

SKRIPSI
ANALISIS KUALITAS DAN KUANTITAS AIR
PDAM TIRTA KENCANA KABUPATEN
JOMBANG BERDASARKAN JARAK
DISTRIBUSI DENGAN MENGGUNAKAN
SISTEM DINAMIS VENSIM PLE



Oleh
SELVY DWI KURNIA SARI

NPM. 17034010054

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM
SURABAYA
TAHUN 2022

**ANALISIS KUALITAS DAN KUANTITAS AIR PDAM TIRTA
KENCANA KABUPATEN JOMBANG BERDASARKAN JARAK
DISTRIBUSI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM DINAMIS**

VENSIM PLE

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST.)
Program Studi Teknik Lingkungan.**

Diajukan Oleh :

SELVY DWI KURNIA SARI

NPM: 17034010054

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM

SURABAYA

TAHUN 2022

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KUALITAS DAN KUANTITAS AIR PDAM-TIRTA
KENCANA KABUPATEN JOMBANG BERDASARKAN JARAK
DISTRIBUSI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM DINAMIS
VENSIM PLE**

Diajukan Oleh :

SELVY DWI KURNIA SARI


NPM: 17034010054

Telah Dipertahankan Dihadapan dan Diterima Oleh Tim Penguji Skripsi
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Tanggal : 31 Mei 2022

Menyetujui Dosen
Pembimbing,


Aulia Ulfah Farahdiba, ST, M.Sc
NIP. 172 1989 0106 060

Mengetahui,
**DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM**


Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan baik dan tepat waktu. Laporan Skripsi yang berjudul **“Analisis Kualitas dan Kuantitas Air PDAM Tirta Kencana Kabupaten Jombang Berdasarkan Jarak Distribusi Dengan Menggunakan Sistem Dinamis Vensim PLE”** Laporan ini merupakan salah satu persyaratan bagi setiap mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, UPN Veteran Jawa Timur untuk mendapatkan gelar sarjana.

Selama menyelesaikan laporan Skripsi ini, saya telah banyak memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
2. Ibu Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT. Selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
3. Ibu Aulia Ulfa Farahdiba ST., M.Sc., selaku dosen pembimbing skripsi saya yang telah memberikan arahan maupun kritik dan saran bimbingan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak/Ibu Dosen dan staff Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membantu dan memberikan banyak ilmu berharga.
5. Kedua orang tua, kakak dan keluarga yang selalu ada untuk menguatkan dan memberikan dukungan moril, materil dan do'a.
6. Terima kasih untuk Anggi, Mila, Vivi, Eka, Indah, Leni, Binti, Ivon, Gea, Yuksep, Puma sebagai teman dan sahabat tempat berkeluh kesah yang selalu membantu, mendoakan, serta memberi semangat selama menjalani perkuliahan.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2017 Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur yang selalu membarikan semangat, membantu, mendoakan, dan berjuang bersama. dalam pengerjaan Tugas Akhir ini

8. Semua pihak terkait yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu saran dan kritik yang membangun akan penyusun terima. Akhir kata, penyusun berharap agar laporan ini dapat bermanfaat dan mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila didalam laporan ini terdapat kata-kata yang kurang berkenan atau kurang dipahami.

Jombang, Mei 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 PDAM Tirta Kencana Jombang.....	5
2.2 Air Minum	6
2.3 Kualitas Air Minum	6
2.2.1. Parameter Mikrobiologi	7
2.2.2 Parameter Kimiawi	9
2.3 Jaringan Pipa Distribusi.....	10
2.4 Pemodelan Sistem Dinamis	11
2.4.1 Macam-macam Software sistem dinamis.....	12
2.4.2 Identifikasi Variabel.....	13
2.5 VENSIM PLE	19
2.6 Penelitian Terdahulu	23
BAB 3 METEDOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Deskripsi Wilayah.....	26
3.2 Kerangka Penelitian	27
3.3 Studi Literatur	28

