

## **TUGAS AKHIR**

# **PENGGUNAAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK OPTIMISASI SISTEM DISTRIBUSI DAN SUPLAI AIR (Studi Kasus : PDAM Kabupaten Sleman)**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1  
Teknik Industri**



Oleh

**Nama : Amanda Sylvia Sani**  
**No. Mahasiswa : 06 522 181**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2011**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**Penggunaan Algoritma Genetika Untuk Optimisasi Sistem Distribusi  
dan Suplai Air**

(Studi Kasus di PDAM Kabupaten Sleman)



oleh :

Nama : Amanda Sylvia Sani

No. Mahasiswa : 06 522 181

Yogyakarta, 31 Januari 2011

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Yuli', is written over the word 'Pembimbing'.

**Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.**

## PENGAKUAN

Demi Allah, Saya akui karya ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 31 Januari 2011



Amanda Sylvia Sani

06522181



**PEMERINTAH KABUPATEN SLEMAN  
PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM (PDAM)**

Jalan Parasamya No. 18 Telp. (0274) 868667 Fax.(0274) 865838  
Sleman 55511 Yogyakarta



**SURAT KETERANGAN**

Nomor : 690.246/Ket/PPDAM/X/2010

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Dwi Nurwata, SE  
NPP : 9262010  
Jabatan : Kepala Pengawas Intern

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Amanda Sylvia Sani  
No.Mhs : 06522181  
Jurusan : Teknis Industri UII  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri  
Universitas : Universitas Islam Indonesia ( UII )  
Alamat : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Sleman , Yogyakarta

Dalam rangka menyusun skripsi yang berjudul : "OPTIMASI JARINGAN PIPA DENGAN METODE FUZZY MINIMUM SPANNING TREE " telah melaksanakan riset / penelitian di Perusahaan Daerah Air Minum ( PDAM ) Kabupaten Sleman dari 10 Agustus sampai dengan 10 Oktober 2010.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dipergunakan seperlunya.

Sleman, 14 Oktober 2010  
PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM  
KABUPATEN SLEMAN  
Ka. Pengawas Intern



**Dwi Nurwata, SE**

**Tembusan Kepada :**

1. Kepala Bagian Umum PDAM Kab. Sleman
2. Kepala Bagian Humas PDAM Kab. Sleman
3. Arsip

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PENGGUNAAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK OPTIMISASI**  
**SISTEM DISTRIBUSI DAN SUPLAI AIR**  
(Studi Kasus pada PDAM Kab. Sleman)

**TUGAS AKHIR**

Disusun Oleh :

Nama : AMANDA SYLVIA SANI

No. Mhs : 06 522 181

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri  
Yogyakarta, 31 Januari 2011

**Tim Penguji**

Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.  
Ketua

Ir. Erlangga Fauza, MCIS.

Anggota I

Winda Nur Cahyo, S.T., M.T.  
Anggota II

Mengetahui,

Ka. Prodi Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

Drs. Ibnu Mastur, MSIE

22  
3 2011

## PERSEMBAHAN



*Ku persembahkan karya ini teruntuk yang mulia Ibunda , Ayahanda , Kakak dan Adikku terimakasih atas untaian do'a, nasehat, kasih sayang, semangat dan inspirasi.*

*Jazakumullah Khoiron katsiron*

## MOTTO

“Maha suci Allah yang di tangan-Nya, segala kerajaan dan Dia mahakuasa atas segala sesuatu, yang menjadikan mati dan hidup, untuk menguji siapa diantara kalian yang terbaik amalnya. Dan Dia maha perkasa lagi maha pengampun. Yang telah menciptakan tujuh lapis langit...”

(Terjemahan QS. Al-Mulk: 01 – 03)

“Dan bersama kesukaran pasti ada kemudahan. Karena itu bila selesai suatu tugas, mulailah tugas yang lain dengan sungguh – sungguh. Hanya kepada Tuhanmu hendaknya kau berharap ”

(Terjemahan QS. Asy-Syarh : 6 – 8)

“Barang siapa yang menempuh perjalanan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mempermudah baginya jalan ke syurga“.

(H.R. Bukhari)

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah, Rabb alam semesta. Shalawat dan salam semoga terlimpahkan kepada Rasulullah *Shallallahu Alaihi wa Sallam*, keluarganya, sahabatnya dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, dan syukur Alhamdulillah atas segala rahmat dan anugerah-Nya yang telah memberi ilmu, kekuatan dan kesempatan sehingga Tugas Akhir dengan judul "***Penggunaan Algoritma Genetika Untuk Optimisasi Sistem Distribusi Dan Suplai Air***" ini dapat terselesaikan.

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 program studi Teknik Industri pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia .

Keberhasilan terselesaikannya Tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Yuli Agusti Rochman, S.T.,M.Eng., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberi masukan dan bimbingan kepada penulis.
4. Pimpinan PDAM Kabupaten Sleman yang telah memberikan kesempatan dan bimbingan selama melaksanakan penelitian.



5. Kedua orang tua, kakak dan adikku serta seluruh keluarga yang telah memberikan kasih sayang, doa, dukungan dan segala perhatiannya.
6. Semua pihak yang telah memberi semangat dan segala masukan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Dan semoga Allah SWT memberikan ridha dan membalas segala budi baik yang telah diberikan kepada penulis.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb*



Yogyakarta, Januari 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
HALAMAN PENGAKUAN .....	iii
SURAT KETERANGAN .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
HALAMAN MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
ABSTRAK.....	xvii

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	6

### BAB II KAJIAN LITERATUR

2.1 Riset Operasi .....	8
-------------------------	---

2.2	Model Jaringan.....	12
2.3	Graf.....	14
2.4	Persoalan Distribusi Terkendali .....	17
2.5	Persoalan Rute Terpendek .....	18
2.6	Persoalan Rentang Jaringan Minimum.....	19
2.7	Algoritma Genetika .....	21
	2.7.1 Sejarah Algoritma Genetika .....	21
	2.7.2 Prosedur Algoritma Genetika.....	23
	2.7.3 Perbedaan Optimasi Biasa dengan Algoritma Genetik.....	25
	2.7.4 Komponen-Komponen Utama Algoritma Genetik.....	27
2.8	Biaya.....	33
	2.8.1 Pengertian Biaya.....	33
	2.8.2 Pengelolaan Biaya.....	33
	2.8.3 Penentuan Biaya Pemasangan Jaringan Pipa Distribusi .....	35
	2.8.4 Debit dan Kapasitas Air .....	35

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Langkah Penelitian .....	38
3.2	Kajian Literatur .....	40
3.3	Formulasi Masalah .....	40
3.4	Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	41
	3.4.1 Pengumpulan Data .....	41
	3.4.2 Pengolahan Data.....	43
3.5	Pembahasan.....	47
3.6	Kesimpulan dan Saran .....	48

## **BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

4.1	Pengumpulan Data.....	49
4.1.1	Sejarah Berdirinya Perusahaan .....	49
4.1.2	Dasar Pendirian Perusahaan.....	50
4.1.3	Visi, Misi dan Tujuan Perusahaan.....	51
4.1.4	Profil Lingkungan Perusahaan .....	52
4.1.4.1	Kondisi Umum dan Peran PDAM.....	52
4.1.4.2	Kondisi Teknis.....	53
4.1.5	Tarif Air Minum.....	54
4.1.5.1	Pengertian Tarif Air Minum .....	54
4.1.5.2	Tarif Air Minum yang Berlaku .....	55
4.1.6	Manajemen Pengelolaan.....	56
4.1.6.1	Kelembagaan PDAM.....	56
4.1.6.2	Sumber daya Manusia .....	57
4.1.7	Tantangan, Kendala dan Peluang .....	58
4.1.8	Program Pengembangan Pelayanan .....	61
4.1.8.1	Kebijakan Pengembangan Pelayanan.....	61
4.1.8.2	Langkah-langkah Konkrit Pengembangan.....	61
4.1.9	Jaringan Perpipaan dan Sistem Pengaliran .....	63
4.1.10	Kualitas Air .....	65
4.2	Pengolahan Data.....	66
4.2.1	Data Jarak .....	66
4.2.2	Data Biaya .....	66
4.2.3	Kondisi Jaringan Awal .....	67

4.2.4 Usulan Perbaikan Jaringan Pipa Air Minum.....	69
4.2.4.1 Algoritma <i>Prim</i> (Heuristik).....	70
4.2.4.2 Algoritma Genetika (Meta-heuristik) .....	71
4.2.5 Perbandingan .....	75

**BAB V PEMBAHASAN**

5.1 Algoritma <i>Prim</i> .....	76
5.2 Algoritma Genetika .....	77

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1 Kesimpulan .....	81
6.2 Saran .....	82

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Contoh Sistem Jaringan .....	13
Tabel 2.2.	Contoh Matriks Kedekatan .....	15
Tabel 2.3.	Jumlah Kebutuhan Air Menurut Kelompok Jumlah Penduduk .....	36
Tabel 4.1.	Data Jaringan Perpipaan .....	63
Tabel 4.2.	Data Kualitas Air.....	65
Tabel 4.3.	Data Pemasangan Air tiap Daerah Kab. Sleman.....	65
Tabel 4.4.	Node-Node yang Terhubung Kondisi Awal Jaringan .....	67
Tabel 4.5.	Node-Node yang Terhubung dengan Menggunakan Algoritma <i>Prim</i> .....	70
Tabel 4.6.	Node-Node yang Terhubung dengan Menggunakan Algoritma Genetika.....	73
Tabel 4.7.	Perbandingan Hasil.....	75
Tabel 5.1.	Hasil Proses Komputasi AG dengan xl-bit .....	79

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Jaringan Satu Arah dan Dua Arah .....	13
Gambar 2.2	Contoh Lintasan (dari Node 0 ke Node T).....	16
Gambar 2.3	Contoh Siklus .....	16
Gambar 2.4	Contoh Jaringan Berbentuk Pohon ( <i>Tree</i> ) .....	16
Gambar 2.5	Model Transportasi dan Distribusi Terkendali .....	18
Gambar 2.6	<i>Shortest-route Problem</i> .....	18
Gambar 2.7	Bukan <i>Tree</i> dan <i>Tree</i> .....	19
Gambar 2.8	Prosedur Umum Algoritma Genetik.....	24
Gambar 2.9	Perbandingan Metode Konvensional dan Pendekatan Genetik .....	26
Gambar 2.10	Ilustrasi <i>Order Based Crossover</i> .....	31
Gambar 2.11	Ilustrasi <i>One Cut Point Crossover</i> .....	31
Gambar 2.12	Ilustrasi <i>Shift Mutation</i> .....	32
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian .....	39
Gambar 3.2	Langkah-langkah Pemrosesan Algoritma Genetika .....	45
Gambar 4.1	Data Jarak untuk 15 Node di Kab.Sleman .....	66
Gambar 4.2	Peta Kondisi Jaringan Awal.....	68
Gambar 4.3	Peta Usulan dengan Menggunakan Algoritma Prim .....	71
Gambar 4.4	Add-Ins xl-bit pada Ms.Excel 2007.....	72
Gambar 4.5	Interface Pertama Perangkat Lunak xl bit.....	72

Gambar 4.6	Interface Kedua Perangkat Lunak xl bit .....	73
Gambar 4.7	Peta Usulan dengan menggunakan Algoritma Genetika .....	74
Gambar 5.1	Perbandingan Kondisi Awal dengan Algoritma Prim .....	77
Gambar 5.2	Perbandingan Kondisi Awal dengan Algoritma Genetika.....	79
Gambar 5.3	Konvergensi <i>Fitness</i> Algoritma Genetika.....	80

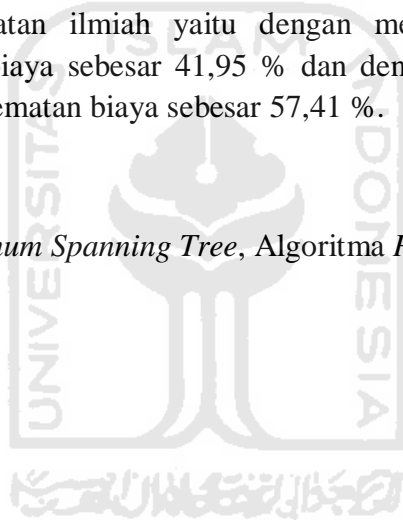




## ABSTRAK

PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) merupakan suatu bentuk penyediaan BUMN yang bertanggung jawab dalam penyediaan air bersih untuk dapat dikonsumsi oleh masyarakat. Pola lintasan pemasangan jaringan pipa air minum yang dihasilkan oleh PDAM selama ini masih menggunakan pola lintasan manual. Penelitian yang dilakukan ini adalah mengoptimalkan jarak PDAM kabupaten Sleman yang ada saat ini, yaitu 22.610 m dengan total biaya Rp 30.785.857.396,00. Dengan menggunakan penelitian secara ilmiah, ada 2 perbaikan yang diusulkan dengan pendekatan yang berbeda, yaitu *minimum spanning tree* dengan menggunakan algoritma *prim* dan algoritma genetika. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh jarak yang lebih optimal dari jarak pada kondisi awal sehingga akan memberikan tingkat performansi total biaya yang jauh lebih hemat. Dari pendekatan ilmiah yaitu dengan menggunakan algoritma *prim* memberikan penghematan biaya sebesar 41,95 % dan dengan menggunakan algoritma genetika memberikan penghematan biaya sebesar 57,41 %.

**Kata Kunci :** PDAM, *Minimum Spanning Tree*, Algoritma *Prim*, Algoritma Genetika



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) merupakan suatu bentuk penyediaan BUMN yang bertanggung jawab dalam penyediaan air bersih untuk masyarakat dan juga bertanggung jawab menyediakan air bersih yang cukup pada tempat-tempat umum salah satunya adalah penyediaan air guna kepentingan pencegahan kebakaran.

Mengingat PDAM merupakan satu-satunya perusahaan yang bergerak dibidang jasa penyediaan air bersih, maka untuk memenuhi layanan air bersih, pihak PDAM perlu memperluas jaringan pelayanan serta meningkatkan kualitas pelayanan menjadi semakin baik dari waktu ke waktu. Untuk mencapai hal tersebut tentunya dibutuhkan perencanaan yang matang dan terpadu, sehingga kebijakan yang diambil memberikan hasil yang terbaik bagi perusahaan dan masyarakat.

Direktur Utama PDAM Sleman, Suratno mengungkapkan Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Sleman tengah menyiapkan jaringan ke kompleks perumahan yang sudah tidak ada pengembangnya untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Ia mengatakan, sementara itu untuk memberikan pelayanan kepada

masyarakat yang membutuhkan air bersih dan untuk membantu masyarakat yang mengalami kesulitan biaya pemasangan sambungan rumah baru, PDAM Sleman memberikan diskon biaya pemasangan sampai 60 %.

Salah satu hal yang sangat penting untuk diperhatikan dalam rangka perluasan jaringan pelayanan tersebut adalah dengan memperhatikan rute pada jaringan distribusi. Dimana dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah bagaimana merancang pipa transmisi agar mendapat total jarak (panjang pipa) yang optimal, sehingga total biaya yang dikeluarkan akan jatuh minimal. Dengan demikian tujuan perusahaan untuk memperluas jaringan pelayanan guna memenuhi permintaan masyarakat akan air bersih dapat tercapai.

Pola lintasan pemasangan jaringan pipa air minum yang dihasilkan oleh PDAM selama ini masih menggunakan pola lintasan manual yaitu lintasan dibuat berdasarkan perkiraan jarak terpendek, sehingga panjang lintasan pipa belum mencapai panjang yang optimum. Penyelesaian pada permasalahan *Minimum Spanning Tree* dengan menggunakan metoda heuristik algoritma *Prim* dan algoritma *Kruskal*, menghasilkan total lintasan pemasangan pipa terpendek, namun kedua metoda ini memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing.

Metode *Minimum Spanning Tree* diusulkan pertama kali oleh A.H.Land dan A.G.Doig pada tahun 1960. Sebenarnya metode ini dibuat untuk pemrograman linier. Namun, kenyataannya metode ini mampu menyelesaikan permasalahan seperti *Travelling Sales-men Problem (TSP)* dan beberapa masalah lain. Metode ini menggunakan pohon pencarian (*search tree*), setiap simpul di

pohon merupakan representasi dari sejumlah kemungkinan solusi dari *Travelling Salesmen Problem (TSP)*. Metode ini hanya dapat digunakan untuk masalah optimasi saja (*optimazion problem*).

Algoritma dimulai dengan pengisian sebuah nilai ke akar dari pohon pencarian tersebut. Pencabangan dilakukan dengan memasang sebuah *pending node* ke *pending node* lain yang lebih rendah levelnya. Bobot juga dihitung pada setiap proses dan ditulis di simpul pohon. Jika sebuah simpul diketahui merupakan solusi yang tidak mungkin bagi persoalan yang dihadapi, simpul tersebut diisi dengan nilai tak terbatas (*infinity*). Algoritma berhenti ketika sudah tidak mungkin lagi untuk membentuk simpul baru di pohon atau hasil terakhir yang ditemukan merupakan hasil yang lebih rendah (minimum) dari isi simpul yang telah ada pada level yang lebih rendah.

Penelitian permasalahan *Minimum Spanning Tree* pernah dilakukan oleh Pamungkas (2005) dengan menggunakan algoritma *Prim* pada jaringan pipa air minum di Muntilan, Magelang, Jawa Tengah. Latif (2006) mengevaluasi pipa pendistribusian air minum di Gunung Kidul, DI.Yogyakarta. Jing, et.al. (2008) dapat menyelesaikan permasalahan kuadratik *Minimum Spanning Tree* dengan metoda linear. Smit dan Canan (2008) telah membuat model persamaan dengan membandingkan metoda *Fuzzy Minimal Spanning Tree* dan *Fuzzy Dynamic Programming*.

Penelitian yang dilakukan ini adalah mengoptimalkan jarak PDAM kabupaten Sleman yang ada saat ini, yaitu 22.610 m dengan total biaya Rp

30.785.857.396,00. Dengan menggunakan penelitian secara ilmiah, ada 2 perbaikan yang diusulkan dengan pendekatan yang berbeda, yaitu dengan algoritma *Prim* dan algoritma genetika.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat dirumuskan adalah bagaimanakah rute yang optimal dalam pemasangan jaringan pipa air minum dengan meminimasi total biaya. Untuk menentukan rute optimal digunakan pendekatan 2 pendekatan heuristik yaitu: Algoritma Genetik dan Algoritma *Prim*.

### 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas, serta untuk mempermudah pemecahan masalah diatas, peneliti membatasi masalah yang akan diteliti sebagai berikut :

1. Pembahasan dibatasi untuk mengevaluasi jaringan pipa distribusi yang menghubungkan semua node yang berada di PDAM Kab. Sleman.
2. Penelitian dilakukan di PDAM Kab. Sleman.
3. Masalah hanya dibatasi pada 15 *node* dari banyaknya node yang ada pada PDAM kabupaten Sleman. Karena pada penggunaan perangkat lunak xl-bit hanya dapat bekerja pada 15 *node* (*demo*).
4. Pembangunan seluruh node diasumsikan secara serentak dan dilakukan evaluasi.

5. Pada data biaya pemasangan pipa, diasumsikan untuk jenis pipa PVC diameter 400 mm – 12,5 bar. Seluruh asumsi biaya pemasangan pipa diasumsikan sama untuk seluruh *node*\*.
6. Hanya memperhitungkan jarak antar simpul, tidak memperhitungkan beberapa hal, yaitu: tingkat permintaan, suplai, debit dan kapasitas air pada tiap *node*\*.
7. Struktur tanah pada penelitian diasumsikan rata.
8. Kedalaman galian dan ukuran pipa (diameter pipa) tidak diperhitungkan.
9. Jarak antar *node*\* merupakan panjang pipa yang dibutuhkan.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan rute dari *node*\* yang optimal dengan meminimasi total biaya.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Memberikan kontribusi kepada perusahaan dalam hal total jarak optimal dan penentuan total biaya pemasangan pipa.
- b. Memberikan kontribusi kepada Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia, yang saat ini belum ada penyelesaian masalah

*\*node adalah simpul distribusi dan reservoir*

*Minimum Spanning Tree* dengan menggunakan algoritma *Prim* dan algoritma genetika.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Tugas Akhir ini disusun secara sistematis ke dalam beberapa bab, dengan judul masing-masing bab, yaitu :

### **BAB I PENDAHULUAN**

BAB ini menguraikan secara singkat mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah yang dihadapi, batasan masalah yang ditemui, tujuan penelitian, manfaat penelitian, hipotesis jika ada, objek penelitian, sistematika penulisan.

### **BAB II KAJIAN LITERATUR**

Berisi konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian, dasar-dasar teori untuk mendukung kajian yang akan dilakukan. Disamping itu juga memuat uraian tentang hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang kerangka dan bagan aliran penelitian, teknik yang dilakukan, analisis model, program komputer yang dibangun, bahan atau materi penelitian yang digunakan, alat, tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai dan sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat.

#### BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menguraikan tentang cara pengumpulan data dan bagaimana pengolahan datanya, analisis dan hasilnya termasuk gambar dan grafik-grafik yang diperolehnya. Pada Bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis pada BAB V.

#### BAB V PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil yang diperoleh selama penelitian dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan rekomendasi.

#### BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan memberikan hasil kesimpulan terhadap analisis yang dibuat dan serta saran atas hasil yang telah dicapai yang ditemukan selama penelitian, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk kepada para peneliti selanjutnya. Dan pada penghujung akan berisi Daftar Pustaka dan Lampiran.



## BAB II

### KAJIAN LITERATUR

#### 2.1 Riset Operasi

Riset operasi yang berasal dari Inggris merupakan suatu hasil studi operasi-operasi militer selama Perang Dunia II. Setelah perang selesai, potensi komersialnya segera disadari dan pengembangannya telah menyebar dengan cepat di Amerika Serikat, di mana ia lebih dikenal dengan riset operasi atau *Operations Research* (disingkat OR). Kini RO banyak diterapkan dalam menyelesaikan masalah-masalah manajemen untuk meningkatkan produktivitas atau efisiensi, namun tidak jarang perusahaan-perusahaan yang melaporkan kegagalan dalam penerapan RO karena bermacam-macam alasan, seperti biaya aplikasi yang lebih besar dari manfaat yang diperoleh, persoalan yang terlalu rumit, atau ketiadaan ahli RO. Dalam literatur manajemen, RO sering dinamakan sebagai *Management Science*. Secara harfiah kata *operations* dapat didefinisikan sebagai tindakan-tindakan yang diterapkan pada beberapa masalah atau hipotesa. Sementara kata *research* adalah suatu proses yang terorganisasi dalam mencari kebenaran akan masalah atau hipotesa tadi. Kenyataannya, sangat sulit untuk mendefinisikan RO, terutama karena batas-batasnya tidak jelas. Riset operasi memiliki bermacam-macam penjelasan, namun hanya beberapa yang biasa digunakan dan diterima secara umum.

