

**ANALISIS KAPASITAS DAN PENGEMBANGAN JARINGAN  
PIPA DISTRIBUSI PDAM DI WILAYAH PESISIR  
KECAMATAN TALLO KOTA MAKASSAR**

*THE ANALYSIS OF THE CAPACITY AND DEVELOPMENT OF THE PIPE  
NETWORK OF LOCAL WATER DISTRIBUTION IN THE COASTAL AREA  
OF TALLO SUBDISTRICT, MAKASSAR CITY*

**ARIFUDDIN**



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

**ANALISIS KAPASITAS DAN PENGEMBANGAN JARINGAN  
PIPA DISTRIBUSI PDAM DI WILAYAH PESISIR  
KECAMATAN TALLO KOTA MAKASSAR**

*THE ANALYSIS OF THE CAPACITY AND DEVELOPMENT OF THE PIPE  
NETWORK OF LOCAL WATER DISTRIBUTION IN THE COASTAL AREA  
OF TALLO SUBDISTRICT, MAKASSAR CITY*

**ARIFUDDIN**



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

**ANALISIS KAPASITAS DAN PENGEMBANGAN JARINGAN  
PIPA DISTRIBUSI PDAM DI WILAYAH PESISIR  
KECAMATAN TALLO KOTA MAKASSAR**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi  
Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

ARIFUDDIN

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

**TESIS****ANALISIS KAPASITAS DAN PENGEMBANGAN JARINGAN  
PIPA DISTRIBUSI PDAM DI WILAYAH PESISIR  
KECAMATAN TALLO KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

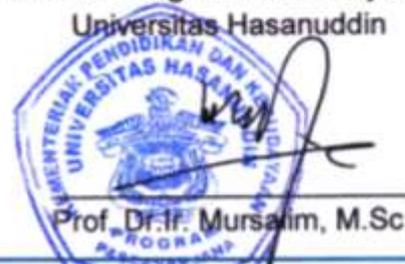
**ARIFUDDIN**  
P230 4208 011Telah dipertahankan didepan Panitia Ujian Tesis  
Pada Tanggal 29 Januari 2013  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasihat :

Prof. Dr.-Ing. Ir. Herman Parung, M.Eng.  
Ketua PenasihatDr. Ir. M. Arsyad Thaha, MT.  
Anggota PenasihatKetua Program Studi  
Teknik Sipil

Dr. Rudy Djamaluddin, ST., M.Eng

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. Mursaim, M.Sc

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arifuddin  
Nomor Pokok : P2304208011  
Program Studi : Teknik Sipil Konsentrasi Perancangan  
Teknik Prasarana

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Januari 2013

Yang menyatakan:

Arifuddin

## PRAKATA

*Alhamdulillahirabbil Alamin.*

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Rahmat dan Taufiq-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul: ***“Analisis Kapasitas Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi PDAM di Wilayah Pesisir Kecamatan Tallo, Kota Makassar”***.

Karya ilmiah berupa tesis merupakan persyaratan utama untuk mencapai derajat Sarjana S2 (Magister), pada Program Studi Teknik Sipil Konsentrasi Perancangan Teknik Prasarana, Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan ini Penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada Ibu Prof. Dr. Ing. Herman Parung, M.Eng., selaku Ketua Komisi Penasehat dan Bapak Dr. Ir. M. Arsyad Thaha, MT., selaku anggota Komisi Penasehat atas bantuan dan bimbingannya, baik saat pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan tesis ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Dr. Eng. Tri Harianto, ST, MT., Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, MT., Dr. Ir. Halidin Arfan, M.Sc., selaku dosen penguji yang juga banyak membantu kelengkapan dan kesempurnaan tesis ini, dan juga kepada semua rekan-rekan di Pasca Sarjana yang telah membantu dan mendukung penulisan tesis ini.

Banyak kendala dan hambatan yang dihadapi dalam penyelesaian tesis ini, namun berkat do'a dan dukungan dari kedua orang tua kami,

terutama kepada ibunda tercinta, saudara-saudara kami, dan terutama kepada istri tercinta Hj. Layu Rismawaty, SE atas kesabaran dan pengertiannya selama kami menjalani studi, serta kepada anak-anak kami tercinta Shaldy Wiraguna, S. Sos., Dyan Puspita Rhamadany, S.P., Asry Wahana, dan Annisa Mutmainnah, yang telah memberikan dukungan dan pengertiannya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, untuk itu segala saran dan kritik sangat diharapkan demi kebaikan dan kesempurnaan tulisan ini. Semoga bermanfaat bagi semua pihak yang telah membacanya.

Makassar, Januari 2013

Arifuddin

## ABSTRAK

**Arifuddin.** *Analisis Kapasitas dan Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi PDAM di Wilayah Pesisir Kecamatan Tallo Kota Makassar* (dibimbing oleh **Herman Parung** dan **Arsyad Thaha**).

Tujuan penelitian ini adalah (1) menganalisis untuk mengetahui kapasitas pipa distribusi yang ada dikaitkan dengan kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah penduduk saat ini tahun 2012, (2) menyusun model/strategi pengembangan jaringan pipa distribusi yang dibutuhkan dikaitkan dengan pertumbuhan penduduk hingga tahun 2022.

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah pesisir Kelurahan Tallo Kecamatan Tallo Kota Makassar. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah survey lapangan dan pengumpulan data-data sekunder yang berhubungan dengan penelitian. Data dianalisis dan disimulasi menggunakan program aplikasi Waternet Versi 2,2.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi eksisting pada aliran fluktuatif menunjukkan beberapa titik node tidak dapat terlayani air bersih secara maksimal, khususnya pada jam-jam puncak pelayanan. Untuk tahun proyeksi tahun 2022 hasil penelitian menunjukkan semua titik node dapat terlayani air bersih secara maksimal bila diameter pipa eksisting dalam jaringan sudah diperbesar sesuai hasil analisis. Jaringan pipa distribusi yang ada tersebut dapat dikembangkan dengan menambah jaringan pipa baru secara paralel dengan pipa eksisting sesuai tingkat dan jumlah kebutuhan penduduk.

## ABSTRACT

**ARIFUDDIN.** *The Analysis of the Capacity and Development of the Pipe Network of Local Water Distribution in the Coastal Area of Tallo Subdistrict, Makassar City* (Supervised by **Herman Parung** and **Arsyad Thaha**)

This study aims to: (1) analyse and find out the capacity of the current distribution pipes in relation with the need of clean water based on the number of citizen at the current time (2012); and (2) develop a model/strategy of the development of distribution pipe network needed by the people in relation with the growth of citizen until 2022.

The research was conducted in the coastal area of Tallo, Makassar city, by using field survey and the collection of secondary data related to the study. The data were analysed and simulated by using the application program of Waternet Version 2.2.

The current condition of fluctuative flow reveals that several nodes cannot get the maximum supply of clean water, especially at the peak hours of service. For the projected year of 2022, the results reveal that all nodes can get the maximum supply if the diameter of the existing pipe can be widened based on the result of the analysis. The current distribution pipe network can be developed by adding new pipe networks, parallel with the existing pipes, based on the level of people's need.



