



TUGAS AKHIR - RE 184804

PENINGKATAN KUALITAS AIR MINUM ZONA SUPIT URANG 2 PDAM KOTA MALANG

LATONIA NUR ADYANIS

03211540000115

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl. SE. M.Sc, Ph.D

Departemen Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184804

PENINGKATAN KUALITAS AIR MINUM ZONA SUPIT URANG 2 PDAM KOTA MALANG

LATONIA NUR ADYANIS

03211540000115

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl. SE. M.Sc, Ph.D

Departemen Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

DRINKING WATER QUALITY IMPROVEMENT IN SUPIT URANG 2 ZONE MALANG CITY PDAM

LATONIA NUR ADYANIS

NRP. 03211540000115

ADVISOR

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl. SE. M.Sc, Ph.D

Department of Environmental Engineering

Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

LEMBAR PENGESAHAN

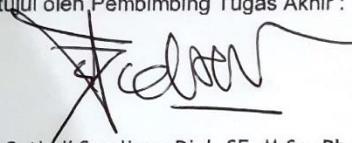
**Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2 PDAM
Kota Malang**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh :

LATONIA NUR ADYANIS
NRP. 032115100115

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :


Ir. Eddy Setjadi Soedjono Dipl. SE. M.Sc, Ph.D

NIP. 19600308 198903 1001



PENINGKATAN KUALITAS AIR MINUM ZONA SUPIT URANG 2 PDAM KOTA MALANG

Nama Mahasiswa : Latonia Nur Adyanis
NRP : 0321154000115
Departemen : Teknik Lingkungan FTSLK ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl. SE.
MSc, Ph.D

ABSTRAK

Program Zona Air Minum Prima (ZAMP) di Kota Malang saat ini hanya mencakup 85% dari total wilayah. Zona Supit Urang 2 merupakan salah satu zona yang masuk dalam kategori belum siap minum. Pelayanan air minum di Zona Supit Urang 2 saat ini mencapai 19,3% dengan 3193 sambungan rumah. Target pelayanan pada tahun 2019 sesuai dengan Sustainable Development Goals adalah 100%. Upaya peningkatan kualitas dimulai dari survei lapangan, pemodelan kualitas menggunakan software WaterCAD, dan dilakukan perencanaan perbaikan untuk meningkatkan kualitas air. Survei lapangan dilakukan dengan penyebaran kuisioner dan pengecekan tekanan pada 16 titik sampel. Pemodelan kualitas air minum dilakukan menggunakan 2 parameter, yaitu tekanan dan sisa klor. Pemodelan menggunakan data sekunder dan dilakukan untuk kebutuhan air minum pada tahun 2018 dan tahun 2028. Perencanaan peningkatan kualitas air minum dilakukan menyesuaikan permasalahan lapangan dan hasil pemodelan.

Hasil kuisioner menunjukkan 100% pelanggan PDAM tidak memiliki masalah dengan air minum PDAM dan kualitas air dianggap sudah baik. Pelanggan mengetahui air PDAM telah layak konsumsi secara langsung namun konsumsi hanya dilakukan apabila air PDAM telah melalui proses pemanasan. Hal ini menunjukkan kurangnya kepercayaan pelanggan terhadap kualitas air minum PDAM dan budaya konsumsi air minum masyarakat. Sampling tekanan menunjukkan 31,25% titik memiliki

tekanan di bawah 1 bar. Pemodelan tekanan dan pada tahun 2018 menghasilkan titik di bawah standar sebanyak 2649 titik pada jam puncak. Pada sisa klor didapatkan sebanyak 1818 titik (jam ke-26) dan 1374 titik (jam ke-32) di bawah 0,2 mg/L. Pada tahun 2028 tekanan di bawah standar bertambah jumlahnya hingga 5025 titik. Pada sisa klor didapatkan kenaikan hingga 2257 titik (jam ke-26) dan 1199 titik (jam ke-32). Peningkatan sisa tekan dan konsentrasi sisa klor dalam pipa dilakukan dengan pembangunan 1 unit elevated tank dengan ketinggian 27 m dan 6 unit reklorinasi.

Kata Kunci : Air Minum, Kota Malang, PDAM, Peningkatan Kualitas.

DRINKING WATER QUALITY IMPROVEMENT IN SUPIT URANG 2 ZONE MALANG CITY PDAM

Name : Latonia Nur Adyanis
NRP : 0321154000115
Departement : Teknik Lingkungan
Supervisor : Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl. SE. M Sc, Ph.D

ABSTRACT

The Zona Air Minum Prima (ZAMP) program in Malang City currently only covers 85% of the total area. The Supit Urang 2 zone is one of the zones that fall into the category of “not ready direct consumption”. Drinking water services in the Supit Urang 2 Zone currently reach 19.3% with 3193 house connections. The service target for 2019 in accordance with the Sustainable Development Goals is 100%. Quality improvement began with field surveys, quality modeling using WaterCAD software, and planning improvements to improve water quality. The field survey was carried out by distributing questionnaires and checking the pressure at 16 sample points. Drinking water quality modeling is carried out using 2 parameters, namely pressure and residual chlorine. Modeling uses secondary data and is carried out for drinking water needs in 2018 and 2028. Planning to improve drinking water quality is done to adjust field problems and modeling results.

The results of the questionnaire show that 100% of PDAM customers do not have problems with PDAM drinking water and the water quality is considered good. Customers know that PDAM water is worth direct consumption but consumption is only done if the PDAM water has gone through a heating process. This shows the lack of customer trust in the quality of PDAM drinking water and the culture of drinking water consumption. Pressure sampling shows 31.25% point having pressure below 1 bar. Pressure modeling and in 2018 produced a below standard point of 2649 points at peak hours. In the remaining chlorine there were 1818

points (26 hours) and 1374 points (32 hours) below 0.2 mg/L. In 2028 the points below standard pressure increased by 5025 points. The remaining chlorine increases up to 2257 point (26th hour) and 1199 points (32nd hour). The increase in residual pressure and the concentration of residual chlorine in the pipeline was carried out by the construction of 1 unit of elevated tank with a height of 27 m and 6 units of chlorination.

Key Words : Drinking Water, Malang, PDAM , and Quality Improvement.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Studi Strata 1 pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selain itu, penulis ingin memberikan inovasi terbaru dalam menyelesaikan permasalahan pada PDAM Kota Malang terkait peningkatan kualitas air minum dengan pembentukan *District Metered Area* sebagai fokus studi. Penulis merasa dalam menyusun laporan ini masih menemui beberapa kesulitan dan hambatan, disamping itu penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan-kekurangan lainnya, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Menyadari penyusunan laporan ini tidak lepas dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl. SE. M Sc, Ph.D sebagai dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan petunjuk serta saran dalam penyusunan laporan ini.
2. Bapak dan Ibu dosen pengarah yang telah memberikan saran dan masukan terhadap laporan ini.
3. Bapak Welly Herumurti ST, M.Sc., selaku dosen wali dan koordinator TA yang telah membimbing penulis selama 4 tahun terakhir.
4. Seluruh pihak PDAM Kota Malang yang telah bersedia membantu dalam penyelenggaraan tugas akhir.
5. Seluruh staff ruang baca teknik lingkungan sebagai pemberi fasilitas kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Keluarga penulis sebagai pemberi dukungan utama.

