

TUGAS AKHIR - KS 091336

**PERMODELAN DAN SIMULASI SISTEM
MANAJEMEN DISTRIBUSI AIR UNTUK
MENINGKATKAN EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI
DISTRIBUSI AIR MENGGUNAKAN PENDEKATAN
SISTEM DINAMIK**

**(Studi Kasus : PDAM Surya Sembada
Surabaya)**

**AMALIA
NRP 5210 100 109**

**Dosen Pembimbing :
ERMA SURYANI, S.T., M.T., Ph.D.**

**JURUSAN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014**



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT – KS 091336

**MODELING AND SIMULATION OF WATER
DISTRIBUTION MANAGEMENT SYSTEMS TO
IMPROVE EFFECTIVENESS AND EFFICIENCY
WATER DISTRIBUTION USING SYSTEM
DYNAMICS**

**(Case Study: PDAM Surya Sembada
Surabaya)**

**AMALIA
NRP 5210 100 109**

**SUPERVISOR :
ERMA SURYANI, S.T., M.T., Ph.D.**

**DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEM
Faculty of Information Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014**

**PERMODELAN DAN SIMULASI SISTEM
MANAJEMEN DISTRIBUSI AIR UNTUK
MENINGKATKAN EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI
DISTRIBUSI AIR MENGGUNAKAN PENDEKATAN
SISTEM DINAMIK**

(Studi Kasus : PDAM Surya Sembada Surabaya)

Nama Mahasiswa : AMALIA
NRP : 5220 100 0109
Jurusan : SISTEM INFORMASI FTIF-ITS
Dosen Pembimbing : ERMA SURYANI,S.T.,M.T.,Ph.D.

Abstrak

Air merupakan salah satu komponen terpenting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Karena air merupakan sumber kehidupan bagi makhluk hidup. Namun sering dengan berjalannya waktu kebutuhan air tidak didukung oleh sumber daya yang ada. Semakin lama semakin sedikit sumber air yang di bumi sehingga dibutuhkan pengelolaan untuk dapat memanfaatkan sebaik-baiknya sumber daya air. Pada masa saat ini, banyak daerah-daerah yang ada di Indonesia yang masih belum bisa mendapatkan pasokan air dengan baik. Sebagai contoh di Surabaya, masih sering terjadi kondisi air mati serta kualitas air yang kurang baik.

Dengan kondisi permasalahan tersebut, PDAM suatu perusahaan jasa air bersih memiliki sistem manajemen distribusi air yang digunakan untuk mengambil sumber air kemudian disalurkan ke sektor-sektor yang membutuhkan. Dari data tahun 2012, cakupan layanan PDAM Surabaya mencapai 88% namun dengan tingkat kehilangan air sebesar 33% dan jumlah air tak berekening sebesar 33%. Untuk dapat mengurangi angka tersebut, diperlukan perbaikan dari sistem yang ada saat ini.

Oleh karena itu, tugas akhir berikut mengusulkan permodelan sistem manajemen kebutuhan air untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi distribusi air ke sektor-sektor yang membutuhkan menggunakan pendekatan sistem dinamik. Penelitian ini akan memberikan usulan-usulan skenario sistem manajemen distribusi air yang dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerja sistem distribusi tersebut.

Kata kunci: Permodelan Simulasi, Sistem Manajemen Distribusi Air, Sistem Dinamik

**MODELING AND SIMULATION OF WATER
DISTRIBUTION MANAGEMENT SYSTEMS TO
IMPROVE EFFECTIVENESS AN EFFICIENCY
WATER DISTRIBUTION USING SYSTEM
DYNAMICS**

(Case Study : PDAM Surya Sembada Surabaya)

Name : AMALIA
NRP : 5210 100 0109
Departement : INFORMATION SYSTEM FTIF-ITS
Supervisor : ERMA SURYANI,S.T.,M.T.,Ph.D.

Abstract

Water is one of important component of the human and another creature in the world. Because water in one of the source of life for all organism in the world. But as time goes by, the needs of water resources are not supported by existing resource. As long as a few time, the source of water on the earth will be decreased. And during this time, there so many regions in Indonesia are still can't get supplied of clear water well. For example, in one of the biggest capital city in Indonesia, capital city of East Java, Surabaya. There were so many bad condition felt by people, condition related of clear water resources. Like there are still so many incident about the stalled water. It makes people can't meet the needs.

With this problem of the condition, PDAM, one of service company which deliver service of clean water has water distribution management system that used to take water from surface and then distributed it to sectors that needs. From the research data in one year at 2012, Service Coverage Ratio of PDAM Surya Sembada Surabaya attain to 88% but with the rate of water loss up to 33% and water non-branch calculation 33%. In order to reduce these numbers, it needs necessary repairs of the existing system.

Therefore, this research project suggest to make modelling and simulation of Water Distribution Management System to improve the effectiveness and efficiency water distribution to all sectors which need clean water for daily operation. With the used approach is Dynamic System. This research will provide suggestions scenario of water distribution maanagemenet system which may have increase effectiveness and efficiency the work that distibution system.

Keywords: Modelling and Simulation, Water Distribution Management System, Dynamic System.

**PERMODELAN DAN SIMULASI SISTEM
MANAJEMEN DISTRIBUSI AIR UNTUK
MENINGKATKAN EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI
DISTRIBUSI AIR MENGGUNAKAN PENDEKATAN
SISTEM DINAMIK
(Studi Kasus : PDAM Surya Sembada Surabaya)**

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AMALIA
5210 100 109

Surabaya,

**KETUA
JURUSAN SISTEM INFORMASI**

Dr. Eng. FEBRILIYAN SAMOPA S. Kom, M. Kom
NIP.197502191998021001



**PERMODELAN DAN SIMULASI SISTEM
MANAJEMEN DISTRIBUSI AIR UNTUK
MENINGKATKAN EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI
DISTRIBUSI AIR MENGGUNAKAN PENDEKATAN
SISTEM DINAMIK**

(Studi Kasus : PDAM Surya Sembada Surabaya)

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada

Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AMALIA
5210 100 109

Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian : 20 Mei 2014
Periode Wisuda : September 2014

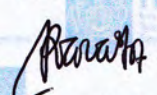
Erma Suryani, S.T., M.T, Ph.D


(Pembimbing I)

Rully Agus Hendrawan, S.Kom, M.Eng


(Penguji 1)

Raras Tyasnurita, S.Kom, MBA


(Penguji 2)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirohim.....

Al-hamdu lillahi rabbil 'alamin

Syukur Alhamdulillah atas berkah dan rahmat serta hidayah yang dilimpahkan oleh Allah SWT. sehingga penulis dapat menyelesaikan buku tugas akhir berikut dengan judul :

**PERMODELAN DAN SIMULASI SISTEM
MANAJEMEN DISTRIBUSI AIR UNTUK
MENINGKATKAN EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI
DISTRIBUSI AIR MENGGUNAKAN PENDEKATAN
SISTEM DINAMIK**

(Studi Kasus Pdam Surya Sembada Surabaya)

Tiada kata yang bisa terucap selain terima kasih banyak kepada pihak-pihak yang sangat membantu dan mendukung dalam terselesaikannya buku tugas akhir berikut. Terim kasih secara khusus penulis sampaikan sedalam-dalamnya kepada :

- Allah SWT Tuhan semesta alam yang paling mulia atas segala kemurahan hatinya menerima keluhan di setiap doa dan atas keikhlasan harinya mengabulkan setiap doa yang terucap dengan tulus. Serta karena ridho-Nya lah buku ini bisa terselsaikan
- Orang tua penulis, Bapak Ir. Asih Budi Santoso dan Ibu Juwairiyah, Amd.Keb yang selalu senantiasa mendoakan dari jauh dengan tulus demi kelancaran pengerjaan tugas akhir. Jasa mereka tak terhingga. Terima kasih Pak, Bu.
- Teman-teman seperjuangan selama hampir 4 tahun berkuliah bersama, berbagi kesenangan dan kesedihan bersama, serta bersama-sama mencari topik Tugas Akhir hingga berjuang menyelesaikan kuliah dengan baik, Izmi N., Marifatul K., Puteri Ela M.S., dan Ria Ni Ulin A. Semoga kita semua sukses teman.

- Ibu Erma Suryani, S.T., M.T, Ph.D sebagai dosen wali yang selalu setia memotivasi kuliah setiap semesternya. Yang juga sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir ini sehingga sampai akhir dapat terselesaikan dengan baik. Terima Kasih Bu.
- Bapak Arif Djunaidy, Ir., M.Sc., PhD., Prof. selaku Dosen yang menjabat sebagai Ketua Laboratorium Sistem Pendukung Keputusan (SPK-IB) yang telah bersedia menerima poposal pengajuan topik tugas akhir di awal perjalanan memulai tugas akhir ini. Terima Kasih Pak.
- Bapak Rully Agus Hendrawan, S.Kom., M.Eng. dan Ibu Retno Aulia Vinarti, S.Kom., M.Kom. selaku dosen penguji Sidang Proposal saya yang telah memberikan masukan untuk memperbaiki konsep awal pembuatan tugas akhir ini. Serta Ibu Raras Tyasnurita, S.Kom, MBA dan Bapak Rully Agus Hendrawan, S.Kom., M.Eng. selaku dosen Sidang Akhir yang telah memberikan banyak masukan untuk tugas akhir ini yang lebih baik.
- Seluruh teman-teman yang turut mendukung dan mendoakan, FOXIS, AE9IS, 8IOS, BASILIKS, EUFOURIA serta teman-teman lain di ITS, SMA 1 Malang, SMPN 5 Malang. Terima kasih banyak atas doanya.
- Keluraga Besar Suprihani Soemadi dan Keluarga Besar Bawean-Gresik yang turut mendoakan. Terima Kasih.
- Serta Semua pihak yang belum mampu disebutkan diatas. Tiada kata yang terucap atas sebagai bantuannya selain terima kasih yang sebesar-besarnya. Semoga Allah SWT. selalu memberikan kebaikan pada kita semua. Aminnn.

Surabaya, 4 Juni 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Tugas Akhir.....	5
1.4 Tujuan Tugas Akhir	5
1.5 Manfaat Tugas Akhir	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Manajemen Distribusi Air PDAM	9
2.2 Manajemen Distribusi Air yang Efektif dan Efisien 10	
2.3 Water Resource Management	12
2.4 Konsep Permodelan dan Simulasi.....	13
2.5 Sistem Dinamik.....	16
BAB III METODE PENGKERJAAN TUGAS AKHIR.....	21
3.1 Studi Literatur	22
3.2 Identifikasi Permasalahan.....	22
3.3 Pengumpulan Data	23
3.4 Pembuatan Model Sistem Dinamik.....	24

3.5	Pembuatan Skenario dan Analisis Hasil	25
3.6	Penyusunan Buku Tugas Akhir.....	25
BAB IV MODEL DAN IMPLEMENTASI.....		27
4.1	Pengumpulan Data	27
4.2	Model Sistem Dinamik (Tahap Awal).....	28
BAB V PEMBUATAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL		77
5.1	Model Sistem Dinamik (Tahap Lanjut).....	77
5.2	Analisis Hasil Simulasi.....	110
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		125
6.1.	Kesimpulan.....	125
6.2.	Saran.....	127
DAFTAR PUSTAKA.....		129
Biodata Penulis		133
LAMPIRAN A DATA INPUTAN.....		A-1
DATA VOLUME AIR DARI SUMBER		A-1
DATA VOLUME AIR TERPRODUKSI (M ³)		A-2
VOLUME AIR TERJUAL (m ³).....		A-3
LABA PERUSAHAAN (Rupiah)		A-4
LAMPIRAN B DATA VALIDASI.....		B-1
Validasi Volume Supply		B-1
Validasi Production Capacity.....		B-2
Validasi Water Sold.....		B-4
Validasi Keran Air Siap Minum.....		B-5
LAMPIRAN C DATA SKENARIOISASI.....		C-1
Volume Supply (Hasil 4 Skenarioisasi)		C-1

Volume Water Sold (Hasil 4 Skenarioisasi)..... C-3

Water Loss Rasio (Hasil 4 Skenarioisasi) C-5

Adequacy Ratio (Hasil 4 Skenarioisasi) C-7

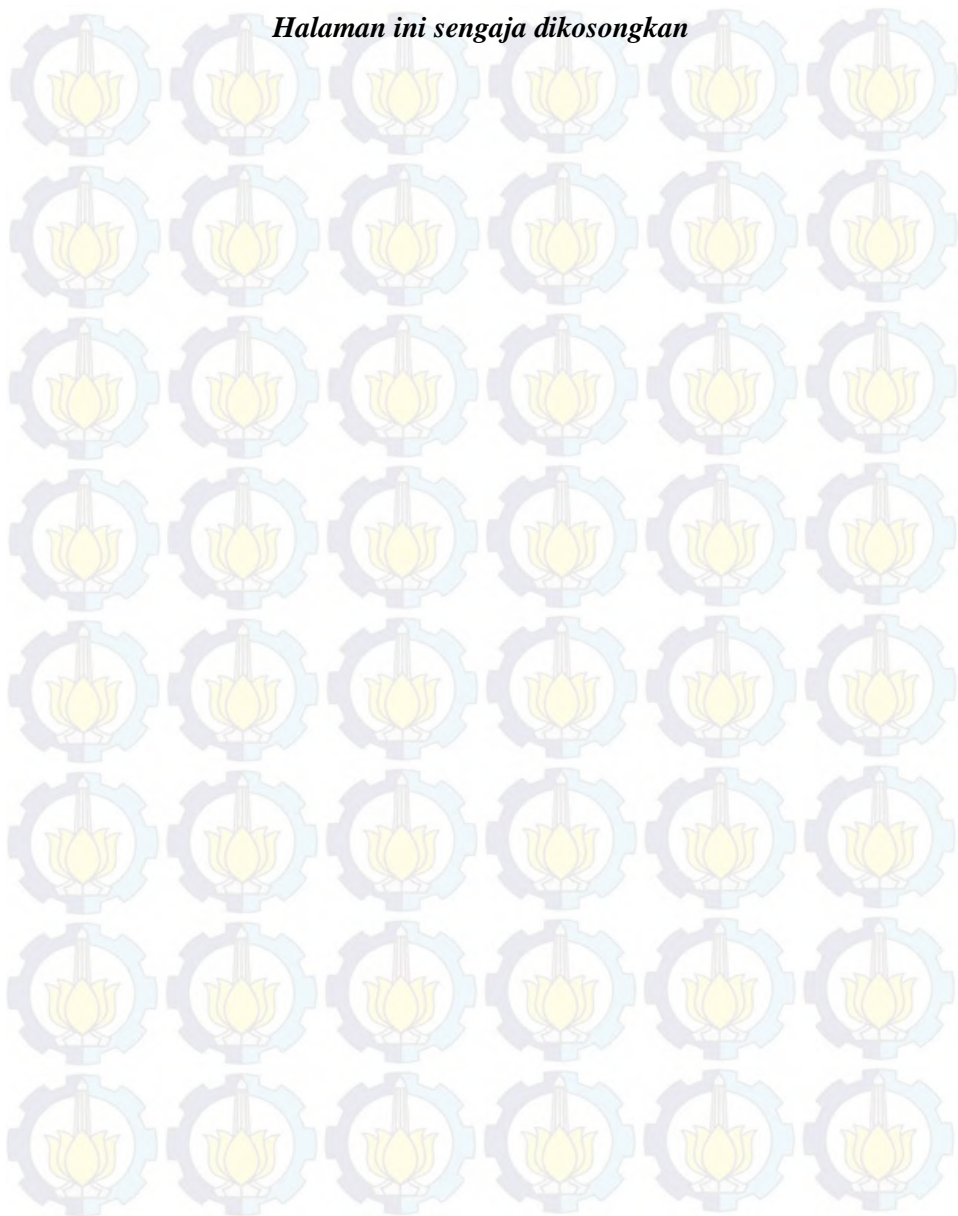
Service Coverage Ratio (Hasil 4 Skenarioisasi)..... C-9

Capacity Ratio (Hasil 4 Skenarioisasi) C-11

Cost Efficiency Ratio (Hasil 4 Skenarioisasi) C-13

LAMPIRAN D HASIL WAWANCARA..... D-1

Halaman ini sengaja dikosongkan



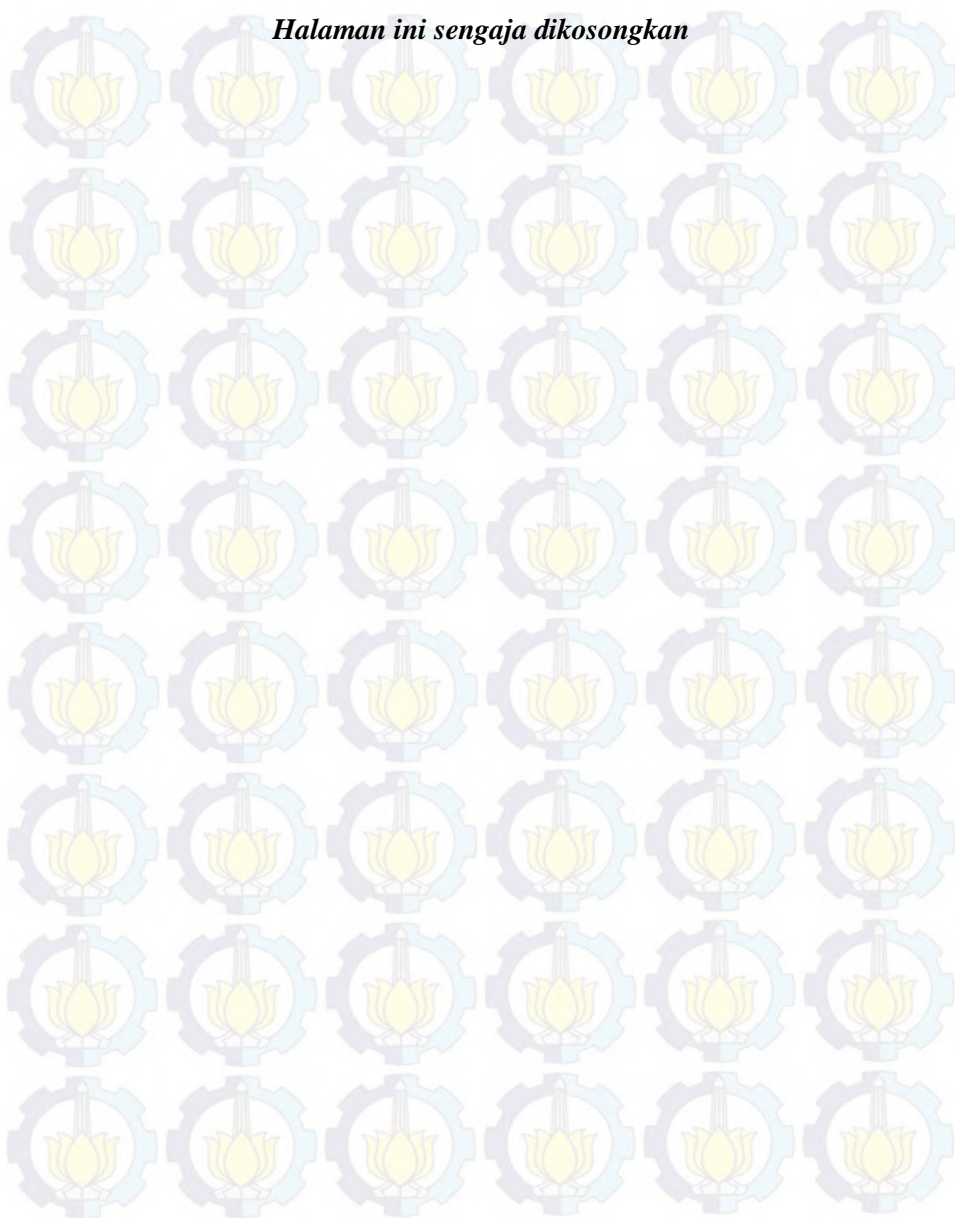
DAFTAR TABEL

Tabel 4.2.4.1-1.	Persamaan Sub-Model Water Supply ...	47
Tabel 4.2.4.2-1.	Persamaan Sub-Model Water Production	50
Tabel 4.2.4.3-1.	Persamaan Sub-Model Water Distribute to Customer	52
Tabel 4.2.4.4-1.	Sub-Model Profit	54
Tabel 4.2.5.2-1.	Tabel Data dan Simulasi Volume Supply	67
Tabel 4.2.5.2-2.	Tabel validasi Volume Supply	68
Tabel 4.2.5.2-3.	Tabel Data dan Simulasi Volume Production Capacity	69
Tabel 4.2.5.2-4.	Tabel validasi Volume Production Capacity	70
Tabel 4.2.5.2-5.	Tabel Data dan Simulasi Volume Water Sold	71
Tabel 4.2.5.2-6.	Tabel validasi Volume Water Sold	72
Tabel 4.2.5.2-7.	Tabel Data dan Simulasi Jumlah Profit.	73
Tabel 4.2.5.2-8.	Tabel validasi Jumlah Profit.....	74
Tabel 4.2.5.2-9.	Tabel Data dan Simulasi Volume KARSM	75
Tabel 4.2.5.2-10.	Tabel validasi Volume Water Sold	76
Tabel 5.1 -1.	Alur Perkembangan Rancangan Skenario.	78
Tabel 5.1.1.1-1.	Skenario 1 Adequacy Rasio	80
Tabel 5.1.1.1-2.	Persamaan pada Skenario 1	81
Tabel 5.1.1.2-1.	Skenario 2 Water Loss Rasio	86

Tabel 5.1.1.2-2.	Persamaan pada Skenario 2.....	87
Tabel 5.1.1.3-1.	Persamaan pada Skenario 3 Service Coverage Ratio	92
Tabel 5.1.1.3-2.	Persamaan pada Skenario 3.....	93
Tabel 5.2.1-1.	Perbandingan Volume Hasil Simulasi Per-Tahun	111
Tabel 5.2.2 -1.	Perbandingan Volume Water Sold Hasil Simulasi Per-Tahun	113
Tabel 5.2.3 -1.	Perbandingan Profit Hasil Simulasi Per-Tahun	114
Tabel 5.2.4 -1.	Perbandingan Nilai Capacity Rasio Hasil Simulasi Per-Tahun	116
Tabel 5.2.5 -1.	Perbandingan Water Loss Rasio Hasil Simulasi Per-Tahun	117
Tabel 5.2.6 -1.	Perbandingan Adequacy Rasio Hasil Simulasi Per-Tahun	119
Tabel 5.2.7 -1.	Perbandingan Service Coverage Rasio Hasil Simulasi Per-Tahun	121
Tabel 5.2.8 -1.	Perbandingan Cost Efficiency Rasio Hasil Simulasi Per-Tahun	122
A-1.	Air Dari Sumber (M ³)	A-1
A-2.	Air Terproduksi (m ³).....	A-2
A-3.	Kapasitas Terpasang (lt/dt).....	A-2
A-4.	Kapasitas Terproduksi.....	A-3
A-5.	Air Terjual	A-3
B-1.	Validasi Supply.....	B-1
B-2.	Validasi Production Capacity	B-2
B-3.	Validasi Water Sold	B-4

B-4.	Validasi KASM	B-5
C-1.	Supply 2011-2015, 4 Skenario	C-1
C-2.	Volume Water Sold 2011-2015, 4 Skenario.....	C-3
C-3.	Water Loss Ratio 2011-2015, 4 Skenario	C-5
C-4.	Adequacy Ratio 2011-2015, 4 Skenario	C-7
C-5.	Service Coverage 2011-2015, 4 Skenario	C-9
C-6.	Capacity 2011-2015, 4 Skenario.....	C-11
C-7.	Capacity 2011-2015, 4 Skenario.....	C-13

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1-1.	Hirarki kebutuhan air (terinspirasi oleh hirarki kebutuhan Abraham Maslow, 1908-1970)	2
Gambar 2.3-1.	Water Resource	12
Gambar 2.3-2.	Water Supply.....	13
Gambar 2.5-1.	Contoh Sistem Dinamik.....	17
Gambar 2.5-2.	Tahapan Sistem Dinamik.....	18
Tabel 2.5-1.	Variabel Sistem Dinamik.....	19
Gambar 3-1.	Diagram Metodologi Pengerjaan.....	21
Gambar 3.4-1.	Causal Loop Diagram	24
Gambar 4.2.1-1.	Sistem Distribusi Air Bersih.....	30
Gambar 4.2.3-1.	Diagram Kausatik Sistem Distribusi Air PDAM Surabaya	36
Gambar 4.2.3-2.	Variabel yang mempengaruhi Supply ...	37
Gambar 4.2.3-3.	Variabel yang dipengaruhi Supply	38
Gambar 4.2.3-4.	Variabel yang mempengaruhi Demand.	40
Gambar 4.2.3-5.	Variabel yang dipengaruhi Demand	41
Gambar 4.2.3-6.	Variabel yang Mempengaruhi Total Air Terdistribusi	42
Gambar 4.2.3-7.	Variabel yang dipengaruhi Total Terdistribusi	43
Gambar 4.2.3-8.	Variabel yang mempengaruhi Profit.....	44
Gambar 4.2.4-1.	Flow Diagram Sistem Distribusi Air	46
Gambar 4.2.4.1-1.	Sub-Model Water Supply.....	47
Gambar 4.2.4.2-1.	Sub-Model Water Production.....	49

Gambar 4.2.4.3-1.	Sub-Model Water Distribute to Customer	52
Gambar 4.2.4.4-1.	Sub-Model Profit	54
Gambar 4.2.5.1-1.	Tampilan Peringatan untuk menguji Verifikasi Model	57
Gambar 4.2.5.1-2.	<i>Running</i> Model siap disimpan	58
Gambar 4.2.5.1.1-1.	Volume Supply (M^3)	59
Gambar 4.2.5.1.1-2.	Volume Production Capacity (M^3) ...	60
Gambar 4.2.5.1.1-3.	Volume Water Sold (M^3)	60
Gambar 4.2.5.1.1-4.	Jumlah Profit (Rp)	61
Gambar 4.2.5.1.1-5.	Capacity Ratio (Percentage %)	62
Gambar 4.2.5.1.1-6.	Cost Efficiency Ratio (Percentage).	63
Gambar 4.2.5.1.1-7.	Service Coverage Ratio (Percentage %)	64
Gambar 4.2.5.1.1-8.	Adequacy Rasio (Precentage %)	65
Gambar 4.2.5.1.1-9.	Water Loss Rasio	66
Gambar 4.2.5.2-1.	Grafik Perbandingan Nilai Data dan Simulasi Supply	68
Gambar 4.2.5.2-2.	Grafik Perbandingan Nilai Data dan Simulasi Production Capacity	70
Gambar 4.2.5.2-1.	Grafik Perbandingan Nilai Data dan Water Sold	72
Gambar 4.2.5.2-2.	Grafik Perbandingan Nilai Data dan Simulasi Profit	74
Gambar 4.2.5.2-3.	Grafik Perbandingan Nilai Data dan Simulasi Supply	76
Gambar 5.1.1.1-1.	Struktur Baru Sub-Model Profit	82
Gambar 5.1.1.1-2.	Struktur Baru Sub-Model Profit(2)	82

Gambar 5.1.1.1-3.	Struktur Baru Sub-Model Profit	83
Gambar 5.1.1.1-4.	Skema Simulasi Skenario Peningkatan Adequacy Ratio	84
Gambar 5.1.1.2-1.	Perubahan Sub-Model Skenarioisasi 2	89
Gambar 5.1.1.2-2.	Skema Simulasi Skenario Pengurangan Water Loss Ratio	90
Gambar 5.1.1.3-1.	Sub-Model Profit pada Variabel Cost..	93
Gambar 5.1.1.3-2.	Sub-Model Profit pada Variabel Cost..	94
Gambar 5.1.1.3-3.	Perubahan Variabel terkait Service Coverage Ratio	94
Gambar 5.1.1.3-4.	Skema Simulasi Skenario Peningkatan Service Coverage Ratio.....	95
Gambar 5.1.1.4-1.	Skema Simulasi Skenario Gabungan...	97
Gambar 5.1.2.1-1.	Perubahan Volume Supply dari Skenario 1	98
Gambar 5.1.2.1-2.	Perubahan Jumlah Profit dari Skenario 1	99
Gambar 5.1.2.1-3.	Perubahan Nilai Adequacy Ratio dari Skenario 1	100
Gambar 5.1.2.2-1.	Perubahan Nilai <i>Water Loss Ratio</i> dari Skenario 2	101
Gambar 5.1.2.2-2.	Perubahan Nilai <i>Adequacy Ratio</i> dari Skenario 2	102
Gambar 5.1.2.2-3.	Perubahan Nilai <i>Profit</i> dari Skenario 2	103
Gambar 5.1.2.3-1.	Perubahan Nilai <i>Service Coverage Ratio</i> dari Skenario 3	104

Gambar 5.1.2.3-2.	Perubahan Nilai <i>Cost Efficiency Ratio</i> dari Skenario 3	105
Gambar 5.1.2.4-1.	Perubahan Nilai <i>Water Loss Ratio</i> dari Skenario 4	106
Gambar 5.1.2.4-2.	Perubahan <i>Adequacy Ratio</i> dari Skenario 4	107
Gambar 5.1.2.4-3.	Perubahan Nilai <i>Service Coverage Ratio</i> dari Skenario 4	108
Gambar 5.1.2.4-4.	Perubahan Nilai <i>Cost Efficiency Ratio</i> dari Skenario 4	109
Gambar 5.1.2.4-5.	Perubahan Nilai <i>Capacity Ratio</i> dari Skenario 4	110
Gambar 5.2.1-1.	Grafik Supply	111
Gambar 5.2.2-1.	Grafik Water Sold.....	112
Gambar 5.2.3-1.	Grafik Profit	114
Gambar 5.2.4-1.	Grafik Capacity Ratio	115
Gambar 5.2.5-1.	Grafik Water Loss Rasio.....	117
Gambar 5.2.6-1.	Grafik Adequacy Rasio.....	119
Gambar 5.2.7-1.	Service Coverage Rasio	120
Gambar 5.2.8-1.	Cost Efficiency Ratio.....	122

BAB I

PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan beberapa hal dasar mengenai tugas akhir ini yang meliputi: latar belakang, perumusan masalah, batasan, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan dalam dokumen tugas akhir berikut. Penjelasan tentang hal-hal tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran umum mengenai permasalahan sehingga pemecahan masalah itu sendiri akan dapat diambil dan dipahami dengan baik.

1.1 Latar Belakang

Air adalah komponen terpenting bagi kehidupan semua makhluk hidup yang ada di bumi. Semua makhluk hidup yang hidup di muka bumi ini pasti membutuhkan air untuk keberlangsungan hidupnya. Penyediaan air yang mencukupi dan terkontrol dengan baik adalah salah satu hal penting yang untuk dipenuhi (Mays, 2001)

Kebutuhan air dalam masyarakat menurut WHO berimplikasi pada meningkatnya kebutuhan manusia akan sumber daya air (Anitaningtyas, 2010). Rincian kebutuhan air dari WHO menurut hirarki kebutuhan menurut Abraham Maslow dapat dilihat pada Gambar 1.1-1.

Karena air adalah sumber daya alam yang paling penting di dunia, kelangkaan air menjadi suatu masalah global yang parah untuk sekarang dan masa depan. Disisi permintaan, pertumbuhan penduduk yang cepat dan pembangunan ekonomi telah menyebabkan permintaan lebih tinggi untuk air di seluruh dunia. Disisi penawaran, perubahan iklim telah menyebabkan curah hujan menjadi sumber yang kurang dapat diprediksi. Penawaran dan permintaan yang ketidakseimbangan menuntut adanya pengelolaan air yang lebih inovatif, sehingga dapat

memberikan kuantitas air yang cukup untuk generasi sekarang dan mendatang. Pada studi kasus yang dibahasnya mengenai model dari *The Singapore Water* permintaan menyatakan bahwa tingkat ekonomi dan pertumbuhan penduduk dapat menentukan jumlah permintaan air dari suatu daerah. Mengidentifikasi kecukupan air, swasembada dalam air, dan keberlanjutan ekonomi merupakan tiga aspek yang paling penting dalam pengelolaan air yang berkelanjutan di Singapura. (Xia*, 2013)



Gambar 1.1-1. Hirarki kebutuhan air (terinspirasi oleh hirarki kebutuhan Abraham Maslow, 1908-1970)

Di China, 400 kota mengalami kelangkaan air bersih dan total sekitar 660 kota dihadapkan pada keadaan dimana air sangat sulit untuk didapatkan. Dari United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO) menunjukkan hasil statistik kondisi daerah Mesir. Hasil statistik menyatakan bahwa lebih dari 1/3 orang di Amerika sangat sedikit mengkonsumsi air. Selain karena perkembangan ekonomi di daerah tersebut yang kurang baik dan dari kebiasaan yang tidak wajar dari penduduknya yang tidak terbiasa meminum air, masalah utamanya adalah pada *Water Resource Management*

atau proses pengelolaan sumber daya air yang buruk yang mengakibatkan krisis air yang berkelanjutan dari suatu negara. Hal ini menunjukkan permasalahan air menjadi permasalahan yang harus dipikirkan lebih mendalam di dunia ini. Karena air adalah sumber utama dari aktivitas utama yang ada di kehidupan. Menurut Vorosmarty, isu-isu terkait air bersih adalah hal yang seharusnya lebih diutamakan daripada isu-isu terkait pertumbuhan ekonomi dan aktivitas pembangunan daerah. (Yang, 2013)

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) sebagai perusahaan BUMN yang bertanggung jawab memberikan jasa pelayanan pengelolaan dan penyediaan air bersih di setiap daerah-daerah di Indonesia. Khususnya PDAM Surabaya. (Kurniawan, 2011).