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	iv
PRAKATA .....	v
ABSTRAK DALAM BAHASA INDONESIA .....	vii
ABSTRAK DALAM BAHAS INGGRIS .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB. I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Tujuan Penelitian .....	5
D. Manfaat Penelitian .....	5
E. Lingkup Penelitian .....	6
F. Sistematika Penulisan .....	6
BAB. II TINJAUAN PUSTAKA .....	8
A. Hasil-hasil Penelitian Sebelumnya .....	8
B. Kebutuhan Air Bersih .....	9
C. Instalasi Pengolahan Air .....	11
1. Bak Pengolahan Air .....	12

2. Bak Klarifikasi .....	12
3. Bak Penyaringan .....	13
4. Bak Penampungan Air Bersih .....	13
D. Jaringan Air Bersih .....	14
1. Jaringan pipa transmisi .....	14
2. Jaringan pipa distribusi .....	16
E. Analisis Kebutuhan Jaringan Air Bersih .....	18
1. Analisis Jaringan Air Bersih .....	18
2. Merancang Jaringan Pipa dengan Waternet .....	21
F. Kerangka Pikir .....	25
<b>BAB . III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
A. Jenis Penelitian .....	26
B. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	26
C. Teknik Pengumpulan Data .....	28
D. Metode Analisis .....	29
E. Diagram Alir Penelitian .....	33
F. Defenisi Operasional .....	34
<b>BAB . IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
A. Gambaran umum lokasi penelitian .....	35
1. Letak geografis dan jumlah penduduk .....	35
2. Pertumbuhan penduduk .....	37
3. Kondisi topografi .....	37
4. Hidrologi .....	38

B. Kondisi IPA Panaikang .....	39
1. Instalasi Pengolahan Air Panaikang .....	39
2. Jaringan pipa transmisi .....	40
3. Jaringan pipa distribusi .....	41
4. Distribusi pelayanan .....	41
C. Analisis Kapasitas Jaringan.....	44
1. Perkiraan jumlah penduduk .....	44
2. Analisis kebutuhan air bersih .....	48
D. Hasil Analisis .....	54
1. Kondisi eksisting dengan gravitasi .....	55
2. Kondisi eksisting dengan pompa .....	58
3. Tahun proyeksi sebelum perbaikan jaringan .....	60
4. Tahun proyeksi setelah perbaikan jaringan .....	65
BAB . V PENUTUP .....	74
A. Kesimpulan .....	74
B. Saran-saran .....	75
DAFTAR PUSTAKA .....	
LAMPIRAN .....	

**DAFTAR TABEL**

tabel	halaman
1. Standar kebutuhan air bersih	11
2. Distribusi penduduk Kec. Tallo	36
3. Pertumbuhan penduduk Kel. Tallo	37
4. Jaringan pipa transmisi PDAM Kota Makassar	40
5. Jaringan pipa distribusi Kel. Tallo	41
6. Cakupan pelayanan air minum Kota Makassar berdasarkan IPA	42
7. Distribusi pelayanan air bersih di Kel. Tallo	43
8. Prosentase pertumbuhan penduduk di Kel. Tallo	44
9. Perhitungan jumlah penduduk dengan metode aritmatika, geometris, dan eksponensial tahun 2012-2022	47
10. Perhitungan jumlah penduduk yang terpilih	47
11. Besaran koefisien fluktuasi harian Gupta	53
12. Besaran debit dan diameter pipa dalam jaringan	64
13. Sisa tekanan setiap titik node	69
14. Besaran debit dan diameter pipa dalam jaringan	70
15. Besaran diameter pipa sebelum dan setelah perbaikan jaringan	71
16. Kinerja pompa dalam jaringan	72

## DAFTAR GAMBAR

gambar	halaman
1. Pendekatan umum analisis kebutuhan air bersih	9
2. Sistematika suatu sistem pengelolaan air bersih	12
3. Sketsa suatu jaringan pipa	18
4. Dasar analisis jaringan pipa	19
5. Kerangka pikir	25
6. Lokasi penelitian	27
7. Diagram alir penelitian	33
8. Kondisi kawasan pesisir Kel. Tallo, Kec. Tallo	36
9. Saluran terbuka dan intake IPA Panaikang	39
10. Reservoar dan <i>Outlet</i> IPA Panaikang	39
11. Pipa Induk PDAM Kota Makassar	40
12. Skema jaringan pipa air minum Kel. Tallo	48
13. Skema jaringan pipa dan arah aliran	50
14. Tipe kebutuhan air aliran ekstended	52
15. Grafik indikator sisa tekanan pada jaringan	62
16. Grafik sisa tekanan hasil simulasi tipe aliran fluktuatif	63
17. Grafik efisiensi pompa dalam jaringan	65
18. Grafik sisa tekanan hasil simulasi tipe aliran fluktuatif setelah jaringan diperbaiki	67
19. Grafik sisa tekanan pada titik node setelah jaringan diperbaiki	68

20. Grafik debit hasil simulasi tipe aliran fluktuatif	71
21. Kinerja pompa dalam jaringan	72

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Hasil analisis

Lampiran B Gambar

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Air merupakan unsur utama bagi kehidupan makhluk di planet ini. Manusia tidak dapat melanjutkan kehidupannya tanpa penyediaan air yang cukup baik dalam segi kuantitas, kualitas, dan kontinuitasnya. Air digunakan untuk berbagai macam kebutuhan, seperti kebutuhan domestik, industri, pengairan, pembangkit tenaga listrik, rumah tangga, dan berbagai kebutuhan lainnya.

Ketergantungan manusia terhadap air semakin besar sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk. Menurut Sudiarsa (2004:3) keterbatasan air mengakibatkan berlakunya hukum ekonomi bahwa air merupakan sesuatu yang bernilai ekonomis, utamanya bagi negara-negara yang tidak memiliki sumber air baku, serta orang rela bersusah payah dan membayar mahal untuk membeli air ketika terjadi krisis air dimusim kemarau.

Masyarakat di perkotaan belum semuanya mendapatkan pelayanan air bersih dalam kuantitas dan kontinuitasnya. Hal ini karena jumlah penduduk yang terus bertambah dan perkembangan kota yang semakin padat, serta peningkatan derajat kehidupan warga, serta perluasan kawasan permukiman.

Kebutuhan akan penyediaan dan pelayanan air bersih setiap tahun semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk kota, untuk kategori kota dengan jumlah penduduk lebih dari 1.000.000 jiwa membutuhkan air bersih sekitar 190 liter/orang/hari, sedangkan untuk kota kecamatan dengan jumlah penduduk 3.000 s/d 20.000 jiwa membutuhkan air bersih sebesar 100 liter/orang/hari (Standar Ditjen Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum, 2002).

Pertumbuhan penduduk dan perkembangan kota cenderung semakin meningkat perlu dibarengi dengan kemampuan penyediaan dan pelayanan air bersih secara efektif dan efisien serta di dukung dengan ketersediaan kapasitas jaringan pipa distribusi yang memadai.