Riset operasi adalah penerapan metode-metode ilmiah terhadap masalah-masalah rumit yang muncul dalam pengarahannya dan pengelolaan dari suatu sistem besar yang terdiri dari manusia, mesin, bahan dan uang dalam industri, bisnis, pemerintahan dan pertahanan. Pendekatan khusus ini bertujuan membentuk suatu model ilmiah dari sistem, menggabungkan ukuran-ukuran faktor-faktor seperti kesempatan dan risiko, untuk meramalkan dan membandingkan hasil-hasil dari beberapa keputusan, strategi atau pengawasan. Tujuannya adalah membantu pengambil keputusan menentukan kebijaksanaan dan tindakannya secara ilmiah.

Riset operasi berkaitan dengan menentukan pilihan secara ilmiah bagaimana merancang dan menjalankan sistem manusia-mesin secara terbaik, biasanya membutuhkan alokasi sumber daya yang langka.

Riset operasi adalah seni memberikan jawaban terbaik terhadap masalah-masalah, yang jika tidak, memiliki jawaban yang lebih buruk. Riset operasi adalah pendekatan dalam pengambilan keputusan yang ditandai dengan penggunaan pengetahuan ilmiah melalui usaha kelompok antar disiplin yang bertujuan menentukan penggunaan terbaik sumber daya yang terbatas.

Dalam arti luas, dapat diartikan sebagai penerapan metode-metode, teknik-teknik, dan alat-alat terhadap masalah-masalah yang menyangkut operasi-operasi dari sistem-sistem, sedemikian rupa memberikan penyelesaian optimal.

Tahap-Tahap dalam Riset Operasi Pembentukan model yang cocok hanyalah salah satu tahap dari aplikasi OR. Pola dasar penerapan OR terhadap suatu masalah dapat dipisahkan menjadi beberapa tahap yaitu :

a. Merumuskan masalah

Sebelum solusi terhadap suatu persoalan dipikirkan, pertama kali suatu definisi persoalan yang tepat harus dirumuskan. Sering dilaporkan oleh organisasi-organisasi bahwa kegagalan dalam penyelesaian masalah diakibatkan karena kesalahan mendefinisikan persoalan. Dalam perumusan masalah ini ada tiga pertanyaan penting yang harus dijawab:

1. Variabel keputusan yaitu unsur-unsur dalam persoalan yang dapat dikendalikan oleh pengambil keputusan. Ia sering disebut sebagai instrumen.
2. Tujuan (*objective*). Penetapan tujuan membantu pengambil keputusan memusatkan perhatian pada persoalan dan pengaruhnya terhadap organisasi. Tujuan ini diekspresikan dalam variabel keputusan.
3. Kendala (*constrain*) adalah pembatas-pembatas terhadap alternatif tindakan yang tersedia.

b. Pembentukan Model

Sesuai dengan definisi persoalannya, pengambil keputusan menentukan model yang paling cocok untuk mewakili sistem. Model merupakan ekspresi kuantitatif dari tujuan dan kendala-kendala persoalan dalam variabel keputusan. Jika model yang dihasilkan cocok dengan salah satu model matematik yang biasa (misalnya linier), maka solusinya dapat dengan mudah diperoleh dengan program linier. Jika hubungan matematik model begitu rumit untuk penerapan solusi analitik, maka suatu model

probabilitas mungkin lebih cocok. Beberapa kasus membutuhkan penggunaan kombinasi model matematik dan probabilitas. Ini tentu saja tergantung pada sifat-sifat dan kerumitan sistem yang dipelajari. Model yang lain yang dapat digunakan adalah model jaringan.

c. Mencari penyelesaian masalah

Pada tahap ini bermacam-macam teknik dan metode solusi kuantitatif yang merupakan bagian utama dari OR memasuki proses. Penyelesaian masalah sesungguhnya merupakan aplikasi satu atau lebih teknik-teknik ini terhadap model. Seringkali, solusi terhadap model berarti nilai-nilai variabel keputusan yang mengoptimumkan salah satu fungsi tujuan dengan nilai fungsi tujuan lain yang diterima.

Di samping solusi model, perlu juga mendapat informasi tambahan mengenai tingkah laku solusi yang disebabkan karena perubahan parameter sistem. Ini biasanya dinamakan sebagai analisis sensitivitas. Analisis ini terutama diperlukan jika parameter sistem tak dapat diduga secara tepat.

d. Validasi Model

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam pembentukan model harus absah. Dengan kata lain, model harus diperiksa apakah ia mencerminkan berjalannya sistem yang diwakili. Suatu metode yang biasa digunakan untuk menguji validitas model adalah membandingkan *performance*-nya dengan data masa lalu yang tersedia. Model dikatakan valid jika dengan

kondisi input yang serupa, ia dapat menghasilkan kembali *performance* seperti masa lampau. Masalahnya adalah bahwa tak ada yang menjamin *performance* masa depan akan berlanjut meniru cerita lama.

e. Penerapan Hasil Akhir

Tahap terakhir adalah menerapkan hasil model yang telah diuji. Hal ini membutuhkan suatu penjelasan yang hati-hati tentang solusi yang digunakan dan hubungannya dengan realitas. Suatu tahap kritis pada tahap ini adalah mempertemukan ahli OR (pembentuk model) dengan mereka yang bertanggung jawab terhadap pelaksanaan sistem.

## 2.2 Model Jaringan

Jaringan (*network*) secara visual pada dasarnya terdiri dari rangkaian noda dan garis. *Node* adalah padanan kata untuk *nodes* yaitu tumpukan kotoran pada bidang yang bersih, sedang garis yang berfungsi untuk menghubungkan antar noda yang mewakili kegiatan, saluran dan arus pergerakan. Dalam hal ini garis bisa berupa anak panah yang akan menunjukkan arah arus dari noda awal atau sumber ke noda akhir atau tujuan. Karena anak panah menandai arah arus, maka ada dua kemungkinan yang akan terjadi. Pertama adalah arah arus yang searah dan kedua adalah arah arus yang dua arah.

Tabel 2.1 Contoh Sistem Jaringan

Sistem Jaringan	Noda	Anak Panah / Garis	Jenis Arus
Transportasi darat	Kota, persimpangan	Jalan	Kendaraan
Transportasi udara	Bandara	Jalur penerbangan	Pesawat terbang
Transportasi laut	Pelabuhan	Jalur pelayaran	Kapal
Pelistrikan	Pembangkit listrik, gardu	Jaringan kabel	Listrik
Bahan bakar	Pelabuhan, penyulingan, depot induk, pompa bensin	Pipa, kendaraan pengangkut bahan bakar	Bahan bakar
Pabrik / perakitan	<i>Work station</i>	Material handling	Material

Dengan demikian jaringan (*network*) adalah istilah model untuk memvisualisasikan sebuah sistem jaringan agar sistem jaringan yang sesungguhnya bisa diketahui dan dipahami dengan mudah, cepat dan tepat. Ada empat macam jaringan (*network*) yang ada saat ini, yaitu: Model Distribusi Terkendali, Model Rentang Jaringan Minimum, Model Rute Terpendek dan Model Aliran Maksimum.



Gambar 2.1 a. Sistem Jaringan Satu Arah; b. Sistem Jaringan Dua Arah

### 2.3 Graf

Graf adalah kumpulan simpul (*nodes*) yang dihubungkan satu sama lain melalui sisi/busur (*edges*). Suatu graf  $G$  terdiri dari dua himpunan yaitu himpunan  $V$  (simpul) dan himpunan  $E$  (busur). Busur dapat menunjukkan hubungan (relasi) sembarang seperti rute penerbangan, jalan raya, sambungan telepon, ikatan kimia, dan lain-lain. Notasi graf:  $G(V, E)$  artinya graf  $G$  memiliki simpul  $V$  dan busur  $E$ .

Sebuah graf  $G$  berisikan dua himpunan yaitu himpunan hingga tak kosong  $V(G)$  yang elemen-elemennya disebut titik dan himpunan (mungkin kosong)  $E(G)$  yang elemen-elemennya disebut sisi, sedemikian hingga setiap elemen  $e$  dalam  $E(G)$  adalah sebuah pasangan tak berurutan dari titik-titik di  $V(G)$ .  $V(G)$  disebut himpunan titik dari  $G$  dan  $E(G)$  disebut himpunan sisi dari  $G$ .

Menurut arah dan bobotnya, graf dibagi menjadi empat bagian, yaitu:

- a. Graf berarah dan berbobot: tiap busur mempunyai anak panah dan bobot.
- b. Graf tidak berarah dan berbobot: tiap busur tidak mempunyai anak panah tetapi mempunyai bobot.
- c. Graf berarah dan tidak berbobot: tiap busur mempunyai anak panah yang tidak berbobot.
- d. Graf tidak berarah dan tidak berbobot: tiap busur tidak mempunyai anak panah dan tidak berbobot.

Suatu graf dapat direpresentasikan ke beberapa bentuk. Representasi graf dapat digunakan untuk mengimplementasikan graf tersebut ke dalam bentuk tertentu, sehingga dapat digunakan pada berbagai kasus yang berbeda.

Representasi graf yang sering digunakan diantaranya:

a. Matriks Kedekatan (*Adjacency Matrix*)

Untuk suatu graf dengan jumlah simpul sebanyak  $n$ , maka matriks kedekatan mempunyai ukuran  $n \times n$  ( $n$  baris dan  $n$  kolom). Matriks kedekatan untuk graf ABCDEFG dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Contoh Matriks Kedekatan

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
<b>A</b>	0	1	1	0	0	0	0
<b>B</b>	1	0	1	1	1	0	0
<b>C</b>	1	1	0	1	0	1	0
<b>D</b>	0	1	1	0	1	1	1
<b>E</b>	0	1	0	1	0	0	1
<b>F</b>	0	0	1	1	0	0	1
<b>G</b>	0	0	0	1	1	1	0

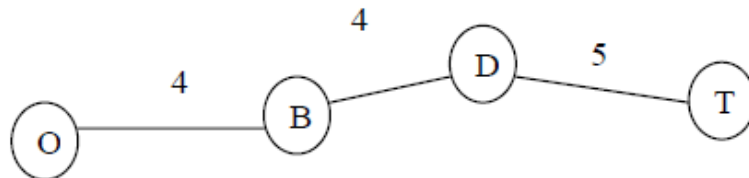
b. Senarai Kedekatan (*Adjacency List*)

Pada simpul  $x$  dapat dianggap sebagai suatu senarai yang terdiri dari simpul pada graf yang berdekatan dengan  $x$ .



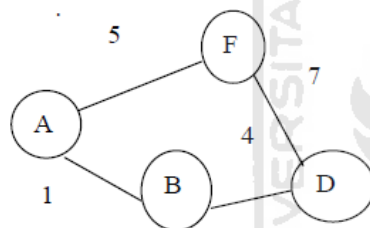
Macam-macam pembentukan jaringan dari graf.

- a. Lintasan dari O menuju T adalah melalui titik O ke B, B ke D, D ke T, atau sebaliknya.



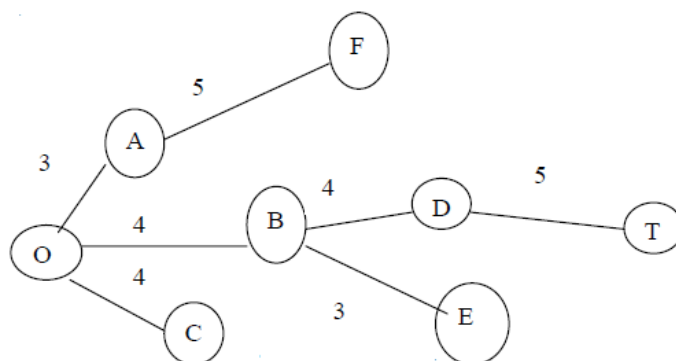
Gambar 2.2 Contoh Lintasan (dari Node O ke Node T)

- b. Sebuah jejak tertutup A ke F, F ke D, dan D ke B, B ke A.



Gambar 2.3 Contoh Siklus

- c. Pohon (*tree*).



Gambar 2.4 Contoh Jaringan Berbentuk Pohon (*Tree*)

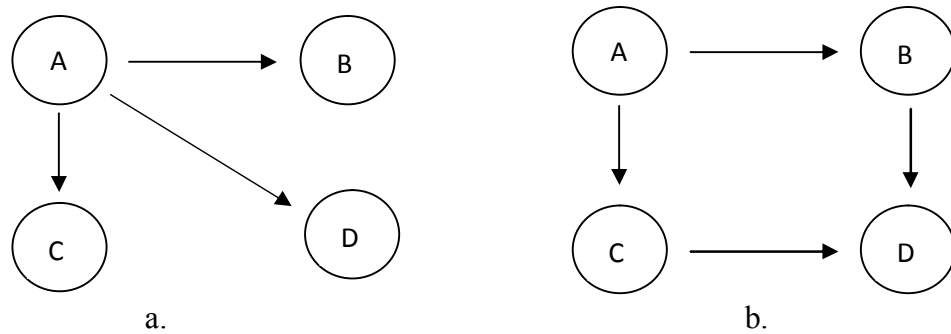
Adapun persoalan jaringan ini dapat dibagi menjadi 5 macam persoalan yaitu :  
(Siswanto, 2007)

1. Persoalan distribusi terkendali (*controlled distribution*).
2. Persoalan rute terpendek (*shortest route*).
3. Persoalan minimasi jaringan atau pohon rentang minimum (*minimum spanning tree*).
4. Persoalan aliran maksimum (*maximal flow*).
5. Persoalan salesmen keliling (*traveling salesmen problem*).

#### **2.4 Persoalan Distribusi Terkendali**

Didalam model ini, sebuah tujuan yang ditandai oleh noda juga bisa berfungsi sebagai sumber, demikian pula sebaliknya. Keadaan demikian akan memungkinkan terbentuknya rangkaian hubungan antar noda didalam sebuah jaringan. Inilah letak perbedaan dasar dengan model transportasi yang memiliki sifat distribusi statis dimana distribusi sumber ke tujuan bukan merupakan sebuah rangkaian distribusi yang saling bersambung.

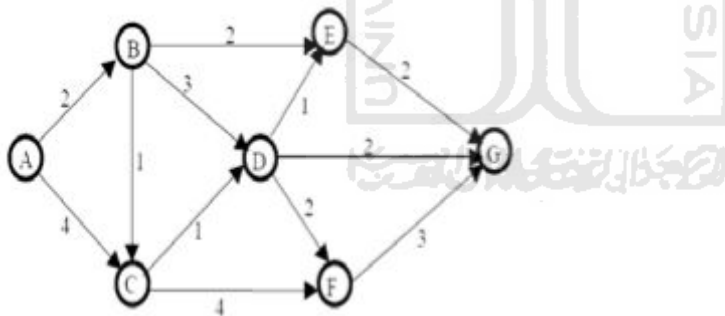
- a. Noda sumber yang menunjukkan asal sebuah arus dari mana sebuah arus akan mengalir.
- b. Noda tujuan yang menunjukkan akhir sebuah arus atau hendak kemana sebuah arus akan mengalir.
- c. Noda transit yang menunjukkan tujuan sementara atau terminal sementara yang akan dilewati oleh sebuah arus yang akan menuju noda tujuan berikutnya atau noda tujuan akhir.



Gambar 2.5 a. Model Transportasi; b. Model Distribusi Terkendali

## 2.5 PERSOALAN RUTE TERPENDEK (*SHORTEST-ROUTE*)

Jalur terpendek adalah suatu jaringan pengarah perjalanan dimana seseorang pengarah jalan ingin menentukan jalur terpendek antara dua kota, berdasarkan beberapa jalur alternatif yang tersedia, dimana titik tujuan hanya satu.

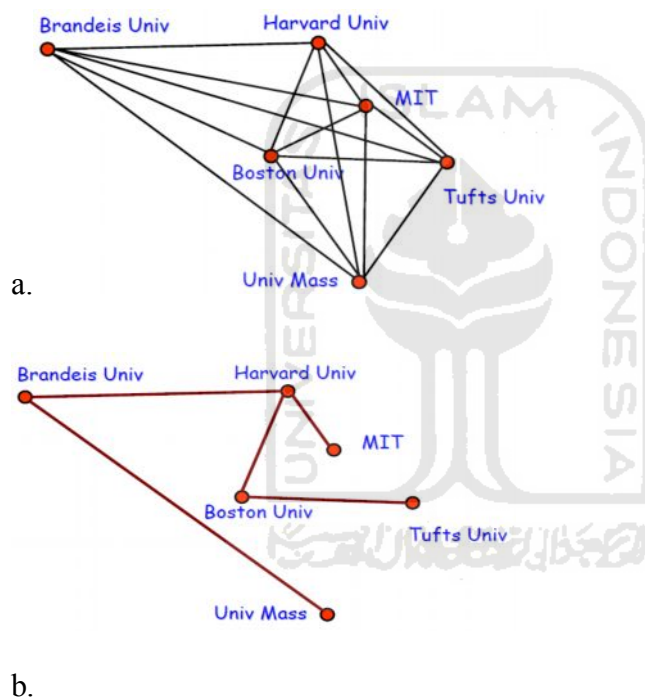


Gambar 2.6. *Shortest-route problem*

Berdasarkan data di atas, dapat dihitung jalur terpendek dengan mencari jarak antara jalur-jalur tersebut. Apabila jarak antar jalur belum diketahui, jarak dapat dihitung berdasarkan koordinat kota-kota tersebut. Setelah didapatkan hasil jarak antar kota, jalur terpendek dapat dihitung menggunakan metode yang ada.

## 2.6 Persoalan Rentang Jaringan Minimum (*Minimum Spanning Tree*)

Model Rentang Jaringan Minimum (*Minimum Spanning Tree*) adalah salah satu model jaringan yang menjelaskan pemilihan hubungan antar noda sedemikian rupa sehingga jaringan hubungan itu akan membuat seluruh noda akan terhubung dengan panjang hubungan total terpendek. Dengan kata lain, model ini akan meminimumkan rentang jaringan hubungan seluruh noda.



Gambar 2.7 a. Bukan *Tree*; b. *Tree*

### a. Algoritma *Prim*

Metode lain yang digunakan untuk mencari pohon rentang minimum yang ditemukan oleh *Robert C. Prim*. Berbeda dengan algoritma Kruskal yang dimulai dengan graf tanpa sisi, algoritma Prim dimulai dari graf yang kosong sama sekali. Untuk mencari pohon rentang minimum  $T$  dari graf  $G$  dengan algoritma Prim,

mula-mula dipilih satu titik sembarang (misal  $v_1$ ). Kemudian ditambahkan satu sisi yang berhubungan dengan  $v_1$  dengan bobot yang paling minimum (misal  $e_1$ ) dan titik ujung lainnya ke  $T$  sehingga  $T$  terdiri dari sebuah garis  $e_1$  dan 2 buah titik-titik ujung garis  $e_1$  (salah satunya adalah  $v_1$ ).

Pada setiap langkah selanjutnya, dipilih sebuah garis dalam  $E(G)$  yang bukan anggota  $E(T)$  dengan sifat:

- a. Sisi tersebut berhubungan dengan salah satu titik  $\in V(T)$ .
- b. Sisi tersebut mempunyai bobot yang paling kecil.

Langkah tersebut diulang-ulang hingga diperoleh  $(n-1)$  garis dalam  $E(T)$  ( $n$  adalah jumlah titik dalam  $G$ ). Misalkan  $G$  adalah graf berlabel dengan  $n$  titik dan  $T$  adalah pohon rentang minimum yang akan dibentuk (mula-mula kosong)

Secara formal algoritma Prim adalah sebagai berikut.

0. Inisialisasi: mula-mula  $T$  adalah graf kosong.
1. Ambil sembarang  $v \in V(G)$ . Masukkan  $v$  ke dalam  $V(T)$ .
2.  $V(G) = V(G) - (v)$ .
3. Untuk  $i = 1, 2, \dots, n-1$ , lakukan:
  - a. Pilihlah garis  $e \in E(G)$  dan  $e \notin E(T)$  dengan syarat:
    - i.  $e$  berhubungan dengan satu titik dalam  $T$  dan tidak membentuk sirkuit.

ii.  $e$  mempunyai bobot terkecil dibandingkan dengan semua garis yang berhubungan dengan titik-titik dalam  $T$ , misalkan  $w$  adalah titik ujung  $e$  yang tidak berada dalam  $T$ .

b. Tambahkan  $e$  ke  $E(T)$  dan  $w$  ke  $V(T)$

c.  $V(G) = V(G) - (w)$

Algoritma Prim mungkin menghasilkan pohon rentang yang berbeda dengan pohon rentang yang dihasilkan melalui algoritma Kruskal. Tetapi pohon rentang yang dihasilkan oleh kedua algoritma tersebut merupakan pohon rentang minimum yang mempunyai jumlah bobot yang sama

#### **b. Algoritma Kruskal**

Algoritma Kruskal identik dengan algoritma *Prim*, kecuali bahwa algoritma ini tidak membutuhkan garis-hubung baru untuk dihubungkan ke simpul yang telah ada pada *tree*. Kedua algoritma dijamin dapat menghasilkan pohon pembentang yang minimum dari graf terhubung dan terboboti.

## **2.7 ALGORITMA GENETIKA**

### **2.7.1 Sejarah Algoritma Genetika**

Sejak Algoritma Genetika (AG) pertama kali dirintis oleh John Holland dari Universitas Michigan pada tahun 1960-an, AG telah diaplikasikan secara luas pada berbagai bidang. AG banyak digunakan untuk memecahkan masalah optimasi, walaupun pada kenyataannya juga memiliki kemampuan yang baik untuk masalah-masalah selain optimasi. John Holland menyatakan bahwa setiap

masalah yang berbentuk adaptasi (alami maupun buatan) dapat diformulasikan dalam terminologi genetika. Algoritma genetika adalah simulasi dari proses evolusi Darwin dan operasi genetika atas kromosom.