Di Indonesia khususnya, ada beberapa permasalahan terkait sistem air bersih. Warga kota Surabaya terancam kelangkaan air bersih dalam waktu 5-10 tahun ke depan. Saat ini saja kualitas dan kuantitasnya sering dikeluhkan warga. Selain akibat jaringannya tua sehingga rawan kebocoran, stok produksi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surabaya menipis. Ahli manajemen sumber air dan sungai asal Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS), Prof. Dr. Ir. Nadjadi Anwar, MSc menyatakan jumlah kebutuhan air bersih tiap jiwa mencapai 150 liter untuk tiap harinya. Jika dihitung berdasarkan jumlah penduduk Surabaya yang mencapai 2,9 juta jiwa maka kebutuhan air bersih mencapai 435.000.000 liter atau setara dengan 435.000 m³. Sedangkan yang mampu diproduksi oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) mencapai 10.000 liter per detik dari kapasitas awal sebesar 8.830 liter per detik. Jika dihitung kemampuan produksi PDAM tersebut 21 juta hingga 22 juta meter kubik per bulan, artinya, produksi PDAM hanya bisa melayani 70% dari total masyarakat Surabaya. (Post, 2010)

Surabaya sebagai salah satu kota besar di Indonesia memiliki kebutuhan air bersih yang juga sangat besar. Jika

dicermati ada beberapa permasalahan yang terjadi terkait distribusi air yang di pasok ke setiap rumah-rumah. Seperti kondisi air yang disalurkan mengandung bau yang tidak sedap atau berwarna yang tidak biasa. Dan tidak jarang pula terjadi kondisi dimana keran air yang ada di rumah-rumah atau di beberapa institusi tidak menyala sehingga terjadi krisis air untuk beberapa saat. Hal ini menjadi suatu permasalahan yang harus dipikirkan dengan seksama. Karena seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa air merupakan sumber utama dari kehidupan.

Berdasarkan kondisi dan permasalahan yang ada, baik dari luar negeri dan dalam negeri khususnya untuk kota Surabaya permasalahan distribusi air untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat menjadi persoalan yang perlu diperhatikan. Oleh karena itu, perlu dikembangkan suatu permodelan yang diharapkan mampu mengatasi permasalahan tersebut dan menunjang peningkatkan performansi PDAM sebagai penyedia dan pengelola air bersih. Akhir dari penulisan tugas akhir ini akan diperoleh usul-usulan terkait sistem manajemen air untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pemenuhan kebutuhan air dari pelanggan PDAM Surya Sembada Surabaya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, permasalahan yang dibahas pada usulan tugas akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Apa saja parameter dari efektivitas dan efisiensi dalam proses distribusi air PDAM Surya Sembada Surabaya ?
2. Bagaimana menentukan kebijakan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi distribusi air PDAM Surya Sembada Surabaya ?

1.3 Batasan Tugas Akhir

Batasan dari permasalahan yang diangkat pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Studi kasus yang digunakan adalah PDAM Surya Sembada Surabaya
- Daerah pelayanan distribusi air adalah pada wilayah Kota Surabaya.
- Kualitas dalam penelitian ini digunakan sebagai penunjang efektivitas tanpa memperhatikan tiap detail parameter kualitas.
- Kran Air Saip Minum digunakan sebagai salah satu produk lain dalam air bersih tanpa memperhatikan tiap detail proses pengolahannya.
- Infrastruktur terkait distribusi air bersih meliputi pipa penyaluran, meteran air, reservoir air, dan DMA.
- Biaya dan Pendapatan dijabarkan sesuai dengan yang tertera pada laporan keuangan tahunan.
- Parameter efektivitas dan efisiensi ditunjukkan dalam bentuk presentasi (%).

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini antara lain :

1. Mengetahui parameter dari efektivitas dan efisiensi dalam distribusi air PDAM Surya Sembada Surabaya

2. Membuat kebijakan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi distribusi air PDAM Surya Sembada Surabaya

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang dapat diperoleh dari pengerjaan tugas akhir berikut adalah :

1. Mengenalkan teori permodelan sistem dinamik untuk membuat model dan skenario dari suatu sistem dalam pengambilan keputusan
2. Memodelkan sistem pengelolaan air perusahaan dengan sistematis
3. Memberikan referensi bagi PDAM Surya Sembada Surabaya dalam pengelolaan manajemen distribusi kebutuhan air

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika dari penulisan buku tugas akhir ini :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I Pendahuluan menjelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat dari pengerjaan tugas akhir serta sistematika penulisan dari penyusunan buku laporan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab II Tinjauan Pustaka menjelaskan mengenai teori-teori dasar yang mendukung dalam proses pengerjaan tugas akhir ini yang diperoleh dari referensi-referensi yang mendukung, meliputi teori mengenai permodelan dan simulasi, sistem dinamik, serta teori mengenai studi kasus yang digunakan dalam permasalahan pada tugas akhir berikut.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada Bab III Metode Penelitian menjelaskan tentang metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir. Metode tersebut terdiri dari langkah-langkah dalam mengerjakan tugas akhir agar prosesnya dapat terstruktur dengan baik. Langkah-langkah tersebut menggambarkan proses identifikasi di awal, pengerjaan di bagian tengah, dan penarikan kesimpulan di akhir hingga penyusunan buku tugas akhir.

BAB IV MODEL DAN IMPLEMENTASI

Pada Bab IV Model dan implementasi membahas mengenai model yang dibuat sesuai dengan metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir berikut. Model yang dibuat dalam tugas akhir ini menggunakan metode sistem dinamik. Sehingga dalam bab ini menjelaskan sistem yang dimodelkan menggunakan sistem dinamik dan diimplementasikan sesuai dengan studi kasus yang digunakan. Serta dijelaskan mengenai proses verifikasi dan validasi yang menandakan keakuratan model dibuat.

BAB V PEMBUATAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL

Pada Bab V Pembuatan Skenario dan Analisis Hasil membahas mengenai tahapan selanjutnya setelah

pembuatan model yang valid. Hal yang dilakukan yaitu dengan membuat beberapa skenario usulan perbaikan sistem yang telah ada, baik secara struktural dan Parameter; skenario *mostlikely*, skenario *optimistic*, dan skenario *pessimistic*. Hal tersebut dilakukan untuk membuat kebijakan yang bisa digunakan oleh perusahaan dalam proses pengambilan keputusan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab VI Kesimpulan dan Saran menjelaskan mengenai kesimpulan dari hasil permodelan yang dilakukan dan sari keseluruhan hasil penelitian. Serta saran untuk memperbaiki sistem kedepan agar bisa dapat berkembang lebih baik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab berikut dipaparkan mengenai tinjauan terhadap kepustakaan mengenai teori-teori terkait pengerjaan tugas akhir. Teori tersebut berasal dari referensi-referensi dari jurnal terkait, buku, penelitian atau tugas akhir sebelumnya serta referensi dari pihak perusahaan terkait permasalahan yang di bahas. Tinjauan pustaka di buat untuk memahami teori dan konsep permasalahan dan sebagai dasar dalam penyusunan skenario penyelesaian permasalahan perusahaan.

2.1 Manajemen Distribusi Air PDAM

Perusahaan daerah air minum atau PDAM adalah perusahaan yang menyediakan air bersih ke rumah-rumah atau sektor-sektor lain yang membutuhkan pasokkan air sebagai pendukung proses bisnisnya. Seperti sektor irigasi pertanian, perumahan, industri, lingkungan, dan lain-lain. Karena banyaknya daerah distribusi dari PDAM maka diperlukan proses distribusi yang efektif untuk bisa memenuhi kebutuhan dengan baik dan sesuai dengan permintaan sektor-sektor yang menjadi pelanggannya. Secara umum berikut proses distribusi yang ada di PDAM (Surabaya, 2013):

1. Sistem yang ada akan menyediakan dan mendistribusikan air kepada konsumen secara terus menerus selama 24 jam. Sistem ini diterapkan bila pada setiap waktu kuantitas air minum yang ada dapat menyediakan seluruh kebutuhan konsumen
2. Sarana distribusinya terdiri dari :
 - a. Reservoir Distribusi
 - b. Pipa transmisi/distribusi
 - c. Pompa Booster

3. Pengelolaan pelanggan di bagi dalam beberapa kelompok, antara lain :
 - a. Kelompok I : Hidran umum, tempat ibadah, rumah susun sewa
 - b. Kelompok II : Pondok Pesantren, Panti-Panti, Sekolah Negeri, Balai pertemuan RT/RW, dan rumah tangga dengan klasifikasi tertentu.
 - c. Kelompok III : Layanan Umum, Kesehatan, dan Fasilitas umum
 - d. Kelompok VI : Rumah tangga dengan klasifikasi tertentu,
 - e. Kelompok V : Area kursus keterampilan, Salon, Depot, Rumah Sakit, Industri rumahan, Losmen, dll
 - f. Kelompok VI : Sekolah Swasta, Pasar tradisional, Usaha Kos, Ruko
 - g. Kelompok VII : Rumah Susun Non Curah, Rumah tangga dengan klasifikasi tertentu
 - h. Kelompok VIII : Kantor Pemerintahan, Apartemen
 - i. Kelompok IX : Industri besar, usaha dengan air sebagai bahan baku operasional, rumah sakit besar, Perguruan tinggi dengan akreditasi A.
 - j. Kelompok X : Gudang, Kantor, Bengkel Cuci, Hotel berbintang, kolam renang, stasiun TV, Hotel berbintang
 - k. Kelompok XI : Pelabuhan udara dan laut
4. Pengujian kualitas air secara berkala setiap tahunnya

2.2 Manajemen Distribusi Air yang Efektif dan Efisien

Untuk memenuhi kebutuhan air dari suatu daerah, sebuah perusahaan penyedia jasa air minum atau air bersih harus merencanakan dengan baik proses distribusi airnya. Suatu proses distribusi air dikatakan efektif dan efisien apabila :

- Jumlah pasokan air yang di produksi harus memenuhi permintaan yang ada dari berbagai sektor (Ridriego Maximo S., 2010)
- Keseimbangan antara persediaan, permintaan, dan penawaran dari kebutuhan air (Ridriego Maximo S., 2010)
- Adanya media penampungan air yang dikelola dengan baik (Xia*, 2013)

Kriteria menejemen distribusi air di PDAM Surya Sembada Surabaya antara lain:

- Menyalurkan air minum dari instalasi pengolahan air minum ke masyarakat dengan kualitas, kuantitas, dan kontinuitas yang diinginkan serta tekanan yang mencukupi. ((PERPAMSI), 2010)
- Dikatakan efektif apabila dapat memenuhi setiap permintaan pelanggan dalam setiap waktu dalam jumlah tertentu. (Humas, 2013)
- Dikatakan efisien apabila jumlah air yang terdistribusi sama dengan jumlah air yang tersalurkan dan tercatat dengan baik (Humas, 2013)

Selain itu, menurut Y.Liu et al. juga perlu adanya pengelolaan dari input dan output dari pengelolaan distribusi air terkait sistem yang ada seperti berikut (Xu, 2013) :

- *Input* :
 - *Capital Invesment*
 - *Work Force*

- *Water Consumption*
- *Output :*
 - *Basic capability of water conservancy projects*
 - *Soil and water conservation management*
 - *Water pollution control*
 - *Ecological environment*
 - *Economic benefit*

Dari beberapa hal di atas dapat diperoleh bahwa efektivitas dan efisiensi proses distribusi air yang dikelola oleh sebuah jasa penyedia air bersih harus memperhatikan dari sisi pengelolaan kebutuhan air, pengelolaan media penyaluran air, serta hal-hal lain di sekitar yang terkait dengan proses pendistribusian air bersih.

2.3 Water Resource Management

Dalam manajemen penyaluran kebutuhan air, komponen yang berpengaruh antara lain air permukaan dan air dari dasar. Prosesnya terdiri dari 3 tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 2.3-1.

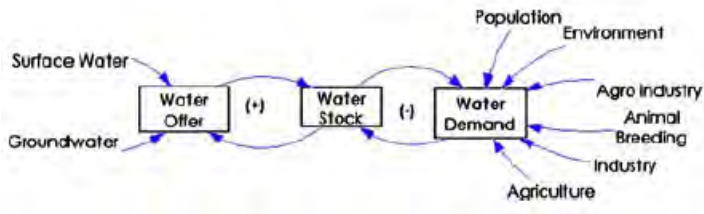


Gambar 2.3-1. Water Resource

Water offer adalah proses dimana air diambil melalui sumbernya. Dapat dari permukaan bumi dapat pula diperoleh dari dasar bumi. Kemudian diproses hingga

dikumpulkan menjadi suatu stok air yang siap untuk disalurkan kepada penggunaannya. Kemudian *Water Demand* adalah permintaan terhadap kebutuhan air. Permintaan air biasanya muncul dari beberapa sektor, antara lain sektor permukiman, lingkungan, perkebunan, industri, dan sektor-sektor yang menggunakan air dalam proses bisnisnya.

Gambar 2.5-2 adalah salah satu contoh model diagram kausatik terkait pengelolaan air (Ridriego Maximo S., 2010).



Gambar 2.3-2. Water Supply

2.4 Konsep Permodelan dan Simulasi

Permodelan dan simulasi didasarkan pada 3 hal, yaitu Sistem, Model, dan Simulasi. Sistem adalah kumpulan dari entitas (orang, mesin) yang berinteraksi satu sama lain untuk mencapai tujuan (Schmidt and Taylor, 1970). Contohnya adalah sistem perbankan yang terdiri dari berbagai macam entitas yang saling bekerja sama untuk memperoleh tujuan yang diinginkan. Sistem diklasifikasikan dalam 2 jenis, yaitu Sistem Diskrit dan Sistem Kontinu. Sistem Diskrit adalah sistem yang status variabel sistem berubah pada saat-saat tertentu. Sedangkan sistem kontinu adalah sistem yang memiliki variabel sistem bersifat kontinu terhadap waktu.

Model dibagi dalam 2 jenis, yaitu Physical Model atau yang disebut juga *Iconic* atau dengan kata lain disebut sebagai model dalam bentuk fisik seperti sebuah miniatur.

Sedangkan *Mathematical Model* adalah model yang merepresentasikan sistem secara logical dan hubungan kuantitatif, yang kemudian di manipulasi untuk melihat reaksi model.

Simulasi menurut Shannon adalah suatu sistem nyata yang di buat melalui proses perancangan model untuk mempelajari perilaku sistem kemudian dapat digunakan sebagai media untuk evaluasi strategi. Sedangkan menurut Bank and Carson simulasi adalah suatu tiruan sistem nyata yang dipelajari untuk diobservasi untuk kemudian dapat disimpulkan bagaimana perilaku dari sistem tersebut. Manfaat dari simulasi adalah sebagai alat yang digunakan untuk membuat keputusan untuk menciptakan sistem dengan kinerja tertentu.

Model simulasi diklasifikasikan menurut waktu dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu Simulasi Statis dan Simulasi Dinamis. Simulasi statis menghasilkan model yang tidak dipengaruhi oleh waktu. Contohnya Simulasi Manual G L. Leclere. Sedangkan simulasi Dinamis menghasilkan output model yang dipengaruhi oleh waktu, contohnya model populasi. Jika diklasifikasikan menurut perubahan status variabelnya, simulasi dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu simulasi diskrit dan kontinyu. Simulasi Diskrit status variabel berubah pada saat-saat tertentu, contohnya model – model inventory yang materialnya datang dan diambil pada waktu tertentu. Untuk Simulasi Kontinyu status variabel berubah secara kontinyu, contohnya model – model level yang aliran *rate*-nya (lajunya) berubah setiap saat (Suryani, 2006).

Langkah-langkah melakukan simulasi :

1. **Pendefinisian sistem.** Langkah ini meliputi : penentuan batasan sistem dan identifikasi variabel yang signifikan.
2. **Formulasi model:** merumuskan hubungan antar komponen-komponen model.

3. **Pengambilan data:** identifikasi data yang diperlukan oleh model sesuai dengan tujuan pembuatan model.
4. **Pembuatan model.** Dalam penyusunan model perlu disesuaikan dengan jenis bahasa simulasi yang akan digunakan
5. **Verifikasi model** : proses pengecekan terhadap model apakah sudah bebas dari *error*.
6. **Validasi model** merupakan proses pengujian terhadap model apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan sistem nyatanya. Yaman Barlas dalam jurnalnya yang berjudul “*Multiple Test for Validation of Systems Dynamics Type of Simulation Model*” (Barlas, 1996), menjelaskan dua cara pengujian yaitu:

- a. Perbandingan Rata-Rata (*Mean Comparison*)

$$E1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}}$$

\bar{S} = nilai _rata - rata _hasil _simulasi

\bar{A} = nilai _rata - rata _data

Model dianggap valid bila $E1 \leq 5\%$

- b. Perbandingan Variasi Amplitudo (% *ErrorVariance*)

Dimana:
$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

Ss = standard deviasi model

Sa = standard deviasi data

Model dianggap valid bila $E2 \leq 30\%$

7. Setelah model valid maka langkah selanjutnya adalah membuat beberapa skenario (eksperimen) untuk memperbaiki kinerja sistem sesuai dengan keinginan. (Suryani, 2006)

2.5 Sistem Dinamik

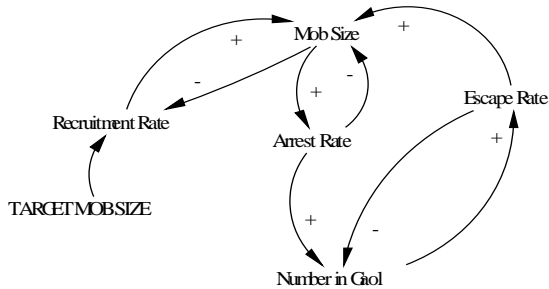
Sistem dinamik merupakan salah satu metode simulasi sistem kontinu yang pertama kali dikembangkan oleh Jay.W.Forrester sewaktu melakukan riset di MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Dasar metodologi dari sistem dinamik adalah analisis sistem dimana suatu sistem diartikan sebagai seperangkat elemen yang saling berinteraksi satu sama lain yang mencoba untuk menjelaskan perilaku dari berbagai tindakan dalam sebagian system (Darmono, 2005). Sistem dinamik menggambarkan perubahan sistem terhadap waktu . (Fishwick, 2007)

Karakteristiks Model Sistem Dinamik antara lain (Suryani, 2006):

8. Dinamika sistem yang kompleks
9. Perubahan perilaku sistem terhadap waktu
10. Adanya sistem umpan balik tertutup
11. Adanya umpan balik ini menggambarkan informasi baru tentang keadaan sistem, yang kemudian akan menghasilkan keputusan selanjutnya.

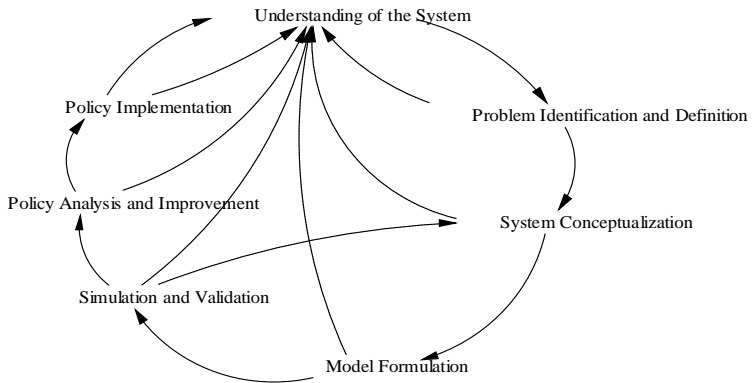
Berikut adalah salah satu contoh penggambaran permodelan simulasi menggunakan sistem dinamik. Dalam kasus ini adalah contoh mengenai sistem perekrutan suatu kelompok penjahat yang memperhitungkan tingkat

tertangkap oleh pihak berwajib (Arrest Rate), tingkat kemungkinan bisa kabur (Escape Rate), dan jumlah populasi (MOB Size) yang mempengaruhi target dalam perekrutan anggota baru (Number in Goal). Contoh sistem dinamik digambarkan dalam diagram kausatik pada gambar 2.5-1.



Gambar 2.5-1. Contoh Sistem Dinamik

Pada contoh diagram pada Gambar 2.5-1 menunjukkan hubungan antara satu variabel dengan variabel lain ditunjukkan dalam tanda positif (+) untuk yang berakibat peningkatan yang selaras dan tanda (-) untuk menunjukkan nilai penurunan yang cenderung berbanding terbalik. Dalam pengembangan model menggunakan metode sistem dinamik, terdapat tahapan-tahapan dalam proses pembuatannya. Tahapan-tahapan pengembangan model sistem dinamik ditunjukkan dalam gambar 2.5-2.






Gambar 2.5-2. Tahapan Sistem Dinamik

Tahapan dari pembuatan sistem dinamik yang ditunjukkan pada Gambar 2.5-2 adalah acuan yang digunakan sebagai metodel pengerjaan tugas akhir ini. Tahapan tersebut akan dijelaskan lebih lanjut pada BAB III Metodologi.

Dari model sistem dinamik dalam bentuk diagram kausatik dibangun *Flow Diagram* untuk menggambarkan variabel-variabel simulasi dan parameterisasi serta formulasi model untuk siap disimulasikan (Erma Suryani, 2011). Variabel dalam sistem dinamik digambarkan pada tabel 2.5-1.

Pada tabel 2.5-1 dijelaskan mengenai variabel yang digunakan dalam menyusun *Flow Diagram* atau diagram alir untuk membangun nilai atau pada setiap variabel yang terkait sistem yang dibuat (Suryani, Chou and Chen, 2010). Diagram alir ini nantinya akan menunjukkan nilai yang dibutuhkan untuk memenuhi tujuan dari penelitian tugas akhir berikut.

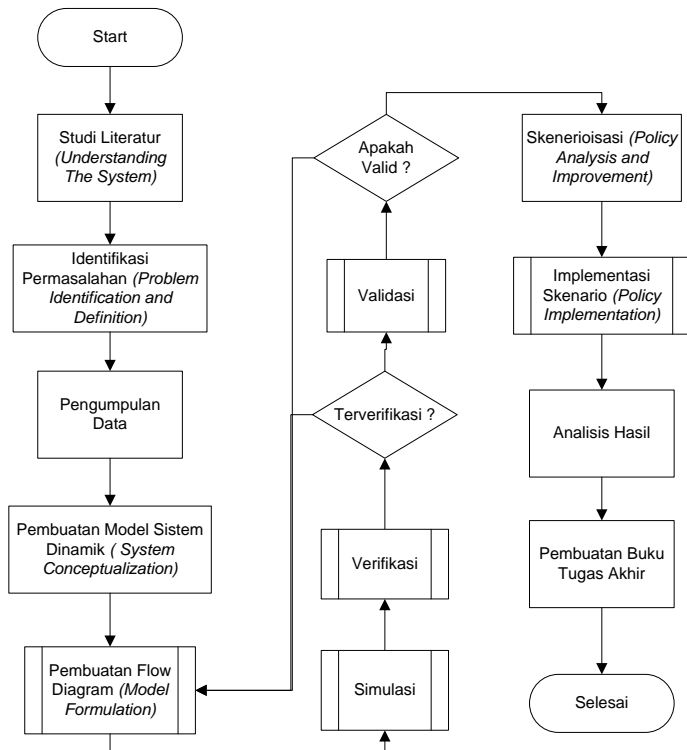
Tabel 2.5-1. Variabel Sistem Dinamik

Variabel	Simbol	Keterangan
Level		Merepresentasikan akumulasi kuantitas yang terakumulasi sepanjang waktu, dapat berubah nilainya sejalan dengan perubahan yang terjadi pada <i>rate</i>
Rate		Merepresentasikan laju aliran yang dapat mengubah nilai <i>level</i>
Auxiliary		Merepresentasikan variabel bantu yang berisi formulasi yang dapat menjadi masukan pada <i>rate</i> . Variabel ini sering digunakan untuk formulasi yang kompleks.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODE Pengerjaan TUGAS AKHIR

Berikut adalah pembahasan mengenai metodologi atau langkah-langkah penelitian yang dilakukan selama pengerjaan. Ada beberapa langkah yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian hingga menyusun laporan tugas akhir. Langkah – langkah tersebut digambarkan dalam sebuah alur diagram pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1. Diagram Metodologi Pengerjaan

Berikut adalah penjelasan dari langkah-langkah yang dipaparkan pada gambar :

3.1 Studi Literatur

Dalam tahap ini dilakukan pencarian informasi dan literatur terkait penelitian yang dilakukan. Literatur terdiri dari informasi terkait perusahaan yang diteliti. Terkait data-data yang dibutuhkan dalam penelitian. Selain itu, dibutuhkan pula informasi literatur mengenai metode yang akan digunakan dalam menganalisis data yang ada. Literatur yang dibutuhkan biasanya didapatkan dari paper sejenis yang menyatakan metode tersebut cocok digunakan dalam bentuk data yang seperti data dalam penelitian berikut.

Berikut adalah literatur apa saja yang digunakan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini :

- Sistem Manajemen Distribusi Air yang Efektif dan Efisien dari PDAM Surya Sembada Surabaya (Humas, 2013)
- Dasar teori Permodelan dan Simulasi (Suryani, Konsep Dasar Sistem Simulasi, 2006)
- Dasar teori Simulasi Sistem Dinamik (Suryani, Model Simulasi Kontinyu, 2006)
- Permasalahan sejenis terkait Distribusi Air yang Efektif di Piracicaba, Capivari and Jundiá River Basins, Brazil. (Ridrigo Maximo S., 2010)
- Permasalahan sejenis terkait *Water Resource Management* di Singapura. (Xi Xia*, 2013)

3.2 Identifikasi Permasalahan

Dalam penelitian ini, pertama dilakukan analisis permasalahan yang akan di angkat. Dijabarkan

berdasarkan pokok permasalahan utama dan hal-hal terkait dengan permasalahan tersebut. identifikasi permasalahan ini dilakukan untuk mengetahui pokok permasalahannya dan memprediksi hal-hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Pada kasus ini, dilakukan pengidentifikasian masalah terkait sistem manajemen kebutuhan air dalam Perusahaan Daerah Air Minum. Bagaimana sistem yang saat ini berjalan, apakah sudah efektif, adakah permasalahan yang muncul, apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi proses ini, dan apakah parameter dalam suatu sistem distribusi air yang efektif dan efisien.

3.3 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dibutuhkan data mengenai beberapa hal berikut :

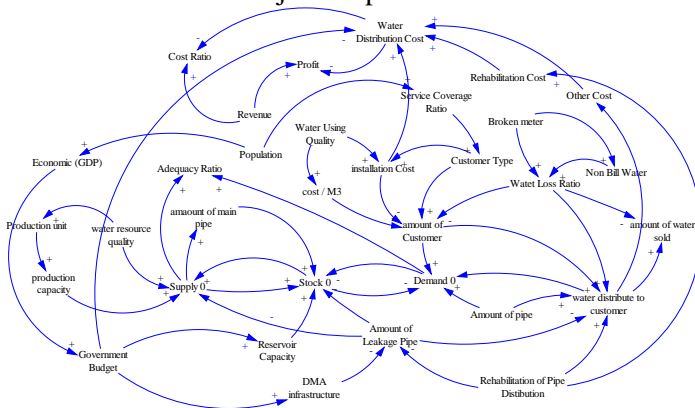
- Alur Sistem Manajemen Distribusi Air (Humas, 2013)
- Perangkat-Perangkat yang digunakan Sistem Manajemen Kebutuhan Air (Humas, 2013)
- Data mengenai lokasi sumber air, penyimpanan air, dan daerah penyaluran air (Humas, 2013)
- Jumlah Pasokan Air tahun 2011-2012 (Humas, 2013)
- Jumlah Produksi tahun 2011-2012 (Humas, 2013)
- Jumlah Air Terdistribusi tahun 2011-2012
- Laporan Keuangan Tahun 2011-2012
- Jumlah Air per Kran Air Siap Minum (KARSM) tahun 2011-2012

Pengumpulan data ini dilakukan untuk mencari kebutuhan dalam proses penelitian.

3.4 Pembuatan Model Sistem Dinamik

Dalam suatu permasalahan yang diselesaikan menggunakan simulasi, tahap awal pengerjaannya adalah dengan membuat model dari sistem yang akan dianalisis. Model tersebut digunakan untuk menggambarkan bagaimana jalannya sistem yang akan dianalisis agar dapat membuat skenario lain yang memungkinkan untuk lebih mengefektifkan dan mengfisiensikan sistem. Model tersebut di buat dengan komponen-komponen antara lain subyek yang terlibat dalam sistem, faktor-faktor yang mempengaruhi, dan obyek-obyek yang dikenai pekerjaan dan akibat dari jalannya sistem. Dengan dilakukannya permodelan akan lebih mudah dalam memahami lebih jauh kondisi saat ini dari sistem yang diamanti.

Proses pembuatan model dalam kasus ini adalah permodelan sistem distribusi air untuk PDAM Surya Sembada Surabaya. Berikut adalah model awal yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 3.4-1



Gambar 3.4-1. Causal Loop Diagram

3.5 Pembuatan Skenario dan Analisis Hasil

Tahapan ini digunakan untuk menampilkan hasil dari analisis yang dilakukan dan memberikan kesimpulan atas hasil penelitian yang dilakukan serta memberikan saran yang berguna untuk pengembangan atau perbaikan penelitian selanjutnya. Hasil dari pembuatan model awal akan dilakukan proses pembentukan skenario-skenario yang kemudian akan dianalisis sehingga diperoleh model yang dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi dari proses distribusi air.

Alur pengembangan skenario ini didasarkan pada model awal (*basemodel*) simulasi sistem yang sebenarnya. Kemudian dilakukan verifikasi dan validasi model awal, lalu setelah model telah pasti terverifikasi dan valid dilakukan pengembangan skenario berdasarkan tujuan dari pembuatan tugas akhir berikut, yaitu untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem distribusi air bersih.

3.6 Penyusunan Buku Tugas Akhir

Pada tahap ini, akan disusun buku tugas akhir sebagai dokumentasi dari pengerjaan tugas akhir. Buku ini juga dapat digunakan untuk *guideline* atau panduan bagi pembaca apabila ingin melakukan penelitian sejenis kedepannya. Selain itu, buku ini juga dapat digunakan untuk referensi untuk pengembangan lebih lanjut berdasarkan kesimpulan dan saran yang mencakup kekurangan-kekurangan atau tambahan opini penulis sehingga menjadikan aplikasi ini menjadi lebih baik lagi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

MODEL DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan mengenai pembuatan model dari sistem nyata yang digunakan sebagai studi kasus dalam tugas akhir ini. Model tersebut dibuat dengan menggunakan bantuan aplikasi Ventana System (vensim).

4.1 Pengumpulan Data

Pada tahapan pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan 2 cara, yaitu wawancara dan pengambilan data secara langsung dari pihak PDAM Surya Sembada Surabaya.