Pertumbuhan sektor ekonomi, perdagangan dan modernisasi industri perkotaan yang diikuti oleh perkembangan berbagai macam kegiatan dan intensitas kegiatan dengan segala fasilitasnya merubah wujud perkotaan dengan pesatnya, telah mendorong penduduk untuk melakukan migrasi atau urbanisasi ke kota. Hal ini dapat menimbulkan berbagai masalah perkotaan yang akan dihadapi dan menuntut bertambahnya kebutuhan air bersih serta bertambahnya fasilitas perkotaan. Isu utama permasalahan infrastruktur di perkotaan adalah tidak seimbangnya antara ketersediaan sarana dan prasarana dasar perkotaan seperti penyediaan permukiman, transportasi, sanitasi, sistem drainase dan kuantitas jaringan pipa distribusi air bersih perkotaan dengan jumlah penduduk yang ada.

Konsumen yang berada pada daerah dengan topografi tinggi pada jam-jam tertentu terutama pagi dan sore, tekanan air menjadi sangat rendah bahkan ada beberapa wilayah yang tidak mendapatkan air. Demikian pula halnya pada wilayah-wilayah yang berada di kawasan-kawasan pesisir perkotaan yang berada jauh dari lokasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM, sudah tentu mengalami kesulitan untuk mendapatkan air bersih karena tekanan air yang ada didalam pipa sangat kecil.

Dikota Makassar masih terdapat kawasan-kawasan pesisir yang belum dapat mengakses kebutuhan air bersih yang disediakan oleh pihak PDAM Kota Makassar, utamanya di wilayah Kecamatan Tallo yang secara geografis berada di wilayah utara Kota Makassar. Hampir seluruh wilayah Kecamatan Tallo, ketersediaan sumber air bersih PDAM dilayani dari IPA Panaikang dengan kapasitas produksi air terpasang sebesar 1000 liter/detik. Jumlah penduduk Kecamatan Tallo berdasarkan data dari BPS Kota Makassar tahun 2012 sebanyak 135.574 jiwa. Jumlah rumah tangga yang sudah dilayani oleh PDAM Kota Makassar di wilayah studi, yakni: Kelurahan Tallo sebesar 914 sambungan langsung (SL).

Sumber air baku untuk kebutuhan air bersih di wilayah Kota Makassar sebagian besar bersumber dari air permukaan yang berasal dari Sungai Jeneberang dan Waduk Bili-Bili di Kab. Gowa, serta Sungai Lekopancing di Kabupaten Maros. Sistem penyediaan air minum PDAM

Kota Makassar untuk wilayah utara dilayani dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) Panaikang dengan kapasitas terpasang sebanyak 1.000 ltr/det.

Dengan meningkatnya jumlah pelanggan air bersih di perkotaan, tentu terjadi peningkatan kapasitas distribusi air bersih melalui jaringan pipa sebagai pengantar sampai kepada pelanggan. Dengan peningkatan ini perlu diperhatikan dengan mempertimbangkan kapasitas jaringan pipa distribusi yang sudah terpasang (pipa eksisting), terutama di wilayah yang berada jauh dari Instalasi Pengolahan Air (IPA), sehingga kemungkinan dapat berpengaruh terhadap turunnya tekanan pada setiap titik simpul.

PDAM Kota Makassar memberlakukan aturan untuk setiap permintaan sambungan dari penduduk menjadi pelanggan air bersih dengan melakukan evaluasi terhadap pengembangan jaringan pipa distribusi yang diproyeksikan sampai dengan tahun 2022 berdasarkan pertumbuhan penduduk di Kelurahan Kecamatan Tallo yang wilayahnya jauh dari Instalasi Pengolahan Air PDAM Kota Makassar.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka diperlukan suatu penelitian untuk menganalisis distribusi jaringan pipa sekunder dari IPA Panaikang sampai ke jaringan pipa distribusi di wilayah studi Kelurahan Tallo untuk memenuhi kebutuhan air bersih kepada pelanggan sampai dengan tahun 2022. Dengan judul penelitian *“Analisis Kapasitas dan Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi PDAM di Wilayah Pesisir Kecamatan Tallo, Kota Makassar”*.

## **B. Rumusan Masalah**

Sehubungan dengan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan yang dikemukakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sejauh mana kapasitas jaringan pipa distribusi yang ada saat ini dalam memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat di wilayah pesisir Kelurahan Tallo, Kecamatan Tallo.
2. Sejauh mana pengembangan jaringan pipa distribusi harus direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat hingga tahun 2022.

## **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisis untuk mengetahui kapasitas pipa distribusi yang ada dikaitkan dengan kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah penduduk saat ini.
2. Menyusun model/strategi pengembangan jaringan distribusi yang dibutuhkan dikaitkan dengan pertumbuhan penduduk hingga tahun 2022.

## **D. Manfaat Penelitian**

Dengan manfaat penelitian ini maka diharapkan menjadi bahan informasi sebagai berikut:

1. Merupakan gambaran mengenai kondisi eksisting kapasitas jaringan pipa distribusi existing PDAM Kota Makassar khususnya di wilayah pesisir Kelurahan Tallo, Kecamatan Tallo.
2. Memberikan masukan kepada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Makassar dalam meningkatkan pelayanan air bersih, berdasarkan pertumbuhan penduduk kota pada masa yang akan datang.

### **E. Ruang Lingkup**

Lingkup penelitian ini meliputi kinerja jaringan pipa distribusi PDAM dan pengembangannya pada wilayah pesisir Kecamatan Tallo dan jenis prasarana yang akan ditinjau meliputi reservoir penyimpanan air yang disuplai dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) Panaikang.

### **F. Sistematika Penulisan**

Bentuk penulisan ini terdiri atas tiga bab secara berurutan mulai dari latar belakang hingga metode penelitian. Sistematika ini di susun sebagai berikut:

BAB I. Pendahuluan, meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II. Tinjauan Pustaka, menguraikan tentang studi kepustakaan yang menunjang kegiatan penelitian baik menyangkut teori umum yang

mendukung penelitian, maupun kegiatan penelitian terdahulu yang terkait dengan tujuan penelitian,

BAB III. Metode Penelitian, meliputi jenis penelitian, waktu dan lokasi penelitian, metode pengumpulan data dan teknis analisis data, diagram alir penelitian, dan defenisi operasional penelitian.

BAB IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan, meliputi: deskripsi lokasi penelitian, kondisi eksisting IPA Panaikang, analisis kapasitas jaringan pipa distribusi, dan hasil analisis.

BAB V. Penutup, yang terdiri dari: kesimpulan dan saran-saran.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Hasil-hasil penelitian terdahulu

Hasil-hasil penelitian tentang studi air bersih yang telah dilakukan:

1. Optimalisasi jaringan pipa distribusi PDAM Kota Maros (Sultan, 2008).

Jaringan pipa distribusi PDAM dianalisis dengan alat bantu *Efanet*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimasi jaringan 2008 ke tahun sasaran 2017, meningkat melebihi 100% yang disebabkan peningkatan kapasitas distribusi dari 40ltr perdetik menjadi 65liter perdetik dan pemasangan reservoir transit disekitar zona pengembangan.