7. Teman satu angkatan penulis sebagai teman yang mendukung dan memberi semangat selama pelaksanaan tugas akhir penulis
8. Seluruh pihak yang membantu dalam proses berjalannya tugas akhir

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan karunia-Nya dan membalas segala amal budi serta kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan ini dan semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 21 Mei 2019

Latonia

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan 2	
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat	4
BAB II GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN	5
2.1. Kondisi Geografis, Topografis, dan Geologis Zona Supit Urang 2	5
2.1.2 Demografi Zona Supit Urang 2	9
2.1.3 Rencana Tata Guna Lahan Kecamatan Sukun	9
2.2 PDAM Kota Malang	10
2.2.1 Cakupan Pelayanan PDAM Kota Malang	11
2.2.2 Kualitas Air Minum PDAM Kota Malang	11
2.2.3 Sumber Air Baku Eksisting	15
2.2.4 Unit Distribusi	15
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	17
3.1. Bangunan Penampung Air	17
3.1.1 Elevated <i>Reservoir</i>	17

3.1.2	<i>Reservoir</i>	17
3.2	Kebutuhan Air Minum	18
3.2.1	Fluktuasi Kebutuhan Air.....	18
3.2.2	Jam Puncak	19
3.3	Metode Prakiraan Jumlah Penduduk dan Fasilitas	20
3.3.1	Spektrum : Demproj.....	22
3.4	Unit Pengolahan Air Minum	22
3.4.1	Klorinasi	22
3.4.2	Jenis Klorinasi.....	23
3.5.	Sistem Pengaliran	23
3.6	Sistem Perpipaan.....	24
3.7	Sistem Konfigurasi Jaringan	24
3.8	Metode Distribusi	25
3.9	Zona Air Minum Prima	26
3.9.1	Kualitas Air Minum ZAMP.....	26
3.9.2	Fasilitas ZAMP.....	27
3.10	District Metered Area (DMA).....	27
3.10.1	Manajemen Tekanan Pada DMA.....	28
3.10.2	Perancangan DMA	29
3.10.2.1	Metode <i>Multi Stage Design Approach</i>	29
3.10.2.2	Metode PDAM Kota Malang	30
3.10.2.3	Teknik Optimasi Desain DMA : <i>Trial and Error Approach</i>	32
3.11	Analisis Tekanan pada Jaringan Distribusi DMA.....	32
3.12	Analisis Sisa Klor dengan <i>Tracer Constituent Test Method</i>	34
3.13	Program Water CAD	35
3.14	Penelitian Terdahulu	35
BAB IV METODE PERENCANAAN		39

4.1	Kerangka Perencanaan	39
4.2	Studi Literatur.....	39
4.3	Persiapan.....	39
4.4	Pengumpulan Data	40
4.4.1	Data Primer.....	40
4.4.2	Data Sekunder.....	41
4.5	Analisis Data dan Pembahasan.....	41
4.6	Perencanaan.....	42
4.7	Kesimpulan dan Saran	42
BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		45
5.1	Kondisi Eksisting Sistem Penyediaan Air Minum Zona Supit Urang 2	45
5.1.1	Kualitas Air Parameter Tekanan.....	45
5.1.2	Kualitas Air di Pelanggan	49
5.2	Komputasi WaterCAD.....	50
5.2.1	Pemodelan Kualitas Air Minum Parameter Tekanan	56
5.2.3	Pemodelan Kualitas Air Minum Parameter Sisa Klor	57
5.3	Proyeksi Penduduk Metode Komponen	58
5.3.1	Hasil Proyeksi Demproj : Spectrum Kecamatan Sukun	63
5.3.2	Proyeksi Fasilitas.....	65
5.3.3	Kebutuhan Air Minum	66
5.4	Pemodelan Prakiraan Zona Supit Urang 2 Tahun 2028	70
5.5	Rencana Peningkatan Kualitas Air Minum Tahun 2028.....	71
5.5.1	Peningkatan Kualitas Parameter Tekanan.....	71
5.5.2	Peningkatan Kualitas Air Parameter Sisa Klor	77
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		85

6.1 Kesimpulan	85
6.2 Saran	85
DAFTAR PUSTAKA.....	87
Lampiran A	91
Lampiran B	95
Lampiran 3	97
Lampiran D	101
Lampiran 5	103
BIOGRAFI PENULIS	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Luas Wilayah dan Ketinggian Rata-Rata Kelurahan pada Kecamatan Sukun	5
Tabel 2. 2 Jumlah Penduduk, Persentase Pertambahan Penduduk, dan Kepadatan Penduduk Zona Supit Urang 2	9
Tabel 2. 3 Kondisi Kelayakan Zona Supit Urang 2	11
Tabel 3. 1 Variasi Pemakaian Air Selama Satu Hari	19
Tabel 3. 2 Daftar Penelitian Terdahulu dan Penemuan	35
Tabel 5. 1 Hasil Sampling Tekanan	46
Tabel 5. 2 Data Kebutuhan Air Minum Per Sambungan	51
Tabel 5. 3 Tabel Pola Pemakaian Air Minum DMA Supit Urang 2	53
Tabel 5. 4 Ketinggian Air Pada <i>Reservoir</i>	54
Tabel 5. 5 Hasil Komputasi WaterCAD	55
Tabel 5. 6 Jumlah Penduduk Tahun 2018	59
Tabel 5. 7 Proyeksi Angka TFR dan Angka Harapan Hidup	60
Tabel 5. 8 Perhitungan Interpolasi Proyeksi Angka TFR dan e0	60
Tabel 5. 9 Data Awal Proyeksi Migrasi Penduduk	61
Tabel 5. 10 Perhitungan Laju Pertumbuhan Penduduk Migrasi Masuk	62
Tabel 5. 11 Perhitungan Laju Pertumbuhan Penduduk Migrasi Keluar	62
Tabel 5. 12 Hasil Proyeksi Migrasi Masuk Sesuai Jenis Kelamin	63
Tabel 5. 13 Hasil Perhitungan Software Demproj	64
Tabel 5. 14 Jumlah Penduduk Per Wilayah Per Kelurahan Wilayah Pelayanan Zona Supit Urang 2	64
Tabel 5. 15 Standar Jumlah Peserta Didik Berdasarkan Tingkat Pendidikan dan Tipe Sekolah	66
Tabel 5. 16 Hasil Proyeksi Fasilitas Tahun 2018-2028	66
Tabel 5. 17 Nilai Kebutuhan Air Minum Tiap Sektor	68
Tabel 5. 18 Hasil Perhitungan Proyeksi Kebutuhan Air Minum	68