4.1.1 Hasil Wawancara

Hasil wawancara berikut diperoleh dari proses wawancara yang dilakukan selama 5 kali periode dengan tujuan untuk memperoleh data-data mengenai beberapa hal berikut ini :

1. Proses bisnis pengelolaan air di PDAM Surya Sembada Surabaya
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi Efektivitas dan Efisiensi proses manajemen distribusi air PDAM Surya Semabda Surabaya
3. Potensi-potensi yang dimiliki oleh PDAM untuk meningkatkan proses distribusi air bersih
4. Potensi air PDAM dapat digunakan sebagai air siap minum dengan program Kran Air Siap Minum

5. Hal-hal terkait proses menejemen distribusi air PDAM Surya Sembada Surabaya

4.1.2 *Data Perusahaan*

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data – data yang didapatkan berdasarkan hasil survey yang dilakukan pada pihak perusahaan yang digunakan sebagai studi kasus pada penelitian tugas akhir berikut, dalam hal ini PDAM Surya Sembada Surabaya yang berlokasi di depan Stasiun Gubeng Kota Surabaya. Berikut adalah data-data yang diperoleh :

1. Jumlah Supply air tahun 2011-2012 per bulan dalam m^3
2. Jumlah Air Terproduksi air tahun 2011-2012 per bulan dalam m^3
3. Jumlah Air Terdistribusi air tahun 2011-2012 per bulan dalam m^3
4. Jumlah Profit tahun 2011-2012 dalam Rupiah.
5. Jumlah KARSM tahun 2011-2012 per bulan dalam m^3
6. Laporan Keuangan tahun 2011-2012
7. Kapasitas Terpasang tahun 2011-2012

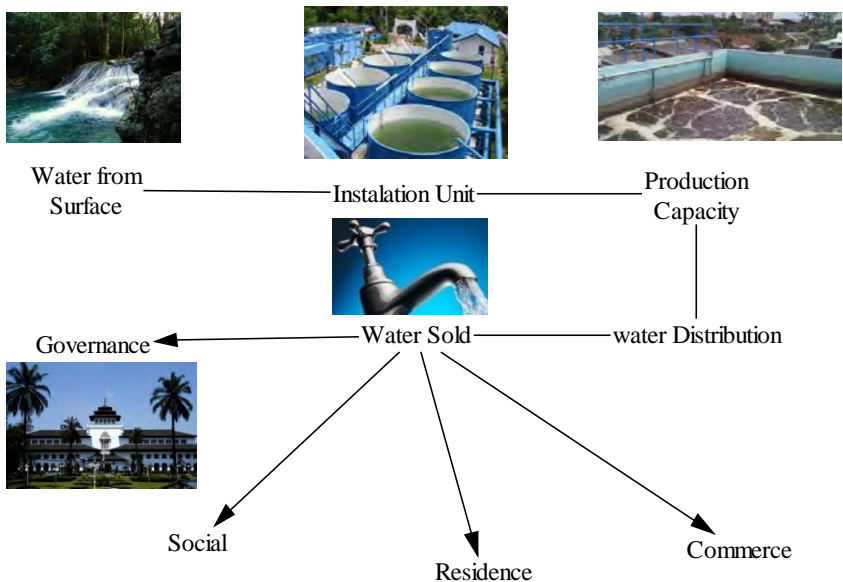
4.2 Model Sistem Dinamik (Tahap Awal)

Dalam permodelan menggunakan sistem dinamik memiliki tahapan-tahapan dalam proses pembuatannya. Permodelan dan Simulasi Menggunakan metode Sistem Dinamik ini dilakukan untuk memodelkan proses distribusi PDAM Surya Sembada Surabaya saat ini (*kondisi existing*) . Kemudian dari model tersebut disimulasikan dengan data kondisi saat ini. Lalu dilakukan verifikasi dan validasi model dibandingkan

dengan kondisi nyata. Dan terakhir membuat skenario perubahan atau perbaikan sistem distribusi yang diusulkan untuk dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem manajemen distribusi air di PDAM Surya Sembada Surabaya. Hasil simulasi tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pengambilan keputusan perusahaan kedepan.

4.2.1 *Understanding The Systems*

Tahapan pertama dalam membuat permodelan dan simulasi sistem dinamik adalah memahami sistem yang akan disimulasikan. Sistem yang akan disimulasikan pada penelitian ini adalah Sistem Distribusi Air Bersih di Kota Surabaya di bawah pengawasan dan pengerjaan PDAM Surya Sembada Surabaya.





Gambar 4.2.1-1. Sistem Distribusi Air Bersih

4.2.2 Problem Identification

Tahap berikutnya adalah melakukan identifikasi permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini. Permasalahan yang diangkat adalah terkait peningkatan Efektivitas dan Efisiensi Sistem Manajemen Distribusi Air Bersih. Untuk dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi dibutuhkan parameter yang digunakan sebagai penanda dan interpretasi dari efektivitas dan efisiensi.

Menurut pihak PDAM Surya Sembada Surabaya seperti yang telah dijelaskan pada BAB III Tinjauan Pustaka bahwa suatu distribusi air menurut dasar yang dianut dari PERPAMSI (Persatuan Perusahaan Air Minum Seluruh Indonesia) menyatakan bahwa distribusi air dikatakan efektif apabila mampu menyalurkan air minum dari instalasi pengolahan air ke masyarakat dengan kualitas, kuantitas, dan kontinuitas yang diinginkan serta tekanan yang mencukupi. Artinya bahwa ketercukupan menjadi faktor utama terpenuhinya kebutuhan masyarakat. Kemudian dari penelitian yang dilakukan oleh *Xi Xia**, *Kim Leng Poha* dalam Jurnalnya yang berjudul *Using system dynamics for sustainable water resources management in Singapore* menyatakan bahwa *Adequacy Index* adalah salah satu dari tiga aspek

penting dalam pengelolaan air berkelanjutan di Singapura. Untuk memperoleh nilai *Adequacy Index* yang baik maka harus memiliki air yang cukup yang artinya bahwa air total harus sama atau lebih tinggi dari total kebutuhan air. Dari kedua pertimbangan tersebut menunjukkan bahwa ketercukupan kebutuhan menjadi parameter yang menunjukkan efektivitas distribusi air bersih, sehingga menjadikan nilai *Adequacy Ratio* sebagai parameter **efektivitas** dengan nilai dalam bentuk dan dengan satuan dalam bentuk presentase.

Sedangkan menurut *Rodrigo Máximo et al.* dalam jurnalnya yang berjudul *Water Resources Assessment at Piracicaba, Capivari and Jundiá River Basins: A Dynamic Systems Approach* menyatakan bahwa Jumlah pasokan air yang di produksi harus memenuhi permintaan yang ada dari berbagai sektor dan Adanya media penampungan air yang terkelola dengan baik. Kedua hal tersebut adalah pernyataan yang terkait kemampuan distribusi air mengenai cakupan layanan dan kapasitas penampungan air yang juga perlu diperhatikan. Seperti yang disampaikan pihak PDAM pada *Company Highlight* tahun 2012 menuliskan parameter untuk mengukur seberapa besar efektivitas dari sistem distribusi air bersihnya dalam memenuhi kebutuhan air bersih seluruh wilayah Surabaya ditampilkan dalam bentuk presentase (Humas, 2013). Dari hal tersebut dapat disimpulkan salah satu parameter dari **efektivitas** distribusi air bersih adalah Cakupan Layanan yang berikutnya dikenal dengan istilah *Service Coverage Ratio* dengan satuan nilainya dalam bentuk presentase. Terkait

pernyataan *Rodrigo Máximo et al.* mengenai perlu adanya perhatian terhadap kapasitas penampungan air juga dikuatkan dengan adanya pencatatan mengenai jumlah kapasitas terpasang disandingkan dengan kapasitas terproduksi (PDAM Surya Sembada Surabaya, 2014). Dari hal tersebut dapat dianalisis bahwa dalam menentukan kapasitas produksi dipertimbangkan pula mengenai kecukupan penampungan kapasitas terpasang. Oleh karena untuk menampilkan kapasitas yang telah digunakan dan yang masih bisa dimaksimalkan maka digunakan **Capacity Ratio** untuk menunjukkan **efisiensi** pemanfaatan kapasitas penampungan air.

Kemudian dalam *Company Highlight* PDAM Surya Sembada Surabaya juga dituliskan mengenai salah satu hal yang menjadi pantauan pihak perusahaan terutama pada bidang Penelitian dan Pengembangan, yaitu terkait tingkat kehilangan air (Humas, 2013). Oleh karena itu, dimunculkan **Water Loss Ratio** sebagai nilai yang menggambarkan tingkat kehilangan air sebagai salah satu parameter **efisiensi** sumber daya air.

Selanjutnya dari penelitian yang dilakukan *Xi Xia**, *Kim Leng Poha* dalam Jurnalnya yang berjudul *Using system dynamics for sustainable water resources management in Singapore* menggunakan **Cost Index** sebagai salah satu parameter untuk menunjukkan seberapa besar sektor pengairan dari sisi perekonomian (*Xia**, 2013). Dari penelitian tersebut disesuaikan dengan kondisi PDAM di Surabaya saat ini untuk dapat melihat sisi ekonomi dalam perusahaan serta keterkaitannya dengan efisiensi biaya yang bisa dilakukan, maka dimunculkan **Cost Efficiency**

Ratio sebagai parameter yang menunjukkan seberapa besar biaya yang dapat diefisiensikan dalam proses distribusi air bersih ditinjau dari jumlah biaya yang dikeluarkan terhadap pendapatan yang diperoleh.

Dari analisis permasalahan di atas, diperoleh parameter yang digunakan untuk mengukur efektifitas dan efisiensi sistem distribusi air bersih antara lain :

- *Adequacy Ratio*, yaitu rasio kecukupan pemenuhan kebutuhan air pelanggan PDAM Surya Sembada Surabaya. Nilai ini diperoleh dari perbandingan antara jumlah kebutuhan rata-rata per jiwa penduduk Surabaya, dibandingkan dengan jumlah air yang terdistribusi ke setiap perumahan dalam satuan m^3 setiap bulan. Nilai ini akan menunjukkan efektivitas dari sistem manajemen distribusi air PDAM Surya Sembada Surabaya.
- *Water Loss Ratio*, yaitu rasio perbandingan jumlah air yang diambil dari sumber dengan jumlah air yang terdistribusi ke pelanggan. Jumlahnya yang berkurang menandakan adanya jumlah air yang hilang selama perjalanan. Rasio ini menunjukkan tingkat kehilangan air dari sistem yang ada. Nilai ini akan menunjukkan efisiensi sumber daya air yang digunakan dari sistem manajemen distribusi air PDAM Surya Sembada Surabaya.
- *Service Coverage Ratio*, yaitu rasio yang menunjukkan cakupan layanan dari infrastruktur distribusi yang ada saat ini. Nilai yang dibandingkan adalah populasi jumlah

penduduk di Surabaya dengan jumlah pelanggan yang ada saat ini. Nilai ini akan menunjukkan seberapa besar efektivitas proses distribusi ini mampu memenuhi seluruh kebutuhan penduduk Surabaya.

- *Cost Efficiency Ratio*, yaitu rasio yang menunjukkan efisiensi penggunaan biaya di PDAM Surya Sembada Surabaya dalam pengelolaan proses distribusi air bersih ke pelanggan. Nilainya diperoleh dari hasil perbandingan jumlah pendapatan dari hasil pembayaran pelanggan dengan biaya yang dikeluarkan dalam operasional proses distribusi air bersih. Nilai ini akan menunjukkan efisiensi dari penggunaan biaya dalam keseluruhan sistem manajemen distribusi air perusahaan.
- *Capacity Ratio*, yaitu rasio yang menunjukkan nilai dari penggunaan kapasitas dari jumlah kapasitas maksimal yang bisa digunakan. Parameter ini menunjukkan efisiensi pemanfaatan daya tampung maksimal untuk mengoptimalkan jumlah air yang mampu dipasok. Nilai dari parameter ini diperoleh dari perbandingan secara presentase jumlah air yang mampu di tampung ketika produksi dengan kapasitas maksimal yang terpasang di setiap daerah pengolahan air PDAM.

Kelima parameter tersebut yang digunakan sebagai variabel acuan yang akan terus di pantau perubahannya untuk mengetahui seberapa besar efektivitas dan efisiensi dapat dilakukan. Jika terjadi kenaikan pada parameter Adequacy Ratio dan Service Coverage Ratio menunjukkan

peningkatan efektivitas. Dan kenaikan nilai Capacity Ratio menunjukkan kenaikan nilai efisiensi. Serta Cost Efficiency Ratio dan Water Loss Ratio, pengurangan nilainya menunjukkan efisiensi.

4.2.3 System Conceptualization (Diagram Kausatik)

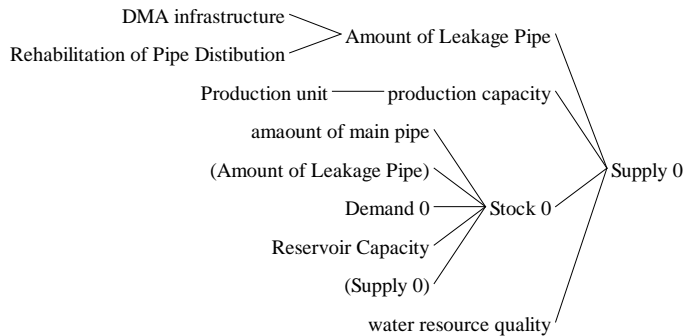
Tahapan selanjutnya adalah membuat diagram kausatik untuk menggambarkan sistem secara konseptual. Diagram ini menjelaskan tentang hubungan antar masing-masing variabel serta pengaruh yang muncul dari setiap hubungan yang terjadi. Diagram kausatik dibuat dengan cara menentukan variabel yang berpengaruh dalam sistem. Diagram ini menggambarkan hubungan berpengaruh positif (+) dan berpengaruh negatif (-) pada sistem.

Dalam kasus PDAM Surya Sembada Surabaya digambarkan dalam bentuk diagram kausatik dengan faktor-faktor utama yaitu distribusi air dari sumber hingga ke pelanggan kemudian ditentukan hal-hal yang dapat mempengaruhi proses distribusi air, baik berpengaruh positif maupun negatif. Berikut adalah diagram kausatik yang terbentuk dari sistem dapat dilihat pada Gambar 4.2.3-1.

Dalam diagram kausatik berikut, digambarkan beberapa sub model yang memiliki keterkaitan dan hubungan sebab akibat yang bersifat positif maupun negatif, berikut diantaranya :

1. *Supply of Water Distribution System*

Supply merupakan variabel yang menjelaskan mengenai volume air yang terpasok dari sumber air. Berikut adalah variabel yang mempengaruhi air terpasok :



Gambar 4.2.3-2. Variabel yang mempengaruhi Supply

a. *Kapasitas produksi*

Jumlah pasokan yang berusaha diambil dari sumber tergantung pada kapasitas yang mampu diproduksi oleh pihak PDAM. Kapasitas produksi menjadi salah satu parameter penentu.

b. *Kuantitas sumber air*

Variabel ini menggambarkan jumlah sumber air yang dimiliki PDAM. Ada dua sumber, yaitu dari kali Surabaya dan dari Umbulan, Pasuruan. Sumber tersebut mempengaruhi jumlah air yang

bisa di pasok untuk konsumsi masyarakat.

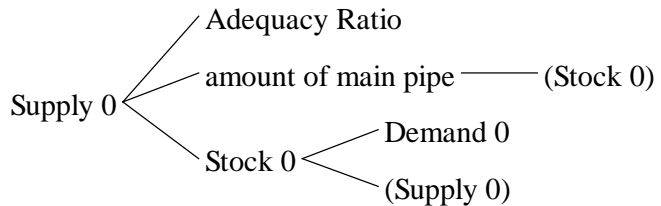
c. *Kapasitas reservoir (terkait stok)*

Variabel ini menggambarkan kapasitas yang mampu tampung dalam reservoir penampungan stok air. Sehingga pertimbangan ini dapat digunakan untuk menentukan jumlah supply.

d. *Tingkat kebocoran pipa*

Tingkat kebocoran pipa dapat menyebabkan berkurangnya jumlah pasokan air bersih dari sumber.

Dan berikut ini adalah variabel-variabel yang dipengaruhi adanya supply :



Gambar 4.2.3-3. Variabel yang dipengaruhi Supply

a. *Jumlah pipa induk*

Jumlah pipa induk adalah variabel yang menggambarkan jumlah pipa yang digunakan untuk mendistribusikan air bersih ke pelanggan. Sehingga besarnya air yang di pasok akan mempengaruhi pemasangan pipa distribusi yang harus tersedia.

b. *Rasio Kecukupan*

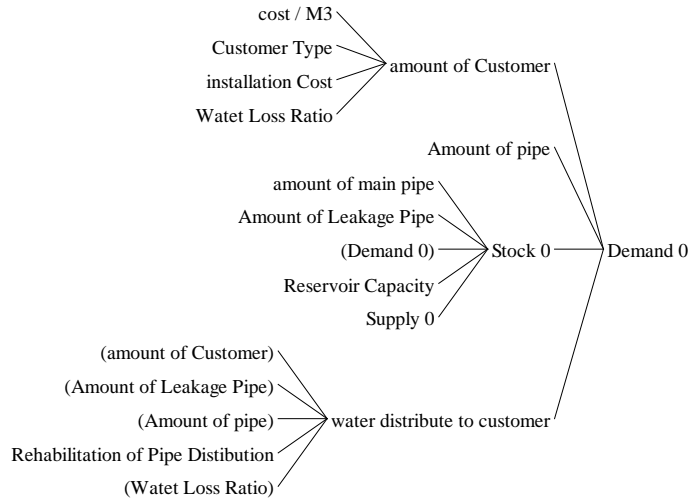
Rasio berikut menggambarkan mengenai kecukupan kebutuhan air yang diperlukan oleh masyarakat Surabaya. Karena itu, jumlah supply akan mempengaruhi seberapa besar ketercukupan pelanggan akan air bersih

c. *Jumlah stok*

Jumlah stok adalah variabel yang menggambarkan stok air yang mampu ditampung oleh PDAM dengan memperkirakan jumlah supply yang diambil dari sumber. Jumlah ini diperoleh dari pemasokan air yang dilakukan dari 2 wilayah yaitu Kali Surabaya dan Umbulan, Pasuruan yang memiliki volume kapasitas tertentu.

2. *Demand of Water Resource*

Demand merupakan variabel yang menggambarkan jumlah permintaan dari air bersih. Berikut adalah variabel-variabel yang mempengaruhi peningkatan maupun penurunan dari permintaan air :



Gambar 4.2.3-4. Variabel yang mempengaruhi Demand

a. Jumlah pelanggan

Jumlah pelanggan merupakan variabel yang mempengaruhi volume dari permintaan air yang harus dipenuhi untuk mencukupi kebutuhan pelanggan.

b. Jumlah stok

Jumlah stok berkaitan dengan jumlah supply air untuk memenuhi stok sesuai dengan jumlah permintaan air bersih.

c. Jumlah pipa terpasang

Jumlah pipa distribusi ke pelanggan yang terpasang, mempengaruhi seberapa besar permintaan air yang diinginkan oleh pihak pelanggan yang terbagi dalam golongan atau kelompok-kelompok pelanggan berdasarkan kapasitas kebutuhannya.

d. *Total air terdistribusi*

Total air yang terdistribusi ke pelanggan mempengaruhi jumlah permintaan terhadap air yang digunakan oleh pelanggan.

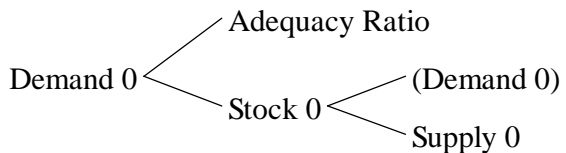
Dan berikut ini adalah variabel-variabel yang dipengaruhi adanya Demand :

a. *Rasio Kecukupan*

Pemenuhan terhadap rasio kecukupan kebutuhan air dipengaruhi oleh permintaan terhadap air bersih.

b. *Stok air bersih*

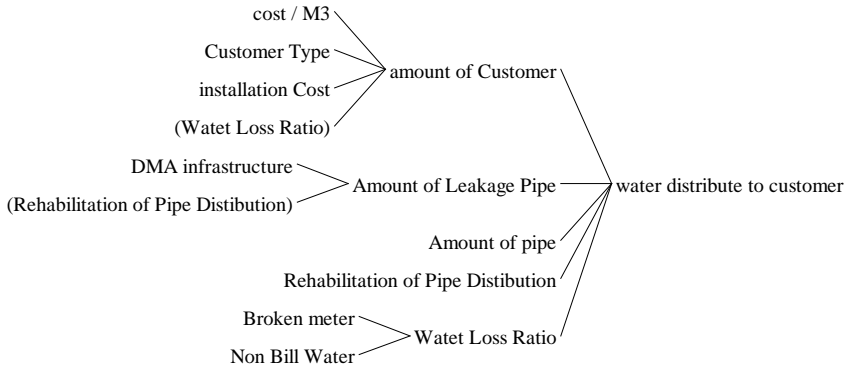
Variabel ini dipengaruhi *demand* karena jumlah stok air yang bisa ditampung diperkirakan berdasarkan jumlah permintaan air yang diinginkan.



Gambar 4.2.3-5. Variabel yang dipengaruhi Demand

3. *Distribution of Water Resource*

Distribution of water resource merupakan variabel yang menggambarkan air bersih yang terdistribusi ke pelanggan. Berikut adalah variabel-variabel yang mempengaruhi peningkatan maupun penurunan dari Distribusi air bersih :



Gambar 4.2.3-6. Variabel yang Mempengaruhi Total Air Terdistribusi

a. *Jumlah Pelanggan*

Jumlah pelanggan akan mempengaruhi seberapa besar air yang harus distribusikan ke pelanggan sesuai dengan tipe kelompok pelanggan dan tarif yang sudah ditetapkan untuk masing-masing kelompok pelanggan.

b. *Jumlah pipa terpasang*

Jumlah pipa distribusi yang terpasang digunakan untuk menyalurkan air bersih ke pelanggan. Sehingga jumlah air yang terdistribusi dipengaruhi oleh seberapa banyak jumlah pipa dan kondisi dari pipa yang digunakan untuk mendistribusikan air ke pelanggan.

c. *Tingkat kebocoran pipa*

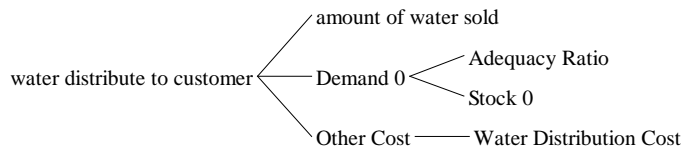
Variabel tingkat kebocoran pipa menandakan jumlah air yang mungkin berkurang selama masa pendistribusian air. Hal tersebut dapat mempengaruhi

jumlah air yang terdistribusi ke pelanggan.

d. *Tingkat kehilangan air*

Tingkat kehilangan air menggambarkan air yang mungkin hilang selama perjalanan distribusi air disebabkan oleh meteran yang mati, sehingga air tidak dapat tercatat jumlahnya. Hal ini mempengaruhi jumlah air terdistribusi ke pelanggan berdasarkan yang tercatat pada meter air.

Dan berikut ini adalah variabel-variabel yang dipengaruhi adanya supply :



Gambar 4.2.3-7. Variabel yang dipengaruhi Total Terdistribusi

a. *Demand*

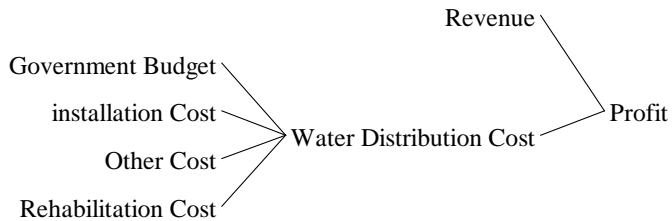
Variabel berikut dipengaruhi oleh jumlah total air terdistribusi. Permintaan air juga disesuaikan dengan jumlah air yang bisa terdistribusi ke wilayah pelanggan tersebut.

b. *Kuantitas air terjual*

Kuantitas air terjual dipengaruhi oleh jumlah air yang mamru terdistribusi kepada pelanggan yang di catat melalui meter air pada setiap pemasangan pada pelanggan.

4. *Profit*

Profit merupakan variabel yang menggambarkan jumlah keuntungan yang diperoleh PDAM Surabaya atas layanan jasa pengadaan air bersih. Berikut adalah variabel-variabel yang mempengaruhi peningkatan maupun penurunan dari *profit* :



Gambar 4.2.3-8. Variabel yang mempengaruhi Profit

a. *Biaya*

Faktor yang mempengaruhi nilai dari *profit*/keuntungan salah satunya adalah biaya. Semakin tinggi biaya dapat mengurangi keuntungan yang diterima.

b. *Pendapatan*

Pendapatan merupakan faktor yang mempengaruhi peningkatan keuntungan yang di dapat atas pemberian jasa air bersih ke pelanggan.

4.2.4 *Model Formulation (Flow Diagram)*

Tahapan berikutnya adalah pembuatan model formulasi atau yang disebut dengan *Flow Diagram*. *Flow Diagram* digunakan untuk menggambarkan atau mensimulasikan alur sistem

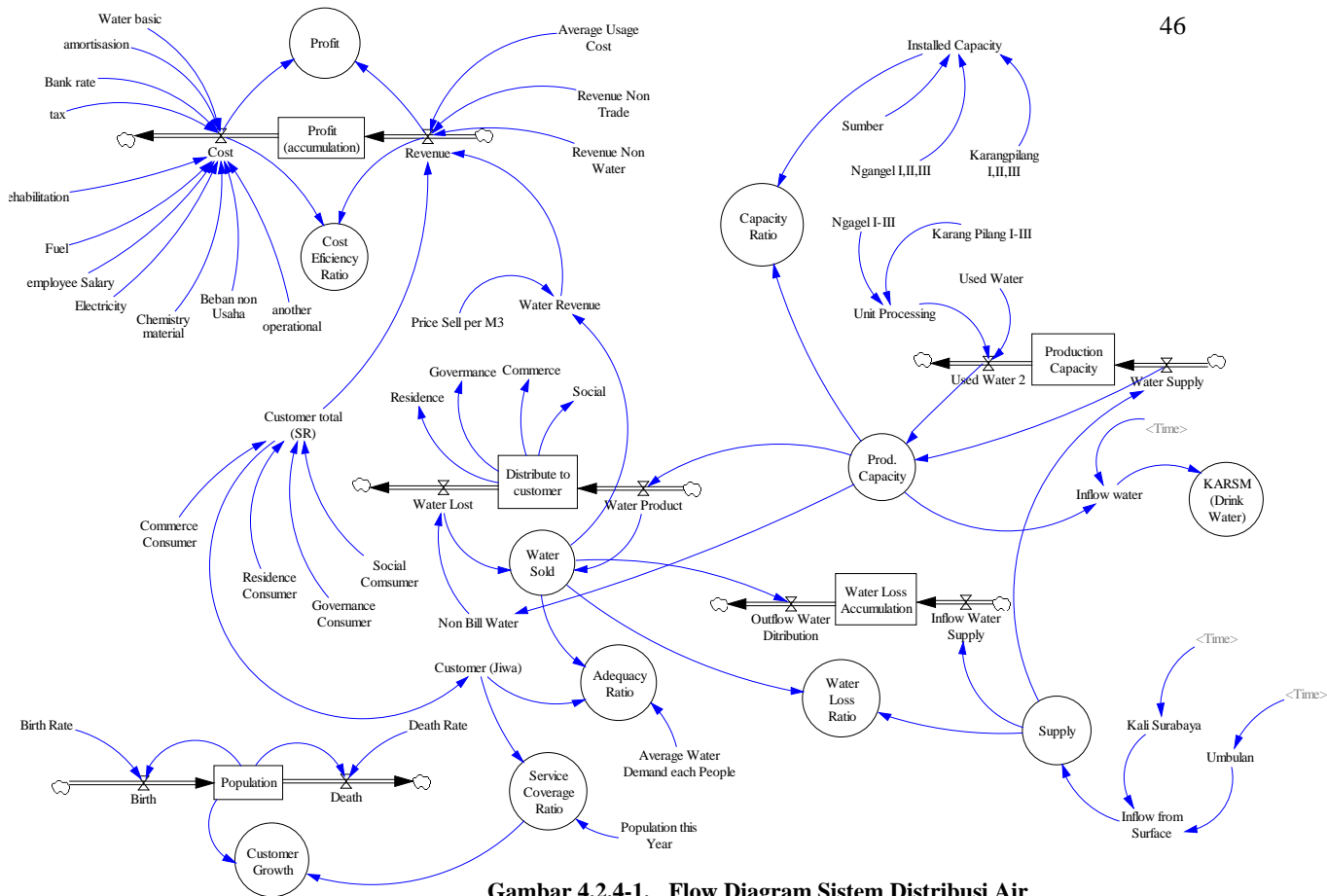
distribusi air PDAM. Untuk dapat membuat *Flow Diagram* dilakukan hal – hal berikut :

- Menentukan faktor-faktor dari sistem yang merupakan faktor yang nilainya mengalami perubahan dari waktu ke waktu dilambangkan dengan *level*
- Menentukan laju penambahan dan pengurangan dari level serta hal-hal yang mempengaruhinya, dilambangkan dalam bentuk *Rate*
- Menentukan variabel bantu yang akan menjadi parameter menentukan efektifitas dan efisiensi dari sistem distribusi air

Diagram Flow dari sistem distribusi air PDAM Surya Sembada Surabaya di buat untuk menggambarkan efektivitas dan efisiensi sistem yang ada. Sehingga terbentuk beberapa variabel yang mengalami perubahan dari waktu ke waktu dengan laju yang mempengaruhi perubahannya sebagai berikut :

- Water Supply
- Production Capacity
- Water Distribute to Customer
- Profit

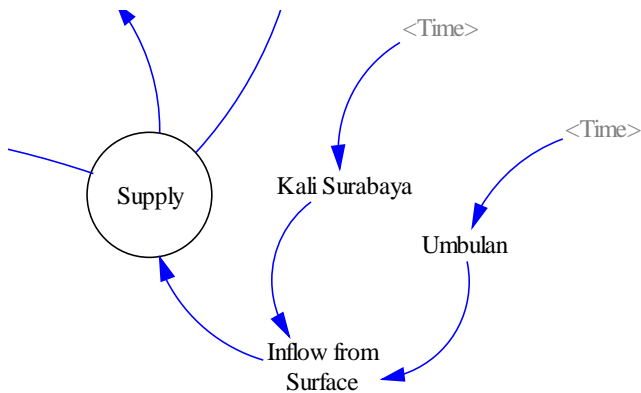
Berikut adalah *diagram flow* yang menggambarkan alur data dari sistem distribusi air bersih yang dikembangkan berdasarkan analisis faktor-faktor pada diagram kausatik dan dikembangkan sesuai dengan variabel yang menjadi variabel utama dalam sistem manajemen distribusi air bersih serta parameter penunjukan efektivitas dan efisiensi *Diagram flow* dapat dilihat pada Gambar 4.2.4-1.



Gambar 4.2.4-1. Flow Diagram Sistem Distribusi Air

4.2.4.1 Sub-Model Water Supply

Pada sub-model *Water Supply* merupakan model dari pengadaan sumber daya air dari sumber air yang digunakan. Supply air dari sumber diambil dari 2 sumber yaitu Kali Surabaya dan Umbulan. Pasuruan. Data yang ditampilkan dalam sub-model ini adalah data tahun 2011-2012.



Gambar 4.2.4.1-1. Sub-Model Water Supply

Dari model tersebut persamaan dari variabel yang ada dituliskan pada Tabel 4.2.4.1-1.

Tabel 4.2.4.1-1. Persamaan Sub-Model Water Supply

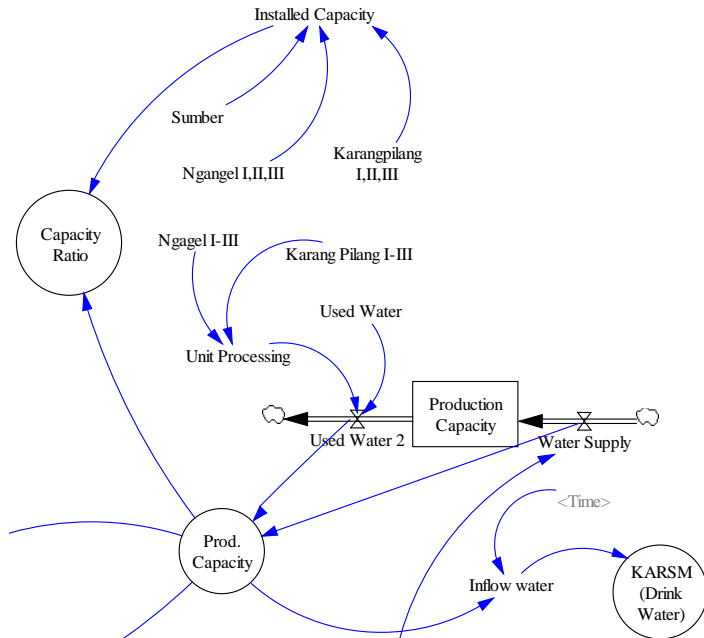
Variabel	Persamaan
Kali Surabaya	IF THEN ELSE(Time=1:OR:Time=2:OR:Time=3:OR:Time=4:OR:Time=5:OR:Time=6:OR:Time=7:OR:Time=8:OR:Time=9:OR:Time=10:OR:Time=11:OR:Time=12, 2.43979e+007 , 2.57818e+007)

Variabel	Persamaan
Umbulan	((IF THEN ELSE(Time=10:OR:Time=11:OR:Time=1 2:OR:Time=22:OR:Time=23:OR:Time=24 , RANDOM UNIFORM(4e+006 , 5.7e+006 , 1) ,IF THEN ELSE(Time=5:OR:Time=6:OR:Time=7:O R:Time=17:OR:Time=18:OR:Time=19:O R:Time=20, RANDOM UNIFORM(3e+006 , 3.4e+006 ,1),RANDOM UNIFORM(2.2e+006, 2.9e+006 , 1)))))
Inflow from Surface	Kali Surabaya+Umbulan
Supply	Inflow from surface

4.2.4.2 Sub-Model Water Production

Pada Sub-Model *Water Production* menggambarkan model dari proses produksi air. Air terproduksi diperoleh dari jumlah air *supply* dikurangkan dengan jumlah air yang mungkin digunakan atau mungkin hilang. Jumlah air yang terproduksi dibatasi oleh jumlah kapasitas maksimal yang terpasang pada setiap unit pengolahan air.

Selain itu, dalam produksi air bersih terdapat proses pembentukan produksi air lain dalam bentuk keran air siap minum.



