Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi menggunakan Metode  
*Decreasing Rate of Increase*

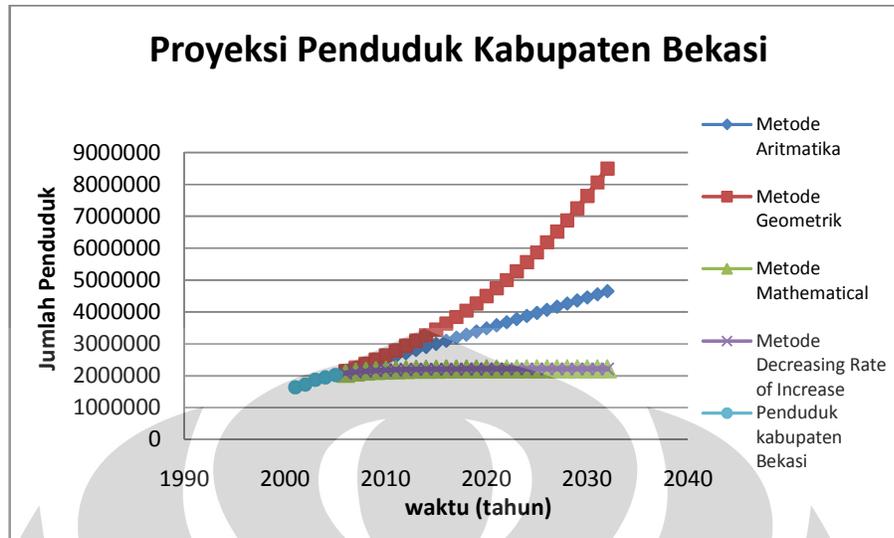
Tahun	2004	2008	2012	2016	2020	2024	2028	2032
Jumlah Penduduk	1950209	2137682	2191024	2207378	2212392	2213929	2214400	2214545

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 6.9 Grafik Pertumbuhan Kabupaten Bekasi menggunakan  
Metode *Decreasing Rate of Increase*

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 6.10 Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi

Sumber : Hasil Olahan

Grafik di atas menunjukkan pertumbuhan penduduk Kabupaten Bekasi menggunakan 4 metode perhitungan proyeksi penduduk dan pertumbuhan penduduk Kabupaten Bekasi dari tahun 2001-2005. Bentuk grafik yang paling menyerupai grafik pertumbuhan Kabupaten Bekasi tahun 2001-2005 adalah grafik proyeksi penduduk yang menggunakan metode aritmatika. Oleh karena itu, metode yang dipakai untuk memproyeksi penduduk di kecamatan Tarumajaya adalah metode aritmatika.

### 6.1.3 Proyeksi Penduduk Daerah Pelayanan

Daerah pelayanan yang akan dikembangkan adalah daerah pelayanan sekitar instalasi pengolahan air bersih Pondok Ungu dan daerah pelayanan pada unit Pondok Ungu Permai, yaitu pada kelurahan Pejuang dan Kaliabang Tengah. Akan tetapi, untuk mengetahui sampai tahun berapa kapasitas air baku instalasi masih mencukupi (600 L/detik), perhitungan proyeksi penduduk dilakukan pada semua daerah pelayanan. Berikut merupakan perhitungan proyeksi penduduk pada daerah-daerah tersebut:

### 1. Kelurahan Pejuang

Pada kelurahan ini data penduduk yang diketahui adalah pada tahun 2008 dan tahun 2009. Jumlah penduduk pada tahun 2008 adalah 58.920 jiwa, sedangkan pada tahun 2009 adalah 59.473 jiwa. Berikut merupakan hasil perhitungan proyeksi penduduk Kelurahan Pejuang:

Tabel 6.11 Proyeksi Penduduk Kelurahan Pejuang

Tahun	2008	2012	2016	2020	2024	2028	2032
Jumlah Penduduk	58920	66758	74595	82433	90270	98108	105945

Sumber : Hasil Olahan

### 2. Kelurahan Kaliabang Tengah

Pada kelurahan ini data penduduk yang diketahui juga data penduduk pada tahun 2008 – 2009. Pada tahun 2008 jumlah penduduk kelurahan Kaliabang Tengah ini adalah 59.466 jiwa dan pada tahun 2009 sebanyak. Berikut merupakan hasil proyeksi penduduk pada Kelurahan Kaliabang Tengah :

Tabel 6.12 Proyeksi Penduduk Kelurahan Kaliabang Tengah

Tahun	2008	2012	2016	2020	2024	2028	2032
Jumlah Penduduk	59466	67376	75286	83197	91107	99017	106927

Sumber : Hasil Olahan

### 3. Kecamatan Tarumajaya

Data penduduk yang diketahui pada kecamatan ini adalah jumlah penduduk pada tahun 2009. Jumlah penduduk kecamatan Tarumajaya pada tahun 2009 adalah 10.700 jiwa. Jumlah penduduk kecamatan ini pada tahun sebelumnya (2001-2008) disesuaikan dengan laju pertumbuhan penduduk kabupaten Bekasi. Berikut merupakan hasil proyeksi penduduk kecamatan Tarumajaya :

Tabel 6.13 Proyeksi Penduduk Kecamatan Tarumajaya

Tahun	2009	2012	2016	2020	2024	2028	2032
Jumlah Penduduk	107000	119886	137066	154247	171428	188609	205790

Sumber : Hasil Olahan

### 6.1.4 Proyeksi Kebutuhan Air

Perhitungan kebutuhan air ini dihitung berdasarkan fasilitas dan peruntukkan seperti pemukiman, komersil, industri, pendidikan. Perhitungan kebutuhan air untuk pemukiman menggunakan jumlah penduduk yang telah diproyeksi dan dikalikan dengan kebutuhan rata-rata air masyarakat pada daerah pelayanan. Kebutuhan air rata-rata pada daerah pelayanan sebesar 190 L/orang/hari. Sedangkan, kebutuhan air pada fasilitas-fasilitas lain yang berada pada daerah pelayanan berbeda-beda sesuai dengan jenis peruntukkannya. Berikut merupakan tabel kebutuhan air bersih masing-masing fasilitas pada daerah pelayanan :

Tabel 6.14 Kebutuhan Air

Peruntukan	Unit	Kebutuhan Air
<b>Pemukiman</b>		
Penduduk	L/orang/hari	190
<b>Institusi</b>		
RSU Pemerintah	L/pasien/hari	300
RSU Bersalin	L/pasien/hari	300
Puskesmas	L/unit/hari	2500
Klinik 24 jam	L/unit/hari	2500
Industri	L/unit/hari	3500
Kantor	L/pekerja/hari	35
<b>Pendidikan</b>		
TK	L/siswa/hari	10
SD	L/siswa/hari	10
SMP	L/siswa/hari	15
SMA	L/siswa/hari	20
<b>Peribadatan</b>		
Masjid	L/unit/hari	2500
Mushola	L/unit/hari	750
Gereja	L/unit/hari	500
<b>Komersil</b>		
Rumah makan	L/unit/hari	2500
Pasar swalayan	L/unit/hari	2000
Pasar tradisional	L/unit/hari	3000
Perbengkelan	L/unit/hari	2000

Perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih ini dilakukan pada kedua daerah pelayanan tersebut. Perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih pada masing-masing daerah pelayanan ini adalah sebagai berikut :

### 1. Kelurahan Pejuang

Kelurahan Pejuang merupakan daerah yang dilayani oleh unit Cabang Pondok Ungu. Penduduk yang telah terlayani adalah 79,7 % pada tahun 2009. Penduduk yang terlayani meningkat 0,1 % tiap tahun pada proyeksi kebutuhan air bersih ini. Berikut merupakan proyeksi kebutuhan air bersih pada pemukiman di kelurahan Pejuang :

Tabel 6.15 Kebutuhan Air Pemukiman Kelurahan Pejuang

Tahun	Jumlah penduduk	% Terlayani			Jumlah penduduk			Keb.air (liter/hari)		
		Langsung	Tak langsung	Total	Langsung	Tak langsung	Total	Langsung	Tak langsung	total
2009	59473	79,7	0	79,7	47423	0	47423	9010370	0	9010370
2012	66485	79,9	0	79,9	53148	0	53148	10098052	0	10098052
2014	70268	80,1	0	80,1	56312	0	56312	10699291	0	10699291
2024	89182	81,1	0	81,1	72361	0	72361	13748608	0	13748608