Tabel 5. 19 Hasil Komputasi Pemodelan Kebutuhan Air Minum Tahun 2028	69
Tabel 5. 20 Titik dan Elevasi Jaringan Zona Supit Urang 2.....	72
Tabel 5. 21 Perhitungan Surplus dan Defisit	76
Tabel 5. 22 Titik dan Konsentrasi Injeksi Tahun 2018.....	79
Tabel 5. 23 Titik dan Konsentrasi Injeksi Tahun 2028.....	79
Tabel 5. 24 Perhitungan Volume Kebutuhan Injeksi Klor Tahun 2018	81
Tabel 5. 25 Perhitungan Volume Kebutuhan Injeksi Klor Tahun 2028	81
Tabel 5. 26 Kebutuhan Kapasitas Sisa Klor Tahun 2018	82
Tabel 5. 27 Kebutuhan Kapasitas Sisa Klor Tahun 2028	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Wilayah Pelayanan Air Minum Zona Supit Urang 2.....	7
Gambar 2. 2 Skema Sistem Penyediaan Air Minum Zona Supit Urang 2.....	10
Gambar 2. 3 Pembagian Wilayah District Metered Area Zona Supit Urang 2.....	13
Gambar 2. 4 Pelayanan Zona Supit Urang 2 dan Pembagian Wilayah DMA.....	14
Gambar 3. 1 Sistem Konfigurasi Jaringan.....	25
Gambar 3. 2 Proses Perencanaan DMA dengan Metode Multi Stage Design	31
Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan.....	43
Gambar 5. 1 Titik Sampling Zona Supit Urang 2	47
Gambar 5. 2 Pilihan Konsumsi Air Minum Pelanggan	49
Gambar 5. 3 Proses Eksport Data ArcGis ke WaterCAD	51
Gambar 5. 4 Fluktuasi Pemakaian Air Minum Zona Supit Urang 2.....	53
Gambar 5. 5 Grafik Fluktuasi Pemakaian Hasil Komputasi	54
Gambar 5. 6 Jumlah Junction dengan Sisa Tekan di Bawah 1 bar	57
Gambar 5. 7 Progress Pertambahan Penduduk Kecamatan Sukun	65
Gambar 5. 8 Fluktuasi Pemakaian Air Tahun 2028	68
Gambar 5. 9 Jumlah Titik dengan Tekanan Dibawah 1 Bar Tahun 2028	70
Gambar 5. 10 Hasil Penyederhanaan Jaringan Zona Supit Urang 2.....	72
Gambar 5. 11 Jumlah Titik Sisa Klor Dibawah 0,2 mg/L	78

“ halaman ini sengaja dikosongkan ”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada tahun 2018 cakupan pelayanan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Malang telah mencapai 85,74% Kota Malang (PERPAMSI, 2018). Sebagai salah satu PDAM yang telah melaksanakan *pilot plan* dengan *United States Agency for International Development* (USAID) menciptakan program Zona Air Minum Prima (ZAMP). Program ini dilaksanakan dengan membentuk zonasi dan *District Metered Area* (DMA) yang digunakan untuk meningkatkan kualitas air bersih menjadi air minum. Pada tahun 2019 telah terbentuk DMA sebanyak 100% dari total pelayanan PDAM. Namun, pada ZAMP hanya 51% yang berkategori siap minum dan 15% tidak siap minum salah satunya Zona Supit Urang 2 dengan katagori 100% wilayah DMA tidak siap minum (Rofida, 2018) sesuai parameter pada PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2010. Peraturan Pemerintah No. 16 tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum menyatakan seluruh PDAM di Indonesia pada tahun 2008 harus menyalurkan air minum yang kualitasnya sesuai dengan PERMENKES No.492/ MENKES/ PER/IV/2010. Peraturan ini menciptakan urgensi untuk meningkatkan kualitas air pada ZAMP sehingga seluruh cakupan layanan PDAM dapat mengalirkan air minum.

Kota Malang sebagai kota terbesar kedua di Provinsi Jawa Timur memiliki rata-rata persen pertambahan penduduk dari 5 kurun waktu terakhir sebesar 1,58% per tahun dengan total penduduk 870.682 jiwa pada akhir tahun 2019 sesuai proyeksi BPS (Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2017). Peningkatan penduduk ini juga diiringi dengan peningkatan migrasi masuk 3 tahun terakhir dengan angka migrasi keluar yang menurun. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan penduduk dan peningkatan perpindahan penduduk menuju Kota Malang. Selain itu, Kota Malang akan dikembangkan menjadi Kota Tri Bina Cita, yaitu pengembangan Kota Malang menuju kota pariwisata, pendidikan, dan industri sesuai dengan dokumen RT RW Kota Malang Tahun 2010-2030. Pengembangan ini akan menghasilkan peningkatan

jumlah fasilitas umum di Kota Malang terlebih lagi di sektor pariwisata, pendidikan, dan industri. Pengembangan Kota Malang dan peningkatan penduduk menimbulkan pelayanan dasar untuk masyarakat naik salah satunya adalah kebutuhan akses air minum. Zona Supit Urang 2 masuk dalam wilayah administrasi Kecamatan Sukun di tiga kelurahan yaitu, Kelurahan Bakalan Krajan, Kelurahan Bandungrejosari, dan Kelurahan Mulyorejo. Cakupan pelayanan air minum oleh PDAM sebesar 19,3% pada Zona Supit Urang 2 dengan target capaian pelayanan adalah 60% tahun 2019 dan 100% tahun 2028 sesuai renstra Badan Pengembangan Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum. Perlu adanya peningkatan kualitas air minum akibat peningkatan penduduk, peningkatan jumlah fasilitas umum, peningkatan kualitas.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi kualitas penyediaan air minum pada pelanggan PDAM ?
2. Bagaimana meningkatkan kualitas air minum pada pelayanan PDAM ?
3. Bagaimana meningkatkan kualitas air minum akibat penambahan penduduk dan pengembangan wilayah perencanaan hingga tahun 2028?

1.3 Tujuan

Sesuai dengan latarbelakang dan rumusan masalah yang telah dijabarkan, maka tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Mengidentifikasi kondisi kualitas penyediaan air minum di pelanggan PDAM.
2. Merencanakan peningkatan kualitas air minum pada pelayanan PDAM.
3. Merencanakan peningkatan kualitas air minum PDAM Kota Malang untuk memenuhi kebutuhan penambahan penduduk dan pengembangan wilayah perencanaan tahun 2028.

1.4 Ruang Lingkup

Memperhatikan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan diatas, maka pembatasan masalah dan rencana pengembangan sistem distribusi air minum pada studi ini adalah sebagai berikut,

1. Wilayah perencanaan meliputi wilayah Zona Supit Urang 2, Kecamatan Sukun, Kota Malang, Jawa Timur yang telah terlayani PDAM.
2. Waktu perencanaan hingga tahun 2028 menyesuaikan RISPAM Kota Malang.
3. Kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan proyeksi kebutuhan air minum hingga tahun 2028.
4. Aspek yang ditinjau dalam perencanaan ini meliputi aspek masyarakat dan aspek teknis.
5. Tidak memodelkan kebocoran pipa.
6. Pengkajian yang dilakukan meliputi :
 - a. Aspek Sosial Masyarakat
 - i. Analisis kondisi kualitas air minum di pelanggan.
 - ii. Analisis permasalahan kualitas dari pelayanan yang dirasakan langsung oleh masyarakat.
 - iii. Analisis penyelesaian permasalahan pelayanan air minum di masyarakat.
 - b. Aspek Teknik
 - i. Analisis tekanan pada jaringan distribusi DMA.
 - ii. Analisis penurunan sisa klor pada jaringan distribusi DMA.
7. Perancangan teknis meliputi :
 - a. Evaluasi DMA parameter tekanan dan sisa klor.
 - b. Peningkatan kualitas air minum DMA.
 - c. Perhitungan kebutuhan air minum tahun 2028 berdasarkan proyeksi penduduk dengan software Spectrum: Demproj.
 - d. Program pemodelan yang digunakan sebagai

alat bantu perhitungan dan pemodelan sistem jaringan distribusi air minum adalah WaterCad version 10 Connected Edition.

1.5 Manfaat

Hasil dari Tugas Akhir ini berupa rekomendasi dokumen Detail Engineering Design (DED) Sistem Penyediaan Air Minum Kota Malang yang dapat dimanfaatkan oleh Perusahaan Air Minum Kota Malang sebagai acuan untuk sistem penyediaan air minum demi meningkatkan pelayanan dan mutu PDAM terkait,

1. Sebagai informasi tambahan dalam merencanakan pengembangan penyediaan air minum Kota Malang.
2. Membantu pemerintah daerah untuk melaksanakan penyediaan air minum yang sesuai dengan peraturan yang berlaku.