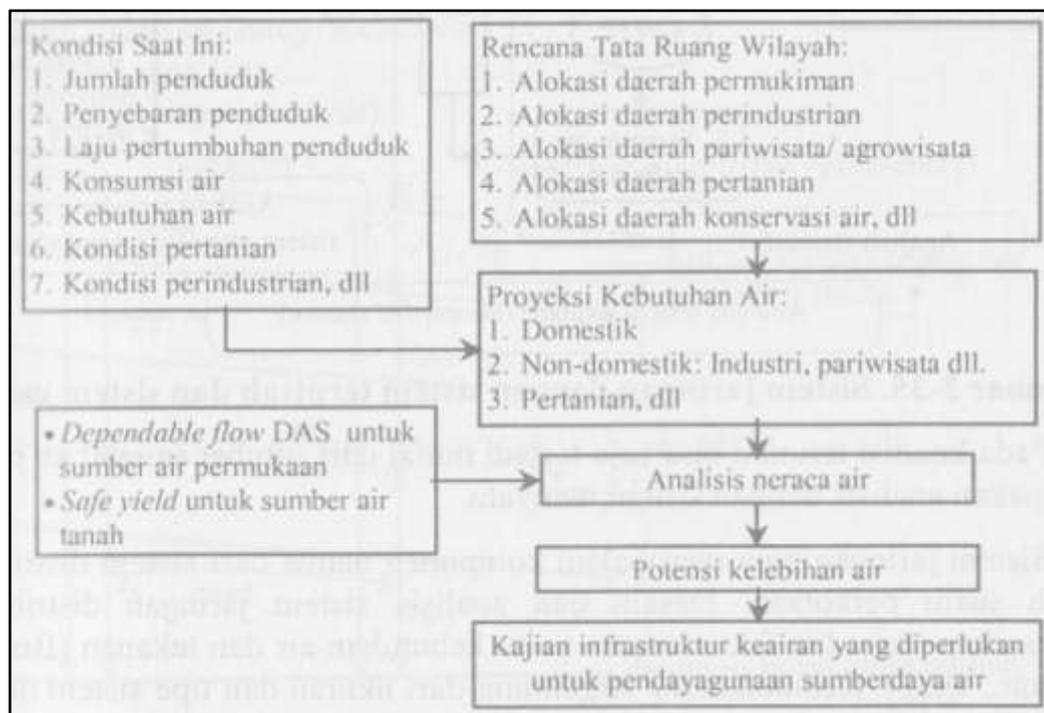
2. Studi optimalisasi jaringan distribusi air bersih Kota Watansoppeng Kabupaten Soppeng (Bulgis, 2010).

Optimasi pipa jaringan distribusi PDAM dianalisis dengan bantuan *Waternet* versi 2.1. Hasil penelitian menunjukkan optimasi jaringan dengan pemenuhan kebutuhan sampai 2017 sebesar 80,11 l/det yaitu dengan menambah jumlah dan kapasitas pompa menjadi dua pompa dengan kapasitas dari head 80m menjadi 100m dan debit 30liter/det menjadi 50liter/det. Perubahan diameter pipa jaringan transmisi dari 0,3m menjadi 0,4m, menambah tekanan relatif dan debit pengaliran, sehingga air dapat mencapai ketinggian tangki.

## B. Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air berbeda dari suatu daerah dengan daerah lainnya. Perbedaan ini di pengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain keadaan iklim, tingkat penghidupan penduduk, industri, harga air dan lain-lain. Konsumsi air bersih juga berubah dari musim ke musim, hari ke hari, dan dari jam ke jam tergantung kondisi suhu dan cuaca, sehingga perencanaan sistem penyediaan air bersih dan variasinya harus diperhitungkan secara cermat.

Kebutuhan air yang di maksud adalah kebutuhan air yang di gunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia, meliputi kebutuhan air bersih domestik dan non domestik, air irigasi baik pertanian maupun perikanan, dan air untuk penggelontoran kota (Kodoatie, 2003).



Gambar 1. Pendekatan umum analisis kebutuhan air

## **1. Kebutuhan air domestik (rumah tangga)**

Kebutuhan air domestik sangat ditentukan oleh jumlah penduduk dan konsumsi perkapita. Laju pertumbuhan penduduk dan konsumsi perkapita dipakai sebagai dasar untuk analisis kebutuhan. Pertumbuhan ini juga tergantung dari rencana pengembangan dari tata ruang Kota/Kabupaten.

Estimasi populasi untuk masa yang akan datang merupakan salah satu parameter utama dalam penentuan kebutuhan air domestik. Laju penyambungan juga menjadi parameter yang dipakai untuk analisis. Laju tingkat penyambungan ditentukan berdasarkan hasil survey kebutuhan nyata diwilayah yang sudah ada sistem penyambungan air bersih dari suatu PDAM. Kebutuhan air per-orang-perhari di sesuaikan dengan standar yang biasa digunakan serta kriteria pelayanan berdasarkan pada kategori kotanya. Standar kebutuhan air bersih dapat dilihat pada tabel berikut:

## **2. Kebutuhan air non domestik (bukan rumah tangga)**

Menurut Kodoatie (2003), kebutuhan air non domestik yang bukan rumah tangga, meliputi: penggunaan air untuk pemanfaatan komersial, penggunaan air untuk kebutuhan institusi perkantoran dan kebutuhan industri. Kebutuhan air komersil untuk suatu daerah cenderung meningkat sejalan dengan peningkatan penduduk dan perubahan tataguna lahan. Kebutuhan ini bisa mencapai 20 sampai 25% dari total suplai produksi air.

Tabel 1: Standar kebutuhan air bersih

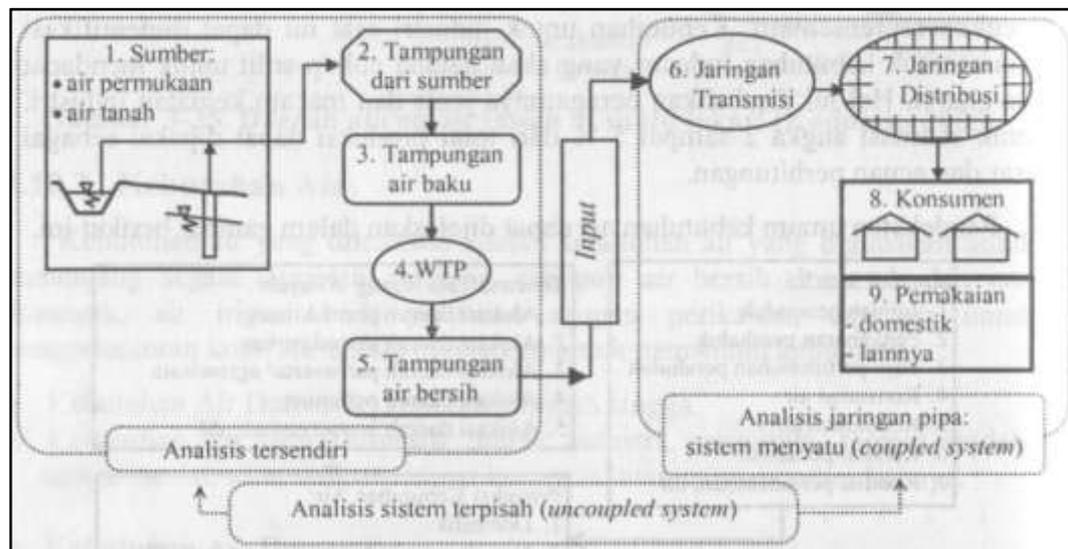
Kategori Kota	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Bersih Liter/org/hari
Kota Metropolitan	> 1.000.000	190
kota Besar	500.000 - 1.000.000	170
Kota Sedang	100.000 - 500.000	150
Kota Kecil	20.000 - 100.000	130
Kota Kecamatan	< 20.000	100