Pada algoritma genetika, teknik pencarian dilakukan sekaligus atas sejumlah solusi yang mungkin dikenal dengan istilah populasi. Individu yang terdapat dalam satu populasi disebut dengan istilah kromosom. Kromosom ini merupakan suatu solusi yang masih berbentuk simbol. Populasi awal dibangun secara acak, sedangkan populasi berikutnya merupakan hasil evolusi kromosom-kromosom melalui iterasi yang disebut dengan generasi.

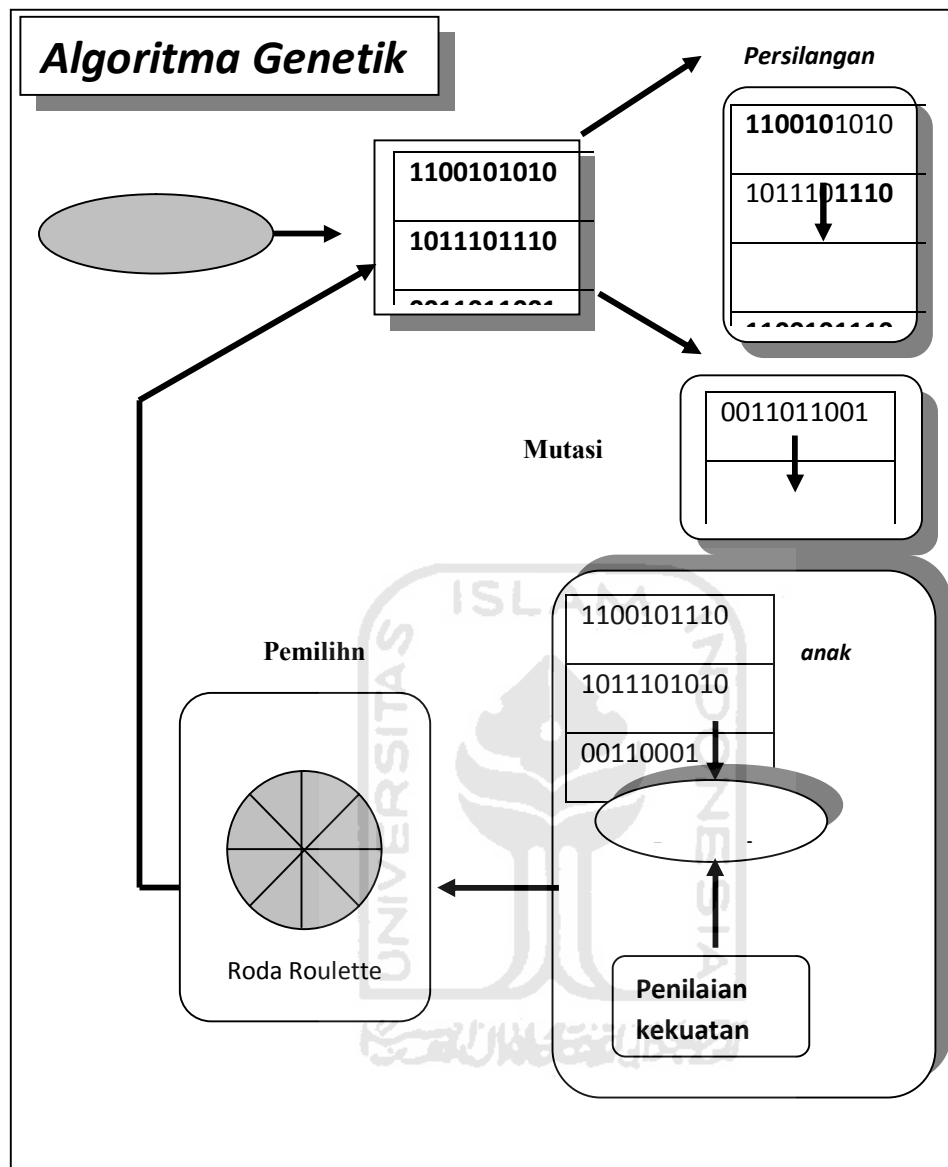
Pada setiap generasi, kromosom akan melalui proses evaluasi dengan menggunakan alat ukur yang disebut dengan fungsi fitness. Nilai fitness dari suatu kromosom akan menunjukkan kualitas dari kromosom dalam populasi tersebut. Generasi berikutnya dikenal dengan istilah anak (*offspring*) terbentuk dari gabungan dua kromosom generasi sekarang yang bertindak sebagai induk (*parent*) dengan menggunakan operator penyilangan (*crossover*). Selain operator penyilangan, suatu kromosom dapat juga dimodifikasi dengan menggunakan operator mutasi. Populasi generasi yang baru dibentuk dengan cara menyeleksi nilai fitness dari kromosom induk (*parent*) dan nilai fitness dari kromosom anak (*offspring*), serta menolak kromosom-kromosom yang lainnya sehingga ukuran populasi (jumlah kromosom dalam suatu populasi) konstan. Setelah melalui beberapa generasi, maka algoritma ini akan konvergen ke kromosom terbaik.

Ada tiga keunggulan dari aplikasi Algoritma Genetika dalam proses optimasi, yaitu: (a) Algoritma Genetika tidak terlalu banyak memerlukan persyaratan matematika dalam penyelesaian proses optimasi. Algoritma Genetika dapat diaplikasikan pada beberapa jenis fungsi obyektif dengan beberapa fungsi pembatas baik berbentuk linier maupun non-linier; (b) Operasi evolusi dari Algoritma Genetika sangat efektif untuk mengobservasi posisi global secara acak; dan (c) Algoritma Genetika mempunyai fleksibilitas untuk diimplementasikan secara efisien pada problematika tertentu.

### **2.7.2 Prosedur Algoritma Genetika**

Algoritma genetika sangat tepat jika digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi yang kompleks dan sukar diselesaikan dengan menggunakan metode konvensional. Sebagaimana halnya proses evolusi di alam, suatu algoritma genetika yang sederhana umumnya terdiri dari tiga operasi, yaitu: operasi reproduksi, operasi *crossover* (persilangan), dan operasi mutasi.





Gambar 2.8 Prosedur Umum Algoritma Genetik

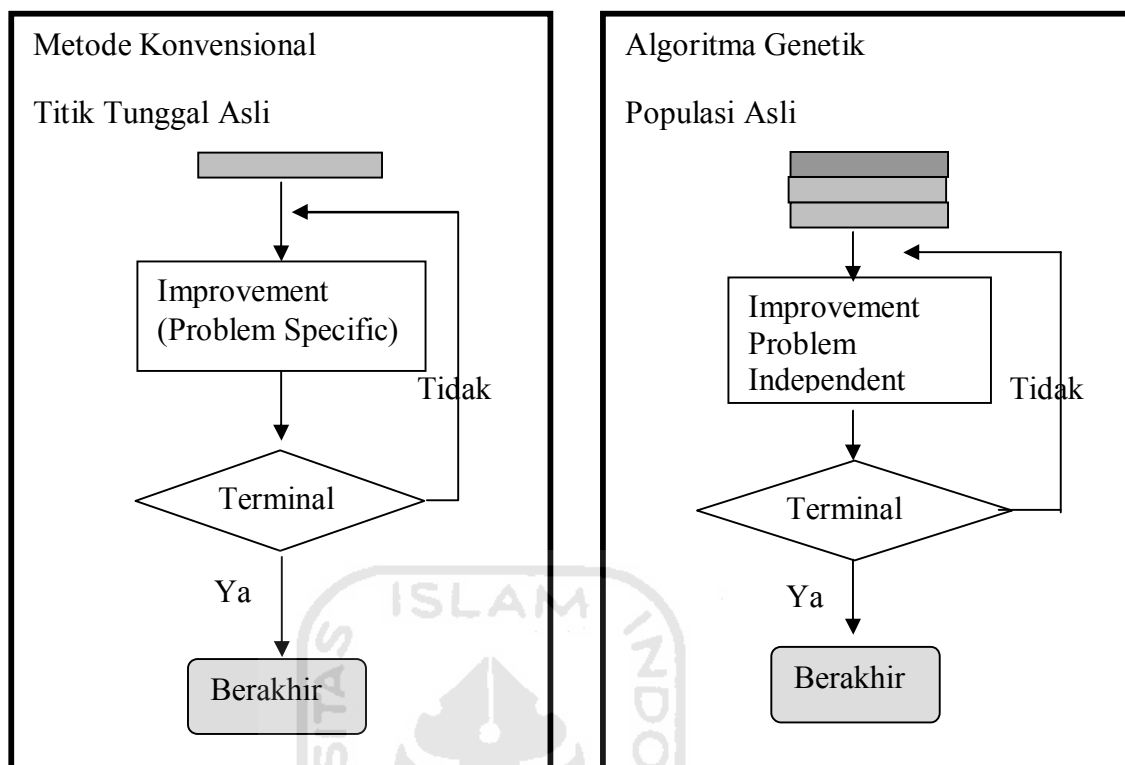
Struktur umum dari suatu algoritma genetika terdiri dari langkah-langkah:

1. Membangkitkan populasi awal secara acak.
2. Membentuk generasi baru dengan menggunakan tiga operasi di atas secara berulang-ulang sehingga diperoleh kromosom yang cukup untuk membentuk generasi baru sebagai representasi dari solusi baru.

3. Evolusi solusi yang akan mengevaluasi setiap populasi dengan menghitung nilai *fitness* setiap kromosom hingga kriteria berhenti terpenuhi. Bila kriteria berhenti belum terpenuhi, maka akan dibentuk lagi generasi baru dengan mengulangi langkah
4. Beberapa kriteria berhenti yang umum digunakan ialah:
  - Berhenti pada generasi tertentu.
  - Berhenti setelah dalam beberapa generasi berturut-turut didapatkan nilai *fitness* tertinggi/terendah (tergantung persoalan) tidak berubah.
  - Berhenti bila dalam  $n$  generasi berikutnya tidak diperoleh nilai *fitness* yang lebih tinggi/rendah.

### 2.7.3 Perbedaan Optimasi Biasa Dengan Algoritma Genetik

Secara umum, algoritma untuk menyelesaikan masalah pengoptimuman merupakan satu urutan langkah perhitungan secara asimptot yang terfokus. Banyak metode pengoptimuman klasik melahirkan satu ketentuan urutan perhitungan berdasarkan kecendrungan atau dengan kuasa tertinggi dari fungsi tujuan.



Gambar 2.9 Perbandingan Metode Konvensional dan Pendekatan Genetik.

Metode yang digunakan pada titik tunggal dalam ruang pencarian seperti digambarkan pada Gambar 2.9. Titik ini kemudian ditingkatkan sepanjang kedalaman dari penurunan atau kenaikan melalui iterasi secara berangsur-angsur. Pendekatan dari satu titik ke titik yang lain tidak menguntungkan atau membahayakan jika jatuh ketitik lokal optimum.

AG membentuk multi arah pencarian dengan memelihara populasi penyelesaian yang berupaya. Pendekatan populasi demi populasi bertujuan untuk menghindari hasil lokal optimum. Populasi berjalan dengan evolusi simulasi pada setiap generasi, penyelesaian yang relatif baik diproduksi kembali, dan penyelesaian relatif buruk dibuang atau diabaikan. AG menggunakan aturan peralihan probabilitas, dengan memilih kromosom yang

baik untuk diproduksi ulang dan membuang kromosom yang mati sehingga pencarian di ruang penyelidikan semakin meningkat (Gen dan Cheng 1997).

#### 2.7.4 Komponen-Komponen Utama Algoritma Genetika

##### A. Teknik Pengkodean

Teknik pengkodean adalah bagaimana mengkodekan gen dari kromosom. Satu gen biasanya merepresentasikan satu variabel. Gen dapat diwakili dalam bentuk : bilangan *real*, bit, daftar aturan, elemen permutasi, elemen program, atau representasi lainya yang dapat diimplementasikan untuk operator genetika. Teknik pengkodean ini tergantung pada pemecahan masalah yang dihadapi. Misalnya, pengkodean secara langsung bilangan *real* atau *integer*.

Oleh karena itu, kromosom dapat direpresentasikan sebagai :

- *String* bit : 11001, 10111
- *Array* bilangan *real* : 7.9, 9.7, -70
- Elemen permutasi : E5, E8, E11
- Daftar aturan : R1, R2, R3
- Elemen program : pemrograman genetika

##### B. Membangkitkan Populasi Awal

Pembentukan inisialisasi populasi adalah proses pembentukan sejumlah individu secara acak atau melalui prosedur tertentu. Ukuran suatu populasi tergantung pada masalah yang akan dan diselesaikan serta jenis operator genetika yang akan diterapkan di dalam algoritme genetika. Jika ukuran populasi telah

ditentukan, maka dilakukan *generate* inisialisasi populasi. Persyaratan dalam pemenuhan solusi harus diperhatikan dalam *generate* setiap individu.

Teknik untuk pembangkitan populasi awal ada beberapa metode, yaitu:

### 1. Random Generator

Random generator adalah suatu proses pembangkitan bilangan acak untuk nilai setiap gen sesuai dengan representasi kromosom yang digunakan. Jika menggunakan bilangan biner, maka salah satu contoh penggunaan random generator adalah menggunakan rumus berikut ini untuk pembangkitan populasi awal :

$$IPOP = \text{round} \{ \text{random}(N_{ipop}, N_{bits}) \}$$

Dengan IPOP merupakan gen yang nantinya berisi pembulatan dari bilangan acak yang dibangkitkan sebanyak  $N_{ipop}$  (jumlah populasi) dan  $x$   $N_{bits}$  (jumlah gen dalam tiap kromosom).

### 2. Pendekatan Tertentu

Teknik ini adalah memasukan nilai tertentu ke dalam gen dari populasi awal yang dibentuk.

### 3. Permutasi Gen

Salah satu teknik permutasi gen dalam pembangkitan populasi awal adalah penggunaan permutasi Josephus dalam permasalahan kombinatorial.

### C. Seleksi

Seleksi digunakan untuk memilih individu-individu mana saja yang akan dipilih untuk proses *crossover* dan mutasi. Selain itu, untuk mendapatkan calon induk yang baik. “Induk yang baik akan menghasilkan keturunan yang baik”. Semakin tinggi nilai *fitness* suatu individu semakin besar kemungkinannya untuk dipilih.

Langkah pertama yang dilakukan dalam seleksi ini adalah pencarian nilai *fitness*. Nilai *fitness* ini nantinya akan digunakan pada tahap-tahap seleksi berikutnya. Masing-masing individu dalam wadah seleksi akan menerima probabilitas reproduksi yang tergantung pada nilai objektif dirinya sendiri terhadap nilai objektif dari semua individu dalam wadah seleksi tersebut.

Ada beberapa metode seleksi, yaitu :

#### 1. Roda *Roulette*

Metode seleksi dengan mesin roulette adalah metode sederhana dan sering dikenal dengan nama *stochastic sampling with replacement*.

Cara kerja metode ini sebagai berikut :

- a. Hitung nilai *fitness* dari masing-masing individu.
- b. Hitung nilai total nilai *fitness* semua individu.
- c. Hitung probabilitas masing-masing individu.
- d. Dari probabilitas tersebut, hitung jatah masing-masing individu pada angka 1 sampai 200.

- e. Lakukan pembangkitan bilangan acak antara 1 sampai 200.
- f. Bila langkah 5 selesai, tentukan individu mana yang terpilih dalam proses diseleksi.

## 2. Turnamen

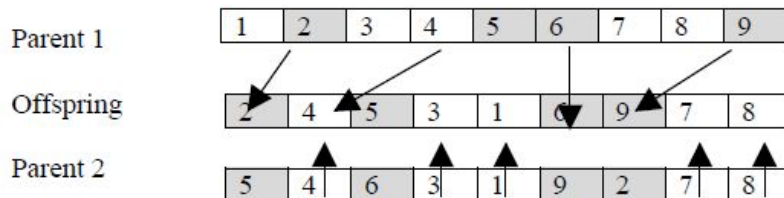
Pada metode seleksi dengan turnamen, ditentukan suatu nilai *tour* untuk individu-individu yang dipilih secara acak dari suatu populasi. Individu yang terbaik dalam kelompok ini akan diseleksi sebagai induk. Sedangkan parameter yang digunakan pada metode ini adalah ukuran *tour* yang bernilai antara 2 sampai N (jumlah individu dalam suatu populasi).

## D. Penyilangan

Kawin silang (*Crossover*) adalah operator dari algoritme genetika yang melibatkan dua induk untuk membentuk kromosom baru. *Crossover* menghasilkan titik baru dalam ruang pencarian yang siap diuji. Operasi ini tidak selalu dilakukan pada semua individu yang ada. Individu dipilih secara acak untuk dilakukan penyilangan dengan  $P_c$  antara 0,6 sampai 0,95. Jika *crossover* tidak dilakukan, maka nilai dari induk akan diturunkan kepada anak (keturunan).

Prinsip dari *crossover* adalah melakukan operasi genetika (pertukaran, aritmatika) pada gen-gen yang bersesuaian dari dua induk untuk menghasilkan individu baru. Para *crossover* dilakukan pada setiap individu dengan probabilitas *crossover* yang telah ditentukan.

*Crossover* membangkitkan offspring baru dengan mengganti sebagian informasi dari parents (Orang tua/induk). Operator crossover yang akan dijelaskan disini *order based crossover* dan *one-cut-point crossover*.

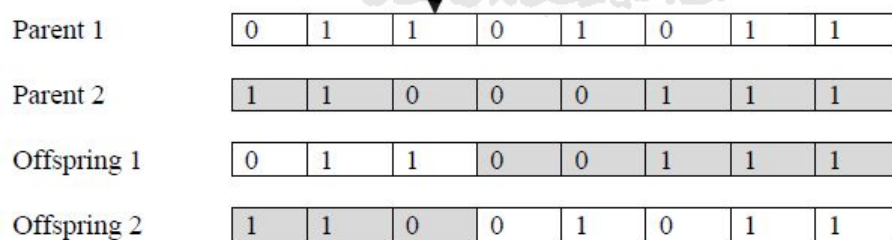


Gambar 2.10 Ilustrasi *Order Based Crossover*

### ***One cut point crossover***

Metode ini analog dengan implementasi binary. Algoritmanya adalah:

- Memilih site secara random dari parent pertama.
- Isi disebelah kanan site pada parent pertama ditukar dengan parent kedua untuk menghasilkan offspring (Gen dan Cheng, 1997).



Gambar 2.11 Ilustrasi *One Cut Point Crossover*

## **E. Pemutasian**

Operator ini berperan untuk menggantikan gen yang hilang dari populasi akibat proses seleksi yang memungkinkan munculnya kembali gen yang tidak



muncul pada inialisasi populasi. Kromosom anak dimulai dengan menambahkan nilai random yang sangat kecil dengan probabilitas yang rendah. Peluang mutasi ( $P_m$ ) didefinisikan sebagai persentase dari jumlah total gen pada populasi yang mengalami mutasi. Peluang mutasi mengendalikan banyaknya gen baru yang akan dimunculkan untuk dievaluasi. Jika peluang mutasi terlalu kecil, banyak gen yang mungkin berguna tidak pernah dievaluasi. Tetapi jika peluang mutasi terlalu besar, maka akan terlalu banyak gangguan acak, sehingga anak akan kehilangan kemiripan dari induknya dan algoritme kehilangan kemampuan untuk belajar dan melakukan pencarian. Ada yang berpendapat bahwa laju mutasi sebesar  $1/n$  akan memberikan hasil cukup baik. Ada juga yang berpendapat bahwa laju mutasi tidak tergantung pada ukuran populasi. Kromosom hasil mutasi harus diperiksa, apakah masih berada pada domain solusi, dan bila perlu dapat dilakukan perbaikan.

*Shift mutation* dilakukan dengan cara:

- Menentukan dua site secara random.
- Site pertama ditempatkan ke site kedua, untuk selanjutnya digeser ke kiri seperti terlihat pada gambar berikut (Gen dan Cheng, 1997).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		3	4	5	6	7	8	9

Gambar 2.12 Ilustrasi *Shift Mutation*

## **2.8 BIAYA**

### **2.8.1 Pengertian Biaya**

Pada pelaksanaan pembangunan mulai dari ide, studi kelayakan, perencanaan, pelaksanaan pada operasi dan pemeliharaan membutuhkan berbagai macam biaya. Biaya-biaya tersebut dikeluarkan dalam satuan nilai rupiah tertentu sesuai dengan tingkat kebutuhannya. Untuk memperlancar semua kegiatan di atas dan mencapai tujuan yang diharapkan.

Dalam arti luas, biaya dapat didefinisikan sebagai sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang, yang telah terjadi atau yang kemungkinan akan terjadi untuk tujuan tertentu.

Unsur – unsur pokok dalam pengertian di atas meliputi :

1. Biaya merupakan pengorbanan sumber ekonomi
2. Diukur dalam satuan uang
3. Yang telah terjadi atau yang potensial akan terjadi
4. Pengorbanan tersebut untuk tujuan tertentu

### **2.8.2 Pengelolaan Biaya Menurut Hubungan Biaya Dengan yang Dibiayai**

Dalam akuntansi biaya, biaya digolongkan dengan berbagai macam cara. Umumnya penggolongan biaya ini ditentukan atas dasar tujuan yang hendak dicapai dengan penggolongan tersebut.

Pada permasalahan ini, biaya digolongkan menurut hubungan biaya dengan sesuatu yang dimiliki. Sesuatu yang dibiayai adalah proyek pemasangan pipa air minum. Biaya dapat dikelompokkan menjadi dua golongan :

1. Biaya Langsung (*direct cost*)
2. Biaya Tidak Langsung (*indirect cost*)

1. Biaya Langsung

Biaya langsung adalah biaya yang terjadi, dan penyebab satu-satunya adalah karena adanya sesuatu yang dibiayai. Biaya ini merupakan biaya yang diperlukan untuk membiayai suatu proyek pemasangan air minum, sehingga dengan biaya yang diperlukan nantinya akan memperlancar penyelesaian proyek dengan dasar biaya yang sesuai dengan hasil yang didapatkan.

Biaya pemasangan langsung terdiri dari :

- a. Biaya tenaga kerja yang bekerja dalam penyelesaian proyek.
- b. Biaya bahan baku atau material yang dibutuhkan ( pipa, aksesoris ).
- c. Biaya peralatan.
- d. Biaya kerja lembur.

2. Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung adalah biaya yang terjadi tidak hanya disebabkan oleh sesuatu yang dibiayai.

Biaya tidak langsung terdiri dari :

- a. Biaya pengawasan
- b. Administrasi
- c. Modal
- d. Biaya pinalti apabila terjadi keterlambatan

### **2.8.3 Penentuan Biaya Pemasangan Jaringan Pipa Distribusi**

Dalam arti luas biaya dapat didefinisikan sebagai sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang, yang telah terjadi atau yang akan terjadi untuk tujuan tertentu. Biaya dalam pemasangan pipa meliputi biaya untuk pemasangan pipa, biaya peralatan yang digunakan untuk memperlancar pekerjaan pemasangan dan biaya sewa peralatan pada pekerjaan pembongkaran aspal serta biaya tenaga kerja.

Pemasangan pipa dilakukan melalui beberapa tahapan, antara lain tahap pembongkaran, penggalian, pemasangan, pengurugan dan tahap pasang kembali. Perhitungan biaya dilakukan dengan mengalikan panjang pipa yang terpakai dengan harga pipa kemudian dijumlahkan dengan biaya galian, urug, pembuangan bekas galian, pemasangan pipa sesuai dengan kondisi jalan yang dilalui.

### **2.8.4 Debit dan Kapasitas Air**

Untuk merencanakan pusat air minum, terlebih dahulu harus ditentukan daerah dan jumlah pelanggan yang akan dilayani. Selain itu harus ditentukan pula jumlah air yang disediakan dan jumlah air yang disadap ( debit air ) dari sumber air. Untuk menentukan debit air yang akan diambil dari sumber, perlu

diperhitungkan kerugian-kerugian yang mungkin terjadi karena kebocoran pada jaringan pipa pada saat air dijernihkan di reservoir dan pada waktu didistribusikan ke konsumen.

Jumlah debit air yang akan diambil dari sumber dapat dihitung dengan cara :

1. Konsumsi harian maksimum per orang
2. Konsumsi harian maksimum

Jumlah konsumsi harian maksimum keseluruhan dapat dihitung sebagai berikut:  
 konsumsi harian maksimum = konsumsi harian max per orang x jumlah konsumen.

Tabel 2.3 Jumlah Kebutuhan Air Menurut Kelompok Jumlah Penduduk

<b>Jumlah Penduduk ( 10.000 orang )</b>	<b>Kebutuhan air ( lt/orang per hari )</b>
>1	150 – 300
1-5	200 – 350
5-10	250 – 400
10-30	300 – 450
30-100	350 – 500
>100	> 400

*Sumber : PDAM Kab. Sleman*

### 3. Konsumsi harian rata-rata

Angka ini akan diperlukan untuk menghitung konsumsi energi listrik serta biaya operasi dan pemeliharaan. Konsumsi harian rata-rata = konsumsi harian maks  $\times 0,7$  (untuk kota kecil atau sedang). Konsumsi harian rata-rata = konsumsi harian maks  $\times 0,8$  (untuk kota besar atau industri).



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 LANGKAH PENELITIAN**

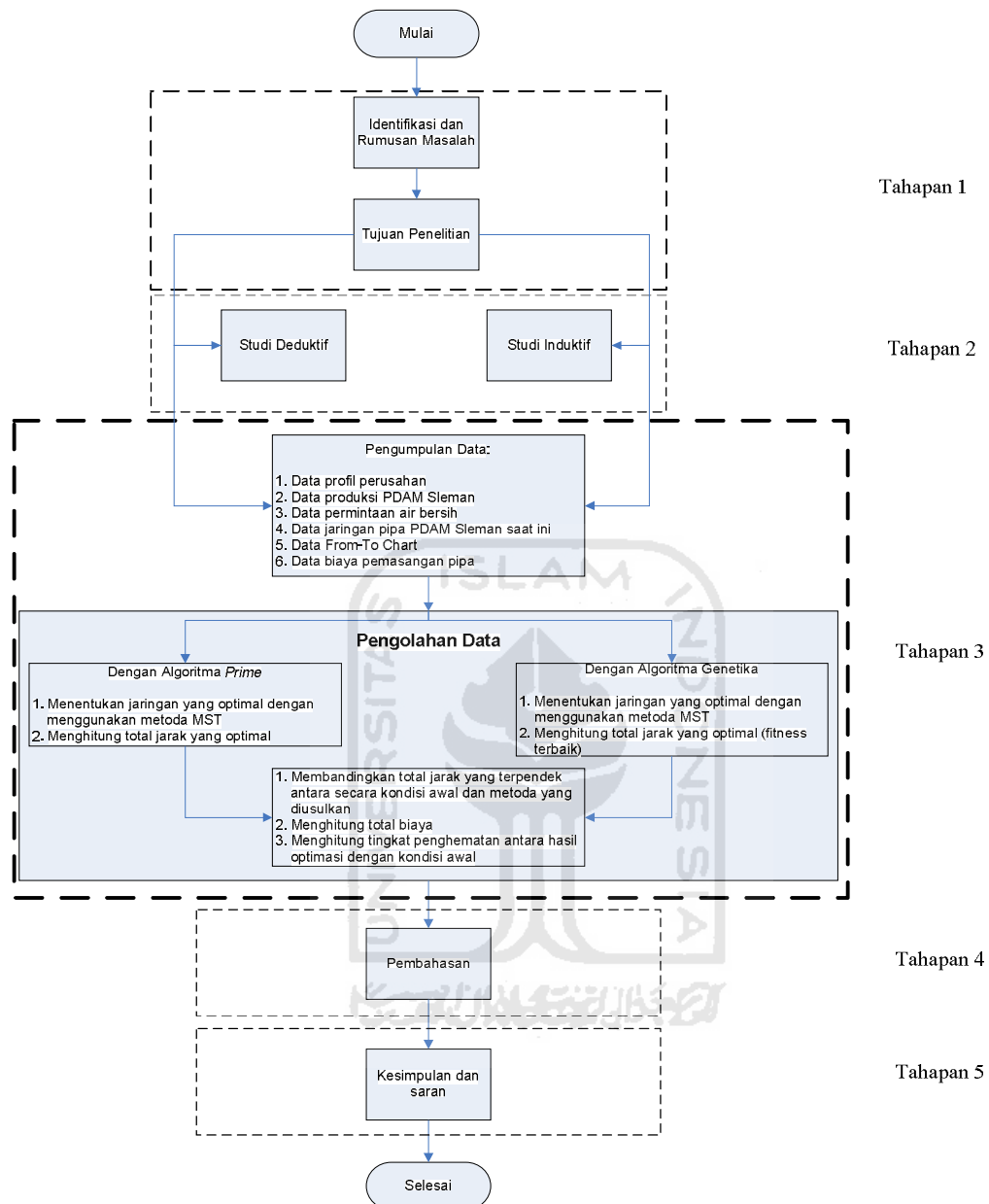
Langkah penelitian yang dilakukan melibatkan 5 (lima) tahapan, yaitu:

1. Formulasi masalah
2. Kajian literatur
3. Pengumpulan dan pengolahan data
4. Pembahasan
5. Kesimpulan dan saran

Dalam melakukan studi penelitian, diperlukan tahapan-tahapan penelitian yang telah disusun secara baik untuk mempermudah penyusunan laporan penelitian.

Adapun langkah penelitian dapat digambarkan seperti Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 FORMULASI MASALAH

Formulasi masalah menjelaskan permasalahan yang timbul dan kemudian akan pecahkan dengan menggunakan metoda-metoda yang relevan dengan kajian keteknikindustrian. Formulasi masalah juga telah ditetapkan tujuan dari penelitian



serta batasan-batasan masalah yang dihadapi. Hasil dari tahapan ini dapat dilihat pada BAB I pada *subbab* 1.2 sampai dengan *subbab* 1.4.

#### a. Obyek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PDAM Kabupaten Sleman. Sedangkan obyek yang dilakukan adalah sistem jaringan perpipaan yang ada di PDAM tersebut.

#### b. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang diperlukan menggunakan metode sebagai berikut:

##### 1. Literatur

Menggunakan berbagai macam literatur pada permasalahan *Minimum Spanning Tree* dengan menggunakan Algoritma *Prim* dan menggunakan Algoritma Genetika. Data yang diperoleh adalah PDAM Sleman mengenai jaringan aliran pipa air bersih.

##### 2. Observasi

Mengadakan observasi dan mengajukan pertanyaan-pertanyaan kepada nara-sumber yang mengetahui tentang hal yang berhubungan dengan permasalahan.

### 3.3 KAJIAN LITERATUR

Ada 2 macam kajian literatur yang dilakukan, yaitu studi induktif dan studi deduktif. Studi deduktif adalah studi pustaka yang bermakna untuk menjaga keaslian penelitian dan bermanfaat bagi peneliti untuk menjadi kekinian topik

penelitian. Kajian ini diperoleh dari jurnal, proseding, seminar, majalah dan lain sebagainya. Pada studi induktif, dapat diketahui perkembangan, batas-batas dan kekurangan penelitian terdahulu. Disamping itu dapat diketahui perkembangan metoda-metoda mutakhir yang pernah dilakukan peneliti lain. Studi deduktif membangun konseptual yang mana fenomena-fenomena atau parameter-parameter yang relevan disistematika, diklarifikasikan dan dihubung-hubungkan sehingga bersifat umum. Kajian deduktif merupakan landasan teori yang digunakan sebagai acuan untuk memecahkan masalah penelitian.

### **3.4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

#### **3.4.1 Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan adalah :

1. Data profil perusahaan
2. Data permintaan air bersih

Meliputi data-data penjualan air di PDAM yang merupakan banyaknya air yang dibutuhkan pelanggan (permintaan).

3. Data jaringan pipa distribusi

Hal ini meliputi rute yang dilalui oleh jaringan tersebut yang menghubungkan reservoir dan semua node ( simpul distribusi).

4. Data From-To Chart

5. Data biaya pemasangan pipa.

Meliputi biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan pipa distribusi per m<sup>2</sup>.

**Variabel Ukur :**

### 1. Model Matematis

$$\text{Min } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{ij} \quad \dots \text{ (iii.1)}$$

$D_{ij}$  = jarak dari node ke- $i$  pada node ke- $j$

### 2. Perhitungan Total Biaya

$TC$  = jarak minimum x (komponen biaya)

Dimana, komponen biaya terdiri dari :

- a. 1 m pipa PVC dia 400 mm – 12,5 bar
- b. 0,35 aksesoris dari harga satuan pipa PVC
- c. 1 m galian
- d. 1 m urugan tanah dengan pemadatan
- e. 1 m pemasangan pipa
- d. 1 m test pipa
- e. PPN 10 %
- f. Jasa perusahaan 10 %

### 3. Persentase Tingkat Penghematan

$$\frac{(\text{Total Bi. Kondisi Jaringan Awal} - \text{Total Bi. yang Diusulkan})}{\text{Total Bi. Kondisi Jaringan Awal}} \times 100\% \quad \dots \text{ (iii.2)}$$

## 3.4.2 Pengolahan Data

### 3.4.2.1 Algoritma *Prim*

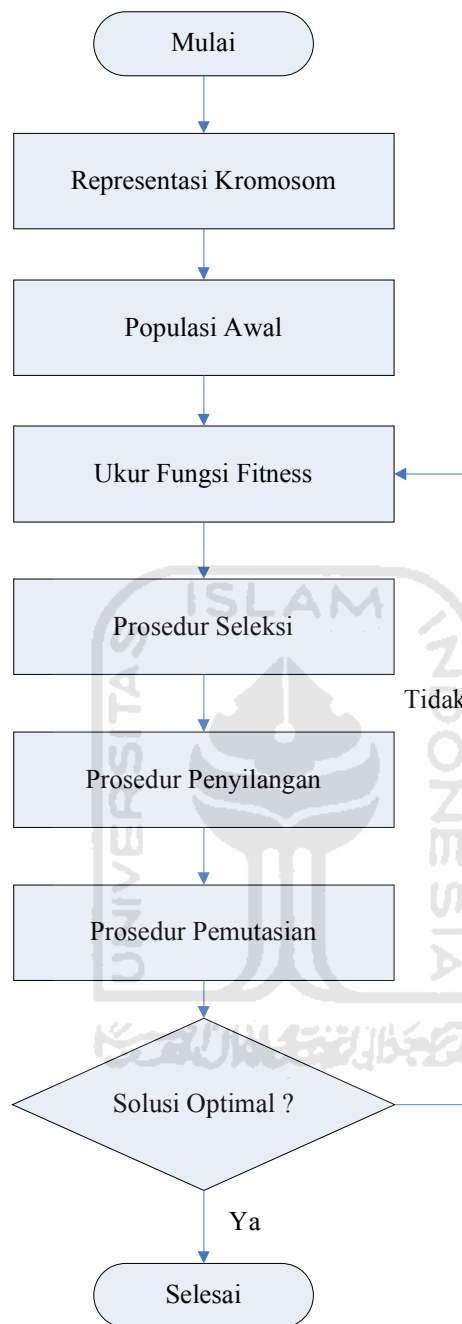
Metode lain yang digunakan untuk mencari pohon rentang minimum yang ditemukan oleh *Robert C. Prim*. Berbeda dengan algoritma *Kruskal* yang dimulai dengan graf tanpa sisi, algoritma *Prim* dimulai dari graf yang kosong sama sekali. Untuk mencari pohon rentang minimum  $T$  dari graf  $G$  dengan algoritma *prim*, mula-mula dipilih satu titik sembarang (misal  $v_1$ ). Kemudian ditambahkan satu sisi yang berhubungan dengan  $v_1$  dengan bobot yang paling minimum (misal  $e_1$ ) dan titik ujung lainnya ke  $T$  sehingga  $T$  terdiri dari sebuah garis  $e_1$  dan 2 buah titik-titik ujung garis  $e_1$  (salah satunya adalah  $v_1$ ).

Algoritma *Prim* mungkin menghasilkan pohon rentang yang berbeda dengan pohon rentang yang dihasilkan melalui algoritma *Kruskal*. Tetapi pohon rentang yang dihasilkan oleh kedua algoritma tersebut merupakan pohon rentang minimum yang mempunyai jumlah bobot yang sama (Siswanto, 2007).

### 3.4.2.2 Algoritma Genetika

Algoritma Genetika mempunyai prosedur dengan mengadaptasi proses seleksi alam. Prosedur Algoritma Genetik diawali dari sebuah solusi dengan pembentukan populasi secara acak. Setiap individu dalam populasi disebut kromosom, yang menggambarkan suatu solusi. Kromosom-kromosom ini melakukan regenerasi melalui urutan iterasi. Selama regenerasi kromosom dievaluasi menggunakan ukuran yang disebut nilai kekuatan (*fitness value*)

(Goldberg, 1989; Davis, 1991; Gen dan Cheng, 1997). Untuk membentuk generasi selanjutnya, kromosom baru yang disebut anak kromosom (*offspring*) diperoleh dengan cara mengawinkan dua kromosom dengan cara persilangan (*crossover*) dan memodifikasi melalui mutasi (*mutation*). Generasi baru yang terbentuk dipilih mengikuti nilai kekuatan atau tetap mempertahankan populasi. Kromosom disebut layak untuk diterima menjadi populasi optimal jika kromosom tersebut kuat dan memiliki peluang yang tinggi. Setelah beberapa generasi maka algoritma terpusat pada kromosom terbaik yang dapat menggambarkan suatu populasi yang optimal. Aspek penting dari Algoritma Genetik adalah inisialisasi awal populasi, representasi kromosom, persilangan, mutasi, seleksi, penggantian, terminasi dan fungsi evaluasi. Algoritma Genetik telah terbukti sebagai alat optimasi yang efektif yang dapat memberikan solusi terbaik atau mendekati optimal yang efisien. Selanjutnya Algoritma Genetik tidak memerlukan asumsi dalam menyelesaikan fungsi obyektif seperti layaknya teknik optimasi lain.



Gambar 3.2 Langkah-langkah Pemrosesan Algoritma Genetika

### 3.4.2.3 Nilai Evaluasi dan Kekuatan (*Evaluation and Fitness Value*)

Nilai evaluasi dalam penelitian ini adalah total jarak persamaan (iii.1). Sedangkan nilai *fitness* dalam pengukuran minimasi adalah menggunakan persamaan:

$$fitness = \frac{1}{Eval(fx)} = \frac{1}{Total\_jarak} \quad \dots(iii.3)$$

Fungsi ini dipresentasikan sebagai kromosom dimana didalamnya merupakan kumpulan dari gen. Berdasarkan kepada nilai kekuatan (*fitness*), individu-individu dipilih sebagai kromosom induk untuk memproduksi kromosom anak pada generasi selanjutnya.

### 3.4.2.4 Representasi Kromosom

Langkah selanjutnya adalah mendefinisikan variabel untuk dijadikan kromosom dan kemudian dikodekan menjadi string biner. Kemudian akan dihitung panjang kromosom per masing-masing kromosom dengan rumus  $L = 2^{\log_2(b-a)} * 10^n + 1$  (Kussumadewi, 2006). Kemudian ditotal seluruh panjang kromosom yang ada.

### 3.4.2.5 Bangkitkan Populasi Awal

Inisialisasi berhubungan dengan kemungkinan pembentukan solusi persoalan, Populasi dapat dibentuk secara acak atau heuristik. Pada penelitian ini populasi awal dibentuk secara acak. Jumlah populasi awal akan divariasikan untuk mengetahui pengaruh populasi terhadap nilai kekuatan yang dihasilkan.

Kemudian bangkitkan bilangan bilangan random, untuk 100 populasi yang dihasilkan.

#### **3.4.2.6 Prosedur Seleksi**

Langkah selanjutnya melakukan proses seleksi. Pada kebanyakan kasus digunakan pendekatan roda rolet (*roulette wheel approach*).

#### **3.4.2.7 Prosedur Penyilangan**

Dalam prosedur penyilangan digunakan probabilitas penyilangan ( $p_c$ ) yaitu 0,85 yang mengindikasikan bahwa 85% kromosom akan dilakukan penyilangan.

#### **3.4.2.8 Prosedur Pemutasian**

Dalam prosedur pemutasian digunakan probabilitas pemutasian ( $p_m$ ) yaitu 0,01 yang mengindikasikan bahwa 1% dari total bit pada tiap kromosom dilakukan pemutasian.

### **3.5 PEMBAHASAN**

Setelah model tersebut dicoba dengan contoh numerik, langkah selanjutnya adalah permasalahan tersebut akan dibahas pada BAB V. Dalam pembahasan tersebut akan disinggung mengenai hasil yang telah diperoleh dari BAB IV.



### 3.6 KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan mengenai proses pemodelan dan hasil-hasil yang diperoleh dalam penelitian diberikan pada bagian ini. Rekomendasi-rekomendasi yang terkait dengan pengembangan model selanjutnya juga diberikan.



## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

#### **4.1 PENGUMPULAN DATA**

##### **4.1.1 Sejarah Berdirinya Perusahaan**

Dalam upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat khususnya dalam bidang pemenuhan kebutuhan air bersih, pemerintah telah membangun system air bersih perpipaan baik di wilayah Perkotaan maupun di Kabupaten. Untuk menjamin kelancaran operasional system air bersih yang telah dibangun, pemerintah tahun 1981 membentuk badan pengelola yakni Badan Pengelola Air Minum (BPAM) yang selanjutnya statusnya berubah menjadi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) pada tahun 1992.

Walaupun telah berusia lebih dari dua dasa warsa, namun sampai saat ini PDAM Sleman belum dapat berfungsi dengan baik sebagaimana layaknya sebuah perusahaan yang menguntungkan, karena adanya faktor teknik maupun non teknik yang sangat berpengaruh terhadap kegiatan operasionalnya.

Tingginya angka kehilangan air yang mempengaruhi tingginya biaya operasional, sulitnya mendapat air baku yang besar serta penentuan harga jual air yang tidak mudah, maka kualitas pelayanan terhadap masyarakat menjadi kurang maksimal.

Sebaliknya apabila penentuan harga jual air disesuaikan dengan nilai perhitungan yang semestinya, justru akan menjadi *boomerang* bagi perusahaan karena air yang tidak laku dijual, sebab sumber air alternative di wilayah kabupaten Sleman yang berupa sumur gali masih relative mudah dibuat.

Dengan demikian maka untuk mensiasati hal tersebut alternatifnya adalah memperkecil segala permasalahan dan kendala yang ada, baik teknis maupun non teknis sehingga perusahaan dapat dioperasikan dengan biaya murah namun kualitas pelayanannya tetap dipertahankan.

Disamping banyaknya permasalahan, disisi lain wilayah kabupaten Sleman terdapat beberapa potensi seperti sumber air, pangsa pasar, topografi wilayah dan lain sebagainya, hal ini merupakan peluang yang sangat baik, apabila dapat dimanfaatkan secara maksimal akan dapat menguntungkan semua pihak.

#### **4.1.2 Dasar Pendirian Perusahaan**

PDAM didirikan sebagai BUMD berdasarkan Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1962 tentang Perusahaan Daerah, Pada tahun 1974 Departemen Pekerjaan Umum membangun prasarana dan sarana infrastruktur bagi penyediaan air bersih di Sleman, setelah sarana dan prasarana telah selesai dibangun, maka pada tahun 1981 dibentuk Badan Pengelola Air Minum (BPAM), berdasarkan SK. Menteri PU Nomor : 124/KPTS/K/II/1981 tanggal 14 Desember 1981. Setelah beroperasi selama 11 tahun sebagai Badan Pengelola Air Minum, maka melalui Perda Kabupaten Dati II Sleman Nomor 5 Tahun 1990 beralih menjadi Perusahaan Daerah Air Minum dan resmi beroperasi sejak tanggal 2 November 1992 setelah

dilaksanakan penyerahan pengelolaan prasarana dan sarana penyediaan Air Bersih dari Departemen PU Kepada Pemerintah daerah Tingkat II Sleman melalui Gubernur Kepada Daerah Istimewa Yogyakarta.