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 6.16 Proyeksi Kebutuhan Air Kelurahan Pejuang

Kebutuhan Air			Proyeksi Penduduk		Proyeksi Kebutuhan Air	
Peruntukan	Unit	Keb. Air/unit	2014	2024	2014	2024
<b>Pemukiman</b>						
Penduduk	L/orang/hari	190	56312	72361	10699291	13748608
<b>Institusi</b>						
RSU Pemerintah	L/pasien/hari	300	177	225	53168	67479
RSU Bersalin	L/pasien/hari	300	118	150	35445	44986
Puskesmas	L/unit/hari	2500	1	1	2954	3749
Klinik 24 jam	L/unit/hari	2500	20	25	50214	63730
Industri	L/unit/hari	3500	31	39	107518	136458
Kantor	L/pekerja/hari	35	945	1200	33082	41987
<b>Pendidikan</b>						
TK	L/siswa/hari	10	1004	1275	10043	12746
SD	L/siswa/hari	10	12477	15835	124768	158351
SMP	L/siswa/hari	15	7798	9897	116970	148454
SMA	L/siswa/hari	20	5104	6478	102083	129560
<b>Peribadatan</b>						
Masjid	L/unit/hari	2500	27	34	67937	86223
Mushola	L/unit/hari	750	35	45	26584	33740
Gereja	L/unit/hari	500	21	27	10634	13496
<b>Komersil</b>						
Rumah makan	L/unit/hari	2500	34	43	85660	108716
Pasar swalayan	L/unit/hari	2000	5	6	9452	11996
Pasar tradisional	L/unit/hari	3000	6	7	17723	22493
Perbengkelan	L/unit/hari	2000	106	135	212673	269917
Total kebutuhan kota (L/hari)					11766199	15102690
Kepentingan umum = 7% total keb.kota (L/hari)					823634	1057188
Total kebutuhan kota + Kepentingan umum (L/hari)					12589833	16159878
Kebocoran = 5% total keb.kota + kepentingan umum (L/hari)					629492	807994
Total kebutuhan kota + Kepentingan umum + Kebocoran (L/hari)					13219324	16967872
Kebutuhan air instalasi = 10%					1321932	1696787
Q average (L/hari)					14541257	18664659
Q max (L/hari)					26174262	33596387
Qpeak (L/hari)					39261393	50394580
Q average (L/detik)					168	216
Q max (L/detik)					303	389
Qpeak (L/detik)					454	583

Sumber : Hasil Olahan

2. Kelurahan Kaliabang Tengah (unit Pondok Ungu Permai)

Penduduk yang telah dilayani oleh unit ini adalah 11,9 % kebutuhan air dengan sambungan langsung. Pada kelurahan ini, tidak ada penduduk yang dilayani dengan sambungan tak langsung. Pada perhitungan proyeksi ini, peningkatan penduduk yang dilayani adalah 0,1 % tiap tahunnya. Berikut merupakan hasil proyeksi kebutuhan air pada kelurahan Kaliabang Tengah :

Tabel 6.17 Kebutuhan Air Pemukiman Kelurahan Kaliabang Tengah

Tahun	Jumlah penduduk	% Terlayani			Jumlah penduduk			Keb.air (liter/hari)		
		Langsung	Tak Langsung	Total	Langsung	Tak Langsung	Total	Langsung	Tak Langsung	Total
2009	62302	11,9	0	11,9	7443	0	7443	1414170	0	1414170
2012	67102	12,1	0	12,1	8151	0	8151	1548613	0	1548613
2014	70919	12,3	0	12,3	8756	0	8756	1663672	0	1663672
2024	90008	13,3	0	13,3	12013	0	12013	2282490	0	2282490

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 6.18 Proyeksi Kebutuhan Air Kelurahan Kaliabang Tengah

Kebutuhan Air			Proyeksi penduduk		Proyeksi kebutuhan air	
Peruntukan	Unit	Keb. Air/unit	2014	2024	2014	2024
<b>Pemukiman</b>						
Penduduk	L/orang/hari	190	8756	12013	1663672	2282490
<b>Institusi</b>						
RSU Pemerintah	L/pasien/hari	300	0	1315	0	394351
RSU Bersalin	L/pasien/hari	300	0	399	0	15000
Puskesmas	L/unit/hari	2500	8	11	20873	26492
Klinik 24 jam	L/unit/hari	2500	1	1	2846	3612
Industri	L/unit/hari	3500	0	1	0	1805
Kantor	L/pekerja/hari	35	57	72	1992	2528
<b>Pendidikan</b>						
TK	L/siswa/hari	10	228	289	2277	2889
SD	L/siswa/hari	10	2186	2774	21856	27738
SMP	L/siswa/hari	15	683	867	10245	13002
SMA	L/siswa/hari	20	820	1040	16392	20804
<b>Peribadatan</b>						
Masjid	L/unit/hari	2500	5	6	11383	14447
Mushola	L/unit/hari	750	7	9	5122	6501
Gereja	L/unit/hari	500	1	1	514	652
<b>Komersil</b>						
Rumah makan	L/unit/hari	2500	1	1	2569	3261
Pasar swalayan	L/unit/hari	2000	5	6	9107	11558
Pasar tradisional	L/unit/hari	3000	6	7	17075	21671
Perbengkelan	L/unit/hari	2000	1	1	2277	2889
Total Keb. Kota					1788199	2851691
Kepentingan Umum = 7% total keb.kota					125174	199618
Total Keb. Kota + Kepentingan umum					1913372	3051309
Kebocoran = 5% total keb.kota + kepentingan umum					95669	152565
Total kebutuhan kota + Kepentingan umum + Kebocoran (L/hari)					2009041	3203874
Kebutuhan air instalasi = 10%					200904	320387
Q average (l/hari)					2209945	3524262
Q max (l/hari)					3977901	6343671
Qpeak (l/hari)					5966852	9515507
Q average (L/detik)					26	41
Q max (L/detik)					46	73
Qpeak (L/detik)					69	110

Sumber : Hasil Olahan

### 3. Kecamatan Tarumajaya (unit Tarumajaya)

Pada kecamatan Tarumajaya ini, penduduk telah terlayani 13,5 % dengan sambungan langsung di tahun 2009. Penduduk yang terlayani dengan sambungan tak langsung pada tahun 2009 adalah sebanyak 1,1 %. Peningkatan jumlah penduduk yang terlayani pada perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih ini sama dengan 2 daerah pelayanan lainnya yaitu 0,1 % per tahun. Berikut merupakan hasil proyeksi kebutuhan air bersih di kecamatan Tarumajaya :

Tabel 6.19 Kebutuhan Air Pemukiman Kecamatan Tarumajaya

Tahun	Jumlah Penduduk	% Terlayani			Jumlah penduduk			Keb.air (liter/hari)		
		langsung	tak langsung	total	langsung	tak langsung	total	langsung	tak langsung	total
2009	107000	13,5	1,1	14,6	14402	1200	15602	2736380	60000	2796380
2012	119886	13,7	1,4	15,3	16376	1704	18080	3111469	85208	3196677
2014	128746	13,9	1,6	16,5	17807	2083	19890	3383242	104162	3487404
2024	171428	14,9	2,6	18,0	25474	4494	29968	4840040	224699	5064739

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 6.20 Proyeksi Kebutuhan Air Kecamatan Tarumajaya