Gambar 4.2.4.2-1. Sub-Model Water Production

Dalam sub model ini terdapat nilai *Level* yang menunjukkan nilai akumulasi dari jumlah air terproduksi dan terdapat variabel auxiliary yang menunjukkan nilai volume air terproduksi dalam bentuk volume bulanan. Berikut adalah perumusan persamaan yang ada pada setiap variabel pada sub model ini dijabarkan secara mendetail pada Tabel 4.2.4.2-1. Masing-masing variabel terdapat yang merupakan perumusan fungsi dan ada pula yang telah terdefiniskan nilainya dari data atau hasil wawancara kepada pihak perusahaan.

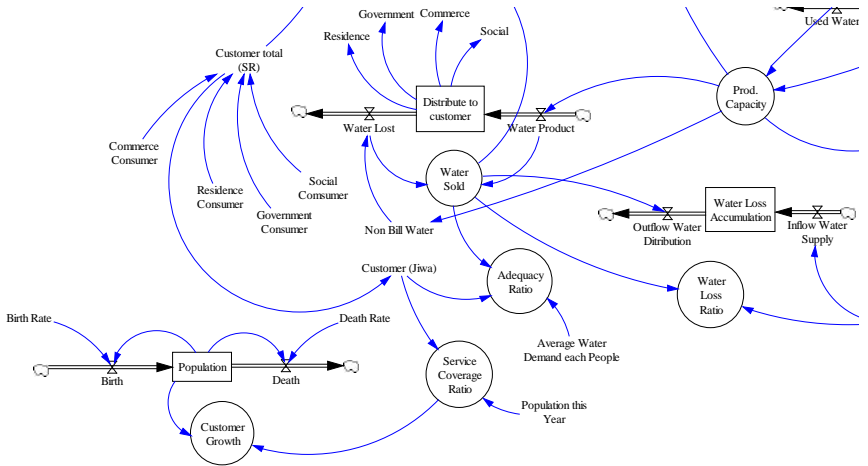
Tabel 4.2.4.2-1. Persamaan Sub-Model Water Production

Variabel	Persamaan
Inflow Water > KARSM	IF THEN ELSE(Time=22:OR:Time=23:OR:Time=24, RANDOM UNIFORM(0.053/100*"Prod. Capacity" ,0.063/100*"Prod. Capacity" , 1) ,IF THEN ELSE(Time=21, RANDOM UNIFORM(0.03/100*"Prod. Capacity" , 0.04/100*"Prod. Capacity" , 1),IF THEN ELSE (Time=1:OR:Time=4:OR:Time=5:OR:Time=6:OR:Time=7:OR:Time=8:OR:Time=10:OR:Time=12, RANDOM UNIFORM(1.16245e-007 *"Prod. Capacity" , 2.55907e-007*"Prod. Capacity" , 1),IF THEN ELSE(Time=2:OR:Time=11, RANDOM UNIFORM(5.2737e-007*"Prod. Capacity" , 7.08733e-007*"Prod. Capacity" , 1), IF THEN ELSE(Time=3, 2.73062e-006*"Prod. Capacity",IF THEN ELSE(Time=9, 8.68737e-008 *"Prod. Capacity",RANDOM UNIFORM (0.04/100*"Prod. Capacity" , 0.05/100*"Prod. Capacity" , 1))))))))
Used Water 2	Used Water*Unit Processing
Unit Processing	"Karang Pilang I-III"+"Ngagel I-III"
Used Water	766004
Prod. Capacity	Water Supply-Used Water 2
Variabel	Persamaan

Installed Capacity	Sumber+"Ngangel I,II,III"+"Karangpilang I,II,III"
Sumber	855360
"Ngangel I,II,III"	1.17936e+007
"Karangpilang I,II,III"	1.54224e+007
Capacity ratio	"Prod. Capacity"/Installed Capacity*100

4.2.4.3 *Sub-Model Water Distribute to Customer*

Sub-Model *Water Distribute to Customer* menggambarkan variabel yang mempengaruhi jumlah air terdistribusi ke pelanggan. Volume air tersebut dari jumlah air terproduksi yang kemudian mengalami pengurangan, kemudian di salurkan ke pelanggan dengan jumlah porsi yang didapat dari masing-masing kategori pelanggan. Pengurangan yang terjadi digambarkan dalam variabel *Water Loss Ratio*. Pada sub-model berikut ditampilkan pula *Service Coverage Ratio*, yaitu rasio yang menunjukkan cakupan layanan yang saat ini bisa dijangkau oleh PDAM dalam mengembangkan layanannya. Cakupan ini berkaitan dengan jumlah populasi dari penduduk kota Surabaya. Variabel berikutnya adalah *Adequacy Ratio* yaitu variabel yang menunjukkan nilai kecukupan kebutuhan air bersih tiap pelanggan layanan, yang ditampilkan dalam bentuk presentase. Variabel ini dipengaruhi oleh nilai standar kebutuhan air tiap pelanggan. Variabel-variabel tersebut berbentuk *auxiliary* yang menunjukkan nilai yang merepresentasikan variabel berisi formulasi.



Gambar 4.2.4.3-1. Sub-Model Water Distribute to Customer

Berikut adalah perumusan persamaan yang ada pada setiap variabel pada sub model ini dijabarkan secara mendetail pada Tabel 4.2.4.3-1. Tabel tersebut berisi nilai dan perumusan dari setiap variabel.

Tabel 4.2.4.3-1. Persamaan Sub-Model Water Distribute to Customer

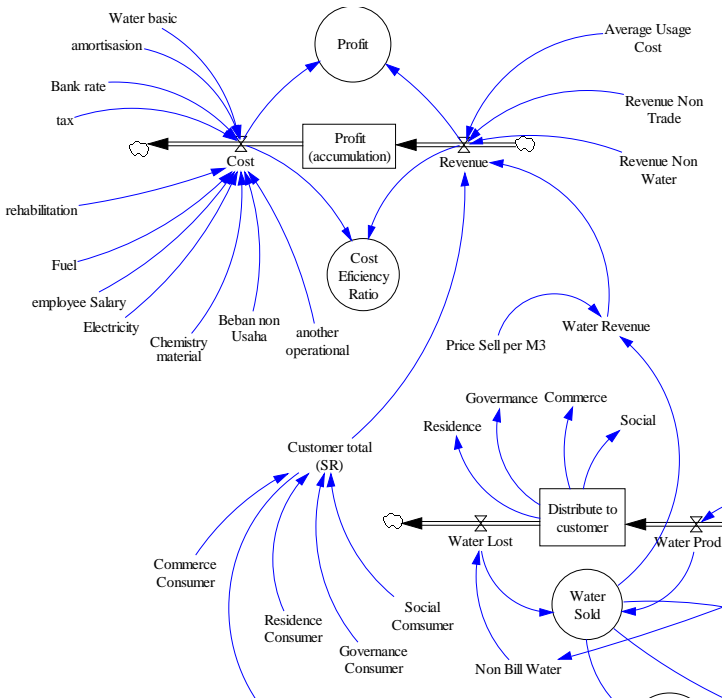
Variabel	Persamaan
Water Product	"Prod. Capacity"
Water Sold	Water Product-Water Lost
Non Bill water	$33/100 * \text{"Prod. Capacity"}$
Residence	$91.95/100 * \text{Distribute to customer}$
Government	$0.25/100 * \text{Distribute to customer}$
Commerce	$6.72/100 * \text{Distribute to customer}$
Social	$1.09/100 * \text{Distribute to customer}$

Variabel	Persamaan
Adequacy Ratio	$(\text{Water Sold}/(\text{Average Water Demand each People} * \text{"Customer (Jiwa)}")) * 100$
"Customer (Jiwa)"	"Customer total (SR)" * RANDOM UNIFORM(4, 5, 1)
Service Coverage Ratio	$(\text{"Customer (Jiwa)"} / \text{Population this Year}) * 100$
Population this Year	2.71924e+006
Average Water Demand each People	12
Customer Growth	$(\text{Service Coverage Ratio}/100) * \text{Population}$
Birth	$\text{Population} + \text{Birth Rate} * \text{Population}$
Birth Rate	19.1/100
Death	$\text{Population} - \text{Death Rate} * \text{Population}$
Death Rate	7.2/100
Population	Birth-Death
Water Loss Ratio	$(\text{Supply} - \text{Water Sold}) / \text{Supply} * 100$

4.2.4.4 Sub-Model Profit

Sub model *Profit* menggambarkan bagaimana perhitungan perusahaan dapat memperoleh keuntungan dari jasa penyediaan air bersih. Sub model ini menampilkan sumber-sumber pendapatan perusahaan dan biaya-biaya setiap periode yang dikeluarkan.

Dalam model ini juga digambarkan salah satu parameter efisiensi proses distribusi air, yaitu *Cost Efficiency*. Rasio ini menggambarkan peningkatan dan penurunan biaya yang terjadi untuk memaksimalkan proses distribusi air.



Gambar 4.2.4.4-1. Sub-Model Profit

Berikut adalah perumusan persamaan yang ada pada setiap variabel pada sub model ini dijabarkan secara mendetail pada Tabel 4.2.4.4-1.

Tabel 4.2.4.4-1. Sub-Model Profit

Variabel	Persamaan
Customer total (SR)	Commerce Consumer+Government Consumer+Residence Consumer+Social Consumer
Commerce Consumer	32561

Variabel	Persamaan
Residence Consumer	445714
Government Consumer	1203
Social Consumer	5283
Revenue	("Customer total (SR)"*Average Usage Cost)+Revenue Non Trade+Revenue Non Water+Water Revenue
Water Revenue	Water Sold*Price Sell per M3
Price Sell per M3	2250
Revenue Non Water	4.99786e+010/12
Revenue Non Trade	3.27428e+010/12
Cost	(amortisation+Bank rate+another operational+rehabilitation+Fuel+Chemistry material+Electricity+employee Salary+Water basic+tax+Beban non Usaha)/12
Water basic	3.6591e+010
amortisation	7.75583e+010
Bank rate	1.3095e+010
tax	5.22888e+010
rehabilitation	3.42108e+010
Fuel	1.88611e+009
employee Salary	1.02937e+011
Electricity	6.83242e+010

Variabel	Persamaan
Chemistry material	1.8212e+010
Beban non Usaha	5.20263e+009
another operational	5.35125e+010
Profit	Revenue-Cost
Cost Efficiency Ratio	Cost/Revenue*100

4.2.5 Simulation and Validation

Dalam tahap ini dilakukan simulasi kondisi saat ini dari permodelan sistem yang telah di buat pada tahap-tahap sebelumnya. Setelah dilakukan pembuatan model serta memasukkan parameter-parameter perhitungannya kemudian dilakukan running untuk menampilkan hasil simulasinya. Kemudian dilakukan pengecekan model dengan verifikasi dan validasi model yang telah di buat. Hal ini dilakukan untuk menguji apakah model simulasi yang telah di buat sesuai dengan kondisi terkini yang ada saat ini dalam kondisi nyatanya.

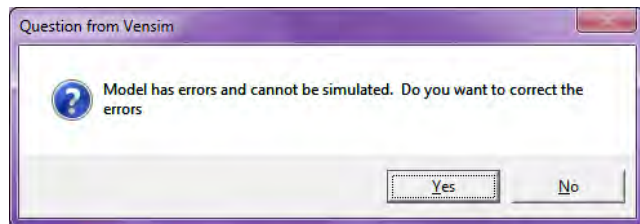
4.2.5.1 Verifikasi Model

Verifikasi model merupakan tahapan untuk menentukan apakah model yang dibuat sudah bisa berjalan dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan tidak munculnya *error* ketika model dijalankan dengan menggunakan suatu tools atau aplikasi pendukung dalam membuat permodelan dan simulasi menggunakan sistem dinamik.

Pada permodelan ini, aplikasi yang digunakan untuk melakukan simulasi yaitu aplikasi Vensim

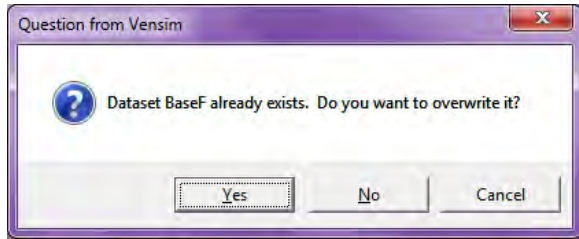
(*Ventana Simulation*). Dari model yang telah di buat pada tahap sebelumnya, dilakukan running model di Vensim. Apabila tidak muncul *Error* dan muncul permintaan menyimpan hasil simulasi maka model telah terverifikasi. Namun apabila muncul jendela baru yang menyatakan ada *error*, maka masih perlu adanya perbaikan.

Berikut adalah peringatan yang muncul ketika masih ada kesalahan dari model yang si buat. Pada Gambar 4.2.5.1-1 menunjukkan jendela peringatan bahwa masih ada salah dalam pembuatan simulasi dan harus diperbaiki.



Gambar 4.2.5.1-1. Tampilan Peringatan untuk menguji Verifikasi Model

Jika muncul jendela pemberitahuan berupa peringatan untuk menyimpan kembali hasil simulasi maka, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.5.1-2, menandakan bahwa simulasi telah bisa dilakukan dan siap untuk disimpan. Dengan begitu model dinyatakan terverifikasi.



Gambar 4.2.5.1-2. Running Model siap disimpan

Apabila sudah tidak ada kesalahan dari model ditandai dengan peringatan untuk menyimpan hasil simulasi, maka simulasi bisa dijalankan dengan baik. Berikut adalah hasil dari simulasi model yang sudah dibuat. Hasil ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

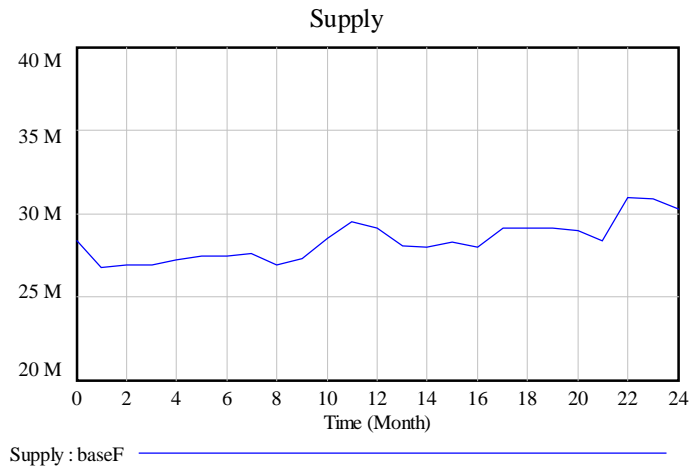
4.2.5.1.1 Base Model Result

Berikut adalah hasil simulasi dari permodelan sistem distribusi air PDAM Surya Sembada Surabaya.

1. Supply (Volume –M³)

Pada Gambar 4.2.5.1.1-1 menunjukkan grafik volume jumlah pasokan air bersih (*Supply*).

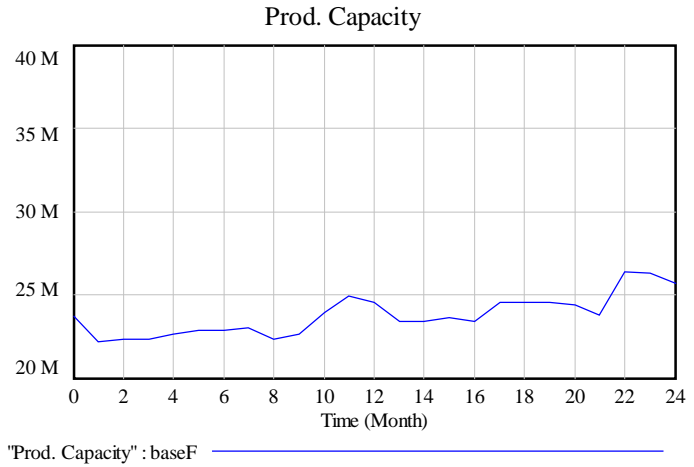
Pada grafik supply model dasar dari sistem manajemen distribusi air bersih terlihat bahwa terjadi peningkatan hingga titik terakhir. Hal ini menandakan bahwa jumlah air yang di pasok PDAM mengalami peningkatan setiap bulannya selama periode 24 bulan.



Gambar 4.2.5.1.1-1. Volume Supply (M³)

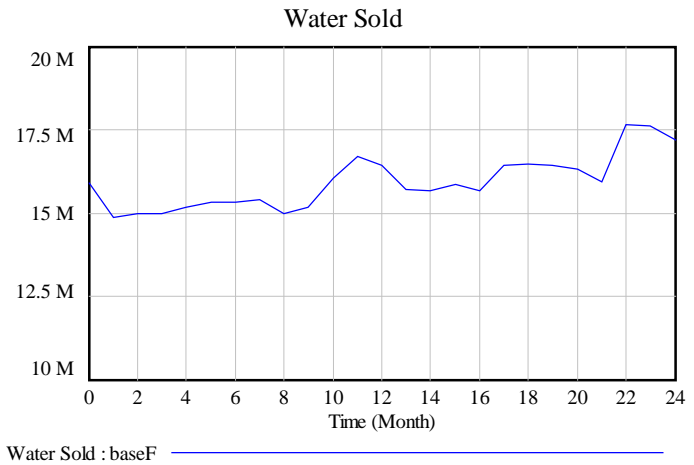
2. Production Capacity (Volume –M³)

Pada Gambar 4.2.5.1.1-1 menunjukkan grafik yang menggambarkan jumlah air yang diproduksi oleh PDAM yang kemudian akan di jual ke pelanggan. Secara umum jumlah air yang terdistribusi semakin meningkat dari periode ke periode. Jumlahnya di bawah dari jumlah air terpasok karena dalam proses produksinya ada air yang hilang baik digunakan untuk operasional maupun terjadi kehilangan air.



Gambar 4.2.5.1.1-2. Volume Production Capacity (M³)

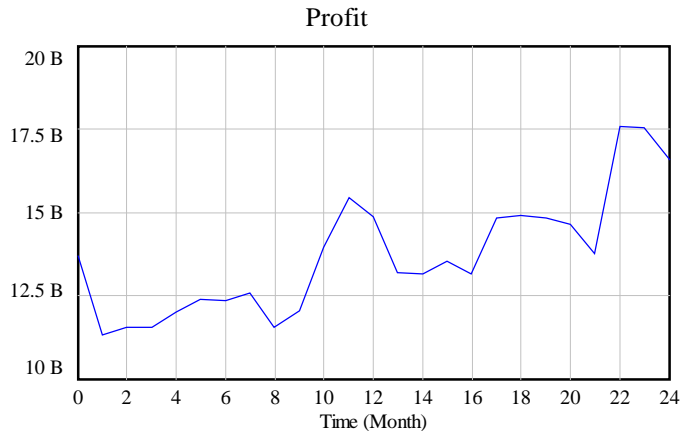
3. Water Sold (Volume –M³)



Gambar 4.2.5.1.1-3. Volume Water Sold (M³)

Pada Gambar 4.2.5.1.1-3 menunjukkan grafik yang menggambarkan volume air yang terjual ke pelanggan. Nilai ini mengalami peningkatan setiap periodenya. Semakin lama jumlah air yang terjual cenderung meningkat.

4. Profit (Currency – Rupiah)



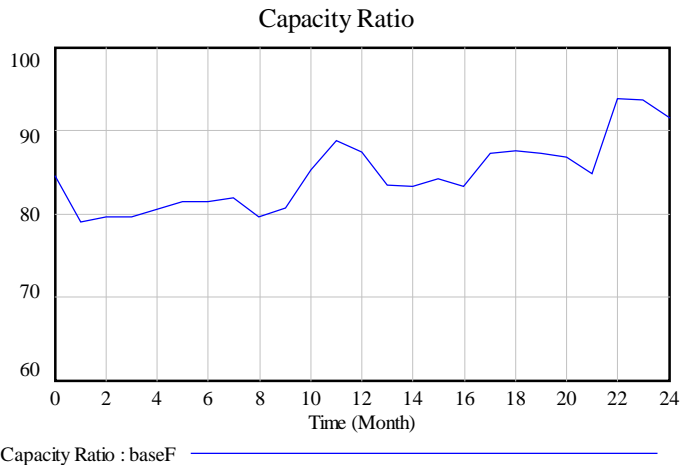
Profit : baseF

Gambar 4.2.5.1.1-4. Jumlah Profit (Rp)

Gambar 4.2.5.1.1-4 menunjukkan grafik menggambarkan keuntungan yang didapat PDAM Surya Sembada Surabaya. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa profit yang diperoleh perusahaan cenderung meningkat dari waktu ke waktu. Nilai profit ini diperoleh dari pendapatan dikurangi dengan biaya yang harus di tanggung oleh perusahaan.

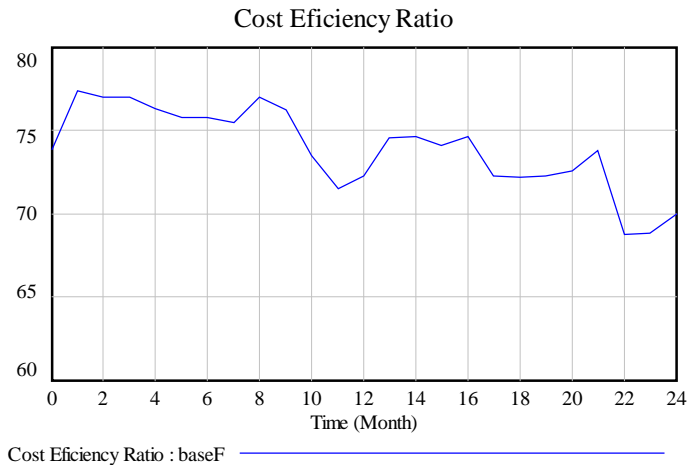
5. Capacity Ratio (Efficiency – Percentage)

Gambar 4.2.5.1.1-5 menunjukkan grafik dari nilai Capacity Ratio. Grafik berikut menggambarkan angka rasio ketercukupan penggunaan kapasitas dari kapasitas maksimal yang terpasang. Dari grafik tersebut digambarkan bahwa kapasitas yang digunakan saat ini adalah antara 80% -92% dari kapasitas maksimal yang bisa digunakan untuk memproduksi air bersih. Nilai ini didapat dari jumlah kapasitas terproduksi saat ini dibandingkan dengan kapasitas terpasang yang dimiliki oleh PDAM.



Gambar 4.2.5.1.1-5. Capacity Ratio (Percentage %)

6. Cost Ratio (Efficiency – Percentage)



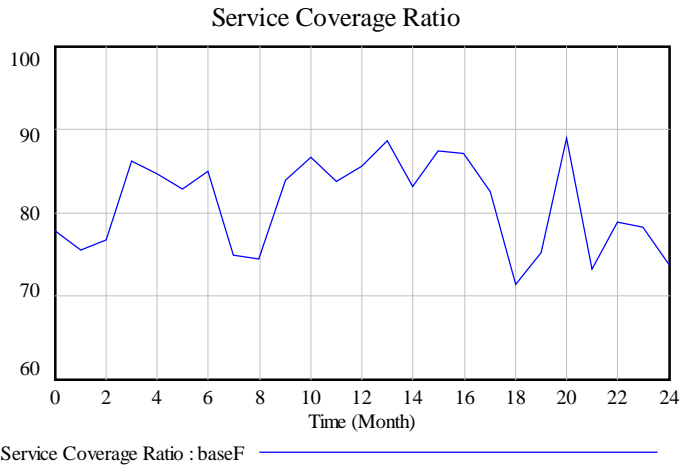
Gambar 4.2.5.1.1-6. Cost Efficiency Ratio (Percentage)

Grafik rasio biaya yang ditunjukkan pada gambar 4.2.5.1.1-6 menggambarkan perbandingan antara jumlah biaya yang dikeluarkan dengan jumlah pendapatan yang diterima perusahaan. Pada kondisi saat ini biaya yang dikeluarkan dari setiap periode semakin lama semakin menurun hingga di bawah 70% dari jumlah pendapatan yang diterima.

7. Service Coverage Ratio (Effectivity – Percentage)

Grafik pada Gambar 4.2.5.1.1-7 menunjukkan jumlah cakupan layanan dari PDAM terhadap keseluruhan wilayah Surabaya yang menjadi target cakupan maksimal yang harus dipenuhi oleh PDAM. Dari grafik tersebut

memperlihatkan cakupan layanan PDAM sementara ini masih masih di bawah 90% dari keseluruhan wilayah Surabaya.

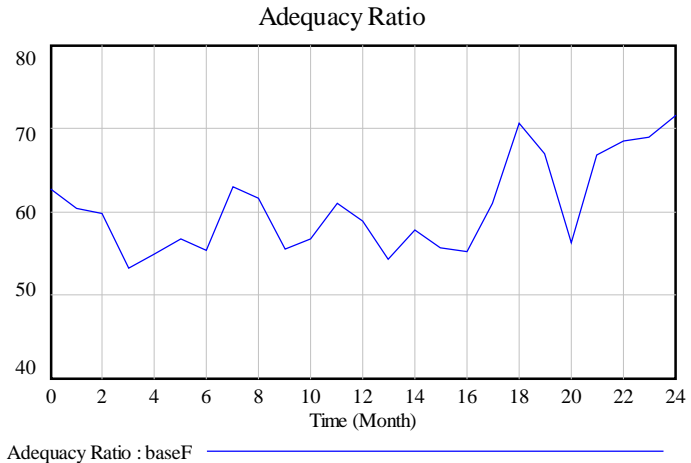


Gambar 4.2.5.1.1-7. Service Coverage Ratio (Percentage %)

8. Adequacy Ratio (Effectivity – Percentage)

Rasio berikut menunjukkan rasio kecukupan dalam PDAM memenuhi kebutuhan minimal dari setiap penduduk Surabaya. Nilai ini didapat dari perbandingan jumlah air yang terdistribusi ke pelanggan dengan kebutuhan minimal keseluruhan penduduk Surabaya berdasarkan angka minimal kebutuhan air bersih setiap jiwa menurut standar WHO yaitu 200-400 liter/orang/hari. Ternyata dari hasil simulasi jumlah kebutuhan air yang tercukupi berkisar antara 50 – 70% dari keseluruhan

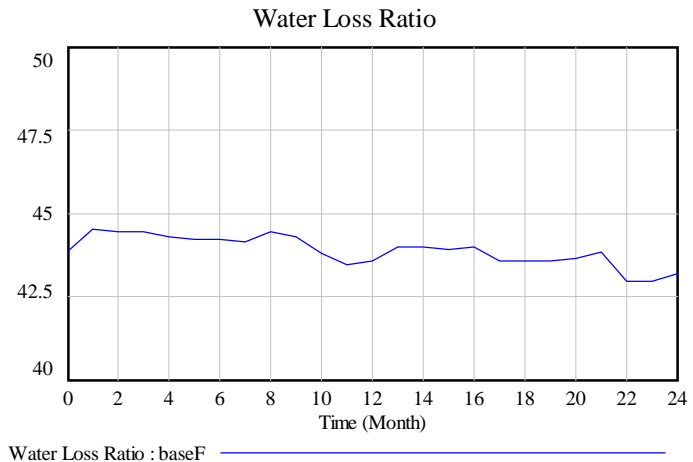
kebutuhan yang harus dipenuhi. Hasilnya dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.2.5.1.1-8.



Gambar 4.2.5.1.1-8. Adequacy Rasio (Percentage %)

9. Water Loss Ratio (Efficiency – Percentage)

Gambar 4.2.5.1.1-9 merupakan grafik yang menggambarkan rasio jumlah air yang hilang selama proses pendistribusian air dari sumber hingga ke pelanggan. Jumlah air yang hilang diperoleh dari volume air ter-supply dengan volume air terdistribusi. Dari hasil simulasi dapat diinterpretasikan dari grafik berikut bahwa sekitar 45% air hilang dari jumlah air terpasok.



Gambar 4.2.5.1.1-9. Water Loss Rasio

4.2.5.2 Validasi Model

Validasi model adalah suatu cara yang dilakukan untuk melakukan pengecekan apakah model konseptual simulasi adalah representasi akurat dari sistem nyata yang sedang dimodelkan (Kelton, 1991). Validasi model dilakukan dengan membandingkan data hasil simulasi dengan data asli yang diperoleh dari perusahaan. Hal ini dilakukan untuk membuktikan secara nyata bahwa data hasil simulasi telah sesuai dengan data perusahaan sehingga model yang dibuat dapat dinyatakan telah valid. Berikut adalah hasil validasi yang dilakukan :

- a. Volume Air Terpasok (Supply)

Tabel 4.2.5.2-1. Tabel Data dan Simulasi Volume Supply

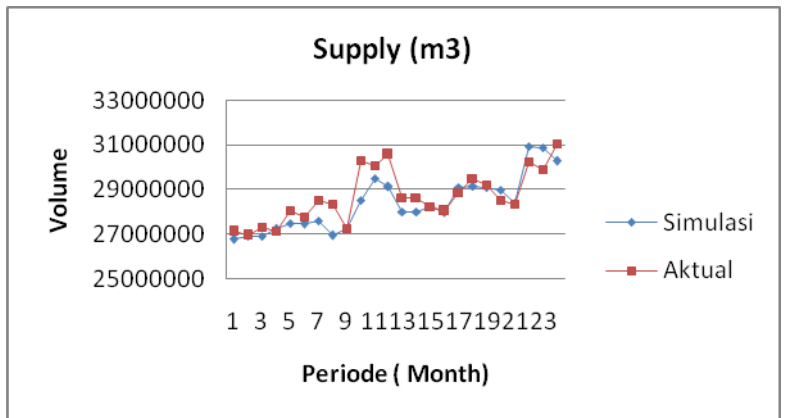
Bulan	Volume (Simulasi)	Volume (Data)
Jan-11	26766280	27.108.783
Feb-11	26926866	26.943.556
Mar-11	26933990	27.319.208
Apr-11	27222528	27.151.040
Mei-11	27476172	28.051.449
Jun-11	27462204	27.762.490
Jul-11	27601912	28.510.683
Ags-11	26937136	28.357.890
Sep-11	27250078	27.260.286
Okt-11	28522254	30.287.245
Nov-11	29495984	30.073.154
Des-11	29126952	30.558.892
Jan-12	28022598	28.646.444
Feb-12	27986106	28.629.321
Mar-12	28247476	28.254.232
Apr-12	27983338	28.028.649
Mei-12	29102564	28.881.989
Jun-12	29155538	29.498.720
Jul-12	29107088	29.201.119
Ags-12	28971396	28.520.727
Sep-12	28393450	28.351.034
Okt-12	30930124	30.249.507
Nov-12	30895444	29.901.520
Des-12	30275132	31.041.345

Validasi :

Tabel 4.2.5.2-2. Tabel validasi Volume Supply

Mean Comparison ($< 5\%$)	$E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{\bar{A}}$	1,1323%	Valid
Error Variance ($< 30\%$)	$E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$	3,1994%	Valid

Dalam Grafik :



Gambar 4.2.5.2-1. Grafik Perbandingan Nilai Data dan Simulasi Supply

b. Volume Air Terproduksi (Production Capacity)

Tabel 4.2.5.2-3. Tabel Data dan Simulasi Volume Production Capacity

Bulan	Volume (Simulasi)	Volume (Data)
Jan-11	22170256	22.893.973
Feb-11	22330842	22.754.436
Mar-11	22337966	23.071.682
Apr-11	22626504	22.929.661
Mei-11	22880148	23.690.077
Jun-11	22866180	23.446.044
Jul-11	23005888	24.077.910
Ags-11	22341112	23.948.872
Sep-11	22654054	23.021.921
Okt-11	23926230	25.578.256
Nov-11	24899960	25.397.451
Des-11	24530928	25.807.668
Jan-12	23426574	24.050.419
Feb-12	23390082	24.036.044
Mar-12	23651452	23.721.134
Apr-12	23387314	23.531.743
Mei-12	24506540	24.248.174
Jun-12	24559514	24.765.957
Jul-12	24511064	24.516.103
Ags-12	24375372	23.944.873
Sep-12	23797426	23.802.405
Okt-12	26334100	25.396.288
Nov-12	26299420	25.104.132

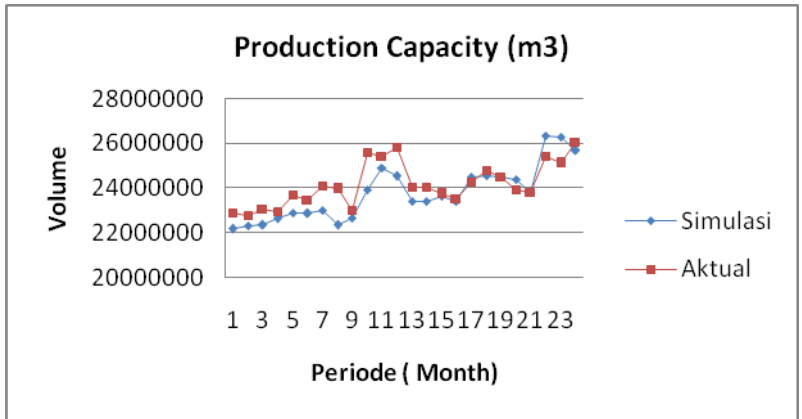
Des-12	25679108	26.061.084
--------	----------	------------