*Sumber : (Pedoman/petunjuk Teknis dan manual air minum perkotaan Depkimpraswil, 2002).*

Kebutuhan institusi antara lain meliputi kebutuhan-kebutuhan air untuk sekolah, rumah sakit, gedung-gedung pemerintah, tempat ibadah dan lain-lain. Penentuan besaran kebutuhan air untuk industri memang cukup sulit karena juga tergantung dari perubahan tataguna lahan dan populasi. Untuk keperluan perhitungan kebutuhan air untuk industri ditentukan berdasarkan estimasi 2 – 5% dari total produksi.

### **C. Instalasi Pengolahan Air (IPA)**

Fungsi utama instalasi pengolahan air (IPA) adalah mengolah air baku yang berasal dari sumber-sumber air seperti sungai, saluran, danau, dan bendung menjadi air bersih yang layak untuk didistribusikan kepada pelanggan. Sumber-sumber air baku yang berasal dari sungai, danau, dan bendung, umumnya dalam kondisi air yang belum bisa dikonsumsi secara langsung oleh pelanggan. Untuk itu perlu terlebih dahulu diolah melalui bangunan-bangunan instalasi pengolahan air sehingga kualitas air tersebut dapat ditingkatkan.



Gambar 2. Sistematika suatu sistem pengelolaan air bersih

### 1. Bak pengolahan air

Bangunan pengolahan air berfungsi sebagai bangunan pengubah air baku menjadi air bersih. Proses penjernihan air pada bangunan pengolahan air ini dimulai dari proses pengendapan awal. Proses pengolahan air dimulai dengan melarutkan klorin ( $\text{Cl}_2$ ) kedalam bak pengolahan air untuk mematikan unsur-unsur organik yang berbahaya, termasuk material lumpur dan benda-benda padat lainnya akan terendapkan ke dasar bak pengolahan air.

### 2. Bak klarifikasi (Bak Pengendapan)

Air yang sudah agak bersih yang berasal dari bak pengolahan awal dialirkan ke bak klarifikasi atau bak pengendapan. Proses penjernihan air di dalam bak klarifikasi dilakukan dengan memasukkan tawas atau aluminium zulfat ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ ) kedalam air sesuai dengan porsi dan standar yang berlaku. Penggunaan tawas atau aluminium zulfat ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ )

dimaksudkan untuk terjadinya koagulasi atau penggumpalan unsur-unsur yang ada didalam air agar air menjadi lebih jernih dan tidak berbau, sehingga air menjadi lebih bersih. Pada bak klarifikasi dapat ditambahkan kembali klorin untuk mematikan unsur-unsur organik yang masih ada didalam air.

### 3. Bak Penyaringan

Air dari bak klarifikasi selanjutnya dialirkan menuju bak penyaringan yang berfungsi untuk memisahkan kotoran yang masih ada didalam air dengan menggunakan material ijuk, pasir, kerikil, atau arang. Bak penyaringan terdiri dari bak penyaringan air dan bak penampungan kotoran.

### 4. Bak Penampungan Air Bersih

Bak penampungan air bersih merupakan bak terakhir yang ada dalam IPA. Bak penampungan air bersih merupakan bak penampungan air bersih hasil pengolahan tiap-tiap bak pengolahan dan air yang ada dalam bak penampungan tersebut siap dialirkan menuju ke pelanggan untuk dikonsumsi. Proses yang dapat dilakukan dalam bak penampungan air bersih yakni dengan menambahkan larutan kapur ( $\text{CaOH}$ ) kedalam air sebagai pengontrol terhadap keasaman air. Besaran tingkat keasaman air bersih disesuaikan dengan standar tingkat keasaman air bersih yang ditetapkan. Air bersih dengan tingkat keasaman (PH) yang rendah akan bersifat asam dan mempunyai sifat korosif untuk pipa-pipa pengaliran, sebaliknya air dengan tingkat PH yang tinggi dapat menyebabkan

penggunaan sabun yang berlebihan bila air tersebut digunakan untuk mencuci.

## **D. Jaringan Air Bersih**

### **1. Jaringan Pipa Transmisi**

Jaringan pipa transmisi menghubungkan bak penampungan air bersih ke jaringan pipa distribusi. Pada kondisi topografi yang curam, air di dalam pipa transmisi mengalir secara gravitasi dengan kecepatan yang tergantung pada kemiringan tanah. Semakin terjal kemiringan tanah, maka kecepatan air didalam pipa transmisi semakin cepat. Jaringan pipa transmisi juga dilengkapi dengan katup pelepas tekan dan bak kontrol untuk mengurangi kecepatan dan tekanan yang ada didalam pipa. Sedangkan di wilayah dengan kondisi topografi yang landai, jaringan transmisi harus dilengkapi dengan pompa booster yang berfungsi sebagai penambah kecepatan dan tekanan, sehingga air dapat dengan mudah diakses oleh pelanggan bahkan hingga ke hilir daerah pelayanan. Jaringan transmisi dapat juga langsung dihubungkan ke jaringan distribusi dan dapat pula dialirkan menuju ke bak penampungan untuk selanjutnya dipompa ke jaringan distribusi.

Beberapa jenis kerusakan yang sering terjadi pada jaringan pipa transmisi dan sambungan-sambungannya akibat fluktuasi tekanan, yakni: umur pipa yang sudah tua, tekanan air yang terlalu besar dan berlebihan, korosi pada pipa besi, beban berat diatas jaringan, kondisi jalan yang ramai, kondisi tanah yang labil, gempa bumi, kecelakaan lalu lintas,

tekanan udara yang terperangkap didalam pipa menimbulkan kavitasi. Hal ini memudahkan bagi pelanggan dalam mendeteksi kerusakan-kerusakan tersebut karena aliran air yang mereka terima pasti akan terganggu dan akan terlihat genangan-genangan air diatas permukaan tanah akibat terjadinya kebocoran jaringan pipa dibawah tanah.

Untuk menjaga tekanan air yang ada didalam pipa selalu dalam batas operasional yang aman, maka jaringan pipa transmisi dapat dilengkapi dengan peralatan-peralatan pelengkap, seperti: pengatur tekanan (*pressure regulator*), bak kontrol, katup pelepas udara (*air valves*), penangkap pasir (*sand traps*), dan pelepas tekanan tiba-tiba (*surge tank*).