Kebutuhan Air			Proyeksi penduduk		Proyeksi kebutuhan air	
Peruntukan	Unit	Keb. Air/unit	2014	2024	2014	2024
<b>Pemukiman</b>						
Penduduk	L/orang/hari	190	19890	29968	3487404	5064739
<b>Institusi</b>						
RSU Pemerintah	L/pasien/hari	300	1	2	346	462
RSU Bersalin	L/pasien/hari	300	1	1	333	445
Puskesmas	L/unit/hari	2500	1	2	3002	4005
Klinik 24 jam	L/unit/hari	2500	1	2	2886	3851
Industri	L/unit/hari	3500	0	1	0	4377
Kantor	L/pekerja/hari	35	40	54	1414	1887
<b>Pendidikan</b>						
TK	L/siswa/hari	10	1081	1442	10806	14419
SD	L/siswa/hari	10	554	739	5541	7393
SMP	L/siswa/hari	15	6484	8652	97258	129773
SMA	L/siswa/hari	20	648	865	12968	17303
<b>Peribadatan</b>						
Masjid	L/unit/hari	2500	9	12	21680	28928
Mushola	L/unit/hari	750	12	15	8672	11571
Gereja	L/unit/hari	500	1	2	577	770
<b>Komersil</b>						
Rumah makan	L/unit/hari	2500	1	2	2886	3851
Pasar swalayan	L/unit/hari	2000	1	1	2223	2966
Pasar tradisional	L/unit/hari	3000	2	3	7204	9613
Perbengkelan	L/unit/hari	2000	1	1	2143	2860
Total Keb. Kota (L/hari)					3667344	5309215
Kepentingan Umum = 7% total keb.kota (L/hari)					256714	371645
Total Keb. Kota + Kepentingan umum(L/hari)					3924058	5680860
Kebocoran = 5% total keb.kota +kepentingan umum (L/hari)					196203	284043
Total kebutuhan kota + Kepentingan umum + Kebocoran (L/hari)					4120261	5964903
Kebutuhan air instalasi = 10%					412026	596490
Q average (L/hari)					4532287	6561393
Q max (L/hari)					8158117	11810507
Qpeak (L/hari)					12237176	17715761
Q average (L/detik)					52	76
Q max (L/detik)					94	137
Qpeak (L/detik)					142	205

Sumber : Hasil Olahan

Kebutuhan air bersih pada daerah pelayanan ini telah mencapai kapasitas maksimum 600 L/detik pada tahun 2024. Pada tahun 2024 kebutuhan air bersih pada daerah pelayanan ini telah mencapai 599 L/detik. Maka dari itu, pengembangan dilakukan hanya sampai tahun 2024. Berikut merupakan rangkuman kebutuhan air bersih pada daerah pelayanan PDAM Pondok Ungu :

Tabel 6.21 Kebutuhan Air Daerah Pelayanan PDAM Pondok Ungu

Tahun	Daerah Pelayanan	Debit (L/detik)		
		Q av	Q max	Q peak
2014	Cab. Pondok Ungu	168	303	454
	Unit Tarumajaya	52	94	137
	Unit PUP	26	46	69
	Total	246	443	665
	Pembulatan	<b>250</b>	<b>450</b>	<b>670</b>
2024	Cab. Pondok Ungu	216	389	583
	Unit Tarumajaya	76	137	205
	Unit PUP	41	73	110
	Total	333	599	893
	Pembulatan	<b>335</b>	<b>600</b>	<b>900</b>

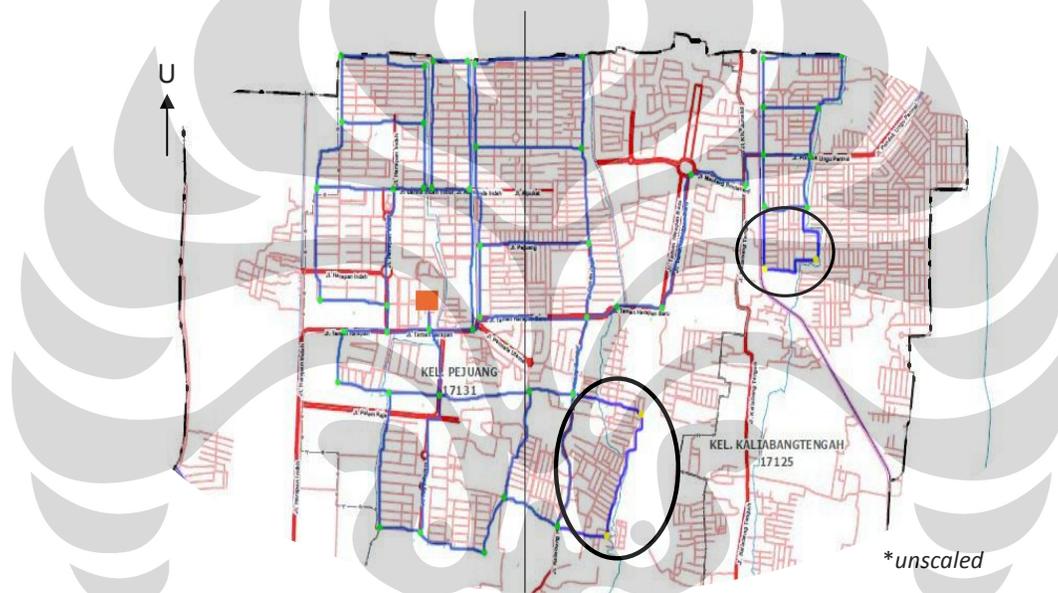
Sumber : Hasil Olahan

## 6.2 PENGEMBANGAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM

### 6.2.1 Tahapan Pengembangan Jaringan Distribusi

Pengembangan jaringan distribusi air minum ini dilakukan sampai tahun 2024. Perencanaan pembangunan jaringan langsung dibangun untuk kebutuhan sampai tahun 2024. Debit yang akan dipakai dalam merencanakan jaringan distribusi ini adalah debit puncak atau  $Q_{peak}$  dan nilainya adalah 697 L/detik. Nilai debit didapatkan dari nilai pembulatan debit puncak kebutuhan air dikurangi dengan kebutuhan air bersih kecamatan Tarumajaya. Perencanaan jaringan distribusi air bersih ini dilakukan tidak bertahap karena debit yang didistribusikan pada tahun 2014 nilainya mendekati debit pada tahun 2024. Debit air

bersih yang didistribusikan pada tahun 2014 adalah 526 L/detik, sedangkan pada tahun 2024 adalah 697 L/detik. Pada tahun 2024 ini, penduduk yang terlayani pada kelurahan Pejuang meningkat menjadi 81,1 %, sedangkan pada kelurahan Kaliabang Tengah meningkat menjadi 13,4 %. Peningkatan yang terjadi pada masing-masing daerah pelayanan tersebut sebesar 1,4 %. Oleh karena itu, jaringan distribusi ini akan ditambah 2 *loop*, 1 *loop* di kelurahan Pejuang dan 1 *loop* di kelurahan Kaliabang Tengah. Berikut merupakan rencana penambahan *loop* pada jaringan distribusi air bersih Pondok Ungu ini :



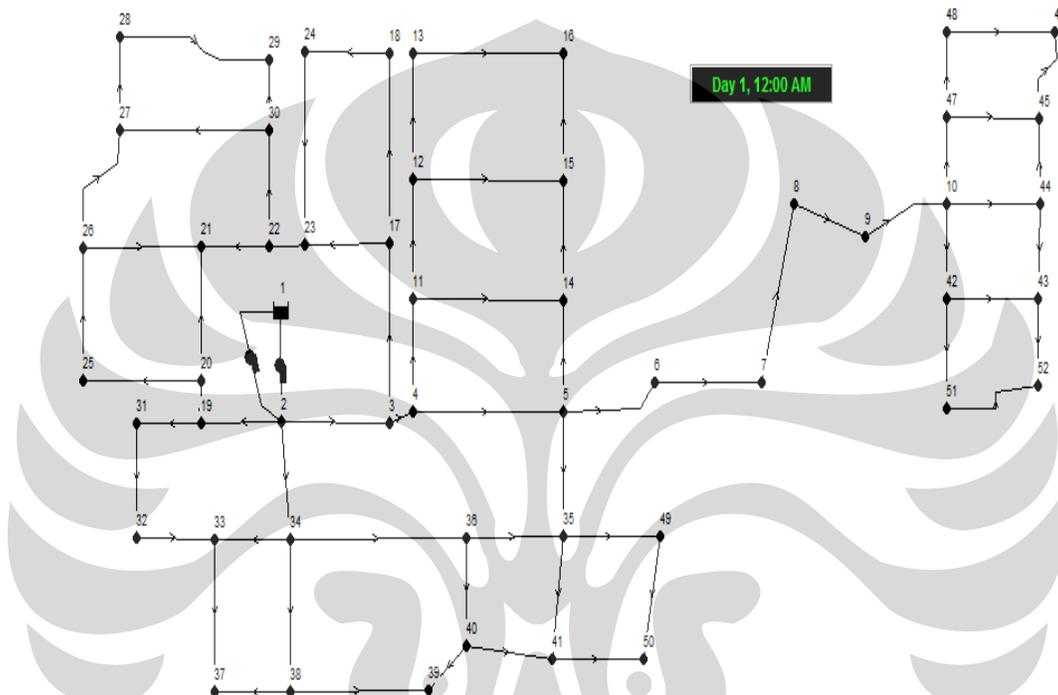
Gambar 6.11 Perencanaan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Minum

Sumber : Telah Diolah Kembali

Pemilihan kedua lokasi tersebut didasarkan pada letak lokasi tersebut yang dekat dengan jaringan distribusi yang telah ada dan banyak penduduk yang belum terlayani di kedua lokasi tersebut. Oleh karena penambahan 2 *loop* tersebut, node pada jaringan distribusi ini bertambah 4 *node*.