Validasi :

Tabel 4.2.5.2-4. Tabel validasi Volume Production Capacity

Mean Comparison (< 5%)	$E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{A}$	1,6054%	Valid
Error Variance (< 30%)	$E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$	25,3575%	Valid

Dalam grafik :



Gambar 4.2.5.2-2. Grafik Perbandingan Nilai Data dan Simulasi Production Capacity

c. Volume Air Terdistribusi ke Pelanggan
(Water Sold)

**Tabel 4.2.5.2-5. Tabel Data dan Simulasi Volume
Water Sold**

Bulan	Volume (Simulasi)	Volume (Data)
Jan-11	14854071	14.785.000
Feb-11	14961664	14.694.886
Mar-11	14966437	14.899.765
Apr-11	15159758	14.808.047
Mei-11	15329699	15.299.126
Jun-11	15320340	15.141.529
Jul-11	15413944	15.549.590
Ags-11	14968544	15.466.257
Sep-11	15178216	14.867.629
Okt-11	16030574	16.518.518
Nov-11	16682973	16.401.754
Des-11	16435722	16.666.673
Jan-12	15695804	16.048.769
Feb-12	15671354	16.039.176
Mar-12	15846472	15.829.038
Apr-12	15669500	15.702.658
Mei-12	16419382	16.180.730
Jun-12	16454874	16.526.245
Jul-12	16422412	16.359.518
Ags-12	16331499	15.978.338
Sep-12	15944275	15.883.270
Okt-12	17643848	16.946.863
Nov-12	17620612	16.751.908

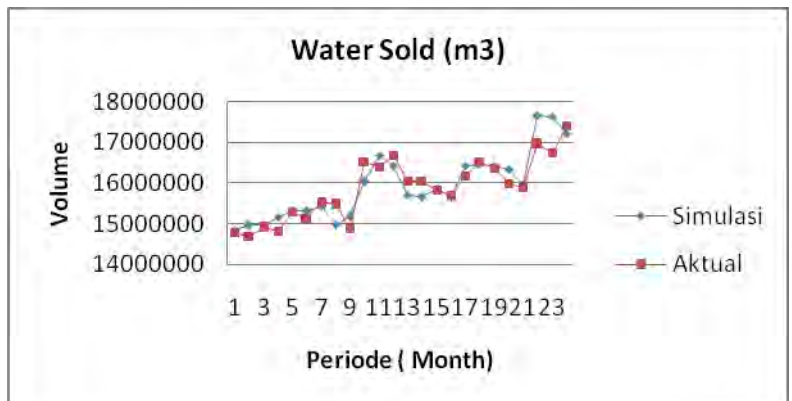
Des-12	17205002	17.390.479
--------	----------	------------

Validasi :

Tabel 4.2.5.2-6. Tabel validasi Volume Water Sold

Mean Comparison ($< 5\%$)	$E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{\bar{A}}$	0,39%	Valid
Error Variance ($< 30\%$)	$E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$	8,23%	Valid

Dengan Grafik :



Gambar 4.2.5.2-1. Grafik Perbandingan Nilai Data dan Water Sold

d. Keuntungan (Profit)

Tabel 4.2.5.2-7. Tabel Data dan Simulasi Jumlah Profit

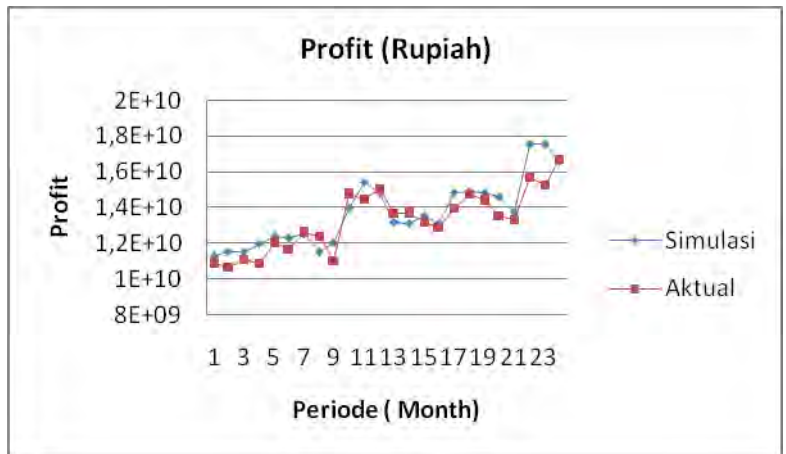
Bulan	Volume (Simulasi)	Volume (Data)
Jan-11	11305480192	10.869.154.122
Feb-11	11547561984	10.668.109.788
Mar-11	11558301696	11.125.194.837
Apr-11	11993276416	10.920.571.979
Mei-11	12375642112	12.016.169.228
Jun-11	12354584576	11.664.570.321
Jul-11	12565192704	12.574.954.412
Ags-11	11563044864	12.389.038.489
Sep-11	12034805760	11.053.499.421
Okt-11	13952610304	14.736.632.780
Nov-11	15420510208	14.476.132.296
Des-11	14864195584	15.067.166.585
Jan-12	13199380480	13.688.622.761
Feb-12	13144367104	13.667.220.778
Mar-12	13538381824	13.198.402.900
Apr-12	13140193280	12.916.449.120
Mei-12	14827429888	13.983.027.752
Jun-12	14907285504	14.753.871.717
Jul-12	14834245632	14.381.903.780
Ags-12	14629691392	13.531.491.200
Sep-12	13758439424	13.319.394.492
Okt-12	17582477312	15.692.270.475
Nov-12	17530195968	15.257.325.870
Des-12	16595075072	16.681.977.771

Validasi :

Tabel 4.2.5.2-8. Tabel validasi Jumlah Profit

Mean Comparison ($< 5\%$)	$E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{\bar{A}}$	3,3233%	Valid
Error Variance ($< 30\%$)	$E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$	9,1537%	Valid

Dengan Grafik :



Gambar 4.2.5.2-2. Grafik Perbandingan Nilai Data dan Simulasi Profit

- e. Volume Kran Air Siap Minum (KARSM)

**Tabel 4.2.5.2-9. Tabel Data dan Simulasi Volume
KARSM**

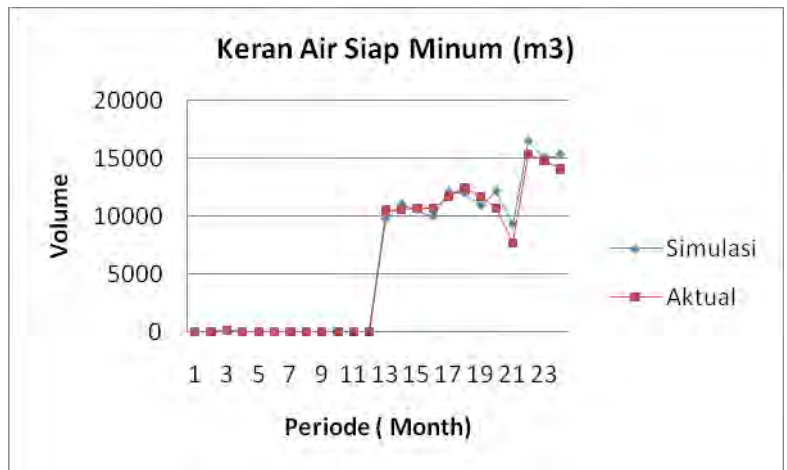
Bulan	Volume (Simulasi)	Volume (Data)
Jan-11	5,566475	5
Feb-11	13,44073	12
Mar-11	60,9965	63
Apr-11	4,081194	4
Mei-11	5,840281	4
Jun-11	5,199824	6
Jul-11	4,727308	3
Ags-11	4,112444	5
Sep-11	1,968041	2
Okt-11	2,834439	4
Nov-11	17,26995	18
Des-11	4,161492	3
Jan-12	9754,039	10473
Feb-12	11014,33	10574
Mar-12	10477,04	10671
Apr-12	9951,04	10622
Mei-12	12105,53	11662
Jun-12	11936,63	12371
Jul-12	10889,32	11687
Ags-12	12096,38	10611
Sep-12	9269,91	7676
Okt-12	16481,4	15296
Nov-12	15085,2	14717
Des-12	15301,98	14037

Validasi :

Tabel 4.2.5.2-10. Tabel validasi Volume Water Sold

Mean Comparison ($< 5\%$)	$E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{A}$	2,8230%	Valid
Error Variance ($< 30\%$)	$E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$	3,3022%	Valid

Dalam grafik :



Gambar 4.2.5.2-3. Grafik Perbandingan Nilai Data dan Simulasi Supply

BAB V

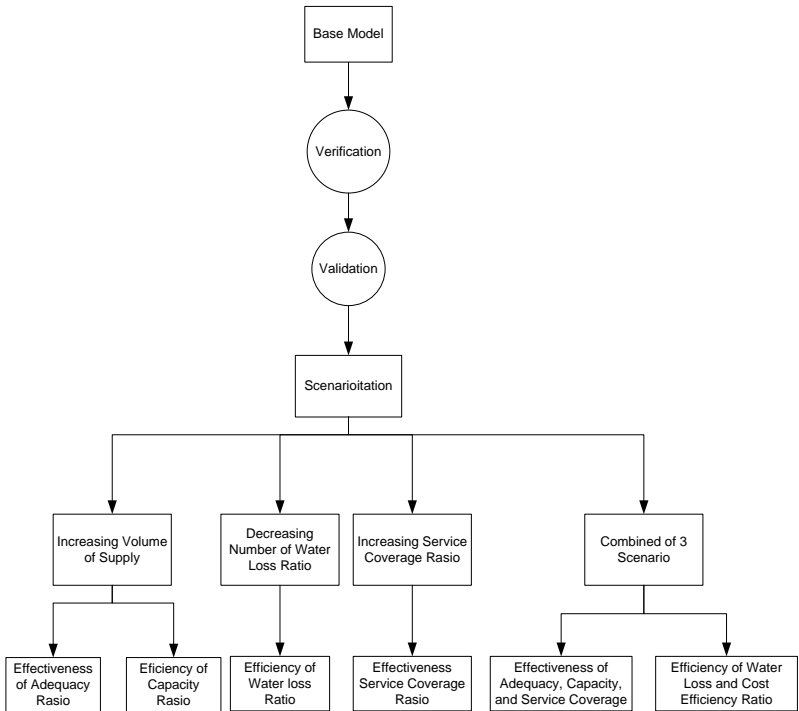
PEMBUATAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL

Pada bab V ini akan dijelaskan mengenai pembuatan skenario perbaikan terhadap permasalahan terkait efektivitas dan efisiensi distribusi air bersih oleh PDAM Surya Sembada Surabaya. Skenario ini dibuat untuk meningkatkan nilai efektivitas dan efisiensi setiap parameter dalam distribusi air bersih. Dan selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui besar perubahan akibat skenario perbaikan yang dilakukan.

5.1 Model Sistem Dinamik (Tahap Lanjut)

Tahapan berikutnya adalah melakukan skenarioisasi untuk memberikan usulan perbaikan sesuai dengan tujuan dari pembuatan sistem dinamik dari sistem distribusi air bersih PDAM Surya Sembada Surabaya. Berikut digambarkan dalam bentuk skema alur yang menunjukkan pengembangan model dari *Base Model* ke *Scenario Model*, yaitu pada Gambar 5.1-1. *Base model* dapat dikembangkan menjadi *scenario model* jika telah memenuhi syarat model telah terverifikasi dan valid.

Untuk skenario pertama yang dibuat bertujuan untuk meningkatkan efektivitas *adequacy ratio* dan efisiensi *capacity ratio*. Skenario kedua bertujuan mengurangi jumlah air yang hilang, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan air bersih. Skenario ketiga untuk meningkatkan *service coverage ratio*. Dan skenario keempat adalah penggabungan skenario sebelumnya, sehingga dapat mengefisienkan dan mengefektifkan seluruh parameternya dalam sistem manajemen distribusi air bersih. Hal ini dilakukan untuk mencoba mencari hasil yang paling maksimal atas skenarioisasi yang dilakukan.



Tabel 5.1 -1. Alur Perkembangan Rancangan Skenario

5.1.1 Policy Analysis dan Improvement

Dalam tahapan berikut ini dilakukan pembuatan skenario yang berkaitan dengan tujuan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dari sistem distribusi air bersih PDAM ke pelanggan. Berikut adalah skenarioisasi yang di buat :

5.1.1.1 Skenario Peningkatan Kecukupan Kebutuhan Air (*Adequacy Rasio*)

Tujuan dari pembuatan skenario ini adalah untuk meningkatkan kecukupan dari kebutuhan air setiap pelanggan di PDAM seperti yang telah dijelaskan pada BAB IV Model dan Implementasi sub bab 4.2.2. *Problem Identification*. Nilai ini didapatkan dari rata-rata kebutuhan air bersih dari sumber World Health Organization atau WHO yang mengatakan bahwa rata-rata kebutuhan air bersih untuk kehidupan sehari-hari setiap orang adalah sebesar 200-400 liter/orang/hari atau sekitar 6 – 12 m² per bulan dibandingkan dengan jumlah yang dapat dipenuhi oleh PDAM Surya Sembada selama kurun waktu 2 tahun terakhir ini.

Untuk dapat meningkatkan jumlah pasokan air bersih PDAM memiliki peluang untuk meningkatkan jumlah pasokan air bersih dari sumber Umbulan, Pasuruan. Menurut Pak Budi Susilo, Kepala Dinas PU Kota Surabaya menjelaskan bahwa jumlah pasokan air dari sumber umbulan menjadi maksimal kapasitas hingga sebesar 4000 L/detik (Susilo, 2009). Dan dari Deputy Sarana dan Pra Sarana, Pak Priyatna menyatakan penambahan infrastruktur yang berdampak pada penambahan biaya penambahan infrastruktur umbulan sebesar Rp 1.500.000.000.000,00 (Priyatna, 2009). Dan kemungkinan pembiayaan infrastruktur dari pihak pemerintah sebesar Rp 675.000.000.000,00 (Priyatna, 2009). Serta pembiayaan infrastruktur dari pihak swasta sebesar Rp 840.000.000.000,00 (Priyatna, 2009). Karena itu perlu adanya kenaikan biaya harga jual air untuk dapat

meningkatkan pendapatan serta menutupi biaya pembangunan infrastruktur baru.

Dari model dasar (*base model*) dapat dilihat sejauh mana kecukupan air bersih terpenuhi. Karena belum maksimal, maka dilakukan skenarioisasi berikut untuk memaksimalkan jumlah pasokan air bersih dari PDAM demi mencukupi kebutuhan dari pengguna jasa PDAM.

Tabel 5.1.1.1-1. Skenario 1 Adequacy Rasio

SKENARIO 1

Kondisi Tekini :

- **Rasio Kecukupan (*Adequacy Rasio*) sekitar 62% dari kebutuhan maksimal per orang (dari hasil base model).**

Upaya Peningkatan :

- **Jumlah pasokan air dari sumber umbulan menjadi maksimal kapasitas hingga sebesar 4000 L/detik (Susilo, 2009)**
 - **Penambahan infrastruktur yang berdampak pada penambahan biaya penambahan infrastruktur umbulan sebesar Rp 1.500.000.000.000,00 (Priyatna, 2009)**
 - **Pembiayaan infrastruktur dari pihak pemerintah sebesar Rp 675.000.000.000,00 (Priyatna, 2009)**
 - **Pembiayaan infrastruktur dari pihak swasta sebesar Rp 840.000.000.000,00**
-

(Priyatna, 2009)

- Sehingga dibutuhkan kenaikan harga jual air hingga 2900 per m³

Perubahan yang diharapkan :

- Peningkatan jumlah pasokan air bersih dan berdampak pada peningkatan jumlah air yang didistribusikan ke pelanggan
 - Peningkatan nilai *Adequacy Rasio* terhadap kebutuhan minimal air bersih per orang
-

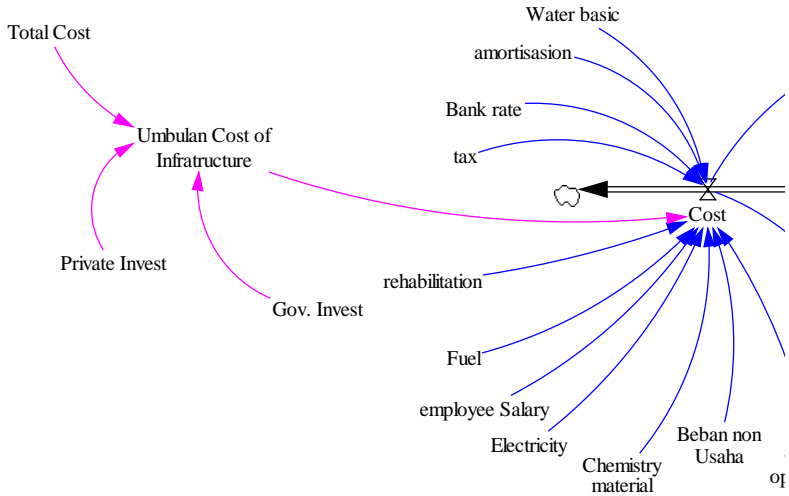
Berikut adalah permodelan simulasi skenario 1 yang akan diimplementasi. Dalam model ini ditandai dengan variabel yang digambarkan dengan warna merah muda pada arah panahnya.

Tabel 5.1.1.1-2. Persamaan pada Skenario 1

Variabel	Persamaan
Umbulan Cost Infrastructure	Total Cost-("Gov. Invest"+Private Invest)
Gov. Invest	6.75e+011
Private Invest	8.4e+011
Total Cost	1.5e+012
New Price Sell per m ³	RANDOM UNIFORM(2500, 2900 , 1)
New Umbulan water Source	RANDOM UNIFORM (2.592e+006, 4.47e+006 , 1)

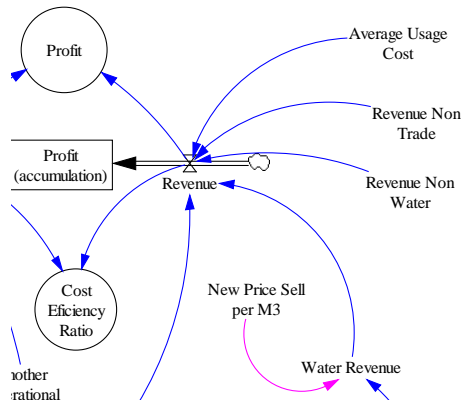
Berikut adalah sub- model yang mengalami perubahan karena diimplentasikannya skenarioisasi. Gambar 5.1.1.1-1 menunjukkan

sub-model Profit yang berubah secara struktur dan parameter.



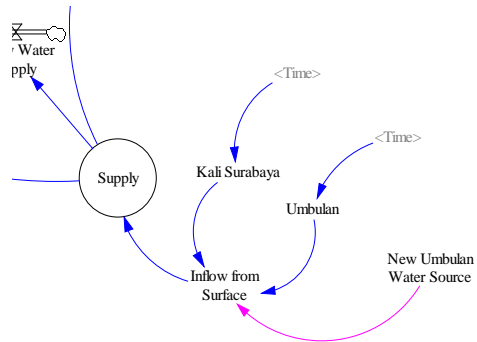
Gambar 5.1.1.1-1. Struktur Baru Sub-Model Profit

Perubahan lain yang mengalami perubahan adalah pada sub-model profit di sisi pendapatan. Karena ada perubahan parameter dari harga jual air bersih.

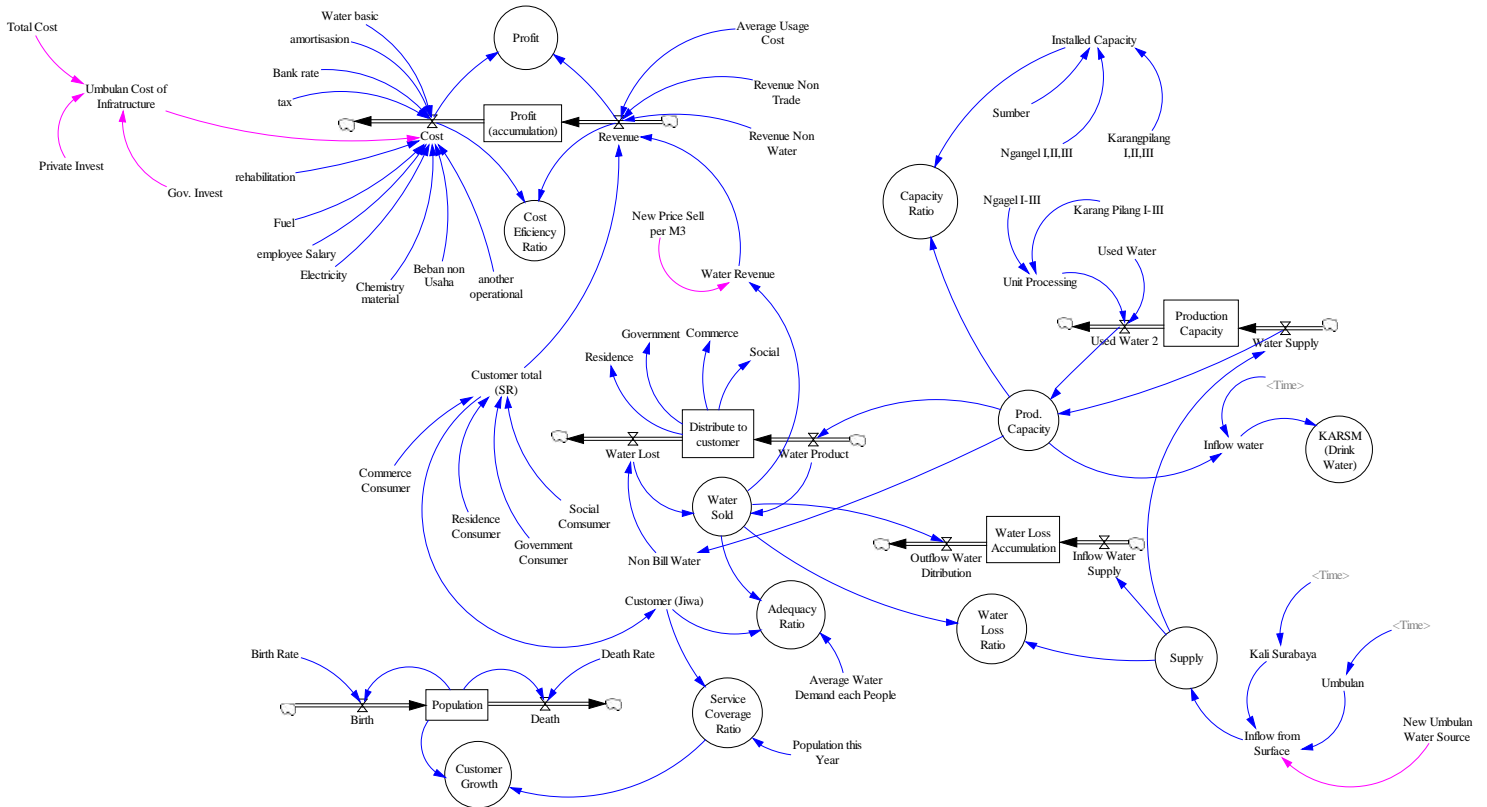


Gambar 5.1.1.1-2. Struktur Baru Sub-Model Profit(2)

Sub-model berikutnya yang mengalami perubahan adalah sub-model *supply*. Karena terjadi penambahan jumlah air bersih, maka ada perubahan struktur.



Gambar 5.1.1.1-3. Struktur Baru Sub-Model Profit



Gambar 5.1.1.1-4. Skema Simulasi Skenario Peningkatan Adequacy Ratio

5.1.1.2 Skenario Pengurangan Tingkat Kebocoran Air (Water Loss Ratio)

Tujuan dari pembuatan skenario berikut adalah untuk mengurangi tingkat kehilangan air yang terjadi selama proses distribusi air bersih dari sumber hingga ke pelanggan. Dalam skenario ini akan dijelaskan lebih mendetail mengenai penyebab-penyebab kehilangan air yang sering terjadi dan upaya yang dilakukan untuk menanggulangnya.

Penyebab yang diangkat dalam permasalahan tingkat kehilangan air ini adalah kebocoran pipa dan meteran yang mati. Dari hasil wawancara dengan pihak PDAM Surya Sembada Surabaya di peroleh data bahwa 32,96% air hilang disebabkan oleh meteran yang mati dan 23% diakibatkan oleh kebocoran pipa. Dari angka tersebut maka diusulkan skenarioisasi untuk mengurangi angka kehilangan yang ada saat ini. Rasio kehilangan air (*Water Loss Rasio*) nilainya diperoleh dari presentase selisih volume air yang diambil dari sumber dengan volume air yang terdistribusikan ke pelanggan. Upaya penanggulangannya adalah dengan meningkatkan jumlah DMA menjadi sekitar 61 buah untuk bisa lebih menekan tingkat kehilangan air (Surabaya, 2012). Dan dilakukan penambahan jumlah tim pengawas seperti yang disampaikan oleh Ashari Mardiono, Direktur PDAM Surya Sembada Surabaya yang sebelumnya terdiri dari sekitar 30 tim menjadi maksimal target 300 tim (Kominfojatim, 2012).

Tabel 5.1.1.2-1. Skenario 2 Water Loss Rasio

SKENARIO 2

Kondisi Tekini :

- Rasio kehilangan air (Water Loss Rasio) sekitar 56% dari jumlah air yang disalurkan melalui sumber.

Upaya Peningkatan :

- Menambahkan parameter penjabaran permasalahan yang lebih terperinci dengan menampilkan penyebab *water losses*, yaitu meteran mati dan kebocoran pipa
- Memberikan parameter penyelesaian permasalahan yang ada, yaitu dengan penambahan jumlah DMA (*District Meter Area*) untuk mengawasi tegangan yang mengalir di tiap meteran, dan melakukan penambahan tim pengawas pipa distribusi dalam jumlah maksimal
- Pengaruh penambahan meningkatkan biaya pembuatan dan biaya pembayaran gaji pegawai.

Perubahan yang diharapkan :

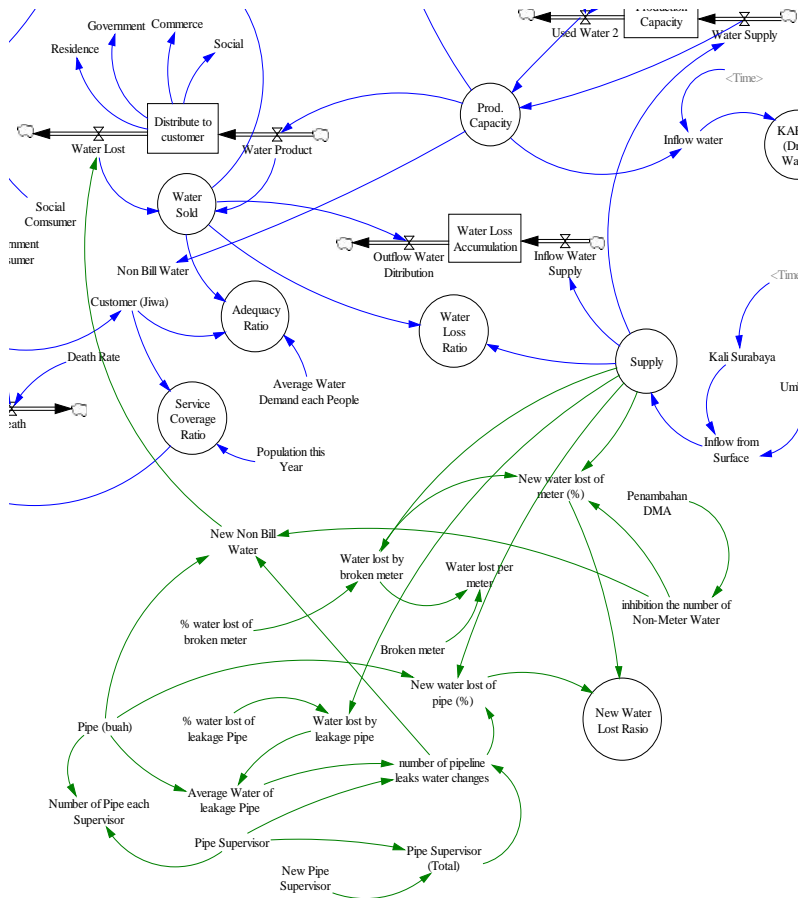
- Penurunan nilai *Water Loss Rasio* dari volume supply terhadap volume air yang terdistribusi ke pelanggan.
-

Tabel 5.1.1.2-2. Persamaan pada Skenario 2

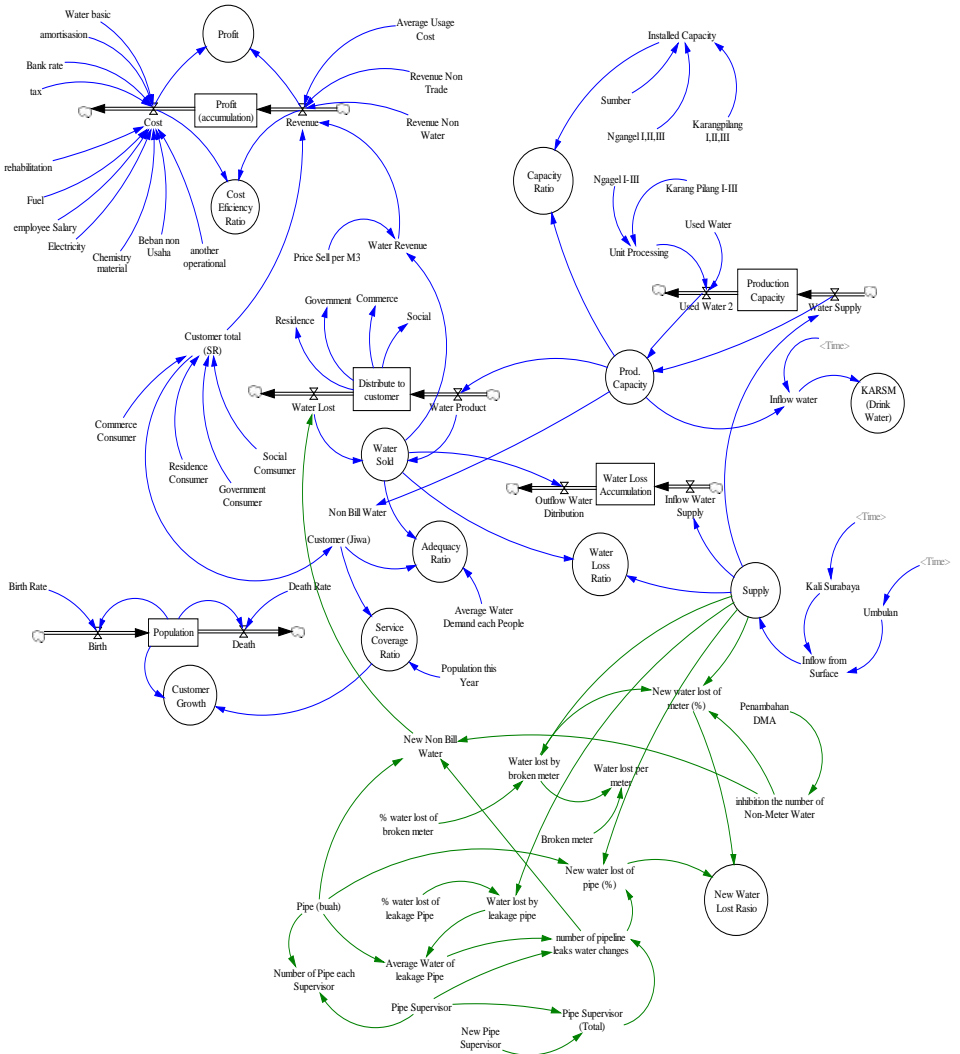
Variabel	Persamaan
"New water lost of meter (%)"	(Water lost by broken meter-"inhibition the number of Non-Meter Water")/Supply*100
Water lost by broken meter	"% water lost of broken meter"/100*Supply
Water lost per meter	Water lost by broken meter/Broken meter
"inhibition the number of Non-Meter Water"	Penambahan DMA*14000
Penambahan DMA	61
New Non Bill Water	"inhibition the number of Non-Meter Water"+(number of pipeline leaks water changes*"Pipe (buah)")
"% water lost of broken meter"	32.96
Broken meter	1342
"New water lost of pipe (%)"	("Pipe (buah)"*number of pipeline leaks water changes)/Supply*100
"Pipe (buah)"	5425
"% water lost of leakage Pipe"	20
Water lost by leakage pipe	"% water lost of leakage Pipe"/100*Supply

Number of Pipe each Supervisor	"Pipe (buah)"/Pipe Supervisor
Variabel	Persamaan
Average Water of leakage Pipe	Water lost by leakage pipe/"Pipe (buah)"
number of pipeline leaks water changes	Pipe Supervisor/"Pipe Supervisor (Total)"*Average Water of leakage Pipe
Pipe Supervisor	30
New Pipe Supervisor	RANDOM UNIFORM(100, 120 , 1)
"Pipe Supervisor (Total)"	Pipe Supervisor+New Pipe Supervisor

Berikut adalah sub- model yang mengalami perubahan karena diimplentasikannya skenarioisasi. Gambar 5.1.1.2-1 menunjukkan sub-model *Distribute to Customer* yang berubah secara struktur dan parameter.