BAB II GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

2.1. Kondisi Geografis, Topografis, dan Geologis Zona Supit Urang 2

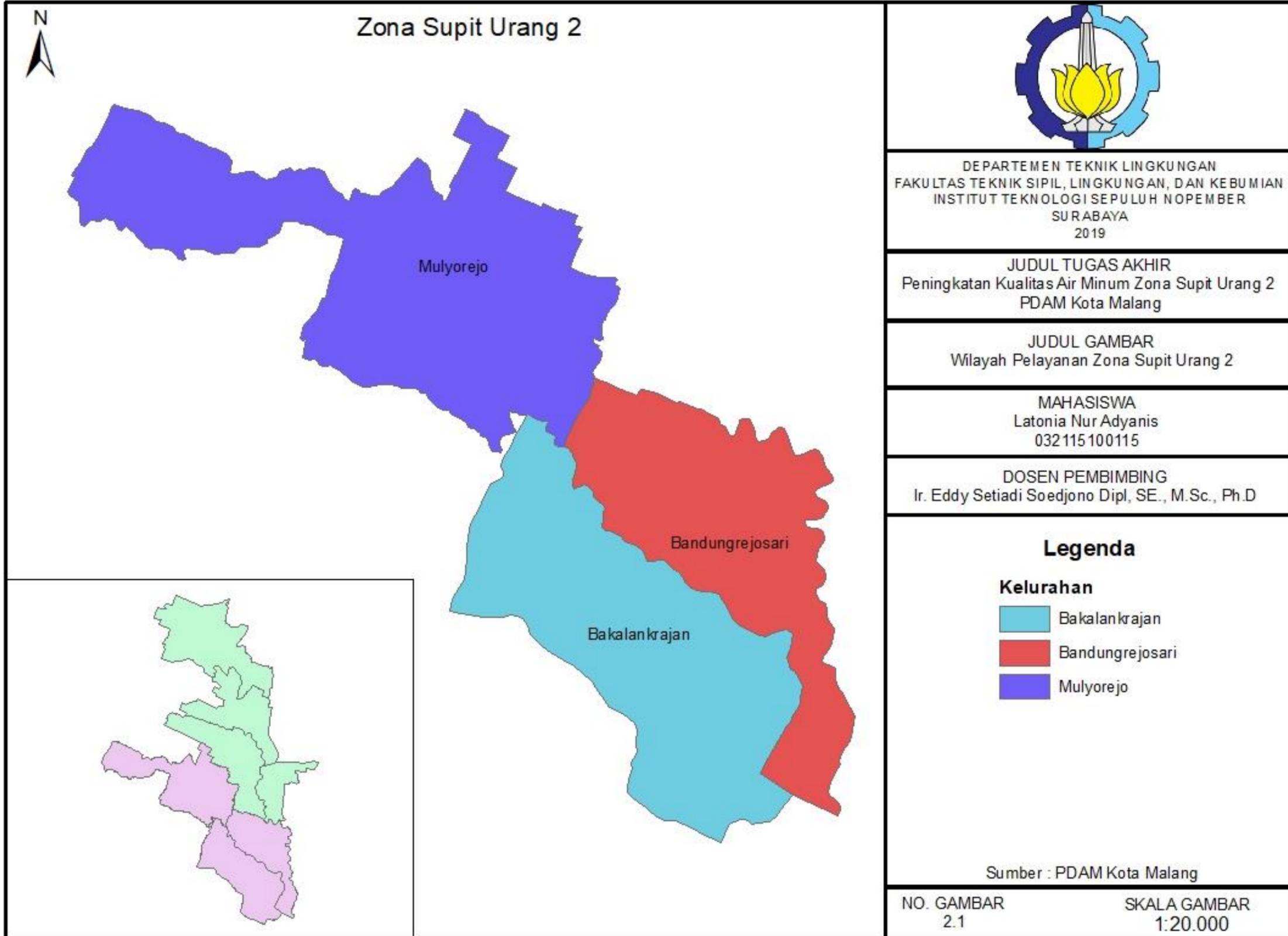
Zona Supit Urang 2 merupakan salah satu bagian dari ZAMP yang terletak di Kota Malang. Kota Malang terletak pada posisi 112,06° -112,07° Bujur Timur dan 7,06° - 8,02° Lintang Selatan (Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2016). Secara geografis Zona ini terletak pada Kecamatan Sukun di Kelurahan Bandungrejosari, Bakalan Krajan, dan Mulyorejo. Kecamatan Sukun terletak secara administratif di Kota Malang yang berbatasan dengan Kecamatan Klojen dan Lowokwaru pada sebelah utara, Kecamatan Pakis Kabupaten Malang pada sebelah timur, Kecamatan Wagir dan Kecamatan Dau pada sebelah barat, dan Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang pada sebelah selatan. Kecamatan Sukun terdiri dari 11 Kelurahan dengan 3 kelurahan sebagai cakupan pelayanan Zona Supit Urang 2 yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. Detail data untuk luas wilayah dan ketinggian rata-rata per kelurahan dalam wilayah pelayanan Zona Supit Urang 2 Kecamatan Sukun dapat dilihat pada Tabel 2.1. Total luas wilayah Kelurahan Bandungrejosari, Bakalan Krajan, dan Mulyorejo adalah 7,28 km² dengan ketinggian diatas permukaan laut rata-rata yang sama yaitu 440 mdpl pada masing- masing kelurahan.

Tabel 2. 1 Luas Wilayah dan Ketinggian Rata-Rata Kelurahan pada Kecamatan Sukun

No	Kelurahan	Luas Wilayah (km ²)	Ketinggian diatas Permukaan Laut (mdpl)
1.	Bandungrejosari	2,75	440
2.	Bakalankrajan	1,78	440
3.	Mulyorejo	2,75	440

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2018

“ Halaman ini sengaja di kosongkan “



“ Halaman ini sengaja di kosongkan “

2.1.2 Demografi Zona Supit Urang 2

Kecamatan Sukun memiliki tingkat pertambahan penduduk dari tahun 2016 hingga tahun 2017 sebanyak 0,75% dengan total kepadatan penduduk mencapai 10.739 jiwa/ km². Pada kelurahan yang masuk kedalam wilayah pelayanan Zona Supit Urang 2 memiliki tingkat pertambahan penduduk secara berturut-turut untuk Kelurahan Bandungrejosari, Bakalankrajan, dan Mulyorejo adalah 1,38%, 1,21%, dan 1,65%. Kelurahan dengan jumlah penduduk terkecil dan terbesar di Kecamatan Sukun berturut-turut adalah Kelurahan Bakalankrajan dan Bandungrejosari. Detail jumlah penduduk, persen pertambahan penduduk dan kepadatan penduduk per kelurahan pada Zona Supit Urang 2 Kecamatan Sukun dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Jumlah Penduduk, Persentase Pertambahan Penduduk, dan Kepadatan Penduduk Zona Supit Urang 2

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk		Pertambahan Penduduk (%)	Kepadatan Penduduk (jiwa/ km ²)
		2016	2017		
1.	Bandungrejosari	31.875	32.316	1,38	11.751
2.	Bakalankrajan	7.881	7.976	1,21	4.481
3.	Mulyorejo	14.453	14.691	1,65	5.342
	Zona Supit Urang 2	54.209	54.983	1,4	7.552,6