### 6.2.2 Pengembangan Jaringan Distribusi dengan EPANET

Pengembangan jaringan distribusi ini dilakukan dengan menambah 2 loop dan menambah debit yang dibutuhkan daerah pelayanan sampai pada tahun 2024. Penambahan debit ini juga dilakukan pada setiap node yang ada dan *node* yang ditambahkan. Berikut merupakan peta pengembangan jaringan distribusi menggunakan program EPANET :



Gambar 6.12 Pengembangan Jaringan Distribusi Air Minum

Sumber : Hasil Olahan Program EPANET

Karena terdapat peningkatan debit atau kebutuhan air bersih maka data input untuk *junction/node* berubah. Peningkatan debit pada tiap *node* sama nilainya yaitu pembagian selisih debit awal dengan debit pada tahun 2024 dengan jumlah *node* yang ada. Berikut merupakan data input pada tiap *junction/node* (nomor sesuai dengan gambar 6.12) :

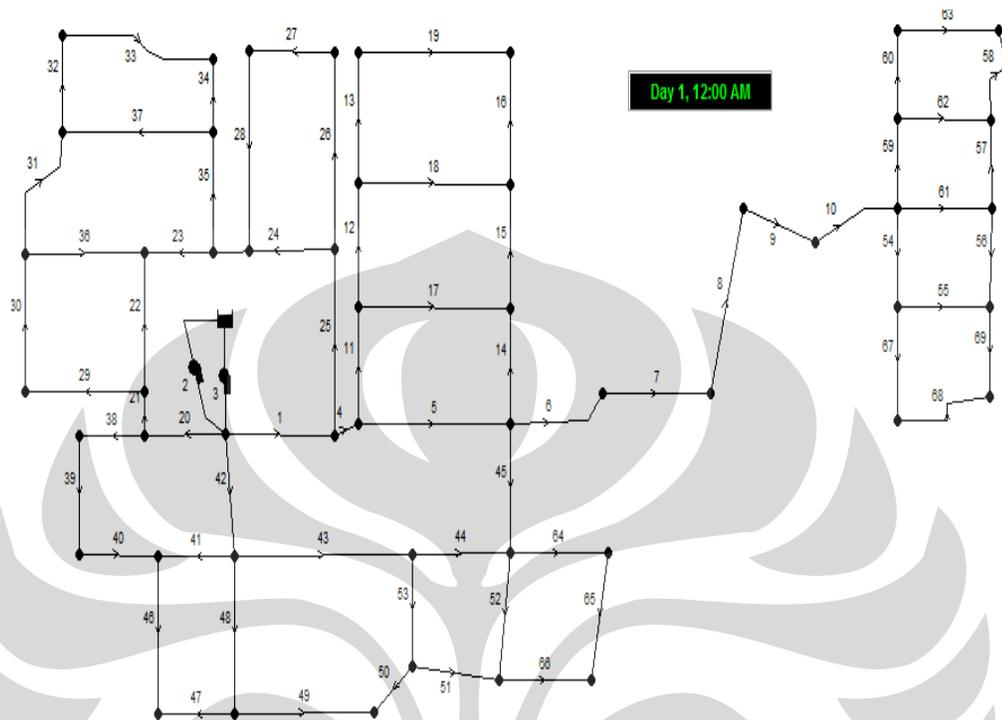
Tabel 6.22 Data Input pada *Junction/Node*

node	debit (L/detik)	node	debit (L/detik)
2	13,89717	28	13,39717
3	16,99717	29	14,40271
4	16,79717	30	13,89717
5	15,89717	31	14,90271
6	14,846	32	12,40271
7	14,846	33	13,40271
8	14,846	34	12,90271
9	14,846	35	12,40271
10	14,846	36	13,58839
11	13,89717	37	12,40271
12	15,19717	38	13,40271
13	15,19717	39	13,40271
14	15,19717	40	12,40271
15	15,19717	41	12,40271
16	15,19717	42	13,40271
17	13,89717	43	13,89717
18	12,89717	44	11,84985
19	15,89717	45	17,59717
20	14,79717	46	12,84985
21	15,89717	47	11,84985
22	13,40271	48	12,84985
23	12,89717	49	8,853695
24	12,89717	50	8,853695
25	13,89717	51	8,853695
26	13,89717	52	8,853695
27	13,89717		

Sumber : Hasil Perhitungan

Perubahan pada debit ini mempengaruhi diameter pipa yang dipakai. Diameter pipa bertambah seiring bertambahnya debit pada tiap node ini. Perhitungan diameter pipa ini langsung dilakukan pada program EPANET dengan menambah ukuran diameter pipa sampai sistem dapat bekerja dengan benar. Perhitungan diameter pipa ini awalnya menggunakan diameter pipa yang telah dievaluasi. Apabila sistem tidak berjalan sebagaimana mestinya, pipa tersebut perlu ditambah diameternya. Sebelum melakukan perubahan pada diameter pipa, hal yang harus dilakukan adalah mengganti kapasitas maksimum pompa agar mencukupi debit yang ada. Kapasitas maksimum pompa diubah menjadi 400 L/detik dan 300 L/detik dengan nilai *head* yang tetap.

Berikut merupakan diameter pipa pada perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih ini :



Gambar 6.13 Perpipaan Jaringan Distribusi Air Minum pada Program EPANET

Sumber : Hasil Olahan Program EPANET

Tabel 6.23 Perencanaan Pengembangan Perpipaan Jaringan Distribusi

pipa	panjang pipa (m)	diameter luar pipa (mm)	diameter dalam pipa (mm)	kekasaran pipa
1	250	550	538	150
4	50	500	488	150
5	625	500	488	150
6	181	400	388	150
7	275	400	388	150
8	600	400	388	150
9	275	400	388	150
10	125	400	388	150
11	334	200	188	150
12	325	200	188	150
13	300	200	188	100
14	375	150	138	150
15	275	150	138	100
16	375	150	138	100

Tabel 6.23 Perencanaan Pengembangan Perpipaan Jaringan Distribusi  
(sambungan)

pipa	panjang pipa (m)	diameter luar pipa (mm)	diameter dalam pipa (mm)	kekasaran pipa
17	575	100	88	150
18	550	100	88	150
19	575	150	138	150
20	251	400	388	150
21	127	300	288	150
22	496	100	88	150
23	130	100	88	150
24	291	200	188	150
25	615	300	288	150
26	550	200	188	150
27	197	200	188	150
28	551	150	138	150
29	375	200	188	150
30	475	150	138	150
31	458	100	88	150
32	234	200	188	150
33	496	100	88	150
34	210	100	88	150
35	335	200	188	150
36	477	100	88	150
37	459	150	138	150
38	250	250	238	150
39	249	200	188	150
40	249	150	138	150
41	263	150	138	150
42	290	400	388	150
43	500	200	188	150
44	271	150	138	150
45	383	200	188	150
46	596	100	88	150
47	249	100	88	150
48	585	200	188	150
49	450	100	88	150
50	270	100	88	150
51	330	100	88	150
52	605	150	138	150
53	454	150	138	150
54	237	200	188	150