Gambar 5.1.1.2-1. Perubahan Sub-Model Akibat Skenarioisasi 2



Skema Simulasi Skenario Pengurangan Water Loss Ratio

5.1.1.3 Skenario Peningkatan Cakupan Layanan PDAM Surya Sembada Surabaya (Service Coverage Rasio)

Skenario ini bertujuan untuk meningkatkan cakupan layanan kebutuhan air bersih seluruh wilayah kota Surabaya. Menurut *Company Highlight* PDAM Surya Sembada tahun 2012 menyatakan bahwa cakupan layanan yang dijangkau saat ini adalah 87,87% dari jumlah penduduk kota Surabaya sebanyak 2.719.237 Jiwa. Jumlah tersebut tentu besar namun belum bisa dikatakan cukup karena PDAM merupakan perusahaan jasa yang memiliki kewajiban untuk memenuhi kebutuhan air bersih seluruh masyarakat kota Surabaya dan angka tersebut belum memenuhi keseluruhan jumlah penduduk Surabaya. Oleh karena itu cakupan layanan atau *service coverage ratio* perlu ditingkatkan. Seperti yang dikatakan Sunarno, Kepala unit Pemasaran dan Layanan Pelanggan bahwa di targetkan terjadi penambahan pelanggan sebesar 3% dengan diberikannya diskon 50% bagi pemasangan sambungan rumah (SurabayaPagi.com, 2012). Namun dengan ada pemasangan baru tersebut harus tertutupi dengan biaya yang dipasang sebesar Rp 450.000,00. Karena itu disiapkan anggaran sebesar 37 miliar untuk program pemasangan pipa tersier untuk mewujudkan 10 juta sambungan siap pakai di tahun 2013 (Minum, 2012) .

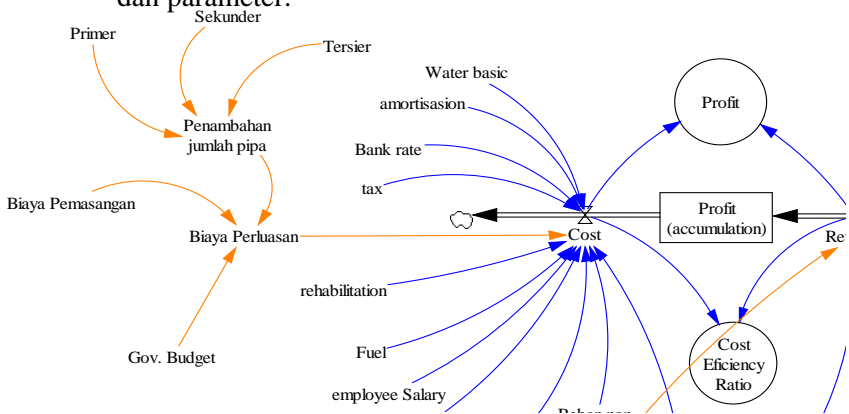
Tabel 5.1.1.3-1. Persamaan pada Skenario 3 Service Coverage Ratio

SKENARIO 3
Kondisi Tekini :
<ul style="list-style-type: none">• Cakupan layanan wilayah Surabaya saat ini sekitar 88% dari total keseluruhan wilayah surabaya.
Upaya Peningkatan :
<ul style="list-style-type: none">• Memberikan diskon bagi pelanggan baru.• Meningkatkan kualitas air bersih.• Melakukan penambahan infrastruktur perluasan jaringan distribusi air dengan melakukan penambahan pipa. Biaya yang ditanggung dari investasi pemerintah.• Biaya instalasi baru diberikan diskon untuk pelanggan baru sebesar 50%.
Perubahan yang diharapkan :
<ul style="list-style-type: none">• Peningkatan jumlah cakupan layanan PDAM Surya Sembada Surabaya dalam memenuhi kebutuhan air bersih penduduknya.

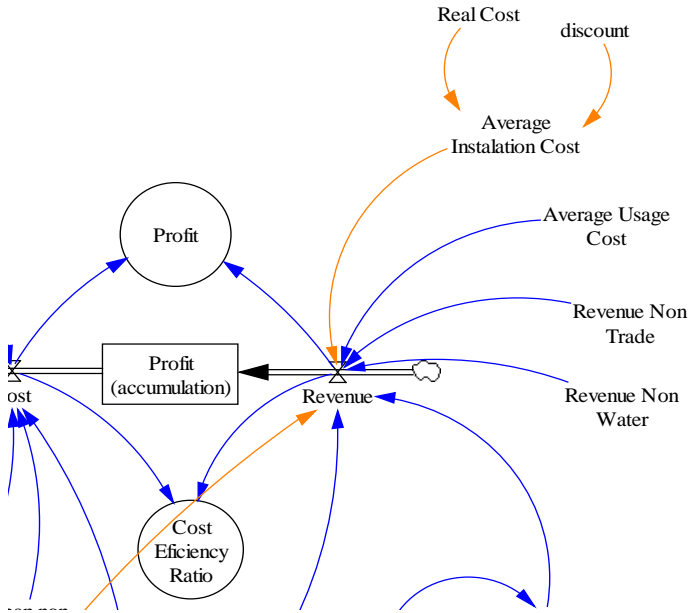
Tabel 5.1.1.3-2. Persamaan pada Skenario 3

Variabel	Persamaan
"New Customer (SR)"	New Customer/RANDOM UNIFORM(4, 5 , 2)
New Customer	((Quality improvement+Discount new customer)/100)
Discount new customer	4
Quality improvement	2
Real Cost	690000
discount	50/100
Average Instalation Cost	Real Cost*discount

Gambar 5.1.1.3-1 menunjukkan perubahan sub-model *profit* dari sisi *cost* yang berubah secara struktur dan parameter.

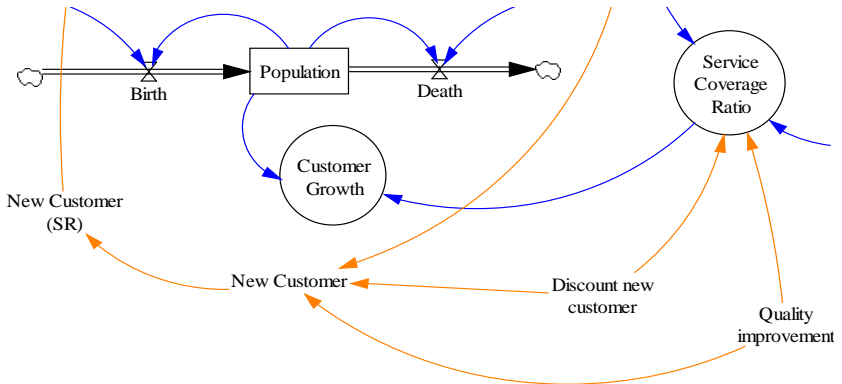


Gambar 5.1.1.3-1. Sub-Model Profit pada Variabel Cost



Gambar 5.1.1.3-2. Sub-Model Profit pada Variabel Cost

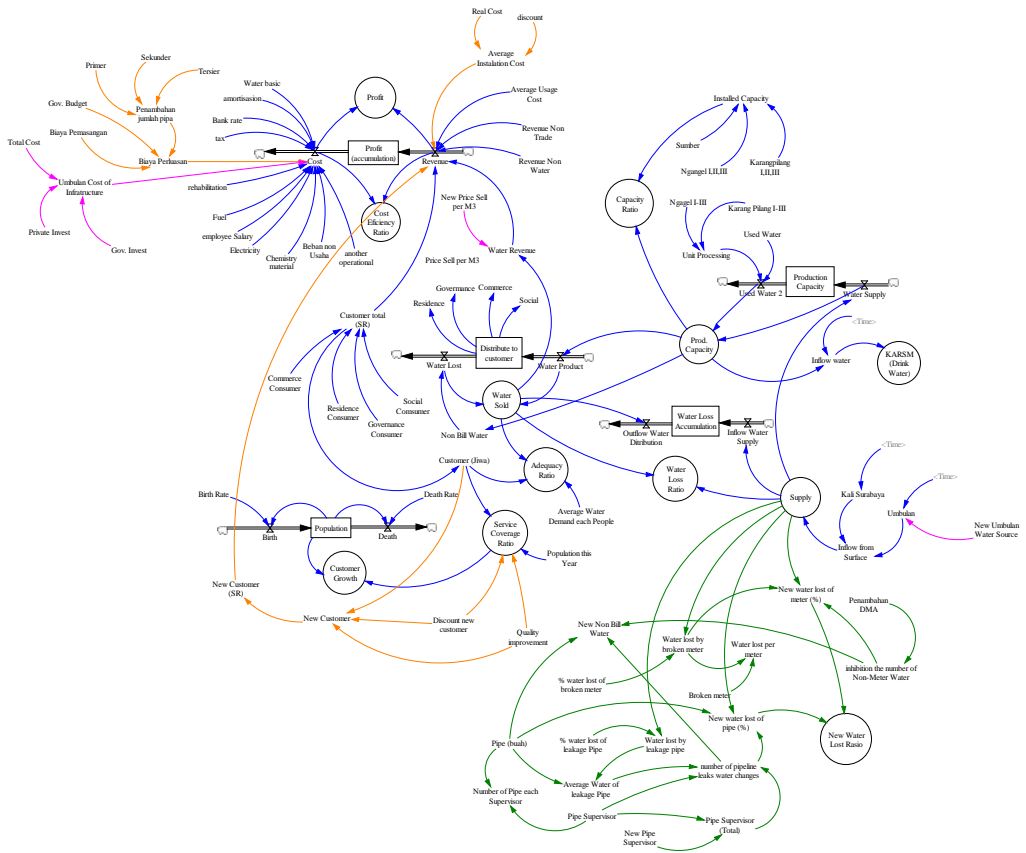
Gambar 5.1.1.3-3 menunjukkan perubahan sub-model yang terkait dengan populasi dan *Adequacy Ratio* yang berubah secara struktur dan parameter.



Gambar 5.1.1.3-3. Perubahan Variabel terkait Service Coverage Ratio

5.1.1.4 Skenario gabungan antara skenario 1, skenario 2, dan skenario 3 untuk mendapatkan hasil yang paling Optimal

Pada bagian ini, dilakukan skenarioisasi berupa penggabungan skenario-skenario yang telah dilakukan sebelumnya. Yaitu skenario peningkatan rasio kecukupan kebutuhan pelanggan, skenario pengurangan rasio tingkat kehilangan air, dan skenario perluasan cakupan layanan PDAM. Penggabungan skenario ini akan memberikan hasil yang optimal untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem distribusi air PDAM Surya Sembada Surabaya.



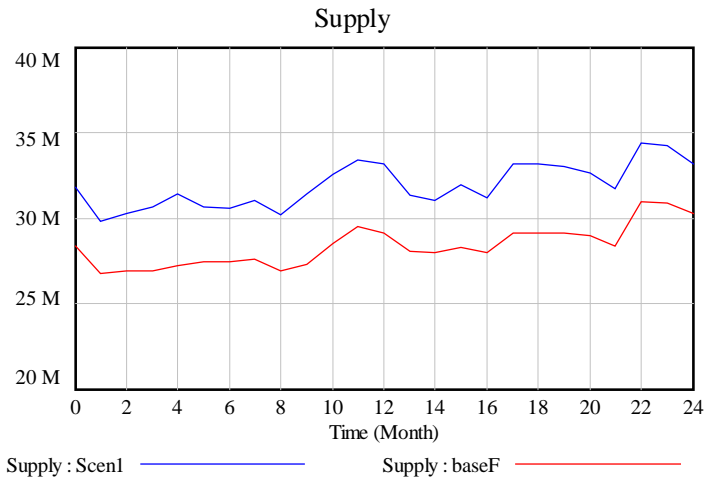
Gambar 5.1.1.4-1. Skema Simulasi Skenario Gabungan

5.1.2 Policy Implementation

Tahapan berikut menunjukkan hasil dari implementasi skenarioisasi yang dilakukan pada tahapan sebelumnya. Hasil dari skenarioisasi tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik.

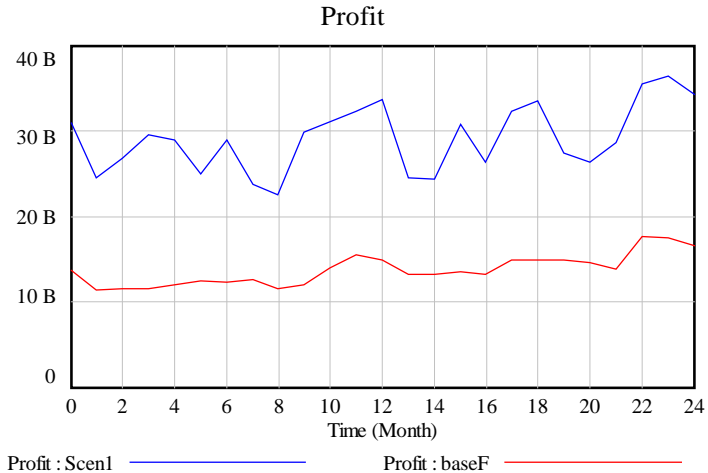
5.1.2.1 Hasil Skenario 1

Skenario 1 atau skenario perubahan untuk meningkatkan Rasio Kecukupan Kebutuhan Air. Untuk meningkatnya rasio tersebut maka dibutuhkan peningkatan jumlah pasokan air sehingga dapat meningkatkan kecukupan air pelanggan PDAM. Berikut adalah hasil dari Skenario 1 ditampilkan pada Gambar 5.1.2.1-1.



Gambar 5.1.2.1-1. Perubahan Volume Supply dari Skenario 1

Dari grafik berikut dapat dilihat bahwa hasil skenarioisasi dapat meningkatkan jumlah pasokan air.

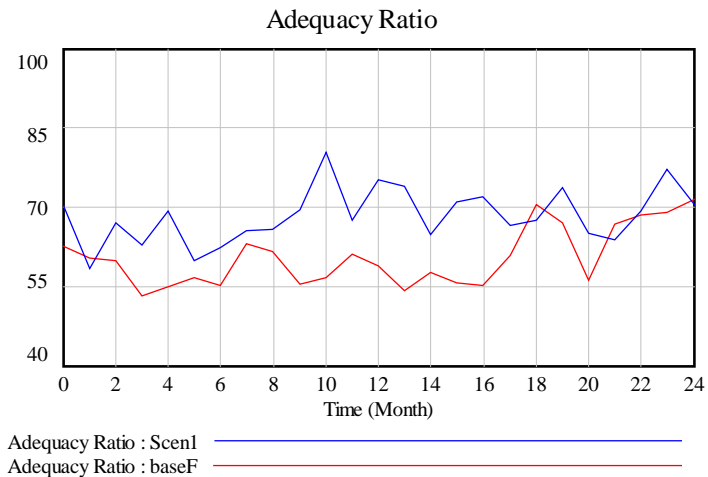


Gambar 5.1.2.1-2. Perubahan Jumlah Profit dari Skenario 1

Dari segi profit, dengan adanya peningkatan biaya sewa karena dilakukannya penambahan pasokan, maka jumlah keuntungan yang diperoleh dari PDAM mengalami peningkatan. Jadi dengan adanya program pembangunan infrastruktur untuk menambah jumlah pasokan air dari Umbulan, Pasuruan, terdapat peningkatan jumlah tarif pembayaran, sehingga perusahaan tetap menjaga keuntungan yang diperoleh.

Dari hasil peningkatan pasokan dan keuntungan yang dibuat oleh PDAM, maka dapat dilihat pada *Adequacy Rasio*, yaitu nilai yang menunjukkan rasio kecukupan kebutuhan air setiap pelanggan PDAM. Dari Gambar 5.1.2.1-3,

grafik berikut dapat diketahui bahwa rasio kecukupan dari hasil skenario peningkatan jumlah pasokan dapat meningkatkan rasio kecukupan dari sekitar 55%-70% menjadi 60%-78% dari keseluruhan kebutuhan minimal setiap individu.

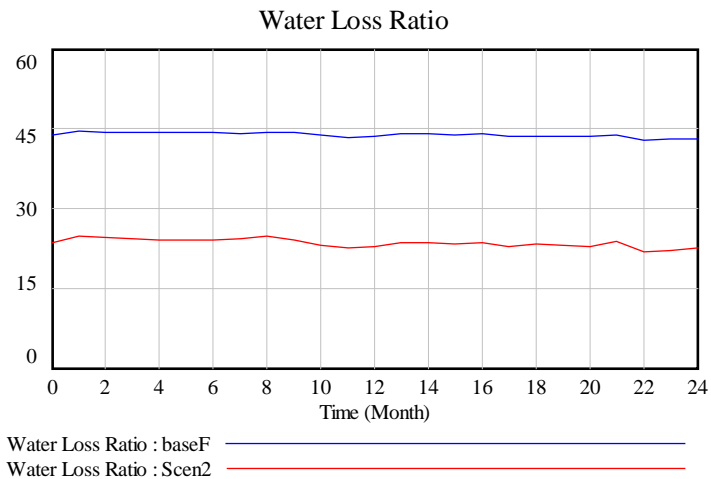


Gambar 5.1.2.1-3. Perubahan Nilai Adequacy Ratio dari Skenario 1

5.1.2.2 Hasil Skenario 2

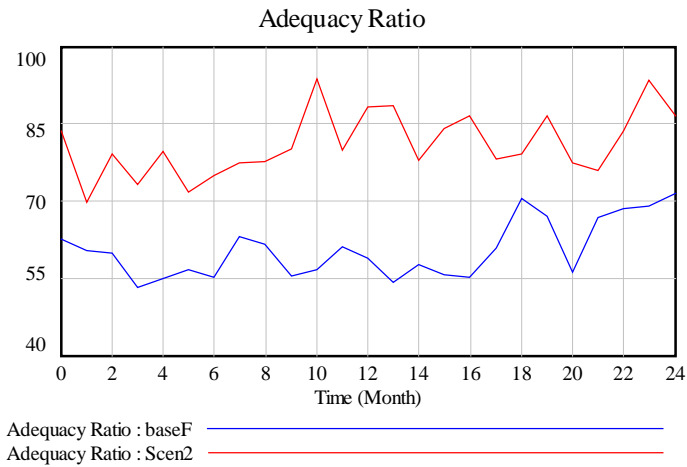
Skenario 2 merupakan skenario untuk mengurangi tingkat kehilangan air. Upaya yang dilakukan adalah dengan mengurangi kebocoran dari sisi meteran mati dan dari sisi pengawasan pipa untuk mencegah terjadinya kebocoran pipa yang tidak segera dideteksi. Dengan adanya skenario penanggulangan, yaitu penambahan pembentukan DMA untuk menanggulangi

meteran air yang mati serta penambahan jumlah Tim Pengawas pipa air untuk meminimalisir terjadinya kebocoran air yang meluas. Dari penamabahan variabel tersebut dapat diperoleh perubahan jumlah yang hilang. Dapat dilihat pada Gambar 5.1.2.2-1.



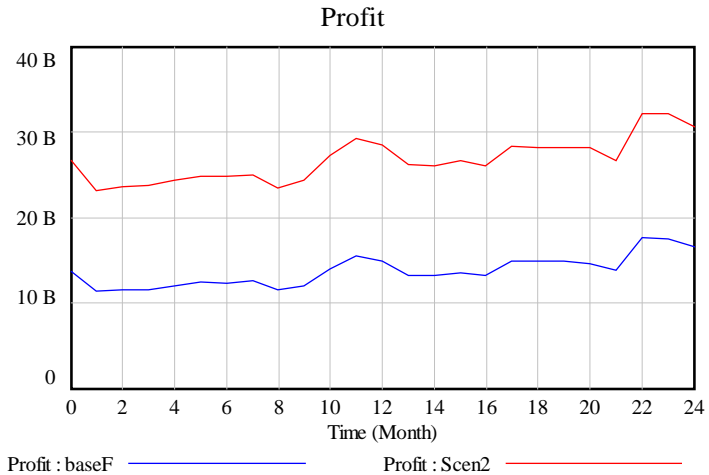
Gambar 5.1.2.2-1. Perubahan Nilai *Water Loss Ratio* dari Skenario 2

Jumlah air yang terbuang dari sebelumnya sebesar sekitar 45% menjadi berkurang secara signifikan menjadi 25%. Dan dengan berkurangnya jumlah air yang hilang maka dapat menambah jumlah air yang terdistribusi ke pelanggan sehingga tingkat kecukupan air yang diharapkan dapat dipenuhi. Dapat dilihat pada Gambar 5.1.2.2-2 bahwa Rasio Kecukupan bisa dipenuhi hingga mencapai 90% dari kebutuhan dasar penduduk Surabaya yang merupakan pelanggan dari PDAM.



Gambar 5.1.2.2-2. Perubahan Nilai Adequacy Ratio dari Skenario 2

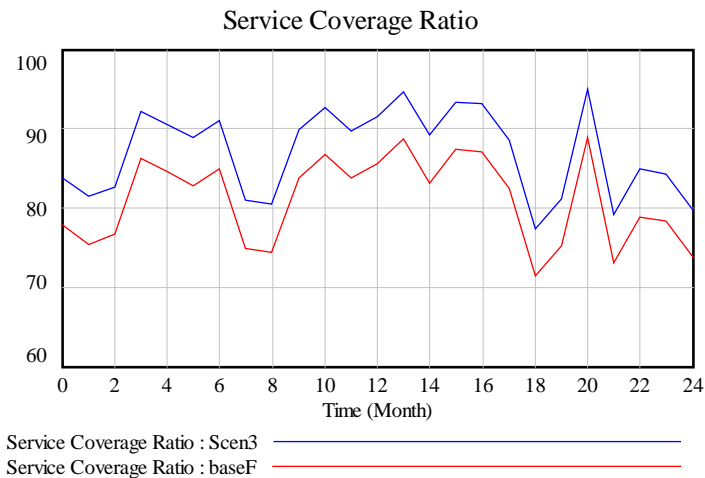
Dan dari penanggulangan yang dilakukan pada skenario ini, dapat meningkatkan keuntungan yang diperoleh perusahaan. Dapat dilihat pada grafik Profit, jumlah keuntungan yang didapat meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh peningkatan jumlah air yang terjual ke pelanggan. Grafik profil ditunjukkan pada Gambar 5.1.2.2-3.



Gambar 5.1.2.2-3. Perubahan Nilai Profit dari Skenario 2

5.1.2.3 Hasil Skenario 3

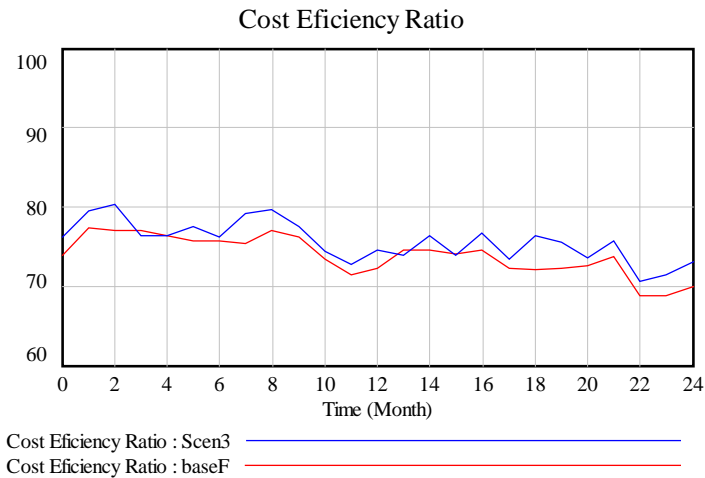
Skenario 3 ini menggambarkan perubahan yang dilakukan untuk meningkatkan cakupan layanan dari pelanggan kota Surabaya. Yang sebelumnya hanya sekitar 80%, dengan skenario ini diupayakan untuk meningkatkannya menjadi 90%. Upaya yang dilakukan adalah dengan memberikan diskon dan memberikan peningkatan kualitas yang secara teori dapat meningkatkan cakupan layanan.



Gambar 5.1.2.3-1. Perubahan Nilai *Service Coverage Ratio* dari Skenario 3

Dari pendapat pihak PDAM bahwa dengan pemberian diskon dapat meningkatkan jumlah pelanggan hingga 3% dan perbaikan kualitas dapat menambah cakupan layanan sebesar 2%. Dan dari perubahan tersebut dapat menyebabkan peningkatan cakupan layanan hingga 90%.

Dari perubahan biaya pemasangan baru tentunya akan berpengaruh pada pendapatan dari penjualan air. Dari grafik *Cost Efficiency Rasio* dapat dilihat ada peningkatan biaya, karena adanya harga diskon. Namun tidak secara signifikan.



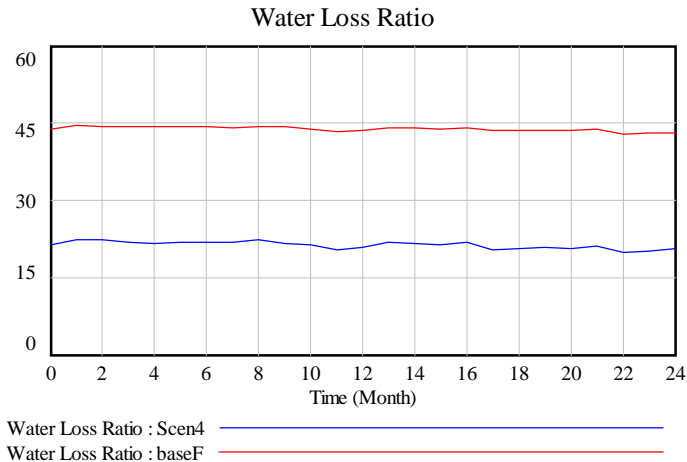
Gambar 5.1.2.3-2. Perubahan Nilai *Cost Efficiency Ratio* dari Skenario 3

5.1.2.4 Hasil Skenario 4

Pada skenario 4 ini merupakan penggabungan antara skenario 1-*Adequacy Rasio*, Skenario 2-*Water Loss Rasio*, dan Skenario 3-*Capacity Rasio*. Penggabungan ini dilakukan untuk menampilkan kemungkinan hasil yang bisa lebih efektif dengan adanya penggabungan skenario yang sebelumnya dibuat. Dengan hasil dari skenario ini dapat menggambarkan hasil dari keseluruhan upaya peningkatan efektivitas dan efisiensi sistem distribusi air PDAM Surabaya.

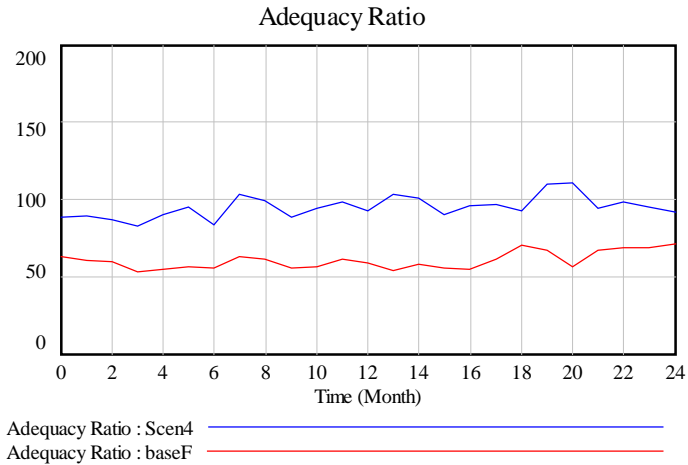
Pada grafik *Water Loss Rasio* menggambarkan bahwa hasil penggabungan upaya pengurangan air yang hilang, upaya perluasan cakupan layanan dan upaya peningkatan rasio kecukupan kebutuhan air

penduduk Surabaya, dapat diperoleh hasil bahwa Rasio kehilangan air menurun dari angka sekitar 45% menjadi sekitar 22%.



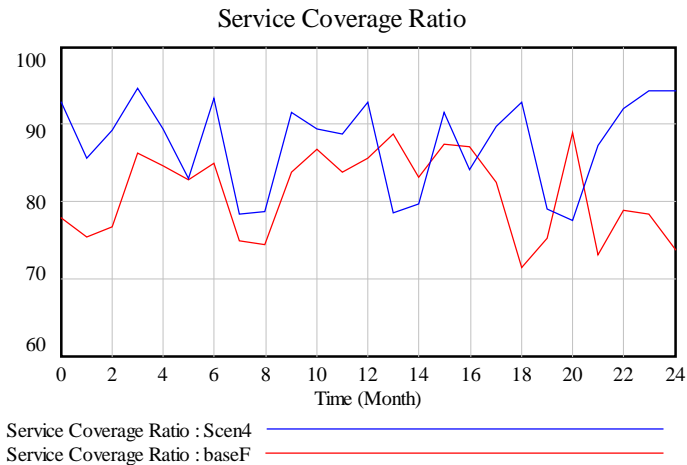
Gambar 5.1.2.4-1. Perubahan Nilai *Water Loss Ratio* dari Skenario 4

Untuk rasio kecukupan pemenuhan kebutuhan atau *Adequacy Ratio* menunjukkan rasio kecukupan dari kebutuhan air bersih seluruh pelanggan PDAM. Dari Grafik *Adequacy Ratio* menunjukkan bahwa upaya skenarioisasi ke-4 ini dapat meningkatkan rasio kecukupan kebutuhan air dari sekitar 60% kebutuhan air terpenuhi menjadi hampir 100% keseluruhan kebutuhan air bersih terpenuhi. Hal ini menunjukkan efektivitas penggabungan skenario lebih baik dari upaya peningkatan jumlah pasokan pada skenario – 1 yang tidak diiringi dengan upaya penurunan jumlah kebocoran air pada skenario – 2.



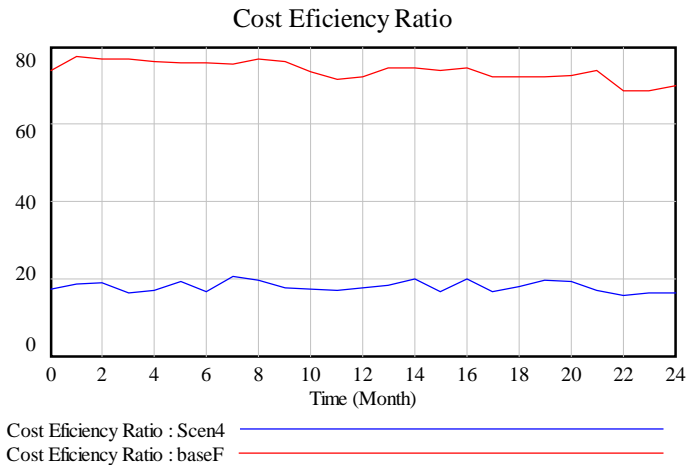
Gambar 5.1.2.4-2. Perubahan Adequacy Ratio dari Skenario 4

Gambar 5.1.2.4-3 adalah gambar yang menunjukkan nilai dari parameter dalam efektivitas sistem distribusi air PDAM mengenai cakupan layanan. Dari hasil skenarioisasi yang ke-4 berikut diperoleh grafik peningkatan cakupan layanan wilayah Surabaya yang sebelumnya sekitar 88% meningkat menjadi sekitar 92%.



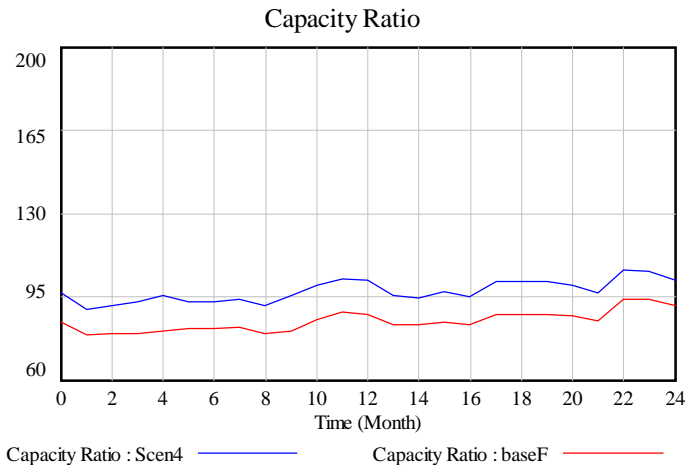
Gambar 5.1.2.4-3. Perubahan Nilai *Service Coverage Ratio* dari Skenario 4

Dari segi biaya, efisiensi pengelolaan biaya dalam distribusi air bersih digambarkan dalam grafik *Cost Efficiency Rasio* yang ditunjukkan pada Gambar 5.1.2.4-4. Setelah dilakukan skeneriosasi gabungan ini, dapat dilihat pada grafik berikut bahwa efisiensi biaya dari 80% jumlah pendapatan menjadi 20% dari jumlah pendapatan yang diperoleh.



Gambar 5.1.2.4-4. Perubahan Nilai *Cost Efficiency Ratio* dari Skenario 4

Dan grafik *Capacity Rasio* menunjukkan rasio dari kemampuan PDAM Surabaya memenuhi seluruh wilayahnya. Selama ini jumlah cakupan layanan dari PDAM sekitar 88% . Dengan adanya skenarioisasi mengenai peningkatan cakupan layanan dan didukung oleh penggabungan dengan skenario lain, maka dapat diperoleh hasil peningkatan kapasitas yang telah dijangkau sebesar 95%. Perbedaan nilai dapat lebih jelas dilihat pada Gambar 5.1.2.4-5.