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2018

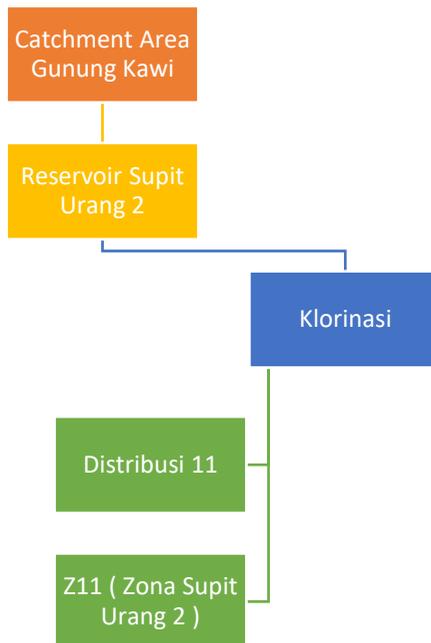
2.1.3 Rencana Tata Guna Lahan Kecamatan Sukun

Kota Malang memiliki konsep pengembangan Tri Bina Cita yaitu menjadi kota pendidikan, kota industri, dan kota pariwisata sesuai Dokumen RTRW Kota Malang tahun 2010-2030. Kota ini memiliki potensi yang cukup besar didukung oleh topografi berbentuk dataran tinggi sehingga memiliki potensi alam yang mendukung. Sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Malang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Malang Kecamatan Sukun masuk pada wilayah pengembangan sub wilayah Kota Malang Barat meliputi wilayah Kecamatan Sukun akan dikembangkan sebagai pelayanan primer untuk perumahan, fasilitas umum, dan industri dan pelayanan sekunder untuk

pendidikan, pertanian, perdagangan dan jasa, sarana olahraga, dan RTH.

2.2 PDAM Kota Malang

Sistem yang ada di PDAM Kota Malang terdiri dari unit air baku, sistem transmisi air baku, unit produksi, sistem transmisi air minum, *reservoir*, unit distribusi, dan unit pelayanan. Unit air baku pada PDAM Kota Malang adalah air tanah yang berasal dari air tanah dalam dan mata air. Proses Pengolahan Air Minum atau Unit produksi pada PDAM Kota Malang hanya terdiri dari desinfeksi menggunakan metode klorinasi dengan tipe klor yang digunakan adalah klorida (Cl_2) (Adyanis and Dewi, 2018). Skema sistem penyediaan air bersih Zona Supit Urang 2 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Skema Sistem Penyediaan Air Minum Zona Supit Urang 2

Sumber : PDAM Kota Malang, 2018

2.2.1 Cakupan Pelayanan PDAM Kota Malang

Jumlah rumah tangga yang terlayani oleh PDAM Kota Malang dari total masyarakat Kota Malang adalah 85,47% (PERPAMSI, 2018). Wilayah pelayanan PDAM yang telah terbentuk DMA telah mencapai 90% dari total pelayanan PDAM (PERPAMSI, 2018) dan 85% DMA yang telah terbentuk sudah berstatus ZAMP (Rofida, 2018). Pada tahun 2018 telah terbentuk 249 DMA dengan 11 Zona di PDAM Kota Malang. Saat ini menurut keterangan secara verbal dari Manager Divisi NRW PDAM Kota Malang, seluruh cakupan pelayanan PDAM telah terbentuk DMA pada bulan Maret 2019.

2.2.2 Kualitas Air Minum PDAM Kota Malang

Penetapan Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005 dan terbentuknya *pilot plan* bekerjasama dengan *Certification And Training For Network Improvement Project* (CATNIP) menjadi penyebab terbentuknya program ZAMP yang mewajibkan PDAM untuk menyalurkan air minum dengan aliran kontinyu selama 24 jam. Dari 249 DMA yang telah terbentuk, 51% DMA telah siap konsumsi, 15 % DMA tidak siap konsumsi, dan 34% kurang siap konsumsi. Dari seluruh zona yang telah terbentuk terdapat 1 zona dengan persentase tidak siap minum tertinggi yaitu Zona Supit Urang 2 yang masuk kedalam kategori 100% tidak siap minum (Rofida, 2018) sehingga zona ini memiliki kualitas air yang belum memenuhi standar kualitas air minum sesuai dengan ketentuan Zona Air Minum Prima. Zona Supit Urang 2 terdiri dari 3 DMA yaitu Supit Urang 2, Supit Urang 2A, dan Supit Urang 2 B dengan masing-masing persen kelayakan dan status DMA ditunjukkan pada Tabel 2.3. Zona Supit Urang 2 termasuk kedalam Kelurahan Bandungrejosari, Bakalankrajan, dan Mulyorejo. Detail pembagian DMA dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Tabel 2. 3 Kondisi Kelayakan Zona Supit Urang 2

Zona	No.	DMA	% Kelayakan	Kategori
Zona Supit Urang 2	1	Supit Urang 2	60	Tidak siap minum
	2	Supit Urang 2A	50	Tidak siap minum
	3	Supit Urang 2B	50	Tidak siap minum

Sumber : Rofida, 2018

“Halaman sengaja dikosongkan”



Zona Supit Urang 2



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2019

JUDUL TUGAS AKHIR
 Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2
 PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR
 Pembagian Wilayah District Metered Area
 Zona Supit Urang 2

MAHASISWA
 Latonia Nur Adyanis
 032115100115

DOSEN PEMBIMBING
 Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl, SE., M.Sc., Ph.D

Legenda

- Pipa Air Minum
- District Metered Area**
- DMA_NA MA**
- SUPIT URANG 2
- SUPIT URANG 2A
- SUPIT URANG 2B

Sumber : PDAM Kota Malang

NO. GAMBAR
 2.3

SKALA GAMBAR
 1:20.000

"Halaman sengaja dikosongkan"

2.2.3 Sumber Air Baku Eksisting

Sumber air minum Zona Supit Urang 2 berasal dari Catchment Area nomor 9 dari Gunung Kawi. Sumber ini merupakan sumur artesis nomor 4. Skema sistem penyediaan air minum PDAM Kota Malang dapat dilihat pada Lampiran 2.

2.2.4 Unit Distribusi

Angka kehilangan air pada jaringan distribusi total Kota Malang sebesar 19% (PERPAMSI, 2018). Namun, untuk Zona Supit Urang 2 memiliki angka kehilangan air sebesar 25% (PDAM Kota Malang, 2019). Berdasarkan sumber airnya sistem distribusi air ke wilayah pelayanan melalui sistem gravitasi dengan sistem konfigurasi gabungan antara bercabang dan *loop* yang hanya terdapat di pipa servis. Pipa distribusi pada Zona Supit Urang berdiameter 12 mm hingga 150 mm dan dari jenis pipa PVC dan PE. Sampai tahun 2014 tidak ada penambahan jaringan pipa distribusi primer dan sekunder yang cukup berarti sejak tahun 1999. Namun, dari tahun 2017 hingga 2018 telah dilaksanakan pengembangan ZAMP dengan penambahan wilayah DMA pada kelurahan Bakalankrajan dan Bandungrejosari.