3.4 Pengumpulan Data	28
3.5 Metode Pengolahan Dan Analisis Data	29
3.5.1 Pengambilan Sampel.....	29
3.5.2 Metode Analisa Sampel	30
3.5.3 Identifikasi Sistem	31
3.5.4 Konseptualisasi model	32
3.5.6 Verifikasi dan Validasi Model.....	37
3.5.7 Perlakuan model dengan skenario alternatif	38
3.6 Jadwal Kegiatan	39
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Kondisi Umum Wilayah Penelitian.....	40
4.1.1 Proyeksi Jumlah Pelanggan.....	41
4.1.2 Proyeksi Debit.....	42
4.2 Aspek Teknis	43
4.3 Pemodelan Jaringan distribusi dengan Sistem Dinamis	43
4.3.1 Perancangan Model Konseptual	43
4.3.2 Identifikasi Variabel	44
4.3.3 <i>Causal Loop</i> Diagram.....	44
4.3.4 <i>Stock-Flow</i> Diagram	46
4.3.5 <i>Input Data Pada Formulations</i> dengan Data Sekunder dan Persamaan Matematis	48
4.3.6 <i>Input Data</i> Menggunakan Persamaan Regresi	51
4.4 Validasi Model	53
4.4.1 Uji Parameter Model (<i>Model Parameter Test</i>)	53
4.4.2 Uji Perilaku Model/Replikasi.....	55
4.5 Simulasi Model Jaringan Distribusi	56
4.5.1 Skenario Moderat (Kondisi Eksisting)	56
4.5.2 Skenario Pesimis (Kondisi Ekstrim).....	64
4.5.3 Skenario Optimis (Kondisi Optimum)	71