Tabel 6.23 Perencanaan Pengembangan Perpipaan Jaringan Distribusi Air Bersih  
(sambungan)

pipa	panjang pipa (m)	diameter luar pipa (mm)	diameter dalam pipa (mm)	kekasaran pipa
55	239	100	88	150
56	233	200	188	100
57	212	200	188	150
58	354	150	138	150
59	206	200	188	150
60	236	150	138	150
61	325	200	188	100
62	293	150	138	150
63	440	150	138	150
64	379	150	138	150
65	554	80	68	150
66	271	100	88	150
67	275	150	138	150
68	346	100	88	150
69	282	100	88	150

Sumber : Hasil Olahan

Pada pengembangan jaringan distribusi air minum ini, terdapat penambahan pipa dan penambahan debit. Penambahan debit ini mempengaruhi diameter pipa eksisting. Perubahan diameter dilakukan agar air yang mengalir tidak berlebihan sehingga menyebabkan kerusakan pada pipa dan kecepatan aliran pada pipa sesuai kriteria desain. Selain itu, agar aliran yang melalui pipa tersebut tidak menyebabkan tidak mengalirnya air ke rumah-rumah pelanggan. Lalu, selain terjadi perubahan pipa juga terdapat perubahan kapasitas pada pompa yang dipakai. Kapasitas pompa bertambah menjadi 400 L/detik dan 300 L/detik. Perubahan nilai tinggi *head* pada pompa tidak diperlukan karena tinggi tekanan pada daerah pelayanan masih mencukupi dan sesuai dengan peraturan pemerintah. Berikut merupakan rangkuman perubahan diameter dan penambahan pipa pada jaringan distribusi air minum Pondok Ungu di tahun 2024 dan diameter pipa eksisting :

Tabel 6.24 Perbandingan Diameter Pipa Eksisting dengan Pipa Pengembangan

pipa	diameter pipa (mm)		pipa	diameter pipa (mm)	
	eksisting	pengembangan		eksisting	pengembangan
1	400	500	37	150	150
4	400	500	38	150	250
5	300	500	39	150	200
6	300	400	40	150	150
7	300	400	41	150	150
8	300	400	42	150	400
9	300	400	43	150	200
10	300	400	44	150	150
11	150	200	45	150	200
12	150	200	46	150	100
13	150	200	47	150	100
14	150	150	48	200	200
15	150	150	49	200	100
16	150	150	50	200	100
17	150	150	51	200	100
18	150	150	52	150	150
19	150	150	53	200	150
20	200	400	54	100	200
21	150	300	55	100	100
22	150	100	56	100	200
23	200	100	57	100	200
24	200	200	58	150	150
25	150	300	59	100	200
26	150	200	60	150	150
27	150	200	61	150	200
28	150	150	62	100	150
29	200	200	63	150	150
30	150	150	64		150
31	150	100	65		80
32	150	200	66		100
33	150	100	67		150
34	150	100	68		100
35	150	200	69		100
36	150	100			

Sumber : Hasil Olahan

## **BAB 7**

### **PENUTUP**

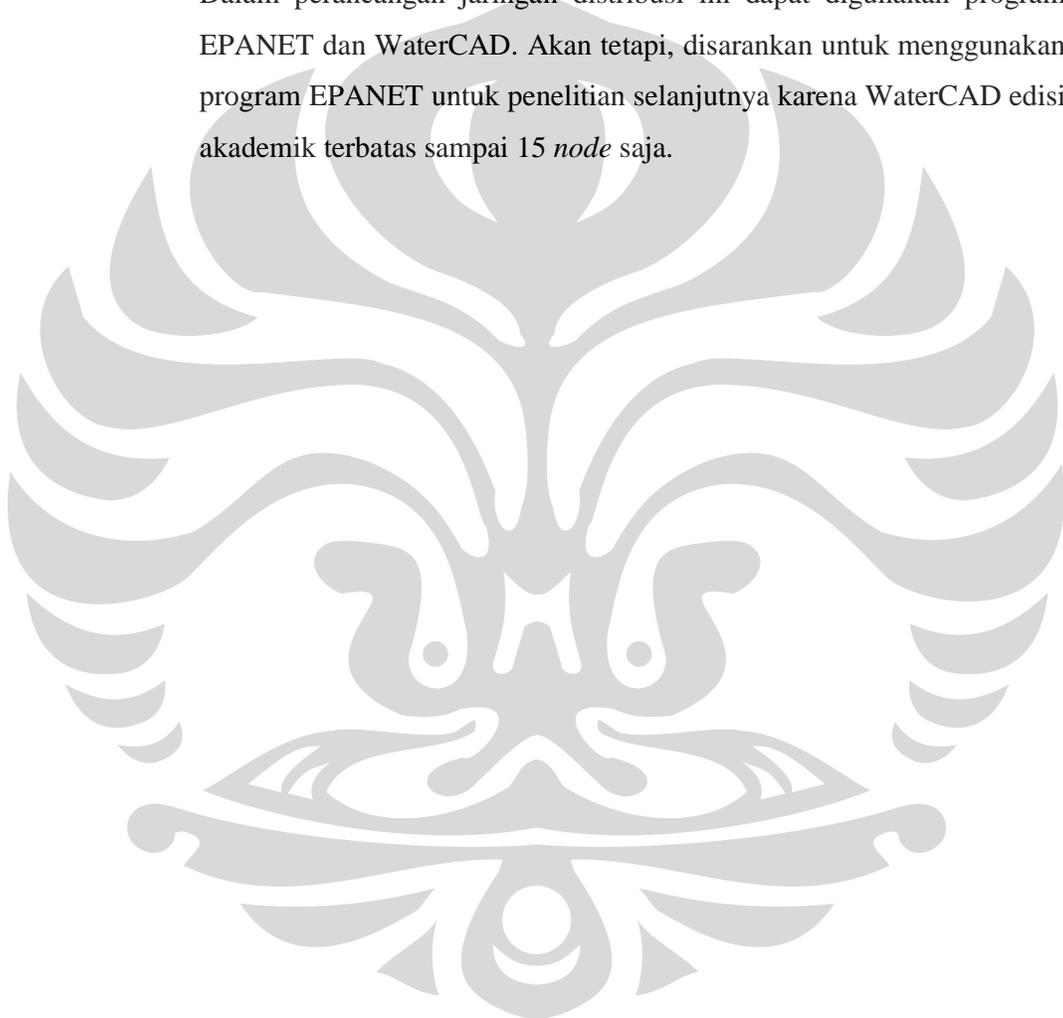
#### **7.1 KESIMPULAN**

- Permasalahan yang terjadi pada jaringan distribusi air minum PDAM Pondok Ungu adalah kehilangan air yang terjadi pada jaringan distribusi air minum ini. Setelah dilakukan evaluasi pada jaringan distribusi air minum ini diketahui penyebab permasalahan tersebut. Kehilangan air ini dapat disebabkan oleh pipa yang mengalami kebocoran akibat kecepatan aliran dalam pipa yang tidak memenuhi kriteria desain. Pipa-pipa tersebut kecepatan alirannya kurang dari kriteria desain yang didasarkan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 18 tahun 2007 tentang penyelenggaraan pengembangan sistem penyediaan air minum.
- Permasalahan yang ada dalam jaringan distribusi ini perlu ditangani dengan solusi yang tepat. Solusi yang tepat untuk mempercepat kecepatan aliran ini adalah dengan mengganti pipa yang bermasalah dan pipa yang berada di sekitar pipa tersebut dengan pipa yang diameternya lebih kecil. Dalam jaringan distribusi air minum ini total panjang pipa yang diganti dengan diameter yang lebih kecil adalah 11.751 m .
- Perkembangan penduduk pada daerah pelayanan menyebabkan kebutuhan akan air minum bertambah pula. Peningkatan kebutuhan penduduk akan air minum ini menyebabkan adanya peningkatan kapasitas debit yang harus diolah pada instalasi dan yang didistribusikan ke pelanggan. Kapasitas maksimum debit yang dapat diterima PDAM Pondok Ungu ini adalah 600 L/detik. Oleh karena itu, pengembangan dilakukan sampai kebutuhan air minum penduduk mencapai 600 L/detik yaitu pada tahun 2024. Pengembangan yang dilakukan pada jaringan distribusi air minum adalah dengan menambahkan 2 *loop*, mengganti pipa dengan diameter yang lebih

besar, dan memperbesar kapasitas maksimum pompa atau menambah pompa agar sesuai dengan debit yang didistribusikan.