'Halaman sengaja dikosongkan"

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Bangunan Penampung Air

Penampungan air ditujukan untuk menyamakan tingkat pemompaan sepanjang hari, menyamakan penawaran dan permintaan selama periode konsumsi tinggi, menyediakan air untuk keadaan darurat seperti dalam pemadaman kebakaran atau gangguan yang tidak disengaja. Dalam menganalisis kapasitas *reservoir* untuk distribusi yang dibutuhkan setelah peningkatan pelayanan menggunakan metode analisis selisih pengisian dan pengosongan maksimum *reservoir* dengan memperhatikan fluktuasi pemakaian dan pengaliran air selama satu hari (Rivai *et al.*, 2006).

3.1.1 Elevated Reservoir

Tank atau *Elevated Reservoir* merupakan tempat penyimpanan air yang dengan sengaja dipasang pada dataran yang lebih tinggi. Penempatan *elevated reservoir* agar lebih ekonomis dilakukan dengan menempatkannya pada wilayah yang berbanding terbalik wilayah yang memiliki konsumsi tinggi dari rumah pompa. Pada waktu kebutuhan tinggi wilayah pelayanan akan dilayani melalui rumah pompa dan *elevated reservoir*, kondisi ini akan menguntungkan karena mengurangi penurunan kehilangan tekanan seperempat dibanding dengan tidak menggunakan *elevated reservoir*. Kapasitas dari *tanki* tergantung dari karakter loading dari sistem penyediaan air minum yang perlu dipelajari lebih lanjut. Untuk menjaga *pumping rate* selalu sama pada tiap satuan waktu, diperlukan untuk menjaga kecepatan berada pada kondisi uniform dengan menyimpan 15 % hingga 30% dari kebutuhan harian maksimum (Steel, 1960).

3.1.2 Reservoir

Reservoir adalah tempat penampungan sementara sebelum distribusi air dilaksanakan. Fungsi penyimpanan air untuk menyamaratakan *pumping rates* pada hari tersebut, menyamaratakan sumber air dan kebutuhan konsumsi air pada

kondisi konsumsi tinggi dengan periode yang lama, penyimpanan air saat kondisi darurat seperti pemadaman kebakaran dan kerusakan yang tiba-tiba (Steel, 1960).

3.2 Kebutuhan Air Minum

Kebutuhan air bersih meliputi kebutuhan domestik, kebutuhan non domestik, kebutuhan sosial, dan kehilangan air (Steel, 1960). Kebutuhan domestik terdiri dari sambungan rumah dan kran umum. Kebutuhan non domestik merupakan kebutuhan untuk kegiatan masyarakat dalam bidang usaha komersil atau industri. Sedangkan kehilangan air dapat diakibatkan oleh faktor teknis, seperti ada lubang atau celah pada pipa dan sambungannya dan faktor non teknis seperti kesalahan membaca meter air. Standar perhitungan dari masing- masing kebutuhan air minum terdiri dari kebutuhan domestik yaitu kebutuhan air bersih per orang perhari yang dapat digunakan standar air minum sehari-hari yakni 60 liter/orang/hari sesuai Permen PU No. 1 Tahun 2014 dan kebutuhan non-domestik sesuai kriteria desain atau dapat menggunakan data dari PDAM Kota Malang. Air yang digunakan dalam pemadaman kebakaran sebenarnya sedikit namun, rata-rata pemakaiannya besar. Debit air yang digunakan untuk pemadam kebakaran harus dimasukkan kedalam rata-rata pemakaian air saat hari maksimum.

3.2.1 Fluktuasi Kebutuhan Air

Pemakaian air berhubungan erat dengan aktivitas yang mempergunakan air dalam kehidupan sehari-hari sehingga akan menghasilkan suatu pola pemakaian air yang berbeda- beda pada setiap waktu dalam suatu hari. Variasi perubahan pemakaian air oleh konsumen dari waktu ke waktu secara periodik sehingga menciptakan suatu pola penggunaan air yang pada akhirnya dapat diproses menjadi sebuah grafik fluktuasi pemakaian air (Syahputra, 2012). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Leeden pada tahun 1990 di Amerika Serikat, maka terdapat variasi pemakaian air pada jam-jam tertentu dalam satu hari yang diuraikan pada Tabel 3.1 (Leeden, 1990). Akibat perbedaan kebiasaan dan penggunaan air di beberapa daerah sesuai dengan wilayah geografi, karakter masyarakat, dan kebiasaan masyarakat maka dalam perencanaan data fluktuasi air memiliki pilihan untuk

mempergunakan desain kriteria maupun dari referensi buku dan jurnal yang telah melakukan penelitian terkait.

Tabel 3. 1 Variasi Pemakaian Air Selama Satu Hari

No.	Uraian	Jam Pemakaian Air	Pemakaian Puncak
1.	Laju pemakaian air terendah	23.00 – 05.00	-
2.	Laju pemakaian air tertinggi	05.00 – 12.00	07.00 – 08.00
3.	Laju pemakaian air menengah	12.00 – 17.00	-
4.	Pemakaian malam hari meningkat	17.00 – 23.00	18.00 – 20.00

Sumber : Leeden, 1990

3.2.2 Jam Puncak

Jam puncak dan harian maksimum adalah dua istilah yang saling berkaitan dalam pola pemakaian air. Berdasarkan fluktuasi pemakaian air, dapat ditentukan standar perencanaan berupa faktor jam puncak dan harian maksimum sehingga dapat mengoptimalkan produksi air dan meningkatkan pelayanan masyarakat (Syahputra, 2012). Telah ditetapkan kriteria desain untuk katagori besar kota berdasarkan penduduk oleh Dirjen Cipta Karya Departemen PU tahun 1996. Angka pada kriteria desain ini merupakan pendekatan empiris yang dapat digunakan dalam merencanakan jaringan distribusi air bersih. Secara matematis perhitungan dalam menentukan faktor jam puncak dan harian maksimum dengan terlebih dahulu menghitung debit rerata harian maksimum (Red, 1993).

$$Q_{ri} = \frac{Q_h}{7} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

Q_{ri} = Debit rata-rata harian dalam seminggu

Q_h = Debit pengaliran setiap jam (m³/hari)

7 = Jumlah hari dalam seminggu.

$$f_{(peak\ hour)} = \frac{Q_{hm}}{Q_{ri}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$f_{(peak\ hour)}$ = Faktor jam puncak

Q_{hm} = Debit jam puncak dalam satu hari

Q_{ri} = Debit rata-rata harian dalam satu minggu

$$f_{(max\ day)} = \frac{Q_{dm}}{Q_{ri}} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

$f_{(max\ day)}$ = Faktor harian maksimum

Q_{dm} = Debit maksimum hari dalam seminggu

Q_{ri} = Rata-rata harian dalam satu minggu

3.3 Metode Prakiraan Jumlah Penduduk dan Fasilitas

Proyeksi penduduk menurut Badan Pusat Statistik tahun 2010 dalam jangka waktu pendek yaitu kurang dari 5 tahun, baik dengan metode matematik maupun dengan metode komponen akan didapati hasil jumlah penduduk yang hampir tidak ada perbedaan. Namun, pada jangka waktu panjang atau lebih dari 5 tahun, hasil metode aritmatik akan semakin bias seiring dengan panjangnya periode proyeksi, karena pada periode yang panjang angka kelahiran, kematian, dan perpindahan telah banyak berubah baik pola maupun tingkatnya. Rumus umum pada metode komponen sebagai berikut :

$$P_t = P_0 + (L - M) + (MigIn - MigOut) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