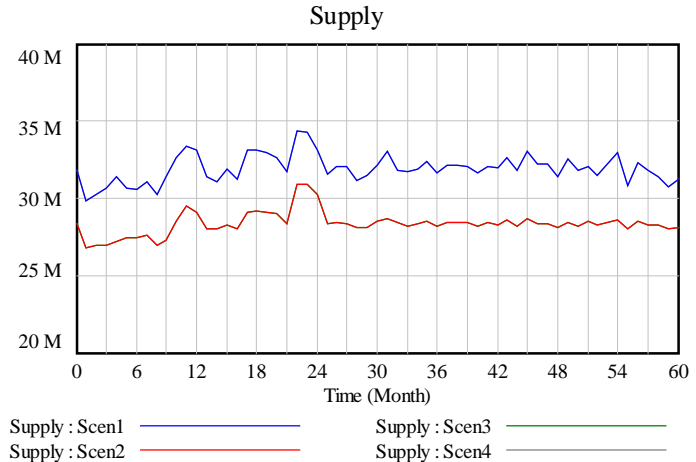
Gambar 5.1.2.4-5. Perubahan Nilai Capacity Ratio dari Skenario 4

5.2 Analisis Hasil Simulasi

Bagian ini akan menjelaskan mengenai perbandingan hasil dari skenario – skenario yang dilakukan. Karena pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bahwa terjadi perbaikan pada setiap parameter efektivitas dan efisiensi, maka pada bagian ini akan menjelaskan mengenai dari skenario mana yang memberikan hasil paling optimal. Dari hasil ini dapat merekomendasikan kepada pihak perusahaan untuk mengimplementasikan skenario yang dibuat agar bisa meningkatkan jumlah keuntungan, jumlah pasokan, dan jumlah air yang terjual. Serta dapat meningkatkan Rasio Kecukupan, Cakupan Layanan, Penggunaan Kapasitas Terpasang, serta pengurangan Tingkat Kehilangan Air dan Biaya untuk meningkatkan Efisiensinya. Berikut adalah hasil analisisnya :

5.2.1 Supply – Volume Pasokan Air Bersih

Gambar 5.2.1-1 merupakan grafik perbandingan antara jumlah pasokan air bersih dari masing-masing skenario.



Gambar 5.2.1-1. Grafik Supply

Dan berikut adalah tabel perbandingan volume masing-masing dan total yang bisa terproduksi hingga tahun 2015.

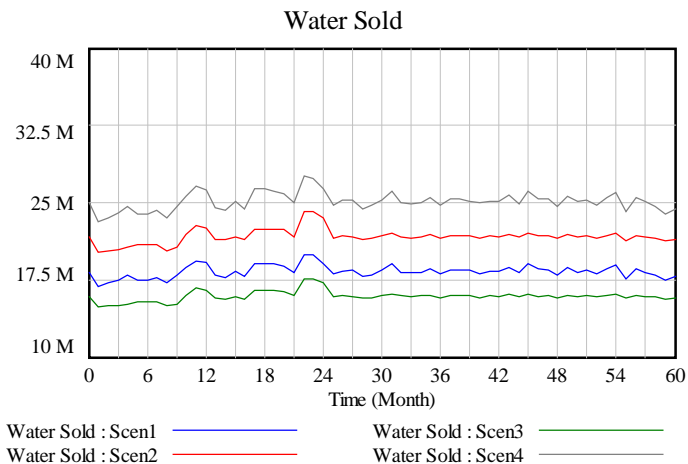
Tabel 5.2.1-1. Perbandingan Volume Hasil Simulasi Per-Tahun

Tahun	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
	Total Supply	Total Supply	Total Supply	Total Supply
2011	375.190.428	331.722.356	331.722.356	375.190.428
2012	390.978.548	349.070.254	349.070.254	390.978.548
2013	382.912.484	340.074.404	340.074.404	382.912.484

Tahun	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
	Total Supply	Total Supply	Total Supply	Total Supply
2014	385.394.624	340.576.106	340.576.106	385.394.624
2015	381.490.610	339.697.528	339.697.528	381.490.610
2011 s.d 2015	1.915.966.694	1.701.140.648	1.701.140.648	1.915.966.694

5.2.2 Water Sold – Volume Air Terjual

Pada bagian berikut dijelaskan mengenai perbandingan volume dari jumlah air terjual oleh PDAM ke pelanggan. Grafik berikut menggambarkan volume air terjual. Dari grafik ini diperoleh hasil bahwa skenario 4 memiliki pengaruh meningkatkan jumlah air terjual yang lebih banyak dari skenario lain.



Gambar 5.2.2-1. Grafik Water Sold

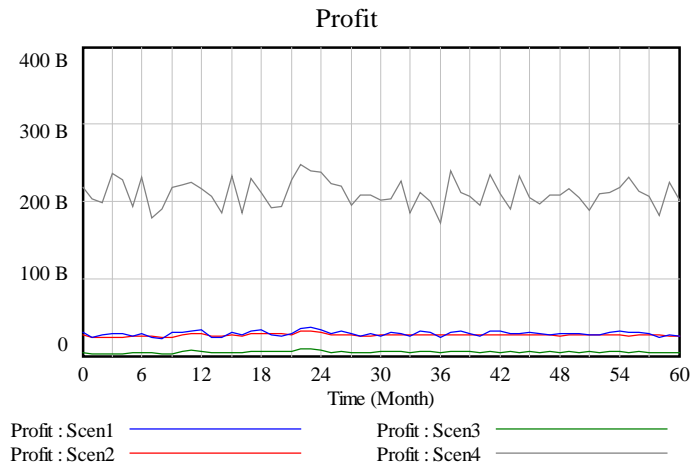
Dan berikut adalah adalah perbandingannya dari dalam bentuk tabel nilai dari hasil simulasi. 60 titik pada grafik menggambarkan jumlah air yang dapat diproduksi berdasarkan simulasi hingga tahun 2015 yang dituliskan pada Tabel 5.2.2-1.

Tabel 5.2.2 -1. Perbandingan Volume Water Sold Hasil Simulasi Per-Tahun

Tahun	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
	Total Water Sold	Total Water Sold	Total Water Sold	Total Water Sold
2011	214.425.550	252.257.098	185.301.942	293.920.224
2012	225.003.590	268.719.402	196.925.034	309.140.152
2013	219.599.328	260.153.838	190.897.818	300.881.752
2014	221.262.358	260.914.126	191.233.956	303.352.908
2015	218.646.672	259.690.548	190.645.308	299.715.708
2011 s.d 2015	1.098.937.498	1.301.735.012	955.004.058	1.507.010.744

5.2.3 Profit – Profit Per Bulan (Rupiah)

Berikut adalah penjelasan mengenai perbandingan hasil skenario 1 hingga skenario 4 yang telah di buat pada bab 5.1. Grafik berikut menunjukkan peningkatan keuntungan yang signifikan ketika dilakukan skenarioisasi yang ke 4.



Gambar 5.2.3-1. Grafik Profit

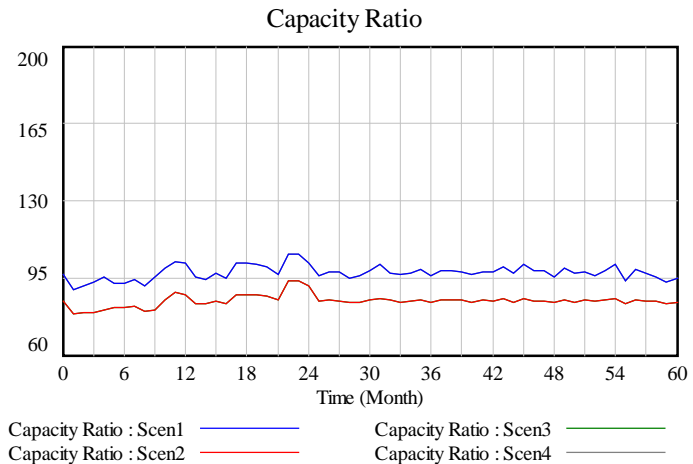
Dalam bentuk tabel digambarkan pada Tabel 5.2.3-1 yang ditampilkan secara mendetail tiap tahun mulai tahun 2011-2015.

Tabel 5.2.3 -1. Perbandingan Profit Hasil Simulasi Per-Tahun

Tahun	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
	Total Profit	Total Profit	Total Profit	Total Profit
2011	Rp336.879.288.320	Rp302.184.304.640	Rp45.904.953.344	Rp2.541.395.968.000
2012	Rp360.383.098.880	Rp339.224.489.984	Rp72.056.909.824	Rp2.587.920.105.472
2013	Rp341.727.801.344	Rp319.951.978.496	Rp58.495.676.416	Rp2.454.273.916.928
2014	Rp354.749.947.904	Rp321.662.615.552	Rp59.251.990.528	Rp2.533.681.152.000
2015	Rp339.214.114.816	Rp318.909.566.976	Rp57.927.528.448	Rp2.508.624.871.424
2011 s.d 2015	Rp1.732.954.251.264	Rp1.601.932.955.648	Rp293.637.058.560	Rp12.625.896.013.824

5.2.4 Capacity Ratio – Rasio Pemanfaatan Kapasitas Terpasang (%)

Capacity Ratio merupakan rasio yang menunjukkan pemanfaatan kapasitas terpasang untuk memaksimalkan kapasitas produksi air bersih. Skenarioisasi yang menyebabkan perubahan jumlah penggunaan kapasitas hanya terjadi pada skenario 2 dan 4 serta berubah pada nilai yang sama yaitu dengan menaikkan penggunaan kapasitas hingga 95%.



Gambar 5.2.4-1. Grafik Capacity Ratio

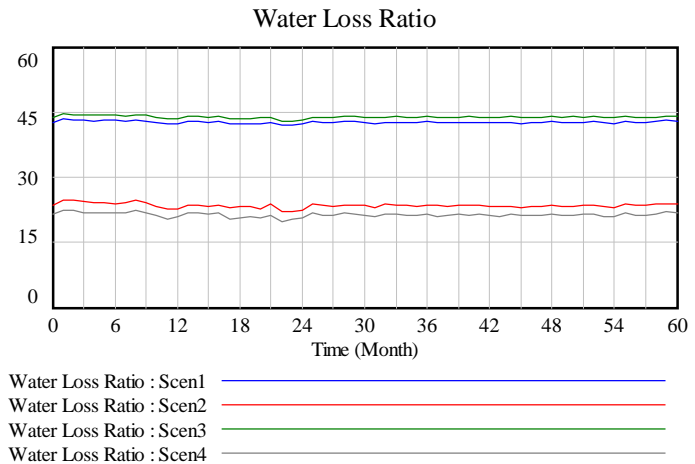
Berikut adalah hasil perbandingan keempat skenario dalam bentuk tabel yang dikelompokkan dalam bentuk tahun. Sehingga dapat menunjukkan nilai pemaksimalan kapasitas yang dapat dilakukan untuk dua tahun kedepan. Berikut ditampilkan 2011-2015. Secara terperinci ditunjukkan pada Tabel 5.2.4-1.

Tabel 5.2.4 -1. Perbandingan Nilai Capacity Rasio Hasil Simulasi Per-Tahun

Tahun	Skenario			
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
	Total Capacity Ratio	Total Capacity Ratio	Total Capacity Ratio	Total Capacity Ratio
2011	95,01	82,10	82,10	95,01
2012	95,47	82,48	82,48	95,47
2013	95,70	82,79	82,79	95,70
2014	96,07	83,18	83,18	96,07
2015	96,01	83,41	83,41	96,01
2011 s.d 2015	95,65	82,79	82,79	95,65

5.2.5 Water Loss Ratio – Rasio Tingkat Kehilangan Air (%)

Bagaian berikut menunjukkan tingkat kehilangan air yang dapat dihambat dengan adanya skenarioisasi. Berikut adalah grafik yang menunjukkan perubahan presentase volume air yang hilang yang telah di skenarioisasi untuk mengurangi jumlahnya. Pada grafik tersebut menunjukkan pada skenario 1 dan 2 jumlah air yang hilang sekitar 45% sedangkan pada skenario 3 dan 4 mengalami penurunan hingga 25% persen dari air terpasok yang hilang.



Gambar 5.2.5-1. Grafik Water Loss Rasio

Berikut adalah rangkuman nilai skenarioisasi dalam bentuk tabel yang menggambarkan perubahan nilainya dari 2011-2015 yang ditunjukkan pada Tabel 5.2.5-1.

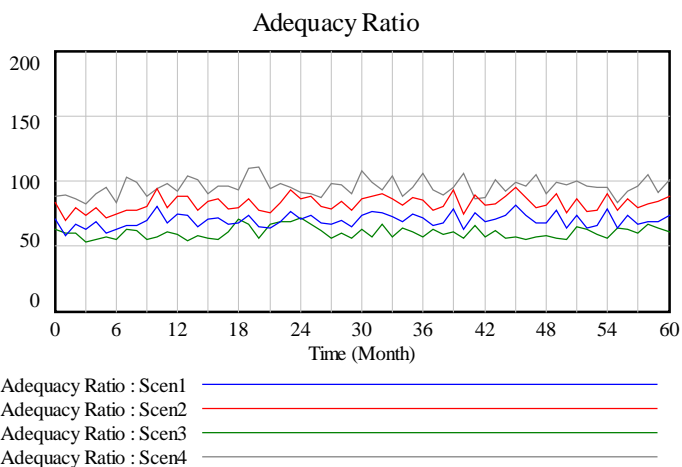
Tabel 5.2.5 -1. Perbandingan Water Loss Rasio Hasil Simulasi Per-Tahun

Tahun	Skenario			
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
	Total Water Loss Ratio	Total Water Loss Ratio	Total Water Loss Ratio	Total Water Loss Ratio
2011	42,86	23,98	44,15	21,68
2012	42,82	23,86	44,11	21,65

Tahun	Skenario			
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
	Total Water Loss Ratio	Total Water Loss Ratio	Total Water Loss Ratio	Total Water Loss Ratio
2013	42,80	23,78	44,07	21,59
2014	42,77	23,70	44,03	21,55
2015	42,77	23,65	44,00	21,57
2011 s.d 2015	42,80	23,79	44,07	21,61

5.2.6 Adequacy Rasio – Rasio Pemenuhan Kecukupan Kebutuhan (%)

Rasio pemenuhan kecukupan kebutuhan ini menggambarkan apakah jumlah air yang tersalurkan ke pelanggan telah memenuhi kecukupan kebutuhan rata-rata tiap orang per bulan menurut WHO. Dan grafik skenarioisasi untuk nilai *Adequacy Ratio* dapat dilihat pada gambar 5.2.6-1.



Gambar 5.2.6-1. Grafik Adequacy Rasio

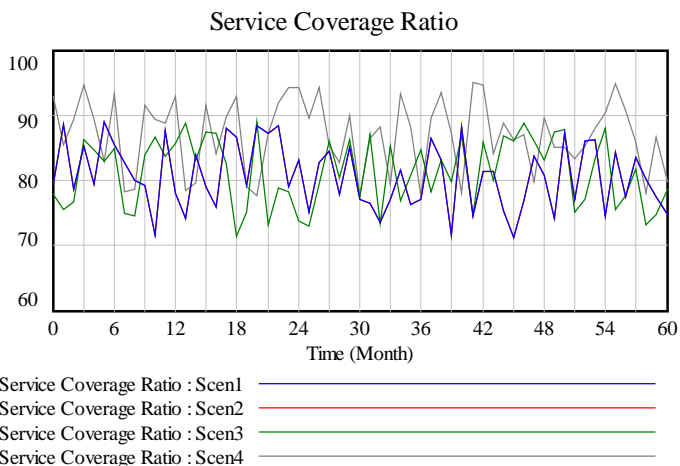
Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kecukupan yang paling terpenuhi pada skenario 4. Berikut adalah tabel yang menggambarkan rincian nilai kecukupan yang dapat dimaksimalkan hingga tahun 2015. Dengan skenarioisasi ini akan dapat memprediksikan pengimplementasiannya dapat meningkatkan rasio kecukupan kebutuhan air bersih hingga 95% pada tahun 2015. Hasil ini merupakan hasil yang paling optimal dari skenario-skenario yang lain.

Tabel 5.2.6 -1. Perbandingan Adequacy Rasio Hasil Simulasi Per-Tahun

Tahun	Skenario			
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
	Total Adequacy Ratio	Total Adequacy Ratio	Total Adequacy Ratio	Total Adequacy Ratio
2011	66,99	78,77	58,07	91,98
2012	68,29	80,34	57,57	93,18
2013	68,09	80,25	57,40	94,40
2014	68,77	81,15	57,60	94,98
2015	69,01	81,72	57,61	95,41
2011 s.d 2015	68,23	80,45	57,65	93,99

5.2.7 *Service Coverage Ratio – Rasio Perluasan Cakupan Layanan (%)*

Rasio perluasan cakupan layanan ini menunjukkan nilai wilayah yang bisa di jangkau dalam pendistribusian air bersih. Dari skenario yang di buat berikut adalah hasil yang menggambarkan perubahan cakupan layanan yang dimiliki PDAM Surabaya dalam mendistribusikan air bersih. Dari grafik berikut terlihat perubahan cakupan hingga lebih dari 90% wilayah Surabaya yang dapat dijangkau.



Gambar 5.2.7-1. Service Coverage Rasio

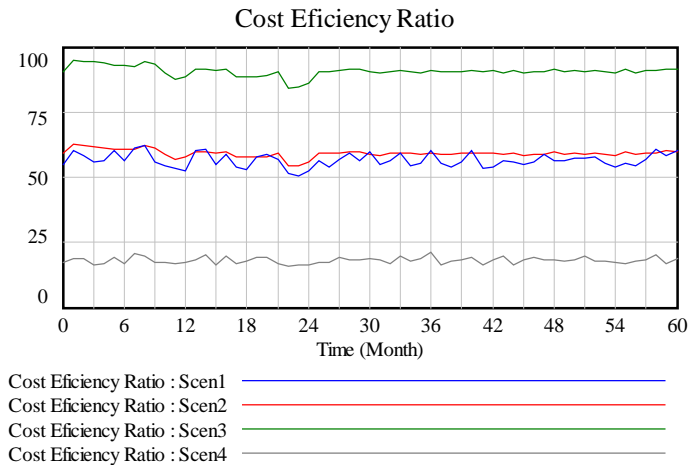
Dari grafik 5.2.7-1 dikelompokkan dalam waktu per tahun untuk melihat seberapa besar yang bisa di jangkau tiap tahunnya dalam proses pendistribusian air bersih hingga tahun 2015 pada Tabel 5.2.7-1.

Tabel 5.2.7 -1. Perbandingan Service Coverage Rasio Hasil Simulasi Per-Tahun

Tahun	Skenario			
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
	Total Service Coverage Ratio	Total Service Coverage Ratio	Total Service Coverage Ratio	Total Service Coverage Ratio
2011	82,14	82,14	81,67	87,88
2012	80,94	80,94	82,77	87,29
2013	81,39	81,39	83,31	86,49
2014	80,86	80,86	83,40	86,23
2015	80,56	80,56	83,61	85,79
2011 s.d 2015	81,18	81,18	82,95	86,73

5.2.8 *Cost Efficiency Ratio – Rasio Penggunaan Biaya Berdasarkan Pendapatan yang Diterima (%)*

Parameter *cost efficiency* menunjukkan seberapa besar biaya yang dikeluarkan dari jualan pendapatan yang diperoleh. Sehingga semakin kecil nilai rasio ini menunjukkan seberapa kecil pula jumlah biaya yang dikeluarkan dari pendapatan yang diperoleh perusahaan. Dan dari hasil skenarioisasi yang telah dilakukan untuk mengefisiensikan biaya yang digunakan, berikut adalah hasil dalam bentuk grafik yang menunjukkan bahwa skenario 4 memberikan efisiensi biaya yang signifikan hingga 20% biaya yang ditanggung dari keseluruhan pendapatan yang diperoleh.



Gambar 5.2.8-1. Cost Efficiency Ratio

Grafik *Cost Efficiency Ratio* di atas ditampilkan dalam bentuk tabel yang menunjukkan presentase biaya yang digunakan jika skenario yang dibuat, dapat diimplementasikan. Presentase yang ditampilkan dikelompokkan dalam kurun waktu tahun 2012-2015.

Tabel 5.2.8 -1. Perbandingan Cost Efficiency Rasio Hasil Simulasi Per-Tahun

Tahun	Skenario			
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
	Total Cost Efficiency Ratio	Total Cost Efficiency Ratio	Total Cost Efficiency Ratio	Total Cost Efficiency Ratio
2011	57,28	60,60	92,60	18,00

Tahun	Skenario			
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
	Total Cost Efficiency Ratio	Total Cost Efficiency Ratio	Total Cost Efficiency Ratio	Total Cost Efficiency Ratio
2012	57,28	60,36	92,31	17,97
2013	57,47	60,17	92,07	18,07
2014	57,39	59,94	91,77	18,08
2015	57,57	59,81	91,60	18,35
2011 s.d 2015	57,40	60,18	92,07	18,09

Halaman Ini Sengaja Di Kosongkan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam BAB VI dijelaskan mengenai kesimpulan dari keseluruhan proses pengerjaan tugas akhir untuk menjawab permasalahan yang dikemukakan pada rumusan masalah terkait Sistem Distribusi Air Bersih PDAM Surya Sembada Surabaya. Kesimpulan ini dihasilkan dari proses simulasi menggunakan metode sistem dinamik untuk mengoptimalkan efektivitas dan efisiensi sistem distribusi air bersih. Serta saran yang digunakan sebagai pertimbangan pihak manajemen perusahaan untuk mengambil keputusan.

6.1. Kesimpulan

Berberapa hal yang menjadi kesimpulan dalam pengerjaan tugas akhir berikut antara lain :

1. Dalam Permodelan dan Simulasi menggunakan metode Sistem Dinamik tahapan pengembangan model yang dilalui antara lain :
 - a. Pendefinisian sistem
 - b. Peridentifikasian Permasalahan
 - c. Pembuatan konseptual Model
 - d. Formulasi Model
 - e. Validasi dan Simulasi Model
 - f. Perancangan Skenario
 - g. Implementasi dan analisis hasil simulasi
2. Untuk dapat memberikan usulan perbaikan sistem, maka dilakukan skenarioisasi peningkatan parameter pengukuran efektivitas dan efisiensi yang terdiri dari *Adequacy Ratio*, *Capacity Ratio*, *Water Loss Ratio*, *Service Coverage Ratio*, dan *Cost Efficiency Ratio* sebagai bahan pertimbangan pihak manajemen untuk mengimplementasikan kebijakan yang dapat

meningkatkan kemampuan sistem manajemen distribusi air bersih.

- a. Skenario 1 penambahan jumlah pasokan air bersih di daerah umbulan untuk meningkatkan pemenuhan kebutuhan air bersih yang berakibat pada penambahan biaya pembangunan infrastruktur, sehingga untuk mempertahankan keuntungan yang diterima maka dilakukan perubahan harga jual per m³. Hasilnya, rata-rata akan mengalami peningkatan *Adequacy Ratio* dari 60,42% menjadi 69,01% dengan pemaksimalan *Capacity Ratio* dari 84,67% menjadi 96.01% di tahun 2015.
- b. Skenario 2 pengurangan tingkat kebocoran air dengan melakukan perbaikan pipa dan meteran air yang berakibat pada pengurangan jumlah air yang tak tercatat. Hasilnya, akan terjadi penurunan *Water Loss Ratio* dari 56,12% menjadi 42,77%.
- c. Skenario 3 perluasan cakupan layanan air bersih untuk seluruh wilayah Surabaya, yang berakibat pada penambahan biaya pembangunan infrastruktur dan pemberian diskon pemasangan baru sehingga meningkatkan cakupan layanannya dari 81,18% menjadi 83,61%.
- d. Skenario 4 merupakan skenario penggabungan antara skenario 1,2, dan 3. Skenario penggabungan ini dilakukan untuk memaksimalkan keseluruhan parameter efektivitas dan efisiensi serta untuk meninjau sejauh mana efisiensi biaya atas implementasi dari ketiga skenario tersebut. Dan hasilnya pada skenarioisasi ini nilai

Cost Efficiency Ratio di tahun 2015 dari 73,89% menjadi 18,55% dari pendapatan yang diperoleh. Untuk *Capacity Ratio* yang dapat digunakan secara maksimal dari 84,67% menjadi 96,01%. Untuk pemaksimalan *Service Coverage Ratio* dapat dilakukan dari 81,18% menjadi 85,79% wilayah Surabaya. Untuk *Adequacy Ratio* dapat dipenuhi hingga 95,41% dari sebelumnya hanya terpenuhi rata-rata 60,42%. Dan untuk *Water Loss Ratio* dari 56,12% bisa dikurangi hingga 21,57% air yang hilang.

3. Dari hasil skenarioisasi yang paling memberikan hasil teroptimal adalah pada skenario 4 karena dapat mengurangi secara maksimal nilai *Water Loss Rasio* dan *Cost Efficiency rasio* serta meningkatkan secara maksimal *Adequacy Rasio*, *Service Coverage Ratio*, dan *Capacity Ratio*.

6.2. Saran

Saran yang timbul dari pengerjaan Tugas Akhir berikut dan dapat digunakan untuk mengembangkan topik dan permasalahan dalam Tugas Akhir ini untuk Tugas Akhir berikutnya adalah :

1. Konsep dan model dari Sistem Manajemen Distribusi Air Bersih dapat diimplementasikan pada sistem distribusi di daerah selain PDAM Surya Sembada Surabaya dengan dilakukan penyesuaian terhadap studi kasus yang diinginkan. Karena secara umum konsep distribusi sama.
2. Pengembangan model bisa lebih ditingkatkan dengan dijabarkannya variabel KARSM yang dalam model ini belum dijabarkan secara

mendetail mengenai biaya-biaya dan keuntungan yang mungkin bisa diperoleh dari usaha lain PDAM ini.

3. Dibutuhkan pengetahuan yang lebih dalam pendekatan model sistem dinamik untuk lebih meyakinkan akurasi dari model yang digunakan. Selain faktor-faktor yang sudah digunakan, bisa ditambahkan faktor – faktor yang mungkin muncul di kemudian hari, seperti penjabaran pengelolaan kualitas air, rincian mendetail biaya yang harus di bayarkan per kelompok pelanggan, jumlah air yang digunakan untuk keperluan lain, dan sebagainya.

Saran bagi pihak perusahaan penulis merekomendasikan untuk menjadikan hasil dari penelitian ini sebagai bahan pertimbangan untuk pengambilan keputusan dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi manajemen distribusi air bersih dengan mengimplementasikan skenario ke 4 yang merupakan penggabungan dari 3 skenario lain. Apabila ingin mengutamakan efektivitas skenario 1 dan 3 lebih bisa diterapkan. Dan bila lebih mengutamakan efisiensi dapat digunakan skenario 2.

Demikian uraian dari kesimpulan dan saran yang dapat dihasilkan oleh penulis mengenai penelitian tugas akhir yang dihasilkan. Dari hasil berikut diharapkan adanya saran dan kritik untuk memperbaiki penelitian dengan konsep studi kasus yang sama atau dengan metode permodelan dan simulasi yang sama kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

(PERPAMSI) (2010) *Perusahaan Air Minum Seluruh Indonesia*.

Anitaningtyas, D. (2010) 'Optimasi Perencanaan Pelayanan Air Bersih Pada Perusahaan Daerah Air Minum Mojokerto Dengan Menggunakan Metode Goal Programming (GP)', *ITS Paper*, vol. 1.

Barlas, Y. (1996) 'Formal aspects of model validity and validation in system dynamics,', *System Dynamics Review 12*, vol. 3, no. 83-210.

Darmono, R. (2005) *Pemodelan System Dynamics pada Perencanaan Penataan Ruang Kota.* , Jakarta: Grasindo.

Erma Suryani, R.A.V. (2011) 'Simulasi Perubahan Peringkat Webometric Indonesia yang Dipengaruhi Kondisi Keuangan Institusi Pendidikan (Studi Kasus : ITS)', *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 4, no. 1, September, pp. 1 - 10.

Fishwick, P. (2007) *Handbook of Dynamic System Modeling*, New York: Chapman & Hall/CRC.

Humas, P.S.S.S. (2013) 'Manajemen Distribusi Air PDAM Surya Sembada Surabaya', September.

Kelton, L.&. (1991) 'Pengertian Simulasi', *Simulation Modeling and Analysis*, pp. 109-115.

Kominfojatim (2012) *Tujuh Bulan, 525 Kasus Pencurian Air Terjadi Di Surabaya*, 11 September, [Online], Available: **HYPERLINK**
 "http://kominfo.jatimprov.go.id/watch/32419"
<http://kominfo.jatimprov.go.id/watch/32419> [2014].

Mays, L.W. (2001) 'Water Resources Engineering First Edition'.

Minum, K.P.U.B.P.P.S.P.A. (2012) *PDAM Gratiskan Pasang Pipa Tersier*, [Online], Available: **HYPERLINK**
 "http://www.bppspam.com/index.php?option=com_content&view=article&id=406:"
[http://www.bppspam.com/index.php?option=com_content&view=article&id=406:](http://www.bppspam.com/index.php?option=com_content&view=article&id=406) [2014].

PDAM Surya Sembada Surabaya, S.P.d.P. (2014) 'Data PDAM Surya Sembada Surabaya', Maret.

Post, S. (2010) *Surabaya Post Online*, [Online], Available: **HYPERLINK**
 "http://www.surabayapost.co.id/?mnu=berita&act=view&id=eccd2d11ff06ee69b3c20de639c7f1cb&jenis=c81e728d9d4c2f636f067f89cc14862"
<http://www.surabayapost.co.id/?mnu=berita&act=view&id=eccd2d11ff06ee69b3c20de639c7f1cb&jenis=c81e728d9d4c2f636f067f89cc14862> [23 Oktober 2013].

Priyatna, D. (2009) *regional.kompas.com*, 14 July, [Online], Available: **HYPERLINK**
 "http://regional.kompas.com/read/2009/07/14/20413324/mediasiber.html"

<http://regional.kompas.com/read/2009/07/14/20413324/mediasiber.html> [Maret 2014].

Ridriago Maximo S., M.V. (2010) 'Water Resources Assesment at Piracicaba, Capivari, and Jundiai River Basins : A Dynamic System Approach.', *Water resource manage*, no. 761-733.

Surabaya, P.S.S. (2012) 'Company Hightlight', p. 2.

Surabaya, P.S. (2013) <http://www.pdam-sby.go.id/>, [Online], Available: HYPERLINK "<http://www.pdam-sby.go.id/>" <http://www.pdam-sby.go.id/> [18 November 2013].

SurabayaPagi.com (2012) *PDAM Kebut Target Pelanggan Baru*, Oktober, [Online], Available: HYPERLINK

"<http://surabayapagi.com/index.php?read=PDAM-Kebut-Target-Pelanggan-Baru-;3b1ca0a43b79bdfd9f9305b812982962da4cafd5f13caeb1ee1826bda1471200>"
<http://surabayapagi.com/index.php?read=PDAM-Kebut-Target-Pelanggan-Baru-;3b1ca0a43b79bdfd9f9305b812982962da4cafd5f13caeb1ee1826bda1471200> [2014].

Suryani, E. (2006) 'Konsep Dasar Sistem Simulasi', *Konsep Dasar Sistem Simulasi*, Surabaya.

Suryani, E. (2006) 'Model Simulasi Kontinyu', *Model Simulasi Kontinyu*, Surabaya, 1-20.

Suryani, E., Chou, S.-Y. and Chen, C.-H. (2010) 'Demand scenario analysis and planned capacity expansion: A system', *Simulation Modelling Practice and Theory*, pp. 732-751.

Susilo, B. (2009) *regional.kompas.com*, 14 July, [Online], Available: **HYPERLINK** "http://regional.kompas.com/read/2009/07/14/20413324/mediasiber.html"
<http://regional.kompas.com/read/2009/07/14/20413324/mediasiber.html> [Maret 2014].

Xia*, K.L.X. (2013) 'Using system dynamics for sustainable water resources management in Singapore.', *SciVerse Science Direct*, vol. 157-166.

Xu, Y.L. (2013) 'Eco-Efficiency Assessment of Water Systems in China. *Water Resour Manage*', no. 4927-4939.

Biodata Penulis



*Betapa Syukur itu sangat Indah
Betapa Senyum itu sangat Indah
dan Betapa bermanfaat itu amatlah Indah*

*Sejauh kaki melangkah,
Banyak hal baik yang ditemukan
Dan akan selalu menjadi yang terbaik
Tuhan, Keluarga, Saudara, Guru, Dosen,
dan Teman-Teman ku yang amatlah Indah*

Amalia, lahir di kota Bunga, Malang, 14 Oktober 1992, anak kedua dari dua bersaudara. Mengawali pendidikan di TK Muslimat NU 2 Malang, dilanjutkan di SDN Bunul Rejo 4 Malang. Berbangga menggunakan seragam biru di SMPN 5 Malang. Dan menjadi putih abu-abu di SMAN 1 Malang. Dengan berbekal ilmu dan doa mencapai strata satu pendidikan perkuliahan di Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya masuk tahun 2010 .