#### **4.1.3 Visi, Misi dan Tujuan Perusahaan**

Dalam rangka pelaksanaan tugas pelayanan yaitu mencukupi kebutuhan air minum masyarakat di Kabupaten Sleman dengan segala perkembangannya, PDAM Kabupaten Sleman mempunyai Visi, Misi, dan Tujuan Perusahaan sebagai berikut:

##### **4.1.3.1 Visi Perusahaan**

Menjadi perusahaan yang sehat didukung SDM yang professional sehingga dapat melayani kebutuhan air minum masyarakat secara layak agar hidup sehat sejahtera dalam lingkungan damai, aman, dan nyaman.

##### **4.1.3.2 Misi Perusahaan**

1. Melayani kebutuhan air minum masyarakat
2. Mengoperasikan perusahaan dengan basic ekonomi perusahaan
3. Sebagai BUMD di Daerah Otonomi Kabupaten Sleman.

##### **4.1.3.3 Tujuan Perusahaan**

1. Masyarakat di Kabupaten Sleman tercukupi air minum/bersih secara layak.
2. Mengembangkan Visi, Misi dan Tujuan agar perusahaan dapat beroperasi dengan baik.
3. Mengelola potensi sumber daya alam dengan rekayasa dan pengembangan teknologi air minuman.

4. Bermitra dengan masyarakat.
5. Meningkatkan kemampuan SDM agar menjadi pegawai perusahaan yang potensial melalui program pembelajaran dan pengembangan SDM secara komprehensif.
6. Agar tujuan yang baik ini dapat dipahami oleh segenap insan / keluarga besar PDAM dan jajaran Pemerintahan Daerah sebagai pemilik serta dapat mendukung pencapaian sasaran pelaksanaan tugas operasional sesuai Visi, Misi dan Tujuan tersebut kita angkat dengan pernyataan, yaitu : lima sasaran, tiga misi untuk mencapai satu visi dalam menuju PDAM Kabupaten Sleman Tahun 2020 sebagai arah dan tujuan utama pelaksanaan tugas.

Dalam menjalankan fungsi gandanya sebagai pelayanan masyarakat dan meraih profit sesuai tugas ekonomi perusahaan, fenomena yang muncul adalah :

“Bagaimana melindungi konsumen untuk memperoleh pelayanan yang layak dan adil dengan harga terjangkau sekaligus dapat menjamin kelangsungan hidup yang wajar bagi PDAM dalam hal ini menyangkut kemampuan dapat menutup biaya operasi dan pemeliharaan, mengatasi inflasi, pembiayaan investasi, penelitian dan pengembangan serta *profit margin*”.

#### **4.1.4 Profil Lingkungan Perusahaan**

##### **4.1.4.1 Kondisi Umum dan Peran PDAM**

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Sleman dibentuk berdasarkan Peraturan Daerah Tingkat II Kabupaten Sleman Nomor 5 Tahun 1990 tentang pendirian PDAM Kabupaten Dati II Sleman, dan resmi beroperasi sejak

tanggal 2 November 1992 setelah dilaksanakan penyerahan Pengelolaan Prasarana dan Sarana Penyediaan Air Bersih dari Departemen PU Kepada Pemerintah Daerah Tingkat II Sleman melalui Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta.

#### 4.1.4.2 Kondisi Teknis

Pada saat ini PDAM Kabupaten Sleman mengelola dan mengoperasikan 12 (dua belas) sistem yang terbagi menjadi 4 (Empat) Cabang Wilayah Operasional yaitu produksi, transmisi, distribusi dan pelayanan.

##### 1. Cabang Produksi meliputi :

1. Sumber air baku : - 2 unit mata air  
- 19 unit sumur bor
2. Kapasitas produksi : - Terpasang 257 liter/detik  
- Produksi 206 liter/detik
3. Sistem produksi : - Sumur Bor 165 Lt/dt (0,55%)  
- Mata Air 99 Lt/dt (0,33%)
4. Jam rata-rata operasi produksi : - Sumur Bor 18 Jam  
- Mata Air 24 Jam
5. Jumlah Sistem : - 12 Unit Sistem

##### B. Cabang Tranmisi dan Distribusi meliputi :

1. Panjang pipa distribusi : 701,224 Km
2. Kehilangan air tahun 2003/Des : 29,87%
3. Sistem distribusi : - Pompa 58,56 %

- Gravitasi 41,44 %

4. Jam rata-rata operasi distribusi : - Sumur Bor 16 Jam

- Mata Air 24 Jam

C. Cabang Pelayanan meliputi :

Jumlah sambungan = 18.887 Unit, dengan perincian :

1. SR	: 18.291 unit
2. HU	: 180 unit
3. Sosial	: 143 unit
4. Niaga	: 107 unit
5. Instansi	: 165 unit
6. Industri	: 1 unit

#### 4.1.5 Tarif Air Minum

##### 4.1.5.1 Pengertian Tarif Air Minum

Berdasarkan Peraturan Menteri Dalam Negeri nomor : 690-536 tahun 1998 pasal 1 butir H pengertian tarif air minum adalah :

*“Harga air minum setiap m<sup>3</sup> yang harus dibayar oleh pelanggan, sesuai dengan klasifikasi konsumsi air atas pemakaian”*

Penyediaan Air Bersih PDAM mempunyai fungsi :

1. Sosial (pelayanan masyarakat)
2. Ekonomi perusahaan (badan usaha milik daerah)

Atas dasar fungsi tersebut di atas perhitungan Tarif Air PDAM menganut pola :

1. Kemampuan masyarakat.
2. Perhitungan yang realistis untuk menutup biaya operasional dan pemeliharaan sarana
3. Penghematan air bersih
4. Tarif progresif
5. Klasifikasi golongan pelanggan untuk subsidi silang

$$\begin{aligned}
 1 \text{ m}^3 \text{ (meter kubik) itu} &= 1000 \text{ liter} \\
 &= 5 \text{ drum (isi 200 liter)} \\
 &= 25 \text{ pikul (2 x 20 liter)}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.5.2 Tarif Air Minum yang Berlaku

Tarif Air minum yang berlaku pada saat ini ditetapkan oleh Keputusan Bupati Kepala Daerah Sleman Nomor : 02/Kep.KDH/2003 tentang Tarif Air Minum dan Tarif jasa pada PDAM Kabupaten Sleman.

Harga pokok produksi (HPP) ditetapkan sebesar Rp.1000,- per m<sup>3</sup> yang diberlakukan bertahap mulai Rp.700 per M<sup>3</sup> pada bulan Maret 2003 sampai dengan Rp.1000,- per m<sup>3</sup> pada bulan Desember 2003 dengan klasifikasi golongan pelanggan dan progresif Tarif mengikuti Peraturan Menteri Dalam Negeri nomor 2 tahun 1988.

Sehubungan saat ini PDAM dituntut kemandiriannya tanpa bantuan baik dari Pemerintah Pusat maupun Pemerintah Daerah, maka dalam perhitungan tarif air minum untuk menutup seluruh beban-beban biaya operasional, perhitungan tarifnya menganut system minimal "*full cost recovery*"



Dimana tarif *full cost recovery* ini pendapatan dari penjualan air harus dapat menutup beban-beban biaya : biaya operasional dan pemeliharaan, biaya depresiasi dan beban bunga maupun hutang.

Dengan perhitungan "*full cost recovery*", tarif pada saat ini Rp. 1.290,-/m<sup>3</sup>. Namun melihat kemampuan masyarakat tarif berlaku baru dapat untuk menutup biaya operasional dan biaya penyusutan sehingga tarif yang diberlakukan sebesar Rp.1.000,-/m<sup>3</sup>.

#### **4.1.6 Manajemen Pengelolaan**

##### **4.1.6.1 Kelembagaan PDAM**

Dasar pengaturan kelembagaan PDAM kabupaten Sleman adalah undang-undang nomor 22 tahun 1999 tentang Pemerintah Daerah :

1. Undang-undang Nomor 25 Tahun 1999 tentang Perimbangan Keuangan Daerah.
2. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 7 Tahun 1998 tentang Kepengurusan Perusahaan Daerah Air Minum.
3. Intruksi Menteri Dalam Negeri Nomor 25 Tahun 1999 tentang Petunjuk Pelaksanaan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 7 Tahun 1998 tentang Kepengurusan Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Sleman.
4. Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 5 Tahun 1990 tentang Pendirian Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Sleman.

5. Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 7 Tahun 1996 tentang ketentuan Pokok Badan Pengawas, Direksi, dan Kepegawaian Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Sleman.

Kelembagaan PDAM Kabupaten Sleman mencakup unsur-unsur antara lain:

- |                        |                                          |
|------------------------|------------------------------------------|
| 1. Pemilik             | : Pemerintah Daerah Kabupaten Sleman     |
| 2. Unsur pengawas umum | : Badan Pengawas                         |
| 3. Unsur pimpinan      | : - Direksi PDAM                         |
|                        | - 1 (satu) Direktur Utama                |
|                        | - 1 (satu) Direktur Bidang (umum/teknik) |
| 4. Unsur pelaksanaan   | : 1. Kepala Pengawas Intern              |
|                        | 2. Kepala Bagian                         |
|                        | 3. Kepala Cabang                         |
|                        | 4. Kepala Seksi                          |
|                        | 5. Pelaksana                             |

*(Struktur Organisasi Terlampir)*

#### **4.6.2 Sumber Daya Manusia (SDM)**

Untuk mengoperasikan sarana penyediaan air bersih serta pengembangan pelayanan sesuai tuntutan perkembangan pembangunan serta peluang yang ada, Sumber Daya Manusia (SDM) memerlukan perhatian yang serius.

Dengan sumber Daya Manusia yang mantap PDAM dapat menjalankan tugas-tugasnya secara professional dan dapat mengikuti seluruh perkembangan

yang ada. Pada saat ini pegawai PDAM Kabupaten Sleman, berjumlah 185 orang terdiri :

- 2 pegawai PNS yang diperkerjakan
- 183 pegawai perusahaan

Dengan kuantitas yang cukup, kiranya kualitas pegawai harus segera diadakan peningkatan wawasan, kemampuan dan ketrampilan melalui pelatihan-pelatihan pegawai pengelola sarana air bersih PDAM.

#### **4.1.7 Tantangan, Kendala dan Peluang**

Sebagai Instansi Pemerintah di Kabupaten Sleman yang bertanggung jawab mengelola, mengoperasikan sarana Penyediaan Air Bersih serta melayani kebutuhan air bersih masyarakat, PDAM Kabupaten Sleman mempunyai Tantangan, Kendala dan Peluang antara lain :

##### **a. Tantangan meliputi :**

1. PDAM Kabupaten Sleman dengan segala keterbatasan yang ada dituntut kemampuannya untuk dapat mendukung sektor penyediaan air bersih sesuai perkembangan pembangunan.
2. Dengan perkembangan penduduk yang cukup tinggi terutama di daerah perkotaan serta dengan perkembangan ekonomi yang cukup pesat, mengharuskan dikembang-kannya prasarana penduduk yaitu penyediaan air bersih.

3. Cakupan pelayanan masyarakat yang menikmati air bersih masih rendah karena sistem perpipaan belum menjangkau daerah-daerah yang memerlukan pelayanan maupun daerah-daerah potensial.
4. Pesatnya perkembangan sektor perumahan dan pemukiman di Kabupaten Sleman yang memerlukan dukungan penyediaan air bersih.
5. Tumbuhnya kawasan-kawasan andalan dengan pertumbuhan ekonomi yang sangat pesat pula, yang kiranya juga memerlukan dukungan sektor penyediaan air bersih, sedangkan jaringan PDAM belum sampai di daerah tersebut.

Misalnya : kawasan Kecamatan Depok, sektor jalan Kaliurang, sekitar jalan Magelang dan Pusat Pemerintahan Beran, kawasan utara Monumen Yogya Kembali, dll.

**b. Kendala meliputi :**

1. Banyaknya unit-unit operasional PDAM yang semuanya memakai pemompaan mengakibatkan tingginya biaya operasional pemeliharaan.
2. Tarif air minum berlaku masih relatif rendah dibandingkan dengan tarif rata-rata operasional yaitu Rp.1.000/m<sup>3</sup>.
3. Terbatasnya kapasitas produksi air bersih yang dioperasikan oleh PDAM Sleman selama tingkat kehilangan air masih relatif tinggi.
4. Semakin kurangnya bantuan atau pendanaan investasi dari pemerintah untuk mengembangkan sistem penyediaan air bersih, sehingga mengakibatkan program pengembangan sarana tertunda karena PDAM belum mampu membiayai dan hal ini perlu dicarikan jalan pemecahannya.

5. Keterbatasan Sumber Daya Manusia yang mampu mengelola Perusahaan secara professional.

**c. Peluang meliputi :**

1. Banyaknya (melimpah) sumber daya air yang ada di Kabupaten Sleman yang dapat dimanfaatkan.
2. Meningkatnya jumlah pelanggan baru PDAM baik yang berada di pemukiman baru dan pemukiman lama, karena semakin meningkatnya kesadaran pentingnya air bersih bagi masyarakat.
3. Tumbuhnya kawasan-kawasan andalan dengan pertumbuhan ekonomi yang sanga cepat dan tingkat hunian andalan antara lain rumah kost, hotel dan lain-lain, kiranya memerlukan dukungan sektor air bersih.
4. Kabupaten Sleman sebagai pendukung utama perkembangan di pelbagai sektor untuk Propinsi D.I.Yogyakarta baik sektor pariwisata, pendidikan dan kota tujuan wisata budaya, dimana Kotamadya Yogyakarta sebagai ibukota Propinsi lahan untuk pendukung percepatan pembangunan tersebut diatas sangat terbatas.
5. Ditetapkan Kabupaten Sleman sebagai Daerah percontohan Otonomi Daerah sesuai dengan peraturan pemerintah No.8 Tahun 1995.

#### **4.1.8 Program Pengembangan Pelayanan**

##### **4.1.8.1 Kebijakan Pengembangan Pelayanan**

PDAM Kabupaten Sleman sebagai Instansi yang membantu Pemerintah Sleman, mempunyai sasaran dan strategi pengembangan pelayanan air bersih sebagai berikut :

1. Mendukung sektor prasarana dan sarana dasar (PSD) pemukiman di Kabupaten Sleman sejalan dengan kebijakan / arah pembangunan daerah.
2. Optimalisasi kapasitas terpasang dan pembenahan system operasional PDAM baik teknis maupun manajemen.
3. Penurunan tingkat kehilangan air.
4. Pemanfaatan potensi sumber daya dan peluang yang ada di kabupaten Sleman.
5. Tambahan kapasitas air bersih sesuai dengan proyeksi kebutuhan air bersih sesuai dengan perencanaan.
6. Bekerjasama dengan pemerintah, masyarakat, sektor swasta maupun Negara donator untuk pendanaan investasi dan pengembangan pelayanan dalam bentuk kemitraan.

##### **4.1.8.2 Langkah-langkah Konkrit Pengembangan**

Program Pengembangan Pelayanan Air Bersih PDAM Kabupaten Sleman mengkaji beberapa hal sebagai berikut :

**a. Kebijakan Pelayanan meliputi :**

Kebijakan Pelayanan/Pembangunan penyediaan air bersih disesuaikan dengan target pelayanan air bersih secara Nasional pada akhir Pelita VI yaitu pencapaian cakupan pelayanan 80% penduduk perkotaan dan 60% penduduk pedesaan. Selain dari pada itu tentunya selalu mengacu kepada kebijakan pembangunan daerah, ketersediaan sumber daya dan dana yang ada.

**b. Peluang meliputi :**

PDAM harus dapat memanfaatkan peluang – peluang yang ada, antara lain :

1. Sumber Daya Alam
2. Meningkatkan kesadaran masyarakat hidup sehat.
3. Daerah padat di perkotaan
4. Kawasan andalan dan peningkatan pembangunan sebatas pemukiman dan perumahan.
5. Dukungan Pemda dan Instansi terkait.
6. Terpilihnya Kabupaten Sleman sebagai percontohan Daerah - daerah.

Dalam mencapai sasaran, target pengembangan pelayanan dengan peluang yang ada, langkah-langkah yang ditempuh antara lain :

1. Pembuatan *Master Planing Program* untuk jangka panjang penyediaan air bersih atas proyeksi – proyeksi penduduk yang ada.
2. Pembuatan *Coorporate Planing (CM)* PDAM sesuai kemampuan operasional dan keuangan perusahaan.

3. Penggabungan beberapa sistem operasional dengan tujuan efisiensi, optimalisasi dan produktifitas sumber daya yang ada.
4. Perbaiki sistem dan prosedur operasional perusahaan baik teknis maupun manajemen dan perkuatan sumber daya manusia yang ada.
5. Tambahkan kapasitas produksi air bersih dari sumber-sumber potensi.
6. Menjalin kerjasama / kemitraan dengan pihak ketiga dalam pengembangan pelayanan dan pendanaan.
7. Menjalin kerjasama / kemitraan dengan pihak ketiga dalam pengembangan pelayanan dan data investasi.

#### 4.1.9 Jaringan Perpipaan dan Sistem Pengaliran

Aset perpipaan / jaringan pipa yang ada di Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Gemilang Kabupaten Sleman sampai saat ini dapat terlihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Data Jaringan Perpipaan

No.	Uraian	Jenis Pipa	Diameter (mm)	Panjang (m)
1.	Pipa transmisi	<i>Steel</i>	350	1.578
		GI	200	1.205
		GI	150	3.015
		GI	100	379
		GI	75	262
		PVC	300	11.341
		PVC	250	13.281
		PVC	200	3.201
Sub jumlah :				34.262
2.	Pipa Distribusi	GRP	400	1.726



		Asbes	200	974
		Asbes	150	825
		GI	100	3.334
		PVC	400	3.300
		PVC	300	4.491
		PVC	250	5.819
		PVC	200	22.092
		PVC	150	62.686
		PVC	100	100.659
		PVC	75	147.038
		PVC	50	146.315
		PVC	40	191.418
		PVC	25	91.878
Sub jumlah :				782.555
3.	Pipa SR	PVC	18	75.368
		GI	18	18.062
		PE/GI	13	175.050
Sub jumlah :				268.480
<b>Jumlah Total</b>				<b>1.085.297</b>

Sumber : PDAM Kab.Sleman 2009

Jenis-jenis pipa digunakan PDAM Kabupaten Sleman yaitu :

- a. Pipa transmisi diameter : 100-400 mm ( tersambung ke daerah pelayanan)
- b. Pipa distribusi diameter : 25-75 mm ( tersambung ke perumahan )
- c. Pipa SR (pipa dinas) diameter : 13-18 mm ( tersambung ke rumah-rumah penduduk ).
- d. Pipa GI (pipa besi) diletakkan di daerah rawan kebocoran dan daerah yang mempunyai tekanan tinggi.

#### 4.1.10 Kualitas Air

Kualitas air yang dihasilkan oleh PDAM Kab. Sleman sebagian besar telah memenuhi persyaratan kualitas air bersih. Hal tersebut berdasarkan hasil pemeriksaan sampel air dimana untuk parameter Fe dan pH sudah memenuhi syarat air bersih.

**Tabel 4.2** Data Kualitas Air

No.	Parameter	Batas Syarat		Hasil Pemeriksaan	
		Air bersih	Air minum	Wash out	Sumur resapan (air baku)
1.	Fe	1 mg/lt	0,3 mg/lt	0,15 mg/lt	0,05 mg/lt
2.	pH	6,5 - 9	6,5 – 8,5	6,4	6,4

Sumber : PDAM Kab.Sleman 2009

**Tabel 4.3** Data Pemasangan Air Tiap Daerah Kab. Sleman

No	Uraian	Jumlah
1.	Jumlah sumber air (buah)	23
2.	Kapasitas sumber (lt/dt)	400.20
3.	Kapasitas terpasang (lt/dt)	315.50
4.	Pembangkit listrik / gravitasi	Grav/PLN/Genzet
5.	Kapasitas produksi (lt/dt)	267.00
6.	Jumlah produksi air (m3)	6,421,642
7.	Jumlah distribusi air (m3)	6,038,423
8.	Kehilangan air (m3)	2,385,624
9.	Pemakaian rata-rata pelanggan (m3)	17
10.	Prosentase kehilangan air (%)	39.51

Sumber : PDAM Kab.Sleman 2009

## 4.2 PENGOLAHAN DATA

### 4.2.1 Data Jarak

Data jarak ini dikumpulkan untuk dilakukan pengolahan data, guna untuk menentukan jarak yang optimal.

From \ To	Node1	Node2	Node3	Node4	Node5	Node6	Node7	Node8	Node9	Node10	Node11	Node12	Node13	Node14	Node15
Node1	0	2182	3690	1629	1999	5111	4300	4499	4172	1666	4448	2481	4877	3159	3238
Node2	2182	0	1608	553	183	3175	2332	2427	2236	949	2441	479	2908	1355	1302
Node3	3690	1608	0	2001	1691	1627	847	809	736	2602	1010	1149	1383	2173	648
Node4	1629	553	2001	0	370	3482	2671	2870	2543	709	2819	852	3240	1660	1609
Node5	1999	183	1691	370	0	3112	2301	2500	2173	911	2449	482	2878	1538	1239
Node6	5111	3175	1627	3482	3112	0	828	923	951	4023	668	2681	259	3853	1890
Node7	4300	2332	847	2671	2301	828	0	382	127	3212	160	1853	576	2959	1067
Node8	4499	2427	809	2870	2500	923	382	0	430	3411	566	1968	661	2930	1329
Node9	4172	2236	736	2543	2173	951	127	430	0	3084	283	1725	704	2861	934
Node10	1666	949	2602	709	911	4023	3212	3411	3084	0	3360	1393	3789	1896	2150
Node11	4448	2441	1010	2819	2449	668	160	566	283	3360	0	1962	435	3122	1171
Node12	2481	479	1149	852	482	2681	1853	1968	1725	1393	1962	0	2386	1686	791
Node13	4877	2908	1383	3240	2878	259	576	661	704	3789	435	2386	0	3571	1638
Node14	3159	1355	2173	1660	1538	3853	2959	2930	2861	1896	3122	1686	3571	0	2223
Node15	3238	1302	648	1609	1239	1890	1067	1329	934	2150	1171	791	1638	2223	0

Sumber : PDAM Kab.Sleman 2009 (satuan dalam meter)

**Gambar 4.1** Data Jarak Untuk 15 Node (simpul distribusi) di Kab. Sleman

### 4.2.2 Data Biaya

Pada pengolahan data biaya disebutkan bahwa pemasangan pipa dilakukan melalui beberapa tahap sesuai dengan tahap-tahap pemasangan. Karena kondisi jalan yang dilalui tidak sebaik yang diharapkan, maka dilakukan penggalian tanah yang dikategorikan tanah keras.