P_t = Jumlah Penduduk pada Tahun t

P_0 = Jumlah Penduduk pada Tahun Dasar

L = Jumlah Kelahiran

M = Jumlah Kematian

$MigIn$ = Jumlah Migrasi Masuk

$MigOut$ = Jumlah Migrasi Keluar

Pada metode komponen perhitungan proyeksi penduduk mempertimbangkan determinan (komponen) yang mempengaruhi pertumbuhan penduduk (kelahiran, kematian, dan perpindahan) sehingga dapat menghasilkan perkiraan yang relatif yang lebih baik pada periode waktu yang panjang. Ada 2 teknik dalam perhitungan metode ini yaitu demografi uniregional dan multiregional. Metode demografi uniregional menggunakan angka migrasi bersih total tanpa memperhatikan kemana arus migrasi keluar dan darimana arus migrasi masuk. Sementara, metode demografi multiregional memperlakukan migrasi masuk ke suatu daerah sebagai migrasi keluar dari daerah asal tertentu dan migrasi keluar dari suatu daerah sebagai migrasi masuk di daerah tertentu. Metode demografi uniregional merupakan metode yang banyak digunakan dalam memproyeksikan jumlah penduduk. Data dasar yang diperlukan dalam perhitungan proyeksi penduduk ini adalah :

1. Distribusi penduduk menurut umur dan jenis kelamin yang telah dilakukan perapihan data. Perapihan data dilakukan dapat menggunakan indeks Whipple, Myer, dan United Nations.
2. Pola mortalitas
3. Pola fertilitas menurut umur.
4. Rasio jenis kelamin saat lahir.
5. Proporsi migrasi menurut umur.

Untuk mengetahui penambahan jumlah fasilitas mempergunakan standar dari SNI 03-1733-2004 tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan. Pada standar ini masing-masing fasilitas memiliki standar minimum pada jumlah penduduk tertentu sebagai standar penyediaan

fasilitas minimum. Kemudian dari standar tersebut dianalisis menggunakan rumus :

$$P_n = \frac{\text{proyeksi jumlah penduduk tahun proyeksi}}{\text{standar minimum}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

P_n = Hasil proyeksi jumlah penduduk

3.3.1 Spektrum : Demproj

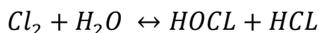
Demproj merupakan program komputer yang dapat menghitung proyeksi penduduk. Awalnya software ini digunakan untuk policy models atau merancang proyeksi penduduk sesuai dengan hukum yang berlaku pada negara tersebut terkait angka kelahiran dan kesehatan. Program Demproj dapat membentuk proyeksi penduduk berdasarkan fertilitas, mortalitas, dan migrasi pada sebuah negara maupun kota. Data yang diperlukan adalah jumlah penduduk menurut umur dan kelamin pada tahun awal, asumsi total fertility rate (TFR), distribusi umur subur, angka harapan hidup, dan data migrasi masuk dan keluar (Stover, 2007). Interface Spectrum : Demproj dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.4 Unit Pengolahan Air Minum

PDAM Kota Malang hanya menggunakan satu pengolahan air minum. dikarenakan kualitas air minum berasal dari sumber air sumur dalam dan artesis sehingga tidak memerlukan pengolahan air minum lanjut. Pengolahan yang diterapkan adalah desinfeksi menggunakan gas klor. Desinfeksi ini dilakukan untuk menjaga kualitas air dari *reservoir* ke pelanggan.

3.4.1 Klorinasi

Klorinasi merupakan salah satu cara untuk desinfeksi air untuk membunuh bakteri pembawa penyakit. Klorin murah, dapat diandalkan, dan tidak sulit untuk digunakan. Dalam air, klorin akan bereaksi sesuai reaksi,



Pada reaksi tersebut yang melaksanakan proses desinfeksi adalah asam hipoklorit dan ion hipoklorit. Jumlah HOCL yang terdisosiasi tergantung nilai pH. Klorinasi air dilakukan untuk desinfeksi dan untuk menghilangkan rasa dan bau dalam air. Hasil harus dikontrol dengan hati-hati oleh uji orthotolidin untuk residu dan tes untuk bakteri coliform untuk efisiensi bakteri. Klorinasi diklasifikasikan dalam berbagai cara seperti di mana dalam proses perawatan itu ditambahkan dan hasil akhir yang diinginkan seperti (Steel, 1960) :

3.4.2 Jenis Klorinasi

Klorinasi terdiri dari klorinasi polos, pre klorinasi, pos klorinasi, break point chlorination, dan deklorinasi. Klorinasi polos artinya pengolahan yang digunakan pada air baku hanya klorinasi. Sehingga menjadi proses penting untuk menjaga penyebaran penyakit. Preklorinasi berarti penerapan klorinasi sebelum pengolahan lain untuk meningkatkan koagulasi, mengurangi rasa dan bau yang disebabkan oleh lumpur di tangki sedimentasi, dan mengurangi ganggang dan mikroorganisme untuk menjaga tangki tetap bersih sehingga menambah panjang filter berjalan. Pascaklorinasi atau posklorinasi merupakan istilah yang diterapkan pada penambahan klorinasi ke dalam air setelah semua pengolahan lain dan harus kontak minimal 30 menit untuk memberikan perlindungan terhadap kontaminasi dari koneksi silang dan mencegah pertumbuhan organik pada jaringan. Klorinasi berlebih kemungkinan dapat menghasilkan residual yang kuat namun tidak diinginkan. Apabila desinfektan yang bekerja dengan cepat dapat menghilangkan rasa dan bau namun tidak diperkenankan untuk mencapai break point. Proses klorinasi berlebih ini dinamakan superklorinasi yang kemudian diikuti dengan proses deklorinasi dengan aerasi untuk menghilangkan klorin, asam hipoklorit, dikloroamin, dan nitrogen triklorida.

3.5. Sistem Pengaliran

Air yang disuplai melalui jaringan distribusi air minum memiliki 2 sistem pengaliran alternatif yaitu *continous system* dan *intermittent system* (Rivai *et al.*, 2006). Sistem *continous* merupakan sistem dengan suplai dan distribusi air kepada konsumen dilakukan terus menerus selama 24 jam . Sistem ini

diterapkan pada SPAM dengan air baku yang dapat memenuhi kebutuhan pada segi kuantitas setiap waktu untuk daerah pelayanan. Pada sistem *intermittent* air minum yang disuplai dan didistribusikan kepada konsumen dilakukan hanya selama beberapa jam dalam satu haru, yaitu dua sampai empat jam pada pagi dan sore hari atau saat jam puncak pemakaian air. Sistem ini biasanya diterapkan apabila kuantitas air dan tekanan air tidak mencukupi.