4.6 Manfaat Tiap Skenario Bagi PDAM Kabupaten Jombang	81
4.6.1 Skenario Moderat (Kondisi Eksisting)	81
4.6.2 Skenario Pesimis (Kondisi Ekstrim).....	82
4.6.3 Skenario Optimis (Kondisi Optimum)	82
4.7 Aspek Lingkungan	83
4.7.1 Peningkatan Kualitas dan Debit Air Produksi	83
4.7.2 Peningkatan Kualitas Air di Pelanggan.....	83
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN A.....	70
LAMPIRAN B.....	76
LAMPIRAN C.....	82
LAMPIRAN D.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Identifikasi Variabel Model Sistem Dinamis	14
Tabel 3. 1 Metode Analisa Sampel.....	33
Tabel 3. 2 Rencana Jadwal Penelitian.....	39
Tabel 4. 1 Proyeksi jumlah pelanggan	41
Tabel 4. 2 Proyeksi Kebutuhan Air IPA Kudu	42
Tabel 4. 3 Identifikasi Variabel Model Sistem Dinamis.....	44
Tabel 4. 4 causal loop yang terbentuk pada model.....	45
Tabel 4. 5 Formulasi Model	47
Tabel 4. 6 Debit Air Produksi.....	49
Tabel 4. 7 Data Jumlah Escherichia coli	50
Tabel 4. 8 Data Jarak Distribusi, Sisa Klor, Escherichia coli, dan Kebocoran Pipa	51
Tabel 4. 9 Perhitungan Error Model Jaringan Distribusi PDAM.....	55
Tabel 4. 10 Hasil Simulasi Kualitas Air Pada Skenario Moderat (2 km)	58
Tabel 4. 11 Hasil Simulasi Kualitas Air Pada Skenario Moderat (4 km)	60
Tabel 4. 12 Hasil Simulasi Kualitas Air Pada Skenario Moderat (8 km)	62
Tabel 4. 13 Hasil Simulasi Debit Air Pada Skenario Moderat.....	63
Tabel 4. 14 Hasil Simulasi Kualitas Air Pada Skenario Pesimis (4 km)	67
Tabel 4. 15 Hasil Simulasi Kualitas Air Pada Skenario Pesimis (8 km)	69
Tabel 4. 16 Hasil Simulasi Debit Air Pada Skenario Pesimis	70
Tabel 4. 17 Hasil Simulasi Kualitas Air Pada Skenario Optimis (2 km).....	72
Tabel 4. 18 Hasil Simulasi Kualitas Air Pada Skenario Optimis (4 km).....	73
Tabel 4. 19 Hasil Simulasi Kualitas Air Pada Skenario Optimis (8 km).....	75
Tabel 4. 20 Hasil Simulasi Debit Air Pada Skenario Optimis	76
Tabel 4. 21 Perbandingan Kualitas Air Pada Skenario Moderat, Skenario Pesimis, dan Skenario Optimis	77
Tabel 4. 22 Perbandingan Debit Air Pada Skenario Moderat, Skenario Pesimis, dan Skenario Optimis	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lokasi PDAM Tirta Kencana	5
Gambar 2. 2 Contoh Causal Loop Diagram	18
Gambar 2. 3 Contoh Stock and Flow Diagram	18
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian (IPA PDAM Kabupaten Jombang)	26
Gambar 3. 3 Gambaran Rencana penelitian	36
Gambar 4. 1 peta Lokasi Penelitian.....	40
Gambar 4. 2 Causal Loop Jaringan Distribusi PDAM (Hasil Analisis, 2022).....	45
Gambar 4. 3 Model Dinamis Jaringan Distribusi PDAM (Hasil Analisis, 2022)	46
Gambar 4. 4 Uji Parameter Model Sisa Klor	53
Gambar 4. 5 Uji Parameter Model Escherichia coli	54
Gambar 4. 6 Hasil Simulasi Sisa Klor Pada Skenario Moderat (2 km)	57
Gambar 4. 7 Hasil Simulasi Escherichia coli Pada Skenario Moderat (5 km).....	57
Gambar 4. 8 Hasil Simulasi Sisa Klor Pada Skenario Moderat (4 km)	59
Gambar 4. 9 Hasil Simulasi Escherichia coli Pada Skenario Moderat (4 km).....	59
Gambar 4. 10 Hasil Simulasi Sisa Klor Pada Skenario Moderat (8 km)	61
Gambar 4. 11 Hasil Simulasi Escherichia coli Pada Skenario Moderat (8 km).....	61
Gambar 4. 12 Hasil Simulasi Sisa Klor Pada Skenario Pesimis (4 km)	64
Gambar 4. 13 Hasil Simulasi Escherichia coli Pada Skenario Pesimis (4 km)	64
Gambar 4. 14 Hasil Simulasi Sisa Klor Pada Skenario Pesimis (4 km)	66
Gambar 4. 15 Hasil Simulasi Escherichia coli Pada Skenario Pesimis (4 km)	66
Gambar 4. 16 Hasil Simulasi Sisa Klor Pada Skenario Pesimis (8 km)	68
Gambar 4. 17 Hasil Simulasi Escherichia coli Pada Skenario Pesimis (8 km)	68
Gambar 4. 18 Hasil Simulasi Sisa Klor Pada Skenario Optimis (2 km).....	71
Gambar 4. 19 Hasil Simulasi Escherichia coli Pada Skenario Optimis (2 km)	71
Gambar 4. 20 Hasil Simulasi Sisa Klor Pada Skenario Optimis (4 km).....	72
Gambar 4. 21 Hasil Simulasi Escherichia coli Pada Skenario Optimis (4 km)	73
Gambar 4. 22 Hasil Simulasi Sisa Klor Pada Skenario Optimis (8 km).....	74
Gambar 4. 23 Hasil Simulasi Escherichia coli Pada Skenario Optimis (8 km)	74

ABSTRAK

Kualitas air akan menurun seiring semakin jauhnya jarak distribusi dari instalasi pengolahan sehingga diberlakukan Permenkes No. 736 tahun 2010 yang mensyaratkan adanya kadar sisa klor sebesar 0,2 mg/l pada titik terjauh dari jaringan distribusi untuk menghindari adanya kontaminasi mikroorganisme. Hasil evaluasi kualitas air produksi tidak dapat menjamin kualitas air pelanggan khususnya pelanggan yang berada jauh dari instalasi pengolahan air.