- a. 1 m pipa PVC dia 400 mm – 12,5 bar : Rp. 775.328,00
- b. 0,35 aksesoris dari harga satuan pipa PVC : Rp. 271.364,80
- c. 1 m galian : Rp. 38.819,55
- d. 1 m urugan tanah dengan pemadatan : Rp. 11.143,66

e. 1 m pemasangan pipa	: Rp. 23.025,00
d. 1 m test pipa	: Rp. <u>5.611,20 +</u>
<b>Jumlah</b>	<b>: Rp. 1.125.292,23</b>
e. PPN 10 %	: Rp. <u>112.529,22 +</u>
<b>Jumlah</b>	<b>: Rp. 1.237.821,46</b>
f. Jasa perusahaan 10 %	: Rp. <u>123.762,15 +</u>
<b>Jumlah</b>	<b>: Rp. 1.361.603,60 / meter</b>

Sumber : PDAM Kab.Sleman 2009

#### 4.2.3 Kondisi Jaringan Awal

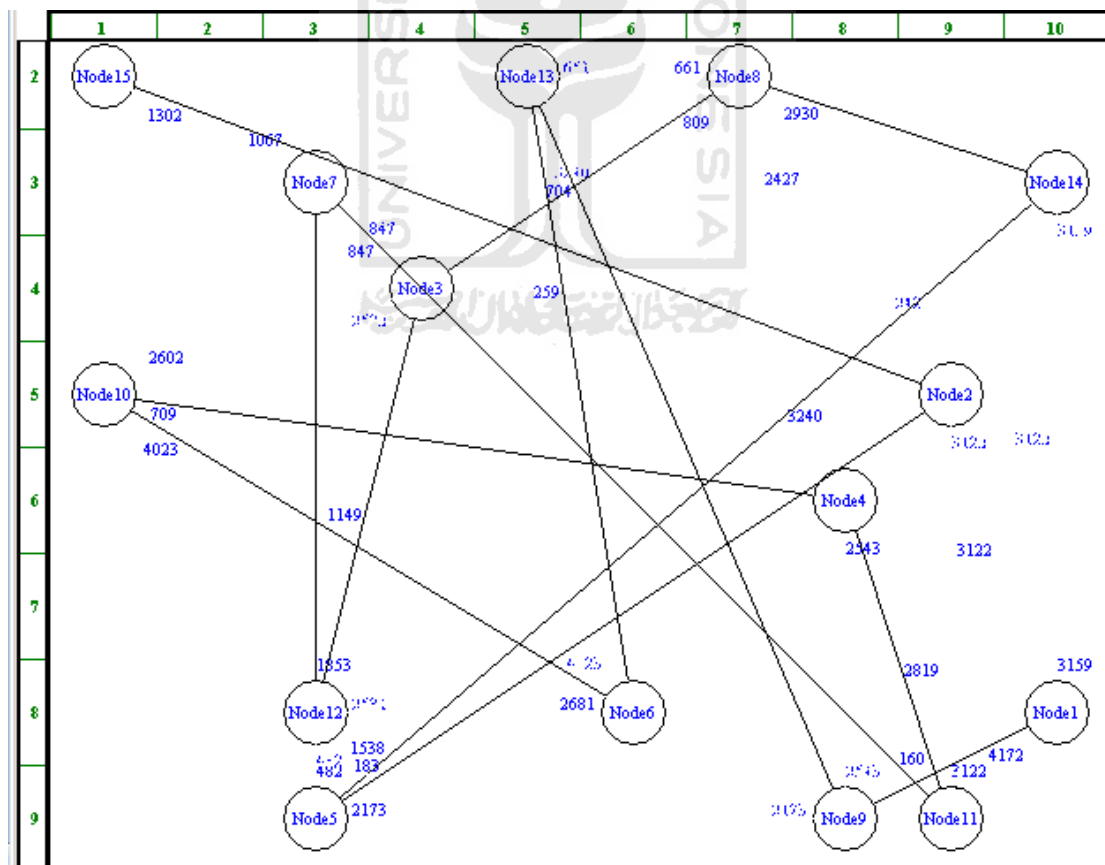
Berikut adalah dari kondisi awal perusahaan sebelum dilakukan perbaikan pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Node-node yang Terhubung Kondisi Jaringan Awal

Iterasi	Node yang terhubung		Jarak (m)	Komulatif (m)
	Dari	Ke		
1	Node 1	Node 9	4.172	4.172
2	Node 9	Node 13	704	4.876
3	Node 13	Node 6	259	5.135
4	Node 6	Node 10	4.023	9.158
5	Node 10	Node 4	709	9.867
6	Node 4	Node 11	2.819	12.686
7	Node 11	Node 7	160	12.846
8	Node 7	Node 12	1.853	14.699
9	Node 12	Node 3	1.149	15.848
10	Node 3	Node 8	809	16.657
11	Node 8	Node 14	2.930	19.587

Iterasi	Node yang terhubung		Jarak (m)	Komulatif (m)
	Dari	Ke		
12	Node 14	Node 5	1.538	21.125
13	Node 5	Node 2	183	21.308
14	Node 2	Node 15	1.302	22.610
<b>Total Jarak</b>				<b>22.610</b>

Pada kondisi awal dilakukan 14 kali iterasi dengan total jarak 22.610 m. Maka total biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan 22.610 m adalah Rp. 30.785.857.396,00 dimana 1 m dibutuhkan biaya Rp.1.361.603,60. Berikut adalah peta kondisi jaringan awal :



**Gambar 4.2** Peta Kondisi Jaringan Awal

#### 4.2.4 Usulan Perbaikan Jaringan Pipa Air Minum

Dalam perbaikan yang diusulkan, digunakan 2 metoda pendekatan yang berbeda untuk melihat seberapa jauh besar perubahan dibandingkan kondisi jaringan awal. Performansi yang diukur adalah total biaya pemasangan pipa.

Adapun metoda optimalisasi yang akan dibandingkan adalah :

##### a. Algoritma *Prim*

Adalah salah satu algoritma heuristik klasik yang digunakan untuk penyelesaian pada permasalahan *Minimum Spanning Tree*.

##### b. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan salah satu algoritma meta heuristik klasik yang akan dapat mengoptimalkan dari hasil algoritma heuristik. Algoritma Genetika disini menggunakan perangkat lunak XL-Bits yang terintegrasi dengan Ms. Excel 2007. Adapun spesifikasi perangkat keras yang adalah : Pentium IV, dengan prosessor 1,60 Ghz dan memory RAM 0,99 GB. Parameter yang digunakan adalah:

Generasi = 500

Populasi = 100

Pc = 0,85

Pm = 0,01

Metoda penyilangan = *roulette wheel*

Dari hasil kedua optimasi tersebut akan diukur berapa persen penghematan total ongkos yang akan dicapai.

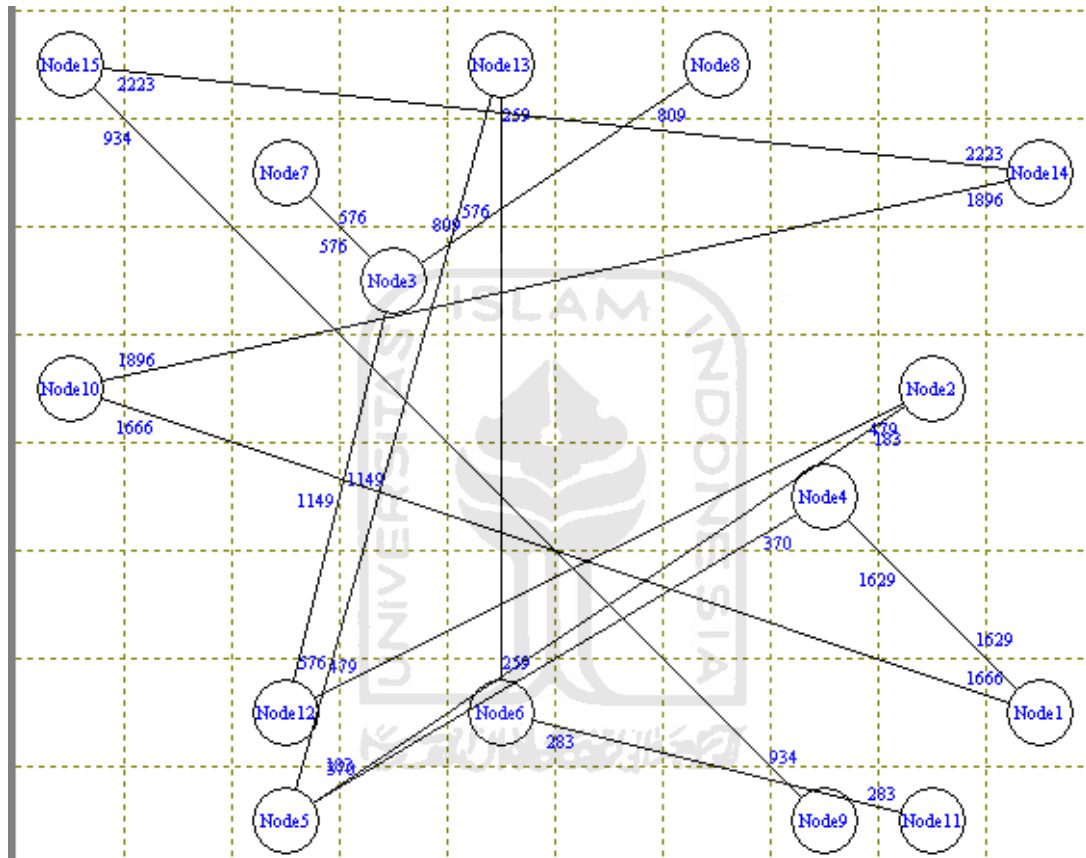
#### 4.2.4.1 Algoritma *Prim* (Heuristik)

Metoda pertama dalam perbaikan yang diusulkan adalah dengan Algoritma *Prim*. Dengan menggunakan perangkat lunak Win-QSB 2.0, maka node-node yang terhubung pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Node-node yang Terhubung Dengan Menggunakan Algoritma *Prim*

Iterasi	Node yang terhubung		Jarak (m)	Komulatif (m)
	Dari	Ke		
1	Node 7	Node 13	576	576
2	Node 13	Node 6	259	835
3	Node 6	Node 11	668	1.503
4	Node 11	Node 9	283	1.786
5	Node 9	Node 15	934	2.720
6	Node 15	Node 14	2.223	4.943
7	Node 14	Node 10	1.896	6.839
8	Node 10	Node 1	1.666	8.505
9	Node 1	Node 4	1.629	10.134
10	Node 4	Node 5	370	10.504
11	Node 5	Node 2	183	10.687
12	Node 2	Node 12	479	11.166
13	Node 12	Node 3	1.149	12.315
14	Node 3	Node 8	809	13.124
<b>Total Jarak</b>				<b>13.124</b>

Dengan menggunakan pendekatan algoritma *prim* (heuristik), telah dihasilkan 14 kali iterasi dengan total jarak 13.124 m. Sedangkan total biaya yang dikeluarkan adalah  $13.124 \text{ m} \times \text{Rp. } 1.361.603,60 = \text{Rp. } 17.869.685.306,49$ . Berikut adalah peta yang diusulkan dengan menggunakan algoritma *prim* :



**Gambar 4.3** Peta Usulan Dengan Menggunakan Algoritma *Prim*

#### 4.2.4.2 Algoritma Genetika (Meta-Heuristik)

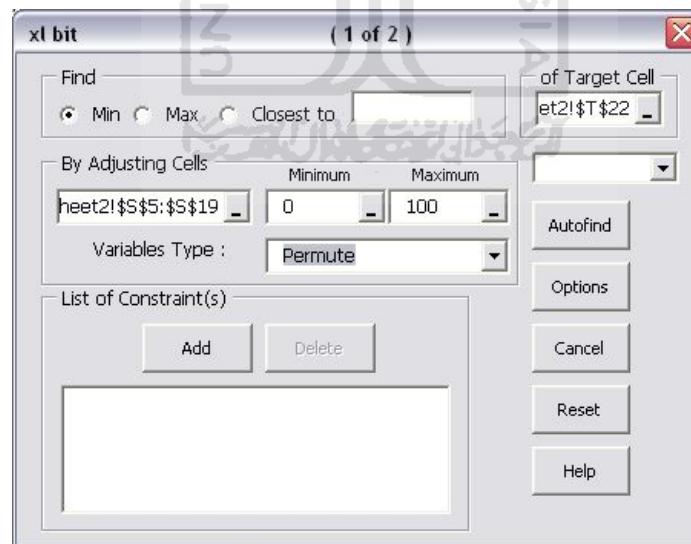
Metoda kedua dalam perbaikan yang diusulkan adalah dengan Algoritma Genetika. Proses komputasi AG adalah dengan menggunakan perangkat lunak XL bit yang terintegrasi dengan MS. Excel 2007.



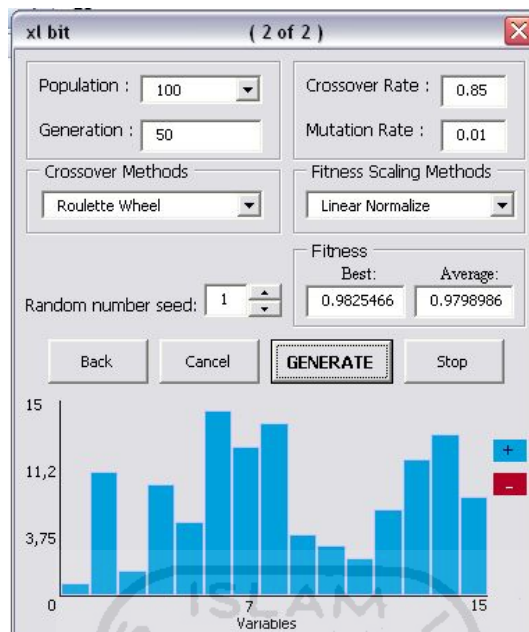
The screenshot shows the Microsoft Excel 2007 interface with the 'xl bit' add-in menu open. The menu options are: Start, Exit xl bit, Help, and About. Below the menu, a data table is displayed with 15 rows and 15 columns. The table contains numerical values for each cell, representing a matrix of data.

NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	2182	3690	1629	1999	5111	4300	4499	4172	1666	4448	2481	4877	3159	3238
2	2182	0	1608	553	183	3175	2332	2427	2236	949	2441	479	2908	1355	1302
3	3690	1608	0	2001	1691	1627	847	809	736	2602	1010	1149	1383	2173	648
4	1629	553	2001	0	370	3482	2671	2870	2543	709	2819	852	3240	1660	1609
5	1999	183	1691	370	0	3112	2301	2500	2173	911	2449	482	2878	1538	1239
6	5111	3175	1627	3482	3112	0	828	923	951	4023	668	2681	259	3853	1890
7	4300	2332	847	2671	2301	828	0	382	127	3212	160	1853	576	2959	1067
8	4499	2427	809	2870	2500	923	382	0	430	3411	566	1968	661	2930	1329
9	4172	2236	736	2543	2173	951	127	430	0	3084	283	1725	704	2861	934
10	1666	949	2602	709	911	4023	3212	3411	3084	0	3360	1393	3789	1896	2150
11	4448	2441	1010	2819	2449	668	160	566	283	3360	0	1962	435	3122	1171
12	2481	479	1149	852	482	2681	1853	1968	1725	1393	1962	0	2386	1686	791
13	4877	2908	1383	3240	2878	259	576	661	704	3789	435	2386	0	3571	1638
14	3159	1355	2173	1660	1538	3853	2959	2930	2861	1896	3122	1686	3571	0	2223
15	3238	1302	648	1609	1239	1890	1067	1329	934	2150	1171	791	1638	2223	0

Gambar 4.4 Add-Ins xl-bit Pada Ms. Excel 2007



Gambar 4.5 Interface Pertama Perangkat Lunak xl bit



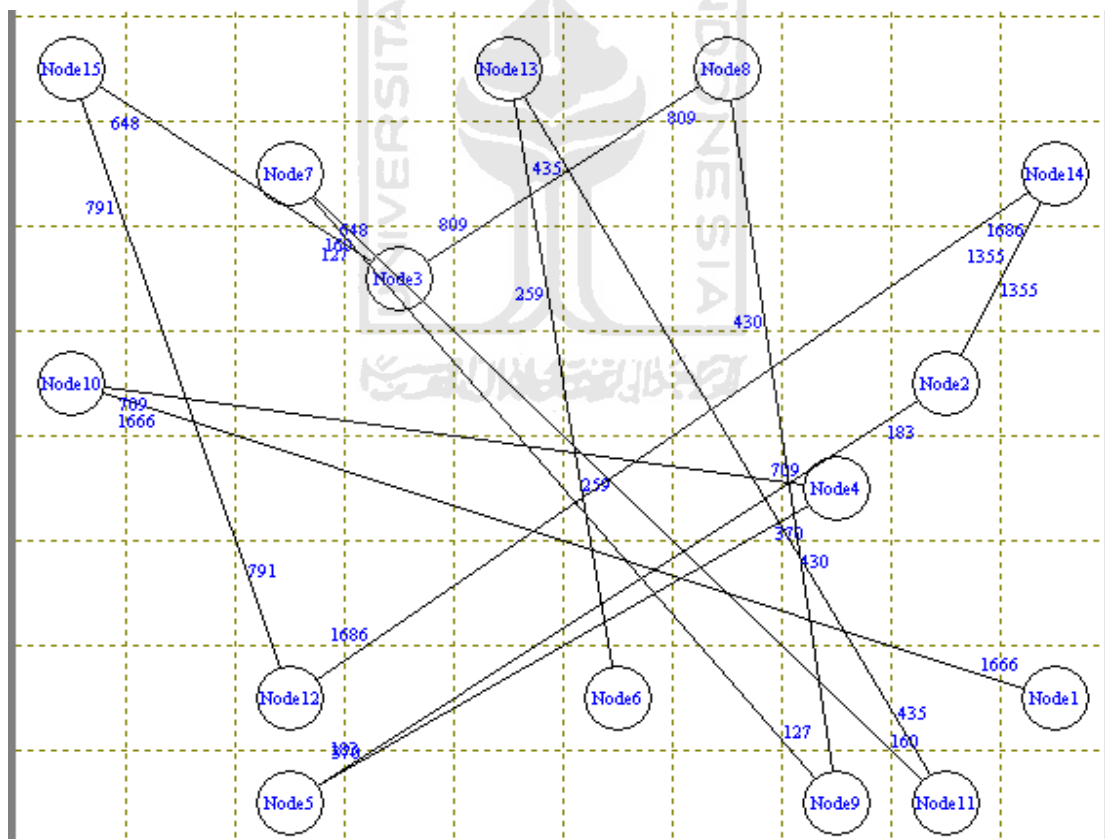
**Gambar 4.6** Interface Kedua Perangkat Lunak xl bit

**Tabel 4.6** Node-node yang Terhubung Dengan Menggunakan Algoritma Genetika

Iterasi	Node yang terhubung		Jarak (m)	Komulatif (m)
	Dari	Ke		
1	Node 1	Node 10	1.666	1.666
2	Node 10	Node 4	709	2.375
3	Node 4	Node 5	370	2.745
4	Node 5	Node 2	183	2.928
5	Node 2	Node 14	1.355	4.283
6	Node 14	Node 12	1.686	5.969
7	Node 12	Node 15	791	6.760
8	Node 15	Node 3	648	7.408
9	Node 3	Node 8	809	8.217
10	Node 8	Node 9	430	8.647
11	Node 9	Node 7	127	8.774
12	Node 7	Node 11	160	8.934

Iterasi	Node yang terhubung		Jarak (m)	Komulatif (m)
	Dari	Ke		
13	Node 11	Node 13	435	9.369
14	Node 13	Node 6	259	9.628
<b>Total Jarak</b>				<b>9.628 m</b>

Dengan menggunakan pendekatan algoritma genetika, telah dihasilkan 14 kali iterasi dengan total jarak 9.628 m. Sedangkan total biaya yang dikeluarkan adalah  $9.628 \text{ m} \times \text{Rp. } 1.361.603,60 = \text{Rp. } 13.109.519.211,43$ . Berikut adalah peta yang diusulkan dengan menggunakan algoritma genetika pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Peta Usulan Dengan Menggunakan Algoritma Genetika

#### 4.2.5 Perbandingan

Setelah semua perhitungan dilakukan, dilakukan perbandingan untuk melihat seberapa jauh perbedaan antara kondisi jaringan awal dengan jaringan yang diusulkan. Sebelumnya akan dihitung tingkat persentase penghematan, yaitu

$$a. \text{ Algoritma Prim} = \frac{(Rp.30.785.857.396 - Rp.17.869.685.306)}{Rp.30.785.857.396} \times 100\%$$

$$= 41,95 \%$$

$$b. \text{ Algoritma Genetika} = \frac{(Rp.30.785.857.396 - Rp.13.109.519.211)}{Rp.30.785.857.396} \times 100\%$$

$$= 57,41\%$$

**Tabel 4.7** Perbandingan Hasil

Kondisi	Metoda	Total Jarak	Total Biaya	Savings
Awal	Manual	22.610 m	Rp. 30.785.857.396,00	-
Usulan perbaikan	Algoritma Prim	13.124 m	Rp. 17.869.685.306,49	41,95 %
	Algoritma Genetika	9.628 m	Rp. 13.109.519.211,43	57,41 %

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Algoritma *Prim*

Penyelesaian dengan menggunakan algoritma *Prim* ini memberikan hasil jarak yang jauh lebih optimal dari kondisi jaringan awal. Hasil total jarak yang diperoleh adalah 13.124 m.

Adapun langkah-langkah dalam penyusunan dengan algoritma *Prim*, yaitu :

Node 7 dihubungkan dengan node 13 sepanjang 576 m.

Node 13 dihubungkan dengan node 6 sepanjang 259 m.

Node 6 dihubungkan dengan node 11 sepanjang 668 m.

Node 11 dihubungkan dengan node 9 sepanjang 283 m.

Node 9 dihubungkan dengan node 15 sepanjang 934 m.

Node 15 dihubungkan dengan node 14 sepanjang 2.223 m.

Node 14 dihubungkan dengan node 10 sepanjang 1.896 m.

Node 10 dihubungkan dengan node 1 sepanjang 1.666 m.