Beberapa fungsi dan kegunaan daripada masing-masing peralatan pelengkap tersebut, meliputi:

a. Pengatur tekanan

Pemasangan alat pengatur tekanan dimaksudkan untuk menjaga besaran tekanan yang ada didalam pipa serta untuk melindungi pipa dan sambungan-sambungannya. Alat pengatur tekanan dipasang pada pipa transmisi maupun pada pipa distribusi, dan pada tangki pelepasan tekanan.

b. Bak kontrol

Pemasangan bak kendali dimaksudkan untuk mengetahui besaran kecepatan dan tekanan air, besaran debit, serta kondisi kualitas air apakah kotor atau bersih.

c. Katup udara

Pemasangan katup udara pada pipa jaringan dimaksudkan untuk mengeluarkan udara yang terjebak didalam pipa bersama dengan air sehingga aliran air yang ada didalam pipa dapat lancar kembali. Tekanan udara yang berlebihan didalam pipa dapat menyebabkan kebocoran pipa. Katup udara dipasang pada titik-titik tertinggi dari jaringan pipa yang ada, dan pada tangki pelepas tekanan, serta pada tangki-tangki air.

d. Penangkap pasir

Bangunan penangkap pasir (*sand trap*) dipasang pada titik sebelum meteran utama (master meter) dimaksudkan untuk menangkap pasir yang terbawa bersama-sama dengan air. Material pasir yang terbawa dengan air umumnya terkumpul disambungan yang berbentuk "T" dan "Y". Jika pasir sudah mengendap didalam bangunan penangkap pasir akan memudahkan untuk dibersihkan secara berkala oleh petugas PDAM.

e. Tangki pelepas tekanan tiba-tiba

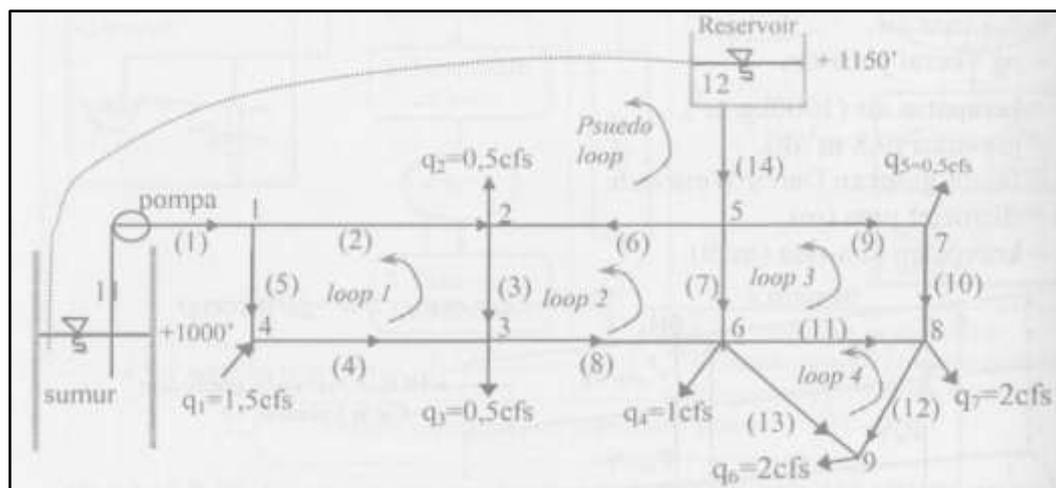
Tangki pelepas tekanan dimaksudkan sebagai pengatur tekanan air didalam pipa dan mendistribusikan air sampai kepelanggan sesuai dengan kebutuhan. Tangki pelepas tekanan juga berfungsi untuk mengeluarkan udara yang terperangkap didalam pipa jaringan. Keberadaan tangki pelepas tekanan bisa menjembatani antara reservoir dan *surge tank* dalam mengeluarkan udara melalui katup yang terdapat pada bagian bawah *surge tank*.

## 2. Jaringan Pipa Distribusi

Jaringan pipa distribusi merupakan jaringan pipa yang langsung menghubungkan ke pelanggan. Dalam pelaksanaannya, tekanan air yang mengalir didalam pipa distribusi dapat diatur sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Jika kebutuhan air pelanggan meningkat utamanya di siang hari, maka tekanan aliran air di kran pelanggan akan meningkat pula. Sebaliknya jika tekanan air rendah pada kran pelanggan di waktu malam hari, maka tekanan air mengalami penurunan. Pengaturan tekanan ini dimaksudkan untuk melindungi kerusakan pipa akibat kelebihan tekanan. Penurunan tekanan dilakukan guna mengalirkan aliran air ke reservoir penampungan, sehingga tekanan air dari IPA ke stasiun pompa booster dapat dijaga sepanjang hari dan malam. Tekanan air didalam pipa harus senantiasa terjaga dan tetap pada skala 23 meter kolom air. Artinya jumlah air yang ada dalam reservoir akan berfungsi sebagai *buffer stock* untuk mengatasi fluktuasi konsumsi air. Pemakaian air dimalam hari akan mengalami penurunan sementara suplai air dari IPA secara kontinyu tetap mengalirkan air untuk mengisi bak-bak penanpungan air di stasiun-stasiun pompa booster. Untuk menjamin suplai air ke pelanggan tetap konstan, maka kondisi kapasitas reservoir harus tetap dalam kondisi terisi penuh air, sehingga siap mengalirkan air ke pelanggan bahkan pada waktu-waktu puncak pemakaian air di pagi hari.

Di waktu malam hari dimana pemakaian air oleh pelanggan berkurang, sedangkan suplai air dari IPA tetap, semua reservoir dalam

kondisi terisi penuh. Untuk mengatasi tekanan berlebih yang ada didalam pipa distribusi, maka aliran air dialihkan menuju ke bak-bak penampungan di stasiun pompa booster. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin suplai air ke pelanggan tetap dalam kondisi konstan. Besaran pipa distribusi yang umumnya digunakan adalah pipa diameter  $\frac{3}{4}$  sampai dengan 1 inch. Pemilihan besaran pipa tersebut dimaksudkan untuk menjaga tekanan air tetap dalam kisaran yang telah ditetapkan. Jika pengaturan tekanan dapat dilaksanakan sebaik-baiknya, maka kebocoran-kebocoran pipa akan terhindarkan.



Gambar 3. Sketsa suatu jaringan pipa

### E. Analisis Kebutuhan Jaringan Air Bersih

Konsep pendekatan dan analisis jaringan distribusi air bersih didasarkan pada analisis hidrolika, sedangkan analisis kebutuhan jaringan air bersih menggunakan perangkat lunak Waternet Versi 2,2.