## 7.2 SARAN

- Pipa-pipa yang tidak memenuhi kriteria desain perlu diganti agar jaringan distribusi air minum ini dapat berjalan dengan maksimal.
- Dalam perancangan jaringan distribusi ini dapat digunakan program EPANET dan WaterCAD. Akan tetapi, disarankan untuk menggunakan program EPANET untuk penelitian selanjutnya karena WaterCAD edisi akademik terbatas sampai 15 *node* saja.



## DAFTAR REFERENSI

*Air Relief Valve.* Integrated Publishing : Aviation.  
[http://www.tpub.com/content/aviation/14018/img/14018\\_271\\_1.jpg](http://www.tpub.com/content/aviation/14018/img/14018_271_1.jpg)

Babbit, Harold E. (1955). *Water Supply Engineering*. McGraw-Hill, United State of America.

BAPPEDA Kota Bekasi (2008). *Masterplan Jaringan Air Bersih Perkotaan*.

BAPPEDA Kota Bekasi (2009). *Kota Bekasi dalam Angka Tahun 2008*.

*Below Globe Valve.* Sedelon Valve, co., Ltd.  
[http://www.valvemade.com/bellow\\_globe\\_valve.html](http://www.valvemade.com/bellow_globe_valve.html)

BPS Kabupaten Bekasi (2004). *Kependudukan dan Ketenagakerjaan*.

*Cast Steel Gate Valve.* Zhejiang ONERO Valve,co.,Ltd.  
<http://www.onerovalve.com/china-valve-product/Cast-Steel-Gate-Valve.htm>

*Check Valve 316.* Alloy Valves and Controls, Inc.  
<http://www.avcovalve.com/products/valves/check/3116.htm>

*Details of Air-Conditioning System.* San Francisco Maritim National Park Association. <http://www.maritime.org/fleetsub/refrig/chap14.htm>

Djamal, Irzal Z. et. al. (2009). *Penurunan Kehilangan Air*. Badan Regulator PAM, Jakarta.

*Flange and Wafer Type Butterfly.* <http://image.made-in-china.com/2f0j00YRTthjEsDuOf/Flange-and-Wafer-Type-Butterfly-Valve-s.jpg>

Frankel, Michael. (2002). *Facility Piping Systems Handbook 2<sup>nd</sup> Edition*. McGraw-Hill, United States of America.

Steffe, J. F. *Pressure-relief Valve*. Michigan State University Dairy Plant.  
<http://www.egr.msu.edu/~steffe/equipment/prelief1.jpg>

Mays, Larry W. (2002). *Urban Water Supply Handbook*. McGraw-Hill, United State of America.

McGhee, Terence J. (1991). *Water Supply and Sewerage* (6<sup>th</sup> ed.). New York: McGraw-Hill.

Noerbambang, Soufyan M. & Morimura, Takeo. (1988). *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*. Pradnya Paramita, Jakarta.

PDAM Bekasi (2009). *Laporan Bulanan PDAM Bekasi, Wilayah Cabang Pondok Ungu*.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18 (2007). *Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*.

*Pressure Relief/ Pressure Sustaining Valve*. Singer Valve.  
[http://www.fluidcontrol.com.au/products/valves/singer\\_no4.jpg](http://www.fluidcontrol.com.au/products/valves/singer_no4.jpg)

*Profil Kabupaten Bekasi* (2009). 2010, February 28.  
<http://www.humaskabbekasiblog.htm>

Qasim, S.R, Motley, E.M, & Zhu, G. (2000). *Water Works Engineering : Planning, Design, and Operation*. London : Prentice – Hall.

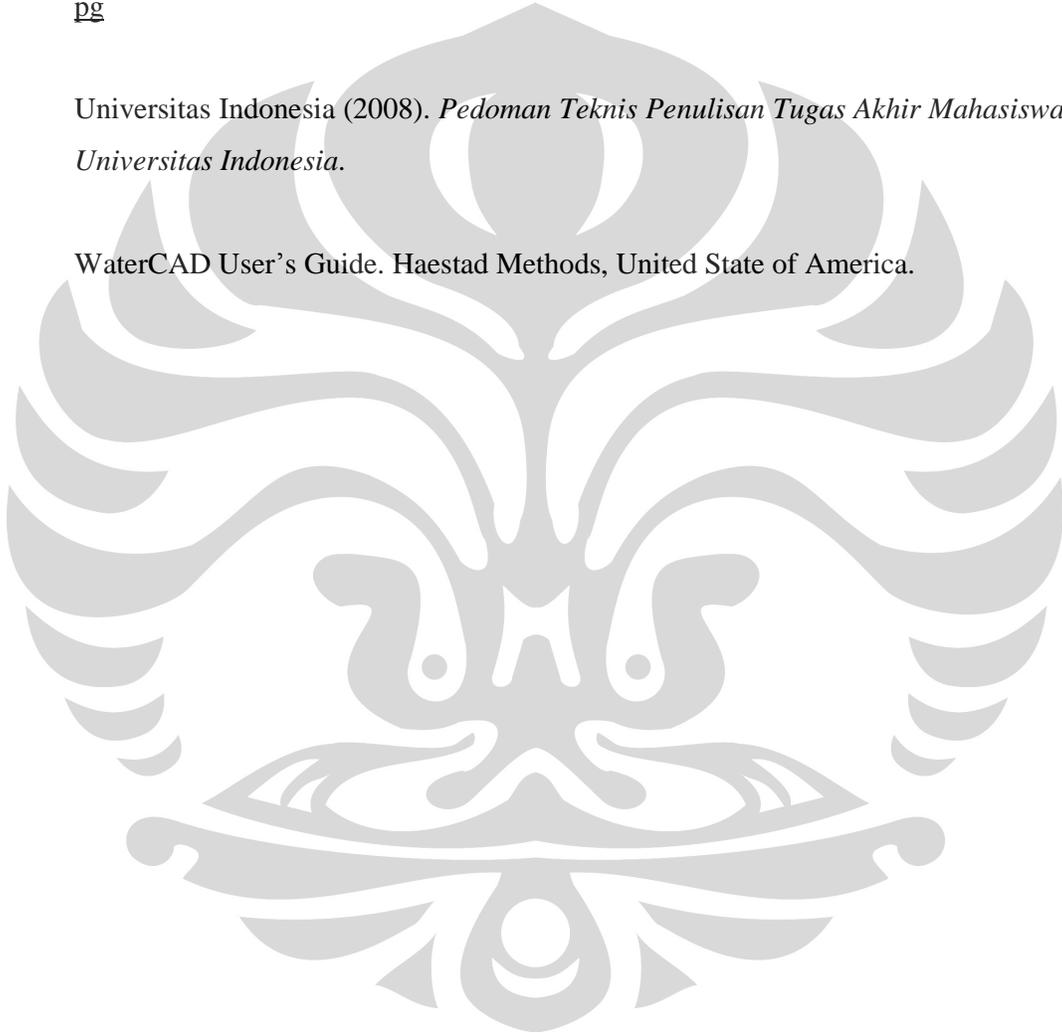
Rossman, Lewis A. (2000). *EPANET 2 Users Manual*. Ekamitra Engineering

*Self-acting Temperature Controls.* Spirax Sarco.  
<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/control-hardware-sa-actuation/self-acting-temperature-controls.asp>

*Sluice Gate Instruction.* Wemvalves.  
<http://www.wemvalves.com/images/1143262286/Sluice%20gate%20instruction.jpg>

Universitas Indonesia (2008). *Pedoman Teknis Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa Universitas Indonesia.*

WaterCAD User's Guide. Haestad Methods, United State of America.