Pribadi yang memiliki sifat ketertarikan yang standar terhadap semua jenis hobi, seperti membaca, menyanyi, dan lainnya. Aktivitas di kampus tahun pertama diangkat sebagai anggota HMSI, di tahun kedua aktif sebagai Saff Kesejahteraan Mahasiswa HMSI-ITS. Di tahun ketiga diamanahi sebagai Ketua Departemen Kesejahteraan Mahasiswa. Mengikuti 4 tingkatan Pelatihan Manajerial Mahasiswa LKMM Pra-TD, LKMM TD, PP-LKMM TD, dan LKMM TM. Memiliki sifat ketertarikan terhadap bidang minat perkuliahan, dan memilih bidang minat di Sistem Pendukung Keputusan-Intelijensia Bisnis (SPK-IB).

Keyword Success :*Loyalty, Consistency, Smile, Confidence, Hardworker, Independet, More Action, Humble, and Pray.*

Contact active : amaliathck2@gmail.com , +6285655587080

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A DATA INPUTAN

Pada lampiran A akan ditampilkan data yang menjadi hasil penggalan data ke pihak PDAM Surabaya yang menjadi bahan inputan dan pembuktian dari permodelan dan simulasi yang di buat pada Tugas Akhir ini. Berikut adalah data – data terkait :

DATA VOLUME AIR DARI SUMBER

A-1. Air Dari Sumber (M³)

Uraian	Tahun 2011	Tahun 2012
Jan	27.108.783	28.646.444
Peb	26.943.556	28.629.321
Mar	27.319.208	28.254.232
Apr	27.151.040	28.028.649
Mei	28.051.449	28.881.989
Juni	27.762.490	29.498.720
Juli	28.510.683	29.201.119
Agust	28.357.890	28.520.727
Sept	27.260.286	28.351.034
Okt	30.287.245	30.249.507
Nop	30.073.154	29.901.520
Des	30.558.892	31.041.345
Total	339.384.675	349.204.608

DATA VOLUME AIR TERPRODUKSI (M³)**A-2. Air Terproduksi (m³)**

Uraian	Tahun 2011 - SUMBER	Tahun 2011 - NGAGEL	Tahun 2011 - KARANG PILANG	TOTAL
Jan	752.461	9.272.460	12.869.053	22.893.973
Peb	747.875	9.215.945	12.790.616	22.754.436
Mar	758.302	9.344.435	12.968.945	23.071.682
Apr	753.634	9.286.914	12.889.113	22.929.661
Mei	778.627	9.594.896	13.316.554	23.690.077
Juni	770.606	9.496.058	13.179.380	23.446.044
Juli	791.374	9.751.975	13.534.561	24.077.910
Agust	787.133	9.699.712	13.462.027	23.948.872
Sept	756.666	9.324.281	12.940.974	23.021.921
Okt	840.686	10.359.641	14.377.929	25.578.256
Nop	834.743	10.286.412	14.276.296	25.397.451
Des	848.226	10.452.557	14.506.885	25.807.668
Total	9.420.332	116.085.286	161.112.333	286.617.951

A-3. Kapasitas Terpasang (lt/dt)

INSTALASI	
IP NGAGEL I	1800
IP NGAGEL II	1000
IP NGAGEL III	1750
IP KARANGPILANG I	1450
IP KARANG PILANG II	2500
IP KARANG PILANG III	2000
SUMBER AIR	330
TOTAL	10.830

A-4. Kapasitas Terproduksi

URAIAN	Tahun 2011	Tahun 2012
SUMBER AIR	9.420.332	9.586.886
IP NGAGEL I	42.595.706	43.969.109
IP NGAGEL II	23.551.923	25.928.641
IP NGAGEL III	49.937.657	50.205.570
IP KARANGPILANG I	35.783.422	35.451.209
IP KARANGPILANG II	76.658.235	75.231.119
IP KARANGPILANG III	48.670.676	52.805.823
TOTAL	286.617.951	293.178.357

VOLUME AIR TERJUAL (m³)**A-5. Air Terjual**

Uraian	Tahun 2011	Tahun 2012
Jan	14.785.000	16.048.769
Peb	14.694.886	16.039.176
Mar	14.899.765	15.829.038
Apr	14.808.047	15.702.658
Mei	15.299.126	16.180.730

Uraian	Tahun 2011	Tahun 2012
Juni	15.141.529	16.526.245
Juli	15.549.590	16.359.518
Agust	15.466.257	15.978.338
Sept	14.867.629	15.883.270
Okt	16.518.518	16.946.863
Nop	16.401.754	16.751.908
Des	16.666.673	17.390.479
Total	185.098.774	195.636.992

LABA PERUSAHAAN (Rupiah)

Untuk laba yang diperoleh dalam kurun waktu 2011 dan 2012 tidak dapat ditampilkan dalam lampiran ini karena data tersebut bersifat rahasia dan tidak boleh dipublikasikan.

LAMPIRAN B DATA VALIDASI

Pada lampiran B dijabarkan secara mendetail mengenai data-data yang digunakan dalam perhitungan proses validasi model. Data ini dihitung nilai mean dan standar deviasi dari masing-masing jenis data (data aktual dan data simulasi). Kemudian dicari nilai *Mean Comparison* dan *Error Variance* sebagai indikator validasi.

Validasi Volume Supply

B-1. Validasi Supply

No.	Simulasi	Data Aktual
1	26.766.280	27.108.783
2	26.926.866	26.943.556
3	26.933.990	27.319.208
4	27.222.528	27.151.040
5	27.476.172	28.051.449
6	27.462.204	27.762.490
7	27.601.912	28.510.683
8	26.937.136	28.357.890
9	27.250.078	27.260.286
10	28.522.254	30.287.245
11	29.495.984	30.073.154
12	29.126.952	30.558.892
13	28.022.598	28.646.444
14	27.986.106	28.629.321
15	28.247.476	28.254.232
16	27.983.338	28.028.649

No.	Simulasi	Data Aktual
17	29.102.564	28.881.989
18	29.155.538	29.498.720
19	29.107.088	29.201.119
20	28.971.396	28.520.727
21	28.393.450	28.351.034
22	30.930.124	30.249.507
23	30.895.444	29.901.520
24	30.275.132	31.041.345
Mean	28.366.359	28.691.220
Std. Deviasi	1224226,709	1186272,517
Mean Comparison	1,1323%	
Error Variance	3,1994%	

Validasi Production Capacity

B-2. Validasi Production Capacity

No.	Simulasi	Data Actual
1	22.170.256	22.893.973
2	22.330.842	22.754.436
3	22.337.966	23.071.682
4	22.626.504	22.929.661
5	22.880.148	23.690.077
6	22.866.180	23.446.044
7	23.005.888	24.077.910
8	22.341.112	23.948.872
9	22.654.054	23.021.921

No.	Simulasi	Data Actual
10	23.926.230	25.578.256
11	24.899.960	25.397.451
12	24.530.928	25.807.668
13	23.426.574	24.050.419
14	23.390.082	24.036.044
15	23.651.452	23.721.134
16	23.387.314	23.531.743
17	24.506.540	24.248.174
18	24.559.514	24.765.957
19	24.511.064	24.516.103
20	24.375.372	23.944.873
21	23.797.426	23.802.405
22	26.334.100	25.396.288
23	26.299.420	25.104.132
24	25.679.108	26.061.084
Mean	23770334,75	24.158.180
Std. Deviasi	1224226,709	976588,7059
Mean Comparison	1,6054%	
Error Variance	25,3575%	

Validasi Water Sold

B-3. Validasi Water Sold

No.	Simulasi	Data Actual
1	14.854.071	14.785.000
2	14.961.664	14.694.886
3	14.966.437	14.899.765
4	15.159.758	14.808.047
5	15.329.699	15.299.126
6	15.320.340	15.141.529
7	15.413.944	15.549.590
8	14.968.544	15.466.257
9	15.178.216	14.867.629
10	16.030.574	16.518.518
11	16.682.973	16.401.754
12	16.435.722	16.666.673
13	15.695.804	16.048.769
14	15.671.354	16.039.176
15	15.846.472	15.829.038
16	15.669.500	15.702.658
17	16.419.382	16.180.730
18	16.454.874	16.526.245
19	16.422.412	16.359.518
20	16.331.499	15.978.338
21	15.944.275	15.883.270
22	17.643.848	16.946.863
23	17.620.612	16.751.908
24	17.205.002	17.390.479
Mean	15.926.124	15.863.990
Std. Deviasi	820.232	757846,6804

Mean Comparison	0,39%
Error Variance	8,23%

Validasi Keran Air Siap Minum

B-4. Validasi KASM

No.	Simulasi	Data Actual
1	5,57	5,00
2	13,44	12,00
3	61,00	63,00
4	4,08	4,00
5	5,84	4,00
6	5,20	6,00
7	4,73	3,00
8	4,11	5,00
9	1,97	2,00
10	2,83	4,00
11	17,27	18,00
12	4,16	3,00
13	9.754,04	10.473,00
14	11.014,33	10.574,00
15	10.477,04	10.671,00
16	9.951,04	10.622,00
17	12.105,53	11.662,00
18	11.936,63	12.371,00
19	10.889,32	11.687,00
20	12.096,38	10.611,00

No.	Simulasi	Data Actual
21	9.269,91	7.676,00
22	16.481,40	15.296,00
23	15.085,20	14.717,00
24	15.301,98	14.037,00
Mean	6020,5409	5.855
Std. Deviasi	6353,8235	6150,7132
Mean Comparison	2,8230%	
Error Variance	3,3022%	

LAMPIRAN C

DATA SKENARIOISASI

Pada lampiran C menampilkan data-data terkait hasil dari skenarioisasi. Nilai yang ditampilkan merupakan nilai – nilai yang berubah akibat dilakukannya skenarioisasi dan dampak perkembangannya hingga tahun 2015. Berikut nilai dari variabel yang berubah dalam tiap skenario :

Volume Supply (Hasil 4 Skenarioisasi)

C-1. Supply 2011-2015, 4 Skenario

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	29.803.922	26.766.280	26.766.280	29.803.922
2	30.284.318	26.926.866	26.926.866	30.284.318
3	30.678.066	26.933.990	26.933.990	30.678.066
4	31.387.544	27.222.528	27.222.528	31.387.544
5	30.616.272	27.476.172	27.476.172	30.616.272
6	30.597.992	27.462.204	27.462.204	30.597.992
7	31.029.188	27.601.912	27.601.912	31.029.188
8	30.224.592	26.937.136	26.937.136	30.224.592
9	31.430.926	27.250.078	27.250.078	31.430.926
10	32.593.480	28.522.254	28.522.254	32.593.480
11	33.388.032	29.495.984	29.495.984	33.388.032
12	33.156.096	29.126.952	29.126.952	33.156.096
13	31.365.844	28.022.598	28.022.598	31.365.844
14	31.051.584	27.986.106	27.986.106	31.051.584
15	31.915.956	28.247.476	28.247.476	31.915.956
16	31.199.074	27.983.338	27.983.338	31.199.074
17	33.131.896	29.102.564	29.102.564	33.131.896
18	33.131.332	29.155.538	29.155.538	33.131.332
19	32.987.600	29.107.088	29.107.088	32.987.600

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
20	32.659.850	28.971.396	28.971.396	32.659.850
21	31.750.848	28.393.450	28.393.450	31.750.848
22	34.366.044	30.930.124	30.930.124	34.366.044
23	34.268.940	30.895.444	30.895.444	34.268.940
24	33.149.580	30.275.132	30.275.132	33.149.580
25	31.557.980	28.323.764	28.323.764	31.557.980
26	32.042.768	28.409.904	28.409.904	32.042.768
27	32.059.836	28.318.950	28.318.950	32.059.836
28	31.184.336	28.076.892	28.076.892	31.184.336
29	31.486.296	28.103.818	28.103.818	31.486.296
30	32.145.702	28.478.248	28.478.248	32.145.702
31	33.019.068	28.662.794	28.662.794	33.019.068
32	31.831.680	28.420.168	28.420.168	31.831.680
33	31.722.208	28.206.582	28.206.582	31.722.208
34	31.857.128	28.379.344	28.379.344	31.857.128
35	32.399.894	28.524.152	28.524.152	32.399.894
36	31.605.588	28.169.788	28.169.788	31.605.588
37	32.165.316	28.473.176	28.473.176	32.165.316
38	32.168.988	28.402.850	28.402.850	32.168.988
39	32.088.980	28.423.354	28.423.354	32.088.980
40	31.680.798	28.166.950	28.166.950	31.680.798
41	32.022.524	28.471.278	28.471.278	32.022.524
42	31.985.974	28.295.608	28.295.608	31.985.974
43	32.596.564	28.609.650	28.609.650	32.596.564
44	31.798.216	28.210.418	28.210.418	31.798.216
45	33.021.692	28.678.158	28.678.158	33.021.692
46	32.255.644	28.351.628	28.351.628	32.255.644
47	32.195.200	28.370.400	28.370.400	32.195.200
48	31.414.728	28.122.636	28.122.636	31.414.728
49	32.523.346	28.473.982	28.473.982	32.523.346
50	31.837.794	28.212.418	28.212.418	31.837.794
51	32.061.744	28.479.324	28.479.324	32.061.744

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
52	31.497.834	28.242.448	28.242.448	31.497.834
53	32.250.168	28.431.212	28.431.212	32.250.168
54	32.964.884	28.628.822	28.628.822	32.964.884
55	30.846.688	28.022.182	28.022.182	30.846.688
56	32.302.690	28.532.218	28.532.218	32.302.690
57	31.840.460	28.300.750	28.300.750	31.840.460
58	31.405.194	28.265.378	28.265.378	31.405.194
59	30.713.916	27.984.674	27.984.674	30.713.916
60	31.245.892	28.124.120	28.124.120	31.245.892

Volume Water Sold (Hasil 4 Skenarioisasi)

C-2. Volume Water Sold 2011-2015, 4 Skenario

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	16.889.292	20.123.432	14.854.071	23.156.220
2	17.211.156	20.289.354	14.961.664	23.519.660
3	17.474.968	20.382.798	14.966.437	23.964.280
4	17.950.318	20.645.356	15.159.758	24.584.446
5	17.433.566	20.872.850	15.329.699	23.940.834
6	17.421.318	20.878.232	15.320.340	23.889.810
7	17.710.220	20.916.652	15.413.944	24.275.226
8	17.171.140	20.276.990	14.968.544	23.476.572
9	17.979.384	20.664.932	15.178.216	24.622.128
10	18.758.296	21.910.028	16.030.574	25.642.812
11	19.290.644	22.816.466	16.682.973	26.587.434
12	19.135.248	22.480.008	16.435.722	26.260.802
13	17.935.780	21.447.940	15.695.804	24.503.720
14	17.725.224	21.364.470	15.671.354	24.309.354
15	18.304.354	21.652.148	15.846.472	25.084.242
16	17.824.044	21.396.912	15.669.500	24.363.428
17	19.119.034	22.428.074	16.419.382	26.345.856

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
18	19.118.656	22.361.336	16.454.874	26.330.900
19	19.022.356	22.356.948	16.422.412	26.112.136
20	18.802.764	22.360.928	16.331.499	25.896.874
21	18.193.732	21.653.554	15.944.275	25.012.816
22	19.945.912	24.140.302	17.643.848	27.533.744
23	19.880.852	24.100.408	17.620.612	27.336.684
24	19.130.882	23.456.382	17.205.002	26.310.398
25	18.064.510	21.585.388	15.897.586	24.696.992
26	18.389.318	21.734.920	15.955.300	25.245.886
27	18.400.754	21.710.012	15.894.360	25.281.246
28	17.814.168	21.424.900	15.732.182	24.371.120
29	18.016.482	21.504.498	15.750.222	24.737.322
30	18.458.284	21.779.700	16.001.090	25.282.318
31	19.043.440	22.048.124	16.124.736	26.110.928
32	18.247.888	21.681.608	15.962.176	24.940.766
33	18.174.544	21.594.050	15.819.074	24.877.352
34	18.264.940	21.679.068	15.934.824	25.056.548
35	18.628.592	21.856.892	16.031.846	25.516.204
36	18.096.408	21.554.678	15.794.422	24.765.070
37	18.471.424	21.783.448	15.997.692	25.401.386
38	18.473.886	21.763.610	15.950.573	25.370.910
39	18.420.280	21.750.332	15.964.311	25.161.972
40	18.146.798	21.570.656	15.792.520	24.954.824
41	18.375.756	21.745.202	15.996.420	25.134.514
42	18.351.266	21.685.084	15.878.721	25.177.258
43	18.760.360	21.930.572	16.089.129	25.762.708
44	18.225.468	21.612.532	15.821.644	24.930.494
45	19.045.196	22.054.096	16.135.030	26.047.602
46	18.531.944	21.765.298	15.916.254	25.384.438
47	18.491.448	21.758.752	15.928.832	25.402.712
48	17.968.532	21.494.544	15.762.830	24.624.090
49	18.711.304	21.869.404	15.998.232	25.608.886

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
50	18.251.986	21.622.012	15.822.984	25.095.024
51	18.402.032	21.757.674	16.001.810	25.201.928
52	18.024.212	21.550.284	15.843.104	24.757.156
53	18.528.276	21.791.992	15.969.576	25.481.006
54	19.007.136	22.023.792	16.101.974	26.034.382
55	17.587.944	21.323.966	15.695.526	24.117.142
56	18.563.466	21.834.480	16.037.250	25.436.088
57	18.253.772	21.652.740	15.882.166	25.060.928
58	17.962.144	21.530.730	15.858.467	24.609.256
59	17.498.988	21.279.572	15.670.395	23.918.188
60	17.855.412	21.453.902	15.763.824	24.395.724

Water Loss Rasio (Hasil 4 Skenarioisasi)

C-3. Water Loss Ratio 2011-2015, 4 Skenario

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	43,33	24,82	44,50	22,30
2	43,17	24,65	44,44	22,34
3	43,04	24,32	44,43	21,88
4	42,81	24,16	44,31	21,67
5	43,06	24,03	44,21	21,80
6	43,06	23,97	44,21	21,92
7	42,92	24,22	44,16	21,77
8	43,19	24,72	44,43	22,33
9	42,80	24,17	44,30	21,66
10	42,45	23,18	43,80	21,33
11	42,22	22,65	43,44	20,37
12	42,29	22,82	43,57	20,80
13	42,82	23,46	43,99	21,88
14	42,92	23,66	44,00	21,71
15	42,65	23,35	43,90	21,41

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
16	42,87	23,54	44,00	21,91
17	42,29	22,93	43,58	20,48
18	42,29	23,30	43,56	20,53
19	42,33	23,19	43,58	20,84
20	42,43	22,82	43,63	20,71
21	42,70	23,74	43,85	21,22
22	41,96	21,95	42,96	19,88
23	41,99	21,99	42,97	20,23
24	42,29	22,52	43,17	20,63
25	42,76	23,79	43,87	21,74
26	42,61	23,50	43,84	21,21
27	42,60	23,34	43,87	21,14
28	42,87	23,69	43,97	21,85
29	42,78	23,48	43,96	21,43
30	42,58	23,52	43,81	21,35
31	42,33	23,08	43,74	20,92
32	42,67	23,71	43,84	21,65
33	42,71	23,44	43,92	21,58
34	42,67	23,61	43,85	21,35
35	42,50	23,37	43,80	21,25
36	42,74	23,48	43,93	21,64
37	42,57	23,49	43,81	21,03
38	42,57	23,38	43,84	21,13
39	42,60	23,48	43,83	21,59
40	42,72	23,42	43,93	21,23
41	42,62	23,62	43,82	21,51
42	42,63	23,36	43,88	21,29
43	42,45	23,35	43,76	20,96
44	42,68	23,39	43,92	21,60
45	42,33	23,10	43,74	21,12
46	42,55	23,23	43,86	21,30
47	42,56	23,30	43,85	21,10

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
48	42,80	23,57	43,95	21,62
49	42,47	23,20	43,81	21,26
50	42,67	23,36	43,91	21,18
51	42,60	23,60	43,81	21,40
52	42,78	23,70	43,90	21,40
53	42,55	23,35	43,83	20,99
54	42,34	23,07	43,76	21,02
55	42,98	23,90	43,99	21,82
56	42,53	23,47	43,79	21,26
57	42,67	23,49	43,88	21,29
58	42,81	23,83	43,89	21,64
59	43,03	23,96	44,00	22,13
60	42,86	23,72	43,95	21,92

Adequacy Ratio (Hasil 4 Skenarioisasi)

C-4. Adequacy Ratio 2011-2015, 4 Skenario

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	58,47	69,67	60,34	89,22
2	67,08	79,07	59,78	86,55
3	62,81	73,26	53,18	82,90
4	69,20	79,59	54,92	90,39
5	59,99	71,83	56,71	95,40
6	62,45	74,84	55,27	83,81
7	65,63	77,51	63,03	102,90
8	65,81	77,71	61,59	99,05
9	69,62	80,02	55,49	88,16
10	80,30	93,79	56,67	94,32
11	67,45	79,78	61,06	98,45
12	75,06	88,18	58,86	92,59
13	74,05	88,55	54,23	103,61

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
14	64,71	77,99	57,74	101,16
15	71,03	84,03	55,60	89,92
16	72,01	86,45	55,12	95,60
17	66,54	78,05	60,96	96,36
18	67,62	79,09	70,59	92,96
19	73,61	86,51	66,96	109,49
20	65,13	77,46	56,27	110,83
21	63,89	76,04	66,79	94,35
22	69,15	83,69	68,53	98,15
23	77,04	93,40	68,98	94,94
24	70,59	86,55	71,51	91,37
25	73,76	88,14	66,73	90,62
26	68,17	80,57	61,53	87,62
27	66,74	78,75	56,56	97,83
28	70,19	84,42	60,00	97,28
29	64,90	77,47	55,99	90,37
30	73,40	86,60	63,34	108,10
31	76,25	88,28	56,76	99,43
32	76,00	90,30	66,65	92,90
33	72,28	85,87	56,90	103,73
34	68,61	81,43	63,56	88,08
35	74,83	87,79	60,84	95,16
36	72,03	85,79	57,12	105,93
37	65,55	77,30	62,64	93,06
38	68,16	80,30	58,78	88,96
39	78,81	93,06	61,36	94,93
40	63,04	74,93	55,73	106,23
41	75,56	89,41	65,57	86,58
42	69,14	81,70	56,69	87,08
43	70,62	82,56	61,69	101,05
44	74,09	87,86	55,81	92,22
45	81,85	94,78	57,45	99,48

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
46	73,93	86,83	54,88	96,13
47	67,71	79,67	56,73	105,36
48	68,19	81,57	58,13	90,31
49	77,27	90,31	56,14	99,31
50	64,19	76,04	55,27	97,17
51	73,18	86,53	65,20	99,87
52	64,27	76,84	63,03	95,81
53	65,88	77,49	58,76	95,30
54	78,17	90,58	56,08	94,66
55	63,89	77,46	63,71	83,22
56	73,51	86,47	63,23	92,09
57	66,98	79,45	59,52	96,26
58	68,62	82,25	66,48	104,56
59	69,20	84,15	64,31	90,98
60	73,17	87,92	61,38	101,27

Service Coverage Ratio (Hasil 4 Skenarioisasi)

C-5. Service Coverage 2011-2015, 4 Skenario

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	88,52	88,52	75,44	85,54
2	78,63	78,63	76,70	89,28
3	85,26	85,26	86,24	94,59
4	79,49	79,49	84,60	89,35
5	89,05	89,05	82,85	82,91
6	85,50	85,50	84,95	93,36
7	82,70	82,70	74,94	78,30
8	79,97	79,97	74,48	78,63
9	79,14	79,14	83,82	91,59
10	71,59	71,59	86,68	89,32
11	87,65	87,65	83,74	88,76

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
12	78,12	78,12	85,58	92,92
13	74,23	74,23	88,69	78,47
14	83,95	83,95	83,18	79,64
15	78,97	78,97	87,34	91,49
16	75,85	75,85	87,13	84,10
17	88,06	88,06	82,54	89,79
18	86,64	86,64	71,43	92,81
19	79,20	79,20	75,17	79,08
20	88,47	88,47	88,95	77,61
21	87,27	87,27	73,16	87,24
22	88,40	88,40	78,90	91,97
23	79,08	79,08	78,28	94,24
24	83,05	83,05	73,73	94,25
25	75,05	75,05	73,01	89,52
26	82,67	82,67	79,47	94,30
27	84,49	84,49	86,12	85,20
28	77,78	77,78	80,36	82,78
29	85,07	85,07	86,21	89,89
30	77,07	77,07	77,42	77,67
31	76,54	76,54	87,05	86,47
32	73,58	73,58	73,39	88,28
33	77,06	77,06	85,20	79,50
34	81,58	81,58	76,83	93,18
35	76,30	76,30	80,76	88,18
36	76,99	76,99	84,74	77,65
37	86,36	86,36	78,27	89,65
38	83,06	83,06	83,17	93,40
39	71,63	71,63	79,73	87,23
40	88,22	88,22	86,85	77,99
41	74,53	74,53	74,76	94,97
42	81,34	81,34	85,83	94,61
43	81,41	81,41	79,92	84,13

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
44	75,39	75,39	86,87	88,84
45	71,31	71,31	86,07	86,24
46	76,82	76,82	88,87	86,93
47	83,69	83,69	86,05	79,89
48	80,76	80,76	83,10	89,56
49	74,21	74,21	87,33	85,03
50	87,15	87,15	87,74	85,15
51	77,06	77,06	75,21	83,33
52	85,95	85,95	77,03	85,19
53	86,18	86,18	83,29	87,94
54	74,52	74,52	87,99	90,29
55	84,36	84,36	75,50	94,81
56	77,39	77,39	77,73	90,64
57	83,51	83,51	81,77	85,79
58	80,22	80,22	73,11	78,13
59	77,50	77,50	74,68	86,57
60	74,78	74,78	78,70	79,83

Capacity Ratio (Hasil 4 Skenarioisasi)

C-6. Capacity 2011-2015, 4 Skenario

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	89,80	78,98	78,98	89,80
2	91,51	79,55	79,55	91,51
3	92,91	79,58	79,58	92,91
4	95,44	80,60	80,60	95,44
5	92,69	81,51	81,51	92,69
6	92,63	81,46	81,46	92,63
7	94,16	81,96	81,96	94,16
8	91,30	79,59	79,59	91,30
9	95,60	80,70	80,70	95,60

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
10	99,74	85,23	85,23	99,74
11	102,57	88,70	88,70	102,57
12	101,74	87,39	87,39	101,74
13	95,36	83,45	83,45	95,36
14	94,24	83,32	83,32	94,24
15	97,32	84,25	84,25	97,32
16	94,77	83,31	83,31	94,77
17	101,65	87,30	87,30	101,65
18	101,65	87,49	87,49	101,65
19	101,14	87,32	87,32	101,14
20	99,97	86,83	86,83	99,97
21	96,73	84,77	84,77	96,73
22	106,05	93,81	93,81	106,05
23	105,71	93,69	93,69	105,71
24	101,72	91,48	91,48	101,72
25	96,05	84,53	84,53	96,05
26	97,77	84,83	84,83	97,77
27	97,84	84,51	84,51	97,84
28	94,72	83,65	83,65	94,72
29	95,79	83,74	83,74	95,79
30	98,14	85,08	85,08	98,14
31	101,25	85,73	85,73	101,25
32	97,02	84,87	84,87	97,02
33	96,63	84,11	84,11	96,63
34	97,11	84,72	84,72	97,11
35	99,05	85,24	85,24	99,05
36	96,22	83,98	83,98	96,22
37	98,21	85,06	85,06	98,21
38	98,22	84,81	84,81	98,22
39	97,94	84,88	84,88	97,94
40	96,49	83,97	83,97	96,49
41	97,70	85,05	85,05	97,70

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
42	97,57	84,43	84,43	97,57
43	99,75	85,54	85,54	99,75
44	96,90	84,12	84,12	96,90
45	101,26	85,79	85,79	101,26
46	98,53	84,63	84,63	98,53
47	98,32	84,69	84,69	98,32
48	95,54	83,81	83,81	95,54
49	99,49	85,06	85,06	99,49
50	97,04	84,13	84,13	97,04
51	97,84	85,08	85,08	97,84
52	95,83	84,24	84,24	95,83
53	98,51	84,91	84,91	98,51
54	101,06	85,61	85,61	101,06
55	93,51	83,45	83,45	93,51
56	98,70	85,27	85,27	98,70
57	97,05	84,44	84,44	97,05
58	95,50	84,32	84,32	95,50
59	93,04	83,32	83,32	93,04
60	94,94	83,82	83,82	94,94

Cost Efficiency Ratio (Hasil 4 Skenarioisasi)

C-7. Capacity 2011-2015, 4 Skenario

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	60,44	62,53	94,99	18,57
2	58,27	62,15	94,53	18,91
3	55,83	61,94	94,51	16,33
4	56,45	61,36	93,70	16,81
5	60,03	60,87	93,00	19,24
6	56,36	60,86	93,04	16,65

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
7	61,11	60,77	92,65	20,48
8	62,36	62,18	94,50	19,59
9	55,62	61,32	93,62	17,47
10	54,61	58,71	90,21	17,30
11	53,65	56,95	87,76	17,06
12	52,62	57,59	88,67	17,54
13	60,48	59,65	91,52	18,28
14	60,54	59,83	91,62	20,03
15	54,90	59,23	90,93	16,54
16	58,61	59,76	91,62	19,97
17	53,67	57,69	88,73	16,76
18	52,69	57,82	88,60	17,95
19	57,67	57,83	88,72	19,44
20	58,74	57,82	89,06	19,31
21	56,60	59,23	90,54	16,80
22	51,26	54,55	84,39	15,75
23	50,68	54,62	84,47	16,19
24	52,21	55,76	85,90	16,24
25	56,12	59,37	90,73	17,19
26	53,80	59,07	90,50	17,42
27	56,85	59,12	90,74	19,11
28	59,13	59,70	91,38	18,14
29	56,11	59,54	91,30	18,20
30	59,53	58,97	90,32	18,60
31	54,95	58,44	89,85	18,48
32	56,12	59,17	90,47	16,98
33	59,49	59,35	91,03	20,00
34	54,44	59,18	90,58	17,90
35	55,29	58,82	90,20	18,74
36	60,41	59,43	91,13	21,20
37	55,14	58,97	90,34	16,19
38	53,90	59,01	90,52	17,96

No.	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
39	56,09	59,03	90,47	18,29
40	60,15	59,40	91,14	19,21
41	53,62	59,04	90,34	16,47
42	53,79	59,17	90,80	18,09
43	56,40	58,67	89,98	19,54
44	55,98	59,31	91,02	16,57
45	55,03	58,42	89,81	18,40
46	55,94	59,00	90,65	19,06
47	58,59	59,02	90,60	18,21
48	56,33	59,56	91,25	18,20
49	56,20	58,79	90,33	17,59
50	57,21	59,30	91,02	18,35
51	57,52	59,02	90,32	19,71
52	57,73	59,44	90,94	18,00
53	55,60	58,95	90,45	17,97
54	53,75	58,48	89,94	17,44
55	55,48	59,91	91,52	16,69
56	54,60	58,86	90,18	17,87
57	56,98	59,23	90,79	18,22
58	60,55	59,48	90,88	20,32
59	58,52	60,00	91,62	17,03
60	60,15	59,64	91,25	18,64

Halaman Ini Sengaja Di Kosongkan

LAMPIRAN D

HASIL WAWANCARA

Lampiran berikut berisi mengenai informasi yang diperoleh dari hasil wawancara dengan pihak perusahaan, dalam hal ini PDAM Surya Sembada Surabaya.

1. Dari keseluruhan air dari sumber yang diambil oleh pihak PDAM, 90% berasal dari sumber kali Surabaya dan 10 % berasal dari Sumber Umbulan, Pasuruan.
2. Dari 60% tingkat kehilangan air, sekitar 30% disebabkan oleh Meteran Mati dan sekitar 23% disebabkan oleh kebocoran pipa.
3. Jika ingin ditambahkan jumlah pasokan air dari sumber Umbulan, Pasuruan, maka harus dilakukan penambahan infrastruktur dan kenaikan harga jual antara 2500 – 3000 per m³
4. Cakupan layanan saat ini dalah sekitar 88%
5. Kaspasitas maksimal resevoir yang dimiliki saat ini mencapai 23592 m³
6. Jumlah DMA (District Meter Area) saat ini adalah 42 buah.
7. Jumlah pelanggan 485.169 SR dengan jumlah penduduk Surabaya 2.719.237 Jiwa.
8. Rician pelanggan :
 - a. 445.714 SR untuk pelanggan perumahan
 - b. 5.283 SR untuk pelanggan sosial
 - c. 1.203 SR untuk pelanggan pemerintahan
 - d. 32.561 SR untuk pelanggan niaga