Penelitian ini menggunakan model dinamis VENSIM PLE untuk memberikan gambaran sederhana dan sistematis mengenai variabel-variabel yang mempengaruhi jaringan distribusi PDAM untuk kemudian disimulasikan ke dalam 3 (tiga) skenario utama, yaitu skenario moderat, skenario pesimis, dan skenario optimis yang akan menjadi acuan dalam pemilihan strategi berdasarkan aspek lingkungan

Penelitian ini menunjukkan bahwa model dinamis kualitas dan kuantitas PDAM dipengaruhi oleh banyak faktor yang saling mempengaruhi dalam hubungan sebab-akibat seperti kebocoran pipa, debit air produksi, debit air distribusi, jarak distribusi, kecepatan air, *headloss mayor*, luas penampang pipa, diameter pipa, pH, sisa klor, *Escherichia coli*, dan debit air. Hasil simulasi pada skenario moderat merupakan kondisi eksisting dengan 25% kebocoran pipa menunjukkan *Escherichia coli* meningkat signifikan di jarak 8 km. Jumlah *Escherichia coli* yang mencapai 18 MPN/100 ml. Kebocoran pipa pada kondisi ekstrim dengan 50% untuk 12 hari di jarak 2 km, 4 km, dan 8 km dapat menjadi variabel paling berpengaruh terhadap kualitas air, yaitu ditinjau dari parameter *Escherichia coli* dan sisa klor. Pada kondisi optimum untuk 12 hari menunjukkan kondisi yang cukup baik pada jarak 2 km dan 4 km jika ditinjau dari kualitas air berdasarkan parameter *Escherichia coli* dan sisa klor. Kebocoran pipa sangat berpengaruh karena menyebabkan masuknya senyawa organik maupun non-organik ke dalam jaringan distribusi. Selain itu, kebocoran pipa juga secara langsung dapat menyebabkan masuknya *Escherichia coli* yang berasal dari limbah domestik, utamanya tinja, di jaringan distribusi.

Kata kunci : *Escherichia coli*, sisa klor, Kebocoran pipa, skenario, VENSIM PLE

ABSTRACT

Water quality will decrease as the distant distances away from the reservoir so Minister of Health Regulation No. 736/Menkes/SK/IV/2010 is issued by the government as the quality standard for drinking in Indonesia of 0.2 mg / l at the farthest point of the distribution network to avoid contamination of microorganisms. The results of the evaluation of the quality of the production water cannot guarantee the quality of the customer's water, especially the customers who are away from the water treatment plant.

This study used VENSIM PLE, a dynamic model programming, to provide a simple and systematic description of the variables that affected the water supply company in Indonesia (PDAM) distribution network to be simulated into 3 (three) main scenarios, they were moderate scenario, pessimistic scenario, and optimistic scenario that will be the reference in the selection strategy based on environmental aspects.

This research showed that the dynamic model of PDAM distribution network is influenced by many factors that influenced each other in causal relationship such as pipeline leakage, water flow production, water flow distribution, distribution distance, water velocity, major headloss, pipe crosssectional area, pipe diameter, pH, chlorine residual, *Escherichia coli*, and water flow. The simulation results in the moderate scenario are the existing conditions with 25% pipe leakage indicating *Escherichia coli* increased significantly at a distance of 8 km. The number of *Escherichia coli* reached 18 MPN/100 ml. Pipe leakage in extreme conditions with 50% for 12 days at a distance of 2 km, 4 km, and 8 km can be the most influential variable on water quality, namely in terms of *Escherichia coli* parameters and residual chlorine. At the optimum conditions for 12 days, the conditions were quite good at a distance of 2 km and 4 km when viewed from the water quality based on *Escherichia coli* and residual chlorine parameters. Pipe leakage is very influential because it causes the entry of organic and inorganic compounds into the distribution network. In addition, pipe leaks can also directly cause the entry of *Escherichia coli* originating from domestic waste, especially feces, in the distribution network.

Key words : chlorine residual, *Escherichia coli*, scenario, VENSIM PLE