## 1. Analisis Jaringan Air Bersih

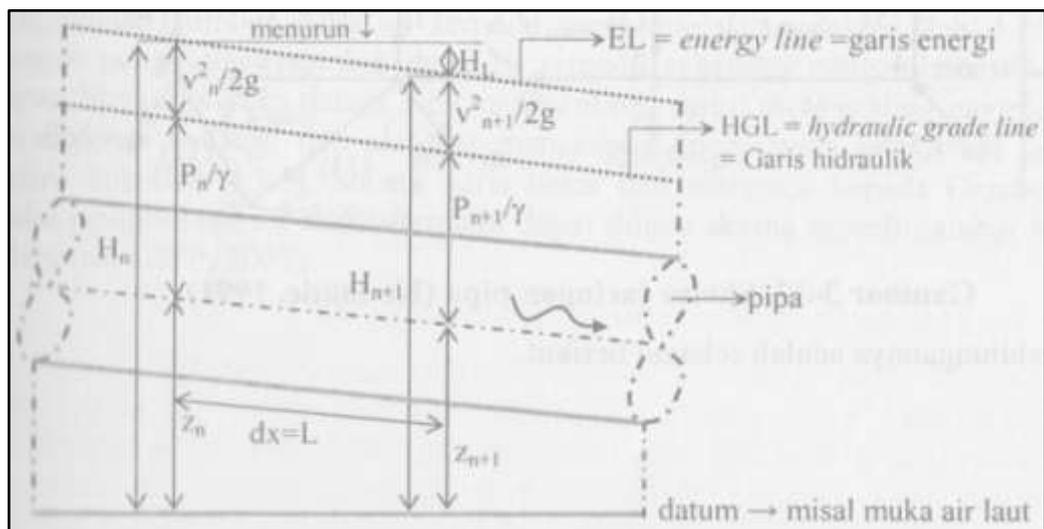
Sistem jaringan distribusi air bersih dibagi menjadi dua, yakni:

### a. Jaringan distribusi dengan sistem terpisah

Jaringan distribusi air dengan sistem terpisah yakni suplai air dari sumber pengambilan air menuju ke penampungan menggunakan saluran terbuka dengan menggunakan analisis konsep aliran saluran terbuka. Pada kondisi tertentu, sistem distribusi menyatu dapat saja diterapkan mulai dari sumber air baku sampai ke pelanggan.

### b. Jaringan distribusi dengan sistem menyatu

Jaringan distribusi air dengan sistem menyatu dimulai dari transmisi sampai ke pelanggan dengan menggunakan jaringan pipa sebagai media distribusinya. Konsep analisisnya didasarkan pada aliran air di dalam pipa. Distribusi air bersih menggunakan jaringan pipa merupakan komponen utama dari sebuah sistem distribusi air bersih yang banyak dipakai di wilayah perkotaan.



Gambar 4. Dasar analisis jaringan pipa

Desain dan analisis sistim jaringan distribusi air didasarkan kepada dua faktor utama, yakni: kebutuhan air dan besarnya tekanan. Kebutuhan air tergantung dari ukuran dan tipe sistem distribusi yang digunakan. Sedangkan fungsi tekanan mempengaruhi distribusi air, bila tekanan air didalam pipa rendah, maka akan menimbulkan masalah terhadap distribusi jaringan pipa, sebaliknya bila tekanan air didalam pipa tinggi akan memperbesar kehilangan energy. (Brebba & Ferrante, 1983 dalam Kodoati, 2008).

Analisis pendekatan didasarkan pada hukum kekekalan massa dan hukum kekekalan energy. Pada kondisi konstan (*steady flow*) persamaannya sbb:

$$\frac{dQ}{dx} = 0, \text{ atau } Q = \text{konst}$$

$$H_n = H_{n+1} + H_L$$

Dimana:

Q = Debit (m<sup>3</sup>/det)

H<sub>n</sub> dan H<sub>n+1</sub> = total ketinggian (head) hidrolis (m)

L = Δx = jarak potongan n dan n+1 (m)

$$H_n = \frac{V_n^2}{2g} + Z_n + \frac{P_n}{\gamma}$$

$$H_{n+1} = \frac{V_{n+1}^2}{2g} + Z_{n+1} + \frac{P_{n+1}}{\gamma} \dots\dots\dots(m)$$

$$H_L = \frac{fL V^2}{2g D} = \frac{fL Q^2}{2g D A^2} \dots\dots\dots(m)$$

Dimana,

$H_L$  = kehilangan energy (m)

$z$  = ketinggian pipa dari suatu datum (m)

$P$  = tekanan air ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\gamma = \rho g$  = berat jenis air

$\rho$  = kerapatan air ( $1000 \text{ kg/m}^3$ )

$g$  = gravitasi ( $9,8 \text{ m/det}^2$ )

$f$  = faktor gesekan *Darcy Weisbach*

$D$  = diameter pipa (m)

$v$  = kecepatan rata-rata (m/det)

## 2. Merancang Jaringan Pipa dengan Program Waternet Versi 2,2

Penggunaan perangkat lunak atau program dalam penulisan ini dimaksudkan sebagai instrumen untuk menganalisa tekanan dan distribusi aliran air dari reservoir menuju sambungan rumah tangga yang mengalir melalui jaringan pipa distribusi. Untuk melakukan simulasi aliran air (fluida) digunakan perangkat lunak *Waternet versi 2,1* tahun 2007. Program *Waternet* digunakan untuk melakukan simulasi aliran air (fluida) dalam pipa baik dengan sistem jaringan tertutup (*loop*), sistem jaringan bercabang/terbuka, maupun kombinasi sistem jaringan tertutup dan terbuka. Sistem pengaliran dapat berupa sistem gravitasi, sistem pompanisasi, maupun kombinasi sistem gravitasi dan sistem pompanisasi. Persyaratan untuk menerapkan simulasi aliran air menggunakan program

Waternet, yakni aliran air (fluida) dalam pipa harus memiliki tekanan serta ketinggian air dalam pipa memenuhi penampang pipa.

Lingkup penggunaan aplikasi Waternet dalam sistem distribusi aliran air, meliputi:

1. Analisis kuantitas dan kontinuitas aliran air dalam jaringan pipa secara hidrolika

Analisis jaringan secara hidrolika menghasilkan debit dan kecepatan air dalam pipa sesuai dengan arah masing-masing pipa. Debit dan kecepatan air dalam pipa dipengaruhi oleh tinggi tekanan dan kehilangan energi, baik sisa tinggi tekanan berupa tekanan relatif maupun tinggi tekanan absolut pada setiap titik-titik pertemuan (node) serta berbagai analisis lainnya yang terkait dengan hidrolika. Simulasi aliran air untuk analisa hidrolika juga dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan air yang dapat diambil pada setiap titik-titik node jika tekanan pada titik node tersebut cukup tersedia untuk menghitung kinerja serta efisiensi pompa.

2. Analisis kualitas air.

Analisis kualitas air yang dilakukan oleh program Waternet dapat digunakan untuk menghitung umur layanan air dalam pipa. Umur layanan air yaitu waktu yang dibutuhkan air untuk mencapai titik-titik sambungan (node) dari sumber air berupa tangki-tangki reservoir, termasuk kadar konsentrasi klorin disetiap titik-titik sambungan (node) maupun pada jalur-jalur pipa yang dilalui oleh aliran air.