Node 1 dihubungkan dengan node 4 sepanjang 1.629 m.

Node 4 dihubungkan dengan node 5 sepanjang 370 m.

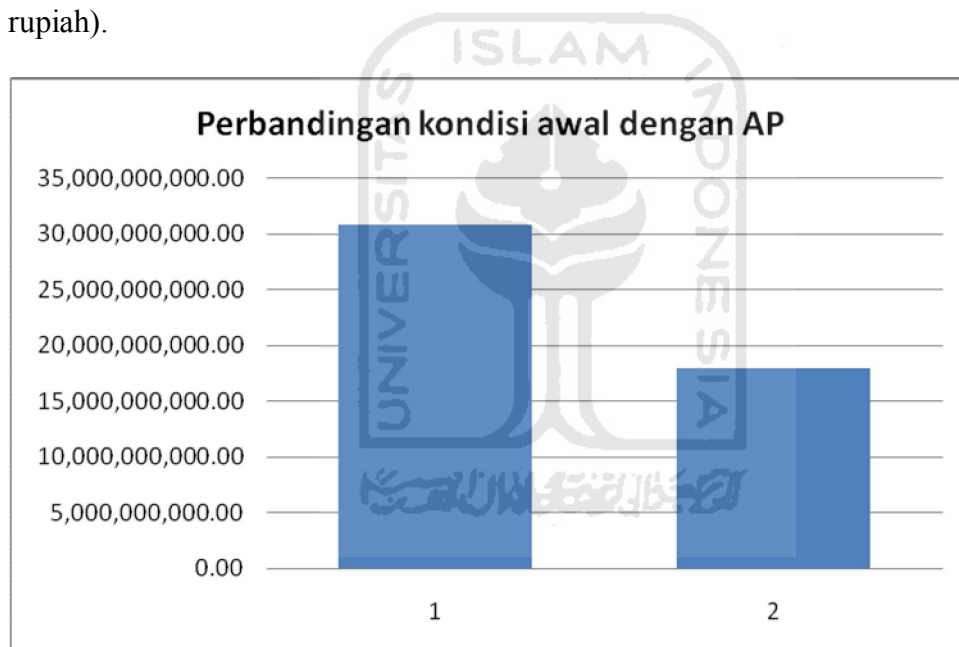
Node 5 dihubungkan dengan node 2 sepanjang 183 m.

Node 2 dihubungkan dengan node 12 sepanjang 479 m.

Node 12 dihubungkan dengan node 13 sepanjang 1.149 m.

Node 13 dihubungkan dengan node 8 sepanjang 809 m.

Dengan total jarak adalah 13.124 m. Sedangkan untuk total biaya yang diperoleh adalah Rp. 17.869.685.306,49 (tujuh belas miliar delapan ratus enam puluh sembilan juta enam ratus delapan puluh lima ribu tiga ratus enam koma empat puluh sembilan rupiah). Jika dibandingkan kondisi jaringan awal, akan menghemat Rp. 12.916.172.089,51 (dua belas miliar sembilan ratus enam belas juta seratus tujuh puluh dua ribu delapan puluh sembilan koma lima puluh satu rupiah).



Gambar 5.1 Perbandingan Kondisi Awal Dengan Algoritma *Prim*

## 5.2 Algoritma Genetika

Dengan penyelesaian algoritma Genetika ini memberikan hasil jarak yang jauh lebih optimal dari kondisi jaringan awal dan algoritma *Prim*. Hasil total jarak yang diperoleh adalah 9.628 m.

Adapun langkah-langkah dalam penyusunan dengan algoritma Genetika, yaitu :

Node 1 dihubungkan dengan node 10 sepanjang 1.666 m.

Node 10 dihubungkan dengan node 4 sepanjang 709 m.

Node 4 dihubungkan dengan node 5 sepanjang 370 m.

Node 5 dihubungkan dengan 2 sepanjang 183 m.

Node 2 dihubungkan dengan node 14 sepanjang 1.355 m.

Node 14 dihubungkan dengan node 12 sepanjang 1.686 m.

Node 12 dihubungkan dengan node 15 sepanjang 791 m.

Node 15 dihubungkan dengan 3 sepanjang 648 m.

Node 3 dihubungkan dengan node 8 sepanjang 809 m.

Node 8 dihubungkan dengan node 9 sepanjang 430 m.

Node 9 dihubungkan dengan node 7 sepanjang 127 m.

Node 7 dihubungkan dengan 11 sepanjang 160 m.

Node 11 dihubungkan dengan node 13 sepanjang 435 m.

Node 13 dihubungkan dengan node 6 sepanjang 259 m.

Dengan total jarak adalah 9.628 m. Sedangkan untuk total biaya yang diperoleh adalah Rp. 13.109.519.211,43 (tiga belas miliar seratus sembilan juta lima ratus sembilan belas ribu dua ratus sebelas koma empat puluh tiga rupiah). Jika dibandingkan kondisi jaringan awal, akan menghemat Rp. 17.676.338.184,57 (tujuh belas miliar enam ratus tujuh puluh enam juta tiga ratus tiga puluh delapan ribu seratus delapan puluh empat koma lima puluh tujuh rupiah).

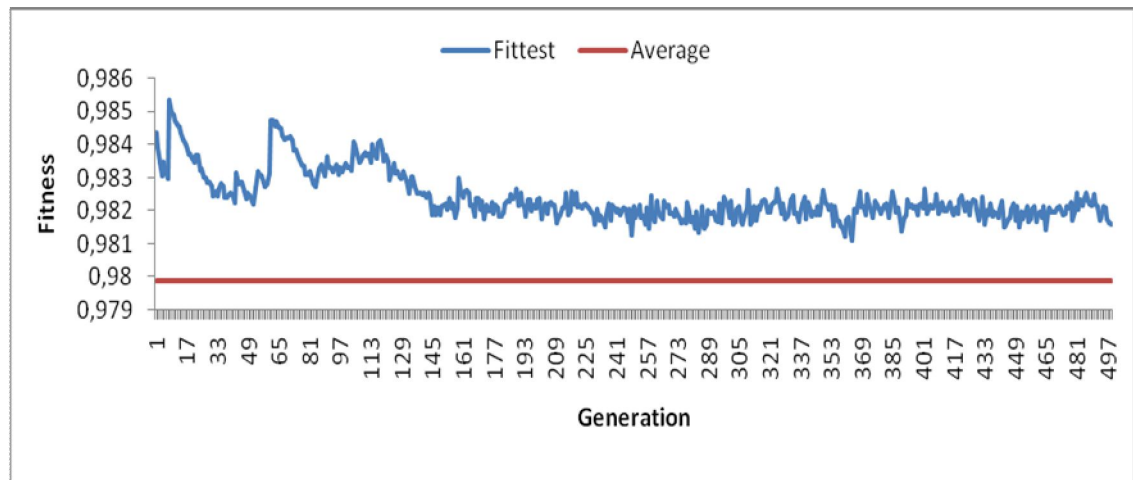


Gambar 5.2 Perbandingan Kondisi Awal Dengan Algoritma Genetika

Tabel 5.1 Hasil Proses Komputasi AG dengan xl-bit

<b>Target Cell:</b>	9628
<b>Population</b>	100
<b>Generation</b>	500
<b>Crossover %</b>	0,85
<b>Crossover Method</b>	Roulette Wheel
<b>Mutation Rate</b>	0,01
<b>Fitness Scaling</b>	Linear Normalize
<b>Best Fitness</b>	0,985337664
<b>Least Fit</b>	0,981108396





Gambar 5.3 Konvergensi *Fitness* Algoritma Genetika



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dari BAB IV dan pembahasan pada BAB V, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

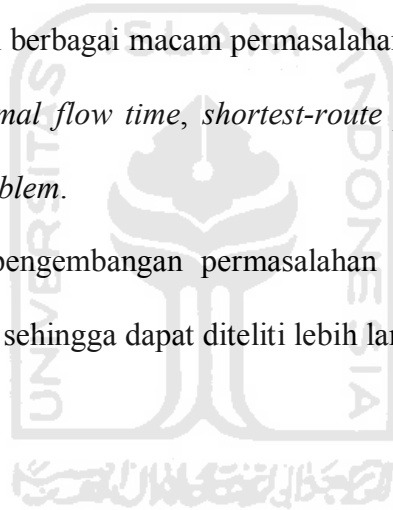
1. Pada kondisi awal, total jarak (panjang pipa) yang telah ditentukan oleh PDAM Kabupaten Sleman adalah 22.610 m dengan total biaya yang akan dikeluarkan Rp. 30.785.857.396,00.
2. Total jarak yang diperoleh untuk menghubungkan simpul-simpul distribusi dan reservoir pada jaringan pipa distribusi air bersih dengan metode algoritma *Prim* dengan total jarak adalah 13.124 m dan total biaya yang akan dikeluarkan adalah Rp. 17.869.685.306,49 sehingga terjadi efisiensi biaya sebesar 41,95 %.
3. Pendekatan ilmiah lainnya adalah algoritma genetika, yang menghasilkan total jarak adalah 9.628 m dengan total biaya yang akan dikeluarkan adalah Rp. 13.109.519.211,43 sehingga terjadi efisiensi biaya sebesar 57,41 %.
4. Hasil perhitungan tersebut dilakukan dengan asumsi bahwa :
  - Pembangunan seluruh node secara serentak dan dilakukan evaluasi

- Seluruh biaya pemasangan pipa diasumsikan sama untuk seluruh *node*.

## 6.2 SARAN

Pada selanjutnya, diharapkan penelitian serupa akan dilanjutkan pada beberapa hal, yaitu:

1. Menggunakan metoda heuristik lainnya untuk penyelesain permasalahan *minimum spanning tree*, yaitu algoritma *Kruskal*.
2. Mencoba menggunakan berbagai macam permasalahan untuk kasus pemodelan jaringan, seperti: *maximal flow time*, *shortest-route problem*, *transportation*, *travelling salesmen problem*.
3. Saat ini belum ada pengembangan permasalahan *minimum spanning tree* dengan sistem dinamis, sehingga dapat diteliti lebih lanjut.



## DAFTAR PUSTAKA

- Dona. A., (2005). *Minimasi Panjang Lintasan Pendistribusian Produk Dengan Menggunakan Tabu Search*, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, (tidak diterbitkan)
- Gen, M dan Cheng, R., (1997). *Genetic Algorithms And Engineering Design*. USA: John Wiley & Sons, Inc
- Goldberg, D. E., (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc
- Hillier. F. F dan Lieberman. G. J., (1990). *Introduction to Operations Research 8<sup>th</sup> ed*, McGraw Hill
- Jin. R. Y, Ren. X. S dan Her. J. S., (2008). A Linearization Method for Quadratic Minimum Spanning Tree Problem, *Int. Journal of Fuzzy System*, Vol. 10, No. 4
- Kusumadewi, S. 2006. *Artificial Intelligence teknik dan Aplikasinya*. Jogjakarta : Graha ilmu.
- Latif. P., (2006). *Evaluasi Jaringan Pipa Distribusi Air Minum Dengan Metoda Pohon Penjangkau Minimum (Minimum Spanning Tree) di Kecamatan Wonosari, Gunung Kidul*, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, (tidak diterbitkan)
- Mulyadi., (1993). *Akuntansi Biaya*. Yogyakarta : Bagian Penerbitan STIE YKPN.

Pamungkas. R. S., (2005). *Analisis Penerapan Metoda Minimum Spanning Tree Pada Rencana Pengembangan Jaringan Pipa Air Minum di Kecamatan Muntilan, Magelang, Jawa Tengah*, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, (tidak diterbitkan)

PDAM Kabupaten Sleman (2009)

Romi. K., (2008). *Optimasi Vehicle Routing Problem (VRP) dengan Saving Heuristic Method Dalam Penentuan Route dan Sistem Pendistribusian Surat Kabar*, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, (tidak diterbitkan)

Semit. O dan Canan. O. S., (2008). Modelling and Optimization of General Cargo Port Operations Through Fuzzy Minimal Spanning Tree and Fuzzy Dynamic Programming Approaches, *Int. Journal of Innovative Computing Information and Control*, Vol. 4, No. 8

Siswanto., (2007). *Operations Research Jilid 1*, Penerbit Erlangga, Jakarta

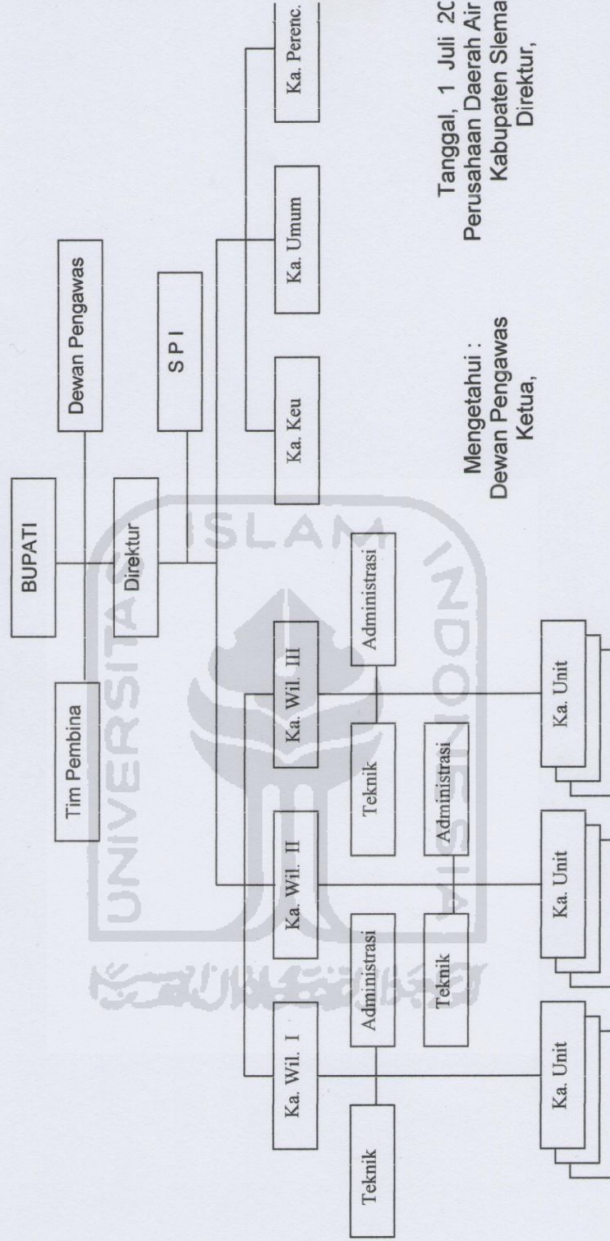
Taha. H. A., (1992). *Operations Research 5<sup>th</sup>ed*, McGraw Hill

# LAMPIRAN



Lampiran : Keputusan Direksi PDAM Kabupaten Sleman  
Nomor : /KPTS/DPDAM/III/2008

### STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM KABUPATEN SLEMAN



Mengetahui :  
Dewan Pengawas  
Ketua,  
Tanggal, 1 Juli 2008  
Perusahaan Daerah Air  
Kabupaten Slema  
Direktur,

R. JOKO HANDOYO, SH.  
Ir. SURATNO

Hasil Proses 500 Generasi

<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>
0,979899	0,984360	0,979897	0,983300	0,979896	0,982368	0,979893	0,982303	0,979897	0,982087
0,979899	0,983927	0,979898	0,983303	0,979898	0,981746	0,979898	0,981601	0,979894	0,982669
0,979899	0,983474	0,979898	0,983200	0,979897	0,981983	0,979898	0,981680	0,979897	0,981907
0,979899	0,983046	0,979897	0,984091	0,979897	0,982188	0,979896	0,982029	0,979896	0,982097
0,979899	0,983458	0,979897	0,983976	0,979897	0,981928	0,979895	0,982116	0,979896	0,982150
0,979899	0,983183	0,979898	0,983713	0,979895	0,982216	0,979897	0,981675	0,979897	0,982065
0,979899	0,982983	0,979899	0,983481	0,979896	0,982244	0,979898	0,981610	0,979896	0,982210
0,979899	0,985338	0,979898	0,983517	0,979896	0,982152	0,979897	0,981898	0,979894	0,982491
0,979900	0,984988	0,979897	0,983687	0,979896	0,982156	0,979896	0,982058	0,979898	0,981911
0,979899	0,984877	0,979896	0,983731	0,979898	0,981631	0,979894	0,982606	0,979897	0,982048
0,979900	0,984737	0,979898	0,983663	0,979897	0,981835	0,979898	0,981585	0,979896	0,982253
0,979900	0,984587	0,979898	0,983721	0,979897	0,981870	0,979898	0,981702	0,979898	0,981986
0,979899	0,984518	0,979898	0,983480	0,979897	0,982087	0,979896	0,982136	0,979897	0,981980
0,979899	0,984346	0,979897	0,983985	0,979897	0,982126	0,979898	0,981714	0,979896	0,982061
0,979900	0,984175	0,979898	0,983719	0,979894	0,982548	0,979895	0,982102	0,979896	0,982227
0,979900	0,984053	0,979898	0,983604	0,979898	0,981870	0,979896	0,982035	0,979897	0,981960
0,979900	0,983961	0,979896	0,984047	0,979897	0,981991	0,979894	0,982299	0,979897	0,981884
0,979900	0,983700	0,979896	0,984109	0,979894	0,982569	0,979895	0,982308	0,979897	0,982069
0,979899	0,983701	0,979897	0,983825	0,979896	0,982219	0,979895	0,982279	0,979898	0,981900



<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>
0,979899	0,983607	0,979898	0,983499	0,979894	0,982522	0,979897	0,981972	0,979895	0,982342
0,979899	0,983683	0,979899	0,982943	0,979896	0,982073	0,979894	0,982242	0,979897	0,982017
0,979900	0,983202	0,979897	0,983210	0,979896	0,982174	0,979895	0,982272	0,979895	0,982233
0,979899	0,983255	0,979897	0,983413	0,979896	0,982211	0,979894	0,982649	0,979898	0,981867
0,979900	0,983018	0,979898	0,983126	0,979896	0,982109	0,979896	0,982269	0,979895	0,982215
0,979899	0,982982	0,979898	0,983178	0,979896	0,982088	0,979897	0,981910	0,979896	0,982315
0,979899	0,982861	0,979898	0,983037	0,979897	0,981977	0,979896	0,982195	0,979896	0,982298
0,979899	0,982873	0,979897	0,982992	0,979897	0,981893	0,979898	0,981765	0,979896	0,982048
0,979899	0,982731	0,979897	0,983196	0,979898	0,981575	0,979898	0,981835	0,979898	0,981724
0,979899	0,982463	0,979898	0,982971	0,979896	0,982043	0,979897	0,981906	0,979897	0,981981
0,979899	0,982586	0,979897	0,982901	0,979897	0,981732	0,979895	0,982338	0,979895	0,982424
0,979899	0,982464	0,979899	0,982516	0,979897	0,981829	0,979894	0,982430	0,979899	0,981607
0,979899	0,982651	0,979896	0,983017	0,979898	0,981711	0,979897	0,981910	0,979897	0,982017
0,979899	0,982834	0,979896	0,982998	0,979898	0,981513	0,979896	0,981927	0,979895	0,981876
0,979899	0,982728	0,979897	0,982727	0,979897	0,981858	0,979898	0,981669	0,979895	0,982213
0,979900	0,982426	0,979898	0,982523	0,979894	0,982201	0,979897	0,981919	0,979897	0,981850
0,979899	0,982412	0,979898	0,982516	0,979897	0,981705	0,979895	0,982217	0,979897	0,981946
0,979899	0,982478	0,979897	0,982547	0,979896	0,982154	0,979895	0,982393	0,979897	0,981909
0,979899	0,982547	0,979897	0,982490	0,979896	0,982067	0,979898	0,981761	0,979897	0,981785
0,979899	0,982487	0,979897	0,982545	0,979896	0,981941	0,979895	0,982257	0,979895	0,982052

<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>
0,979899	0,983125	0,979896	0,982537	0,979897	0,981874	0,979897	0,981837	0,979898	0,981515
0,979900	0,982811	0,979897	0,982445	0,979896	0,982028	0,979896	0,981949	0,979898	0,981558
0,979899	0,982872	0,979898	0,981875	0,979896	0,982084	0,979897	0,981870	0,979897	0,981723
0,979899	0,982847	0,979897	0,982111	0,979896	0,982046	0,979896	0,982120	0,979897	0,981806
0,979899	0,982619	0,979898	0,981860	0,979897	0,981668	0,979897	0,981882	0,979896	0,982027
0,979900	0,982376	0,979898	0,982077	0,979896	0,982024	0,979896	0,982373	0,979895	0,982190
0,979899	0,982513	0,979898	0,981881	0,979899	0,981286	0,979894	0,982620	0,979898	0,981720
0,979899	0,982463	0,979897	0,982131	0,979896	0,982114	0,979895	0,982231	0,979895	0,982111
0,979899	0,982271	0,979897	0,982145	0,979895	0,981811	0,979896	0,982149	0,979898	0,981528
0,979899	0,982223	0,979897	0,982191	0,979897	0,981964	0,979896	0,982058	0,979896	0,981942
0,979899	0,982685	0,979898	0,982035	0,979895	0,982153	0,979895	0,982143	0,979896	0,981746
0,979899	0,983190	0,979896	0,982361	0,979897	0,981780	0,979897	0,981548	0,979897	0,981910
0,979899	0,983083	0,979896	0,982085	0,979896	0,981852	0,979895	0,982110	0,979896	0,982125
0,979899	0,983040	0,979896	0,982194	0,979898	0,981582	0,979897	0,981707	0,979897	0,981677
0,979899	0,982871	0,979897	0,981812	0,979896	0,982069	0,979898	0,981686	0,979896	0,981753
0,979899	0,982744	0,979898	0,982075	0,979898	0,981464	0,979897	0,981566	0,979896	0,982032
0,979899	0,982832	0,979894	0,982961	0,979894	0,982459	0,979898	0,981487	0,979895	0,982135
0,979898	0,983153	0,979895	0,982509	0,979896	0,981810	0,979899	0,981223	0,979896	0,981676
0,979899	0,984717	0,979897	0,982392	0,979898	0,981661	0,979896	0,981724	0,979895	0,981860
0,979899	0,984718	0,979896	0,982561	0,979896	0,982294	0,979896	0,981808	0,979895	0,981951