Tabel 1. Proyeksi penduduk Kota Bekasi

Metode Proyeksi	Proyeksi Penduduk Kota Bekasi										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Aritmatika	1663802	1708337	1809306	1845005	1914316	2001899	2071444	2143804	2238717	2310581	2382446
Geometrik	1663802	1708337	1809306	1845005	1914316	2001899	2071444	2143804	2238717	2323333	2411146
Mathematical	1663802	1708337	1809306	1845005	1914316	2001899	2071444	2143804	2238717	2335305	2439554
Decreasing rate of increase	1663802	1708337	1809306	1845005	1914316	2001899	2071444	2143804	2238717	2325988	2415877

Metode Proyeksi	Proyeksi Penduduk Kota Bekasi										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Aritmatika	2454310	2526175	2598039	2669903	2741768	2813632	2885496	2957361	3029225	3101090	3172954
Geometrik	2502279	2596857	2695009	2796871	2902582	3012290	3126144	3244301	3366924	3494182	3626250
Mathematical	2552408	2674972	2808550	2954688	3115239	3292435	3488999	3708278	3954438	4232733	4549879
Decreasing rate of increase	2508462	2603824	2702046	2803215	2907417	3014745	3125293	3239156	3356434	3477230	3601648

Metode Proyeksi	Proyeksi Penduduk Kota Bekasi										
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Aritmatika	3244818	3316683	3388547	3460411	3532276	3604140	3676005	3747869	3819733	3891598	3963462
Geometrik	3763309	3905549	4053165	4206361	4365346	4530341	4701572	4879275	5063694	5255084	5453708
Mathematical	4914602	5338458	5837071	6432100	7154468	8049904	9189011	10686835	12744378	15747300	20541206
Decreasing rate of increase	3729799	3861793	3997747	4137778	4282009	4430566	4583579	4741181	4903511	5070709	5242922

Sumber : Hasil olahan

Tabel 2. Proyeksi penduduk Kabupaten Bekasi

Metode Proyeksi	Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Aritmatika	1640000	1726975	1877414	1950209	2027902	2124878	2221853	2318829	2415804	2512780	2609755
Geometrik	1640000	1726975	1877414	1950209	2027902	2138443	2255010	2377931	2507553	2644240	2788378
Mathematical	1640000	1726975	1877414	1950209	2027902	2077652	2114799	2142221	2162295	2176901	2187480
Decreasing rate of increase	1640000	1726975	1877414	1950209	2027902	2075678	2111228	2137682	2157366	2172014	2182913

Metode Proyeksi	Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi										
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Aritmatika	2706731	2803706	2900682	2997657	3094633	3191608	3288584	3385559	3482535	3579510	3676486
Geometrik	2940373	3100653	3269670	3447901	3635847	3834037	4043031	4263418	4495817	4740885	4999312
Mathematical	2195117	2200619	2204574	2207415	2209454	2210915	2211963	2212714	2213252	2213637	2213913
Decreasing rate of increase	2191024	2197059	2201550	2204891	2207378	2209228	2210605	2211630	2212392	2212959	2213381

Metode Proyeksi	Proyeksi Penduduk Kabupaten Bekasi										
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	
Aritmatika	3773461	3870437	3967412	4064388	4161363	4258339	4355314	4452290	4549265	4646241	
Geometrik	5271825	5559193	5862226	6181777	6518747	6874085	7248793	7643926	8060598	8499983	
Mathematical	2214111	2214252	2214353	2214426	2214478	2214515	2214542	2214561	2214574	2214584	
Decreasing rate of increase	2213695	2213929	2214103	2214233	2214329	2214400	2214454	2214493	2214523	2214545	

Sumber : Hasil olahan

Lampiran 3 : Proyeksi Penduduk Daerah Pelayanan

Tabel 3. Proyeksi penduduk daerah pelayanan

Tahun	Kelurahan Pejuang (Cab. Pondok Ungu)	Kecamatan Tarumajaya (Unit Tarumajaya)	Kelurahan Kaliabang Tengah (Unit PUP)
2008	58920	102705	59466
2009	60811	107000	61375
2010	62703	111295	63284
2011	64594	115590	65193
2012	66485	119886	67102
2013	68377	124181	69011
2014	70268	128476	70919
2015	72160	132771	72828
2016	74051	137066	74737
2017	75942	141362	76646
2018	77834	145657	78555
2019	79725	149952	80464
2020	81616	154247	82373
2021	83508	158542	84282
2022	85399	162838	86191
2023	87291	167133	88100
2024	89182	171428	90008
2025	91073	175723	91917
2026	92965	180019	93826
2027	94856	184314	95735
2028	96747	188609	97644
2029	98639	192904	99553
2030	100530	197199	101462
2031	102422	201495	103371
2032	104313	205790	105280

Sumber : Hasil olahan

Tabel 4. Proyeksi fasilitas Cabang Pondok Ungu

Peruntukan	Jumlah Peruntukan	Unit	Jumlah unit	Kebair/unit	Satuan	Proyeksi											
						2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
RSU Pemerintah	1	bed	1x150	300	L/pasien/hari	150	158	163	168	172	177	182	187	192	196	201	206
RSU Bersalin	2	bed	2x50	300	L/pasien/hari	100	105	109	112	115	118	121	125	128	131	134	137
Puskesmas	1	unit	1	2500	L/unit/hari	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Klinik 24 jam	17	unit	17	2500	L/unit/hari	17	18	18	19	20	20	21	21	22	22	23	23
Industri	26	unit	26	3500	L/unit/hari	26	27	28	29	30	31	32	32	33	34	35	36
Kantor	16	pekerja	16x50	35	L/pekerja/hari	800	843	869	894	920	945	971	996	1022	1047	1072	1098
TK	17	siswa	17x50	10	L/siswa/hari	850	896	923	950	977	1004	1031	1058	1085	1112	1139	1166
SD	22	siswa	22x480	10	L/siswa/hari	10560	11133	11469	11805	12141	12477	12813	13148	13484	13820	14156	14492
SMP	11	siswa	11x600	15	L/siswa/hari	6600	6958	7168	7378	7588	7798	8008	8218	8428	8638	8847	9057
SMA	6	siswa	6x720	20	L/siswa/hari	4320	4555	4692	4829	4967	5104	5242	5379	5516	5654	5791	5928
Masjid	23	unit	23	2500	L/unit/hari	23	24	25	26	26	27	28	29	29	30	31	32
Mushola	30	unit	30	750	L/unit/hari	30	32	33	34	34	35	36	37	38	39	40	41
Gereja	18	unit	18	500	L/unit/hari	18	19	20	20	21	21	22	22	23	24	24	25
Rumah makan	29	unit	29	2500	L/unit/hari	29	31	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Pasar swalayan	4	unit	4	2000	L/unit/hari	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Pasar tradisional	5	unit	5	3000	L/unit/hari	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7
Perbengkelan	90	unit	90	2000	L/unit/hari	90	95	98	101	103	106	109	112	115	118	121	124

Sumber : Hasil olahan

Lampiran 4 : Proyeksi fasilitas Cabang. Pondok Ungu (lanjutan)

Tabel 4. Proyeksi fasilitas Cabang Pondok Ungu (lanjutan)

Peruntukan	Jumlah Peruntukan	Unit	Jumlah unit	Keb air/unit	Satuan	Proyeksi											
						2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
RSU Pemerintah	1	bed	1x150	300	L/pasien/hari	211	215	220	225	230	234	239	244	249	254	258	263
RSU Bersalin	2	bed	2x50	300	L/pasien/hari	140	144	147	150	153	156	159	163	166	169	172	175
Puskesmas	1	unit	1	2500	L/unit/hari	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Klinik 24 jam	17	unit	17	2500	L/unit/hari	24	24	25	25	26	27	27	28	28	29	29	30
Industri	26	unit	26	3500	L/unit/hari	37	37	38	39	40	41	41	42	43	44	45	46
Kantor	16	pekerja	16x50	35	L/pekerja/hari	1123	1149	1174	1200	1225	1251	1276	1301	1327	1352	1378	1403
TK	17	siswa	17x50	10	L/siswa/hari	1194	1221	1248	1275	1302	1329	1356	1383	1410	1437	1464	1491
SD	22	siswa	22x480	10	L/siswa/hari	14828	15163	15499	15835	16171	16507	16843	17178	17514	17850	18186	18522
SMP	11	siswa	11x600	15	L/siswa/hari	9267	9477	9687	9897	10107	10317	10527	10737	10946	11156	11366	11576
SMA	6	siswa	6x720	20	L/siswa/hari	6066	6203	6341	6478	6615	6753	6890	7028	7165	7302	7440	7577
Masjid	23	unit	23	2500	L/unit/hari	32	33	34	34	35	36	37	37	38	39	40	40
Mushola	30	unit	30	750	L/unit/hari	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
Gereja	18	unit	18	500	L/unit/hari	25	26	26	27	28	28	29	29	30	30	31	32
Rumah makan	29	unit	29	2500	L/unit/hari	41	42	43	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Pasar swalayan	4	unit	4	2000	L/unit/hari	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7
Pasar tradisional	5	unit	5	3000	L/unit/hari	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9
Perbengkelan	90	unit	90	2000	L/unit/hari	126	129	132	135	138	141	144	146	149	152	155	158