### 3. Fasilitas pompa dalam Waternet

Keberadaan pompa dalam analisis Waternet mengikuti teori persamaan debit terhadap tinggi tekanan (Q-H), yakni persamaan daya tetap dan parabola. Besarnya debit (Q) dan tekanan (H) dapat disesuaikan dengan kapasitas pompa yang digunakan. Fasilitas pompa dalam Waternet juga menyediakan pilihan waktu pompa bekerja dan tidak bekerja, atau pompa dibiarkan bekerja secara terus menerus. Sistem kerja pompa juga dapat diatur berdasarkan elevasi tangki yang disuplai, sehingga pompa dapat secara otomatis tidak bekerja pada saat tangki hampir penuh dan bekerja kembali pada saat tangki hampir kosong. Fasilitas pompa juga dapat membantu untuk merancang volume tampungan tangki dan pompa secara efisien.

### 4. Fasilitas tipe aliran berubah (*extended*) dalam Waternet

Fasilitas tipe aliran berubah (*extended*) berguna untuk simulasi perubahan elevasi air didalam tangki akibat fluktuasi pemakaian air oleh masyarakat yang dipengaruhi oleh jumlah pemakaian air berdasarkan jam-jaman. Fasilitas tipe aliran berubah juga dapat digunakan untuk menghitung volume tampungan tangki secara optimal serta dapat menguji kinerja jaringan untuk debit yang fluktuatif. Pengguna Waternet dapat memeriksa tinggi tekanan dan debit di setiap titik node, serta debit dan kecepatan aliran di setiap pipa untuk mengoptimalkan jaringan. Fasilitas tipe aliran berubah (*extended*) dapat menghitung distribusi aliran air dan

tekanan diseluruh jaringan pipa setiap interval waktu 60 menit, 30 menit, 15 menit, dan 6 menit.

#### 5. Pilihan tipe aliran dalam dalam Waternet

Fasilitas fluktuasi kebutuhan air di setiap titik node dapat ditentukan, sehingga hasil simulasi jaringan lebih realistis karena kebutuhan setiap node dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan sebenarnya, misalnya kebutuhan air untuk perumahan, pabrik, rumah sakit, sekolah, hidran untuk kebakaran, dan kebutuhan lainnya yang berbeda setiap jamnya. Kebutuhan air di setiap titik node tidak hanya terbatas pada satu tipe kebutuhan saja, namun Waternet menyediakan 10 tipe kebutuhan aliran air dan 1 kebutuhan untuk aliran tetap. Dengan 10 tipe kebutuhan aliran air untuk fasilitas kebutuhan campuran, maka tipe aliran atau jenis kebutuhan yang disediakan oleh Waternet menjadi lebih banyak.

#### 6. Fasilitas optimasi

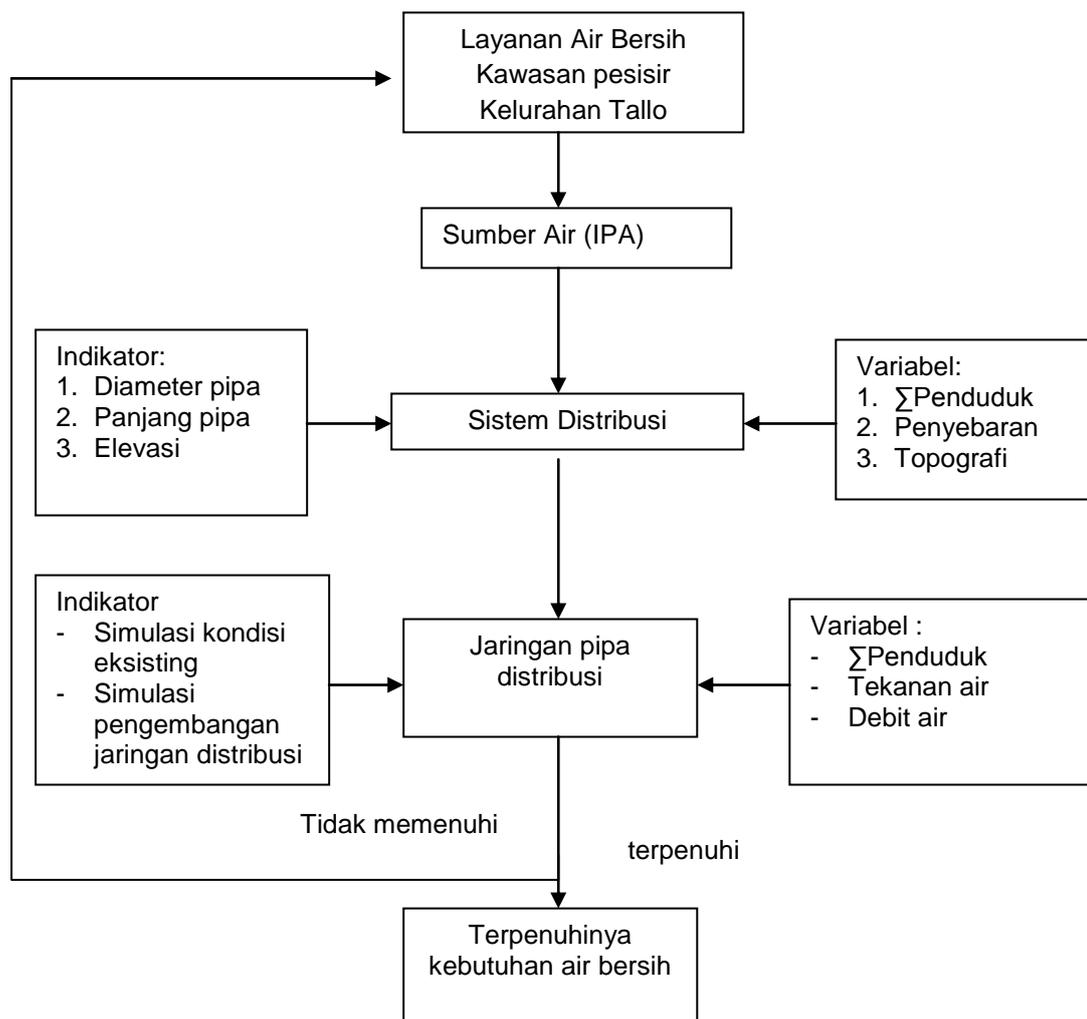
Dengan fasilitas optimasi yang dimiliki oleh Waternet dapat memberikan kemudahan bagi pengguna dalam merancang jaringan pipa secara optimal. Fasilitas optimasi ini juga dapat digunakan untuk membandingkan jaringan yang sudah ada dengan jaringan secara optimal oleh Waternet.

#### 7. Fasilitas *Link Importance*

Dengan fasilitas ini pengguna dapat melihat tingkat pelayanan yang diberikan oleh setiap pipa terhadap keseluruhan jaringan pipa, sehingga

penggunaan jumlah pipa dalam suatu jaringan distribusi dapat dihemat. Misalnya, jika dalam suatu jaringan terdapat pipa yang memiliki tingkat pelayanan sangat tinggi maka dapat dibuat menjadi pipa paralel.

### F. Kerangka Pikir



Gambar 5 : Kerangka Pikir