3.6 Sistem Perpipaan

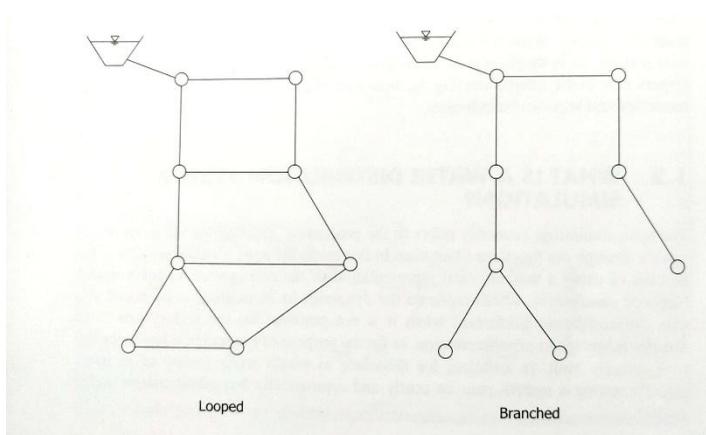
Sistem perpipaan pada jaringan distribusi terbagi atas pipa primer, sekunder, dan tersier atau *service pipe*. Pipa yang menyalurkan air dalam debit besar dari rumah pompa menuju atau dari *tanki* penyimpanan air menuju area pelayanan. Jaringan ini harus memiliki valves pada jarak tidak lebih dari 1 mil dan pipa sekunder yang terkoneksi dengan pipa primer harus memiliki valves sehingga apabila terjadi interupsi saat pelayanan tidak perlu mematikan keseluruhan sistem distribusi air minum. Pipa yang menyalurkan debit besar yang berasal dari pipa primer menuju area pelayanan untuk kebutuhan normal dan pemadam kebakaran. Pipa ini untuk melayani zona pelayanan pada area yang akan dilayani dan memasok hidran kebakaran serta pipa servis untuk perumahan dan bangunan lainnya. Ukurannya akan ditentukan oleh persyaratan kebutuhan pemadaman kebakaran. Namun, pada daerah perumahan, khususnya di mana ada air yang banyak digunakan untuk penyiraman, mungkin perlu untuk menentukan kebutuhan air saat penggunaan maksimum.

3.7 Sistem Konfigurasi Jaringan

Sistem konfigurasi jaringan distribusi yang dipakai dalam mendistribusikan air minum terdapat 3 sistem yaitu bercabang , melingkar, dan campuran dari keduanya (Rivai *et al.*, 2006) , (Methods *et al.*, 2003). Sistem bercabang berbentuk percabang dengan air yang hanya mengalir ke satu arah dan pada setiap ujung pipa akhir daerah pelayanan terdapat titik akhir (*dead end*). Pipa distribusi tidak saling berhubungan dan area pelayanan disuplai air melalui pipa primer. Sistem melingkar atau *loop* berbentuk jaringan melingkar dengan pipa induk saling berhubungan satu dengan yang lainnya sehingga pada pipa induk

tidak ada suatu titik yang dapat melalui beberapa arah dengan tekanan yang relatif stabil. Sistem campuran atau kombinasi merupakan gabungan kompleks antara sistem bercabang dengan sistem melingkar yang biasanya dipergunakan pada SPAM Kota.

3.8 Metode Distribusi



Gambar 3. 1 Sistem Konfigurasi Jaringan

Sumber : Methods, 2003

Terdapat 3 metode distribusi yaitu metode gravitasi, pompa dengan satu atau lebih *reservoir*, dan penggunaan pompa tanpa *reservoir* (Steel, 1960). Metode gravitasi dapat digunakan saat sumber air berada pada elevasi diatas elevasi kota, sehingga terdapat tekanan yang cukup untuk menjaga kebutuhan domestik dan pelayanan kebakaran. Metode ini merupakan metode yang paling terpercaya apabila *conduit leading* dari sumber ke kota mencukupi dari segi ukuran dan *well safeguarded* dari kerusakan *accidental*. Namun, untuk tekanan tinggi saat kebutuhan pemadaman api diperlukan pompa.

Metode pompa dengan satu atau lebih pompa biasanya digunakan pada produksi air yang berlebih saat konsumsi rendah air akan dipompa menuju *reservoir* untuk disimpan saat konsumsi

tinggi, air yang disimpan pada *reservoir*. Metode ini lebih ekonomis karena hanya menggunakan pompa saat dibutuhkan.

Metode ketiga menggunakan pompa tanpa *reservoir*, pada metode ini pompa memaksa air terdistribusi langsung ke sambungan utama tanpa outlet lain selain air yang dikonsumsi. Metode ini merupakan metode yang paling tidak diminati karena apabila terdapat masalah energi maka satu sistem akan mengalami masalah. Hal lain yang perlu ditinjau adalah penggunaan metode ini perlu mempertimbangkan variasi konsumsi air akan mengakibatkan variasi tekanan pada jaringan sehingga menyebabkan perlunya pemasangan berbagai macam pompa untuk keperluan konsumsi air tertentu sehingga perlu adanya kontrol dari manusia.

3.9 Zona Air Minum Prima

Zona Air Minum Prima (ZAMP) adalah zona atau wilayah khusus yang dirancang sebagai wilayah air siap minum atau air yang disalurkan ke wilayah tersebut harus memenuhi syarat untuk dapat dikonsumsi tanpa harus dimasak terlebih dahulu. Pada tahun 2004 PDAM Kota Malang mendapat bantuan teknis dari USAID melalui PERPAMSI. Program ini bernama CATNIP (*Certification And Training For Network Improvement Project*) dengan pembentukan zona pelayanan khusus air siap minum yang selanjutnya disebut ZAMP (Zona Air Minum Prima). Zona Air Minum Prima (ZAMP) merupakan upaya untuk meningkatkan kualitas air yang didistribusikan oleh PDAM Kota Malang dengan membentuk area terisolasi untuk mempermudah kontrol kualitas air. Respon masyarakat dalam program ZAMP berbeda ada yang pro dan kontra, lebih banyak yang kontra akibat belum terbiasa konsumsi air tanpa dimasak terlebih dahulu, ketakutan terletak pada potensi timbulnya penyakit apabila tidak di masak terlebih dahulu (Natalia *et al.*, 2014).

3.9.1 Kualitas Air Minum ZAMP

Kualitas air minum PDAM Kota Malang yang telah mengalirkan air yang dapat langsung di konsumsi pada ZAMP harus sesuai dengan PERMENKES No.492/MENKES/PER /IV/ 2010. Sisa klor pada jaringan distribusi ZAMP harus > 0,2 ppm untuk menjaga kualitas air minum dan membunuh mikroorganisme

penyebab penyakit secara kimia maupun fisik (Natalia *et al.*, 2014). Pada sistem distribusi yang mengalirkan air minum pengaliran perlu dilakukan selama 24 jam (Riduan *et al.*, 2017). Pada saat minimum night flow, umur tinggal sisa klor pada jaringan distribusi lebih lama dibandingkan pada saat jam puncak akibat kecepatan aliran yang cukup rendah sisa klor dapat bereaksi lebih lama dengan air PDAM. ZAMP dikatakan terjamin kualitasnya karena (Haq dan Masduqi, 2014) :

1. Sumber air berasal dari sumber terlindungi.
2. Air melalui proses pengolahan desinfeksi untuk menghilangkan bakteri dan kuman penyakit sesuai standar kualitas air minum serta diperiksa secara teratur oleh pihak laboratorium.
3. Jaringan pipa distribusi menggunakan jaringan pipa yang relatif baru yang berkualitas serta tidak mudah bocor.
4. Jaringan distribusi dipisahkan dari jaringan biasanya sehingga mudah diawasi dan terhindar dari pencemaran.
5. Pembersihan secara rutin jaringan distribusi.
6. Terjaganya kestabilan tekanan.

3.9.2 Fasilitas ZAMP

Fasilitas penunjang yang diperlukan untuk ZAMP adalah *Blow Off*, *Hydrant*, *BF*, *Residual Chlorine Monitoring*, titik pengambilan sample dan titik pengukuran tekanan. ZAMP memiliki faktor pendukung sarana dan prasarana dan faktor penghambat yaitu keraguan untuk mempergunakan air minum (Natalia *et al.*, 2014).

3.10 District Metered Area (DMA)

District