Sumber : Hasil olahan

Tabel 5. Proyeksi fasilitas Unit Tarumajaya

Peruntukan	Jumlah Peruntukan	Unit	Jumlah unit	Keb air/unit	Satuan	Proyeksi											
						2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
RSU Pemerintah	-	bed	-	300	L/pasien/hari	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RSU Bersalin	-	bed	-	300	L/pasien/hari	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Puskesmas	1	unit	1	2500	L/unit/hari	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Klinik 24 jam	-	unit	-	2500	L/unit/hari	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Industri	-	unit	-	3500	L/unit/hari	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Kantor	-	pekerja	-	35	L/pekerja/hari	0	35	36	38	39	40	42	43	44	46	47	49
TK	18	siswa	18x50	10	L/siswa/hari	900	936	972	1008	1045	1081	1117	1153	1189	1225	1261	1297
SD	-	siswa	-	10	L/siswa/hari	0	480	499	517	536	554	573	591	610	628	647	665
SMP	9	siswa	9x600	15	L/siswa/hari	5400	5617	5834	6050	6267	6484	6701	6917	7134	7351	7568	7784
SMA	2	siswa	2x720	20	L/siswa/hari	540	562	583	605	627	648	670	692	713	735	757	778
Masjid	7	unit	7	2500	L/unit/hari	7	8	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10
Mushola	10	unit	10	750	L/unit/hari	10	10	10	11	11	12	12	12	13	13	13	14
Gereja	-	unit	-	500	L/unit/hari	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rumah makan	-	pengunjung	-	2500	L/unit/hari	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pasar swalayan	-	pengunjung	-	2000	L/unit/hari	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pasar tradisional	2	bangunan	2	3000	L/unit/hari	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Perbengkelan	-	bangunan	-	2000	L/unit/hari	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Sumber : Hasil olahan

Tabel 5. Proyeksi fasilitas Unit Tarumajaya (lanjutan)

Peruntukan	Jumlah Peruntukan	Unit	Jumlah unit	Keb air/unit	Satuan	Proyeksi											
						2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
RSU Pemerintah	-	bed	-	300	L/pasien/hari	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
RSU Bersalin	-	bed	-	300	L/pasien/hari	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Puskesmas	1	unit	1	2500	L/unit/hari	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Klinik 24 jam	-	unit		2500	L/unit/hari	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Industri	-	unit		3500	L/unit/hari	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Kantor	-	pekerja		35	L/pekerja/hari	50	51	53	54	55	57	58	59	61	62	63	65
TK	18	siswa	18x50	10	L/siswa/hari	1334	1370	1406	1442	1478	1514	1550	1586	1623	1659	1695	1731
SD	-	siswa	-	10	L/siswa/hari	684	702	721	739	758	776	795	813	832	850	869	888
SMP	9	siswa	9x600	15	L/siswa/hari	8001	8218	8435	8652	8868	9085	9302	9519	9735	9952	10169	10386
SMA	2	siswa	2x720	20	L/siswa/hari	800	822	843	865	887	909	930	952	974	995	1017	1039
Masjid	7	unit	7	2500	L/unit/hari	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	14	14
Mushola	10	unit	10	750	L/unit/hari	14	15	15	15	16	16	17	17	17	18	18	19
Gereja	-	unit	-	500	L/unit/hari	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Rumah makan	-	pengunjung	-	2500	L/unit/hari	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pasar swalayan	-	pengunjung	-	2000	L/unit/hari	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Pasar tradisional	2	bangunan	2	3000	L/unit/hari	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Perbengkelan	-	bangunan	-	2000	L/unit/hari	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2

Sumber : Hasil olahan

Tabel 6. Proyeksi fasilitas Unit Pondok Ungu Permai

Peruntukan	Jumlah Peruntukan	Unit	Jumlah unit	Keb air/unit	Satuan	Proyeksi											
						2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
RSU Pemerintah	-	bed	-	300	L/pasien/hari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	1203
RSU Bersalin	-	bed	-	300	L/pasien/hari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Puskesmas	-	unit	-	2500	L/unit/hari	0	0	0	0	1	8	9	9	9	9	9	10
Klinik 24 jam	1	unit	1	2500	L/unit/hari	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Industri	-	unit	-	3500	L/unit/hari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kantor	1	pekerja	1x50	35	L/pekerja/hari	50	51	52	54	55	57	58	60	62	63	65	66
TK	4	siswa	4x50	10	L/siswa/hari	200	203	209	215	222	228	234	240	246	252	258	264
SD	4	siswa	4x480	10	L/siswa/hari	1920	1950	2009	2068	2127	2186	2244	2303	2362	2421	2480	2539
SMP	1	siswa	1x600	15	L/siswa/hari	600	609	628	646	665	683	701	720	738	757	775	793
SMA	1	siswa	1x720	20	L/siswa/hari	720	731	753	775	798	820	842	864	886	908	930	952
Masjid	4	unit	4	2500	L/unit/hari	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
Mushola	6	unit	6	750	L/unit/hari	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8
Gereja	-	unit	-	500	L/unit/hari	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Rumah makan	-	unit	-	2500	L/unit/hari	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Pasar swalayan	4	unit	4	2000	L/unit/hari	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
Pasar tradisional	5	unit	5	3000	L/unit/hari	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7
Perbengkelan	1	unit	1	2000	L/unit/hari	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Sumber : Hasil olahan

## Lampiran 6 : Proyeksi fasilitas Unit Pondok Ungu Permai (lanjutan)

Tabel 6. Proyeksi fasilitas Unit Pondok Ungu Permai (lanjutan)

Peruntukan	Jumlah Peruntukan	Unit	Jumlah unit	Keb air/unit	Satuan	Proyeksi											
						2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
RSU Pemerintah	-	bed	-	300	L/pasien/hari	1231	1259	1287	1315	1342	1370	1398	1426	1454	1482	1510	1538
RSU Bersalin	-	bed	-	300	L/pasien/hari	0	50	390	399	407	416	424	433	441	450	458	467
Puskesmas	-	unit	-	2500	L/unit/hari	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12
Klinik 24 jam	1	unit	1	2500	L/unit/hari	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Industri	-	unit	-	3500	L/unit/hari	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kantor	1	pekerja	1x50	35	L/pekerja/hari	68	69	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84
TK	4	siswa	4x50	10	L/siswa/hari	271	277	283	289	295	301	307	313	320	326	332	338
SD	4	siswa	4x480	10	L/siswa/hari	2597	2656	2715	2774	2833	2892	2950	3009	3068	3127	3186	3244
SMP	1	siswa	1x600	15	L/siswa/hari	812	830	848	867	885	904	922	940	959	977	996	1014
SMA	1	siswa	1x720	20	L/siswa/hari	974	996	1018	1040	1062	1084	1106	1128	1150	1173	1195	1217
Masjid	4	unit	4	2500	L/unit/hari	5	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7
Mushola	6	unit	6	750	L/unit/hari	8	8	8	9	9	9	9	9	10	10	10	10
Gereja	-	unit	-	500	L/unit/hari	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Rumah makan	-	unit	-	2500	L/unit/hari	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Pasar swalayan	4	unit	4	2000	L/unit/hari	5	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7
Pasar tradisional	5	unit	5	3000	L/unit/hari	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
Perbengkelan	1	unit	1	2000	L/unit/hari	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2

Sumber : Hasil olahan