<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>
0,979898	0,984685	0,979895	0,982518	0,979896	0,981856	0,979899	0,981108	0,979895	0,982105
0,979899	0,984510	0,979897	0,982176	0,979898	0,981770	0,979895	0,982044	0,979898	0,981443
0,979898	0,984491	0,979897	0,982151	0,979895	0,982269	0,979895	0,981963	0,979896	0,981977
0,979899	0,984284	0,979898	0,981857	0,979896	0,982102	0,979897	0,982160	0,979896	0,982094
0,979899	0,984174	0,979897	0,982350	0,979895	0,982173	0,979894	0,982560	0,979896	0,981965
0,979899	0,984182	0,979896	0,982348	0,979895	0,981919	0,979897	0,982128	0,979896	0,981969
0,979898	0,984195	0,979898	0,982023	0,979897	0,981914	0,979897	0,982105	0,979896	0,981946
0,979898	0,984223	0,979896	0,982282	0,979896	0,981822	0,979898	0,981869	0,979896	0,982100
0,979898	0,984130	0,979898	0,981738	0,979896	0,982058	0,979895	0,982478	0,979896	0,982116
0,979898	0,983837	0,979897	0,982152	0,979896	0,981867	0,979896	0,982156	0,979896	0,982026
0,979898	0,983827	0,979898	0,982005	0,979897	0,981755	0,979898	0,981955	0,979896	0,981879
0,979898	0,983639	0,979897	0,982009	0,979897	0,981640	0,979898	0,981801	0,979897	0,981929
0,979899	0,983527	0,979896	0,982254	0,979897	0,981698	0,979896	0,982292	0,979896	0,982117
0,979899	0,983391	0,979897	0,981929	0,979897	0,981632	0,979897	0,982165	0,979897	0,982068
0,979898	0,983326	0,979896	0,982179	0,979894	0,982256	0,979896	0,982083	0,979896	0,982246
0,979899	0,983100	0,979897	0,982085	0,979896	0,981967	0,979897	0,981919	0,979899	0,981700
0,979899	0,983112	0,979897	0,981854	0,979897	0,981683	0,979897	0,982086	0,979897	0,981959
0,979898	0,983170	0,979898	0,981817	0,979896	0,981791	0,979896	0,982154	0,979894	0,982521
0,979898	0,983077	0,979898	0,981961	0,979897	0,981479	0,979896	0,982205	0,979897	0,982050
0,979899	0,982821	0,979897	0,982199	0,979896	0,981939	0,979898	0,981794	0,979896	0,982323

<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>	<b>Fitness terbaik</b>	<b>Fitness rata2</b>
0,979898	0,982923	0,979897	0,982277	0,979897	0,981760	0,979894	0,982562	0,979896	0,982336
0,979898	0,983271	0,979896	0,982500	0,979895	0,982134	0,979896	0,982241	0,979895	0,982533
0,979898	0,983394	0,979896	0,982362	0,979898	0,981485	0,979897	0,981979	0,979896	0,982280
0,979898	0,983245	0,979896	0,982437	0,979897	0,981599	0,979897	0,982070	0,979896	0,982185
0,979898	0,983042	0,979895	0,982668	0,979895	0,982002	0,979898	0,981666	0,979894	0,982168
0,979897	0,983645	0,979898	0,982168	0,979896	0,981899	0,979899	0,981407	0,979894	0,982478
0,979898	0,983324	0,979896	0,982538	0,979896	0,981931	0,979897	0,981754	0,979896	0,982201
0,979898	0,983307	0,979897	0,982201	0,979896	0,981952	0,979897	0,981881	0,979897	0,982114
0,979898	0,983179	0,979897	0,982125	0,979898	0,981699	0,979896	0,982334	0,979898	0,981735
0,979898	0,983258	0,979898	0,981825	0,979898	0,981654	0,979896	0,982121	0,979897	0,981777
0,979898	0,983368	0,979896	0,982335	0,979896	0,982186	0,979897	0,982166	0,979896	0,982103
0,979899	0,983099	0,979897	0,982343	0,979899	0,981631	0,979896	0,982075	0,979895	0,982099
0,979898	0,983307	0,979898	0,981983	0,979895	0,982391	0,979897	0,982106	0,979898	0,981759
0,979898	0,983185	0,979896	0,982176	0,979895	0,982307	0,979898	0,981865	0,979898	0,981648
0,979899	0,983333	0,979897	0,982081	0,979895	0,982153	0,979897	0,982164	0,979898	0,981611
0,979898	0,983425	0,979896	0,982344	0,979898	0,981791	0,979895	0,982215	-	-

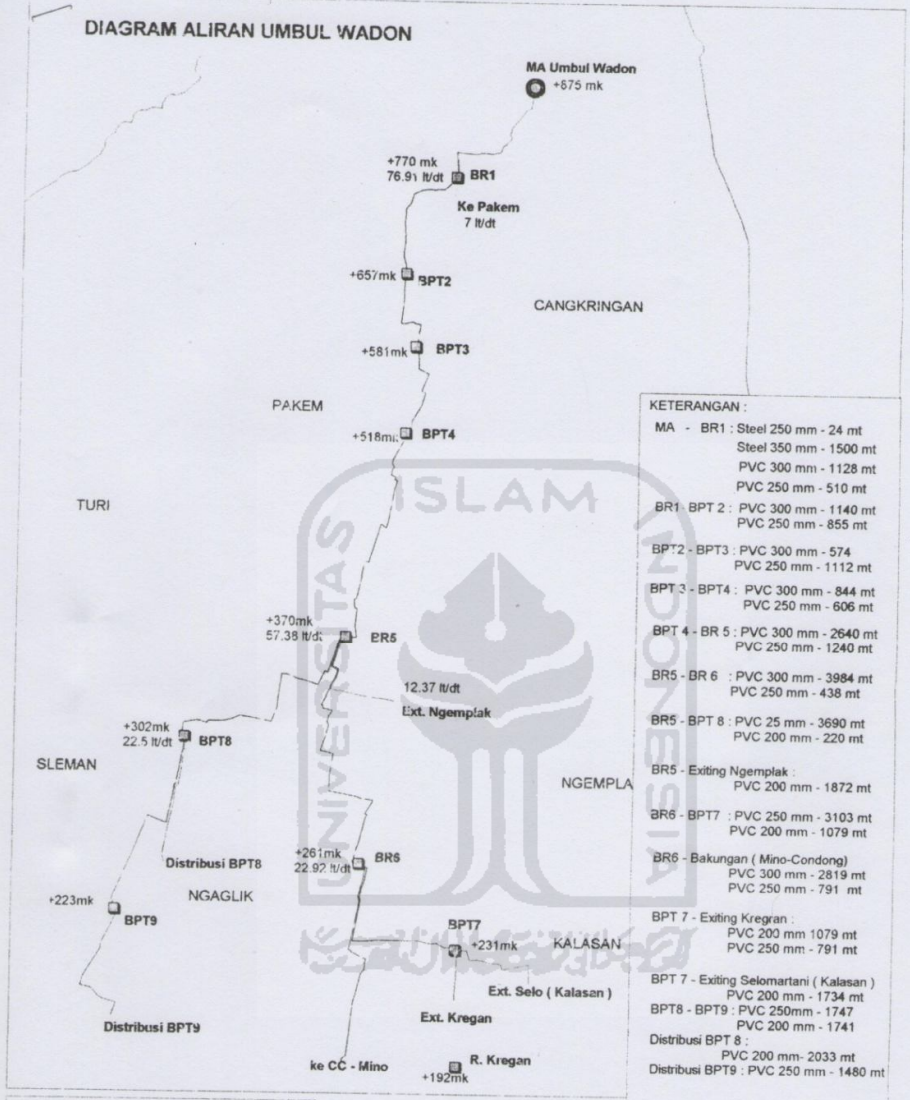
**PEMERIKSAAN KUALITAS AIR PARAMETER TERBATAS  
LABORATORIUM PDAM KABUPATEN SLEMAN**

NO	PARAMETER	BATAS SYARAT		HASIL PEMERIKSAAN	
		AIR BERSIH	AIR MINUM	Wash Out Kadisono 2	Sumur Resapan (Air Baku) Kadisono 2
1	Fe	1 mg/lit	0,3 mg/lit	0,15 mg/lit	0,05 mg/lit
2	pH	6,5 - 9	6,5 - 8,5	6,4	6,4

Sleman, 05 - 05 - 2007



# DIAGRAM ALIRAN UMBUL WADON



- KETERANGAN :**
- MA - BR1 : Steel 250 mm - 24 mt  
Steel 350 mm - 1500 mt  
PVC 300 mm - 1128 mt  
PVC 250 mm - 510 mt
  - BR1 - BPT 2 : PVC 300 mm - 1140 mt  
PVC 250 mm - 855 mt
  - BPT2 - BPT3 : PVC 300 mm - 574  
PVC 250 mm - 1112 mt
  - BPT 3 - BPT4 : PVC 300 mm - 844 mt  
PVC 250 mm - 606 mt
  - BPT 4 - BR 5 : PVC 300 mm - 2640 mt  
PVC 250 mm - 1240 mt
  - BR5 - BR 6 : PVC 300 mm - 3984 mt  
PVC 250 mm - 438 mt
  - BR5 - BPT 8 : PVC 25 mm - 3690 mt  
PVC 200 mm - 220 mt
  - BR5 - Exiting Ngemplak :  
PVC 200 mm - 1872 mt
  - BR6 - BPT7 : PVC 250 mm - 3103 mt  
PVC 200 mm - 1079 mt
  - BR6 - Bakungan ( Mino-Condong )  
PVC 300 mm - 2819 mt  
PVC 250 mm - 791 mt
  - BPT 7 - Exiting Kregan :  
PVC 200 mm 1079 mt  
PVC 250 mm - 791 mt
  - BPT 7 - Exiting Selomartani ( Kalasan )  
PVC 200 mm - 1734 mt
  - BPT8 - BPT9 : PVC 250mm - 1747  
PVC 200 mm - 1741
  - Distribusi BPT 8 :  
PVC 200 mm- 2033 mt
  - Distribusi BPT9 : PVC 250 mm - 1480 mt

**Pipa\_Skets by Diameter**

- 200 (8)
- 250 (11)
- 300 (6)
- 350 (2)
- 75 (1)



- CATATAN :**
- BR : BPT dan Reservoir
  - BPT : Bak Pelepas Tekan
  - MA : Mata Air
  - R : Reservoir

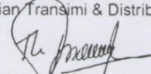
Sumber Data : As built Drawing Proyek Umbul Wadon & GIS Transdist

PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM  
KABUPATEN SLEMAN

**DATA PIPA**  
PER DESEMBER 2009

NO	URAIAN	JENIS PIPA	DIAMETER ( mm )	PANJANG ( Meter )	KETERANGAN
1	Pipa Transmisi	STEEL	350	1,578	
		GI	200	1,205	
		GI	150	3,015	
		GI	100	379	
		GI	75	262	
		PVC	300	11,341	
		PVC	250	13,281	
		PVC	200	3,201	
	<b>Sub Jumlah</b>			<b>34,262</b>	
2	Pipa Distribusi	GRP	400	1,726	
		Asbes	200	974	
		Asbes	150	825	
		GI	100	3,334	
		PVC	400	3,300	
			300	4,491	
			250	5,819	
			200	22,092	
			150	62,686	
			100	100,659	
			75	147,038	
			50	146,315	
			40	191,418	
	25	91,878			
	<b>Sub Jumlah</b>			<b>782,555</b>	
3	Pipa SR	PVC	18	75,368	
		GI	18	18,062	
		PE/GI	13	175,050	
	<b>Sub Jumlah</b>			<b>268,480</b>	
	<b>Jumlah Total</b>			<b>1,085,297</b>	

Sleman, 10 maret 2010  
Bagian Transmisi & Distribusi

  
MURDIMAN

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN  
 PENGADAAN DAN PEMASANGAN PVC BESERTA ACCESSORIES  
 UNTUK TANAH KERAS

1	1 M' Pengadaan dan pemasangan pipa PVC dia 400 mm pada jalan tanah Keras				
	1 Mtr Pipa PVC dia 400 mm - 12,5 bar	@ Rp	775,328.00	: Rp	775,328.00
0.35	Accessories	@ Rp	775,328.00	: Rp	271,364.80
	1 M' Galian	@ Rp	38,819.55	: Rp	38,819.55
	1 M' Urugan tanah dng pemadatan	@ Rp	11,143.68	: Rp	11,143.68
	1 M' Pemasangan Pipa	@ Rp	23,025.00	: Rp	23,025.00
	1 M' Test Pipa	@ Rp	5,611.20	: Rp	5,611.20
		<b>Jumlah</b>		: Rp	<b>1,125,292.23</b>
	PPN 10 %			: Rp	112,529.22
		<b>Jumlah</b>		: Rp	<b>1,237,821.46</b>
	Jasa Perusahaan 10 %			: Rp	123,782.15
	<b>Jumlah Per Meter</b>			: Rp	<b>1,361,603.80</b>
2	1 M' Pengadaan dan pemasangan pipa PVC dia 350 mm pada jalan tanah Keras				
	1 Mtr Pipa PVC dia 350 mm - 12,5 bar	@ Rp	685,100.00	: Rp	685,100.00
0.35	Accessories	@ Rp	685,100.00	: Rp	239,785.00
	1 M' Galian	@ Rp	34,685.52	: Rp	34,685.52
	1 M' Urugan tanah dng pemadatan	@ Rp	10,056.43	: Rp	10,056.43
	1 M' Pemasangan Pipa	@ Rp	20,590.00	: Rp	20,590.00
	1 M' Test Pipa	@ Rp	4,804.53	: Rp	4,804.53
		<b>Jumlah</b>		: Rp	<b>995,021.47</b>
	PPN 10 %			: Rp	99,502.15
		<b>Jumlah</b>		: Rp	<b>1,094,523.62</b>
	Jasa Perusahaan 10 %			: Rp	109,452.36
	<b>Jumlah Per Meter</b>			: Rp	<b>1,203,975.98</b>
3	1 M' Pengadaan dan pemasangan pipa PVC dia 300 mm pada jalan tanah Keras				
	1 Mtr Pipa PVC dia 300 mm - 12,5 bar	@ Rp	482,227.00	: Rp	482,227.00
0.35	Accessories	@ Rp	482,227.00	: Rp	168,779.45
	1 M' Galian	@ Rp	28,736.55	: Rp	28,736.55
	1 M' Urugan tanah dng pemadatan	@ Rp	8,387.49	: Rp	8,387.49
	1 M' Pemasangan Pipa	@ Rp	18,155.00	: Rp	18,155.00
	1 M' Test Pipa	@ Rp	4,005.70	: Rp	4,005.70
		<b>Jumlah</b>		: Rp	<b>710,291.19</b>
	PPN 10 %			: Rp	71,029.12
		<b>Jumlah</b>		: Rp	<b>781,320.31</b>
	Jasa Perusahaan 10 %			: Rp	78,132.03
	<b>Jumlah Per Meter</b>			: Rp	<b>859,452.34</b>
4	1 M' Pengadaan dan pemasangan pipa P/C dia 250 mm pada jalan tanah Keras				
	1 Mtr Pipa PVC dia 250 mm - 12,5 bar	@ Rp	301,906.00	: Rp	301,906.00
0.35	Accessories	@ Rp	301,906.00	: Rp	105,667.10
	1 M' Galian	@ Rp	21,680.11	: Rp	21,880.11
	1 M' Urugan tanah dng pemadatan	@ Rp	6,415.56	: Rp	6,415.56
	1 M' Pemasangan Pipa	@ Rp	15,720.00	: Rp	15,720.00
	1 M' Test Pipa	@ Rp	3,214.73	: Rp	3,214.73
		<b>Jumlah</b>		: Rp	<b>454,803.50</b>
	PPN 10 %			: Rp	45,480.35
		<b>Jumlah</b>		: Rp	<b>500,283.85</b>
	Jasa Perusahaan 10 %			: Rp	50,028.38
	<b>Jumlah Per Meter</b>			: Rp	<b>550,312.23</b>



BULAN : DESEMBER 2003  
 STATUS SAMPAI DENGAN BULAN INI

Uraian		Pusat	T U R I	Pakem	Nyemprak	Bimoartani	Tambakjojo	Triandri	Sieman	Misi	Siga
<b>TEKNIK :</b>											
1	Jumlah sumber air (th)		2	1	1	1	2	4	2	3	2
2	Kapasitas sumber air (th)		20	8	15	20	4	4	19	25	10
3	Kapasitas terpasang (th)		12	8	15	15	4	4	19	19	4
4	Pembangkit listrik/Gravitas		Genet	Gravitas	PLN	PLN	PLN	Genet	Grav	PLN	19
5	Kapasitas produksi (t/d)		7	8	15	11	3	4	19	19	4
6	Jam Op. s. Int. (Jam/hari)		2	24	24	11	17	22	22	23	3
7	Jumlah Produk Air (M3)		18,729,27,017	267,396	465,956	165,123	61,690,67,829	48,098,29,298,09,048	53,948	53,948	65,416
8	UK pemakai di produk (M3)		4,679	2,190	7,200	15,554	5,166	14,077	19,482	19,482	19,482
9	Jumlah Produk Air (M3)		14,049	4,233	459,656	148,569	124,364	14,077	1,173,294	1,173,294	1,173,294
10	UK pemakai di pemb. (M3)		10,684	255,209	459,656	15,554	5,166	14,077	20,473	20,473	20,473
11	Jumlah Air Terlarut dari Rak (M3)		4,684	4,233	3,259	4,010	2,545	4,571	650,960	650,960	650,960
12	Pemakaian Realisasi pemakai (M3)		28,739	89,099	287,737	74,619	75,998	90,091	502,161	502,161	502,161
13	Jumlah Pelebaran 72nd (Unit)		9,621	161,274	161,274	187,079	70,643	91,609	17	17	17
14	Jumlah Pelebaran 72nd (Unit)		11	28	28	19	10	453	3,044	3,044	3,044
15	Jumlah Pelebaran 72nd (Unit)		221	298	1,286	359	421	455	3,022	3,022	3,022
16	Jumlah Pelebaran 72nd (Unit)		207	292	1,236	341	415	455	3,022	3,022	3,022
17	Pemakaian Kehilangan Air (%)		23,46	83,19	40,92	47,43	36,92	48,18	42,80	42,80	42,80
<b>KEUANGAN :</b>											
a	Pendapatan Rekening Air		227,869,350	208,681,750	752,554,800	203,154,350	208,787,450	289,036,500	1,948,419,300	1,948,419,300	314,835,950
b	Pendapatan Sambungan Baru		14,899,810	6,800,000	28,282,600	18,400,000	5,940,000	7,928,600	110,711,150	110,711,150	4,870,600
c	Denda & Jasa lainnya		3,991,000	1,490,000	8,284,100	1,860,000	2,398,000	5,364,500	22,830,050	22,830,050	5,122,000
d	Jasa Gp										
e	Jumlah pendapatan (a) + (b) + (c) + (d)		246,760,160	217,971,750	819,121,800	224,634,350	217,125,450	297,319,600	2,069,130,450	2,069,130,450	324,828,550
f	Biaya Operasional (a)		3,300,219,575	196,35,688	78,387,740	239,384,987	248,971,670	248,971,670	260,521,739	719,890,286	343,819,557
g	Biaya / Biaya (a) - (b)		7,298,239,341	50,106,832	141,574,010	559,759,013	146,837,910	111,286,152	24,781,887	1,362,160,234	18,791,107
<b>REALISASI :</b>											
a	Pemeliharaan Rekening Air		221,478,500	208,570,550	789,255,750	201,354,050	208,743,550	273,009,200	1,929,990,100	1,929,990,100	311,320,200
b	Pemeliharaan Sambungan Baru		14,308,890	6,800,000	28,282,600	16,400,000	5,940,000	7,928,600	109,111,150	109,111,150	4,870,600
c	Denda & Jasa lainnya		3,991,000	1,490,000	8,284,100	1,860,000	2,398,000	5,364,500	22,830,050	22,830,050	5,122,000
d	Jasa Gp										
e	Jumlah Penyerahan (a) + (b) + (c) + (d)		239,769,390	217,860,550	825,821,650	219,714,050	217,081,550	288,282,300	2,061,931,300	2,061,931,300	321,292,200
a	Tenaga Kerja		1,205,621,919	113,632,467	29,839,615	147,418,985	116,072,443	117,240,812	92,184,987	342,570,125	163,124,787
b	Bayan Umum & Administrasi		1,538,755,975	25,559,475	15,455,427	40,143,573	36,024,429	29,349,295	94,170,933	94,170,933	38,528,962
c	Bahan Kimia		22,285,100								
d	Obat dan Solar		48,415,535	3,917,935				302,507		554,400	
e	Listrik PLN										
f	Retribusi & Kompensasi ABT		6,528,021	8,877,422	24,743,031	5,817,400	29,112,015	38,037,000	127,589,320	127,589,320	62,292,000
g	Biaya pemeliharaan		155,385,075	4,495,625	7,096,420	4,307,020	5,409,675	14,057,075	55,869,328	55,869,328	6,892,075
h	Lain - lain		141,593,978				4,817,965	5,542,425	17,003,080	17,003,080	7,000,485
i	Rupa-rupa biaya Operasi		4,120,000	18,504,000	3,360,000	10,747,000	12,278,500	34,150,565	5,438,000	5,438,000	500,000
j	Pengeluaran Non Operasional		1,936,050,679	49,073,980	1,564,750	62,251,750	32,413,500	51,959,750	148,147,350	148,147,350	1,999,200
k	Sarana Penunjang		396,115,400								
l	Sambungan Baru		9,528,622,283								
m	Hutang/Investasi										
n	Jumlah Pengetahuan (d) Surplus / Dikef (c) - (d)		204,987,438	82,604,674	284,913,150	242,057,227	199,362,744	292,583,848	782,872,536	782,872,536	280,074,489
o	Saldo Awal		4,904,727,182	35,118,912	136,195,878	640,900,891	23,323,177	17,715,278	23,706,852	1,289,258,784	41,247,711
p	Saldo Akhir		(4,094,727,182)	81,39	136,195,878	640,900,891	90,83	23,323,177	94,45	23,706,852	1,289,258,784
q	Prosentase Ef. Tagihan (%)										
			81,39			90,83	32,83		94,45	98,89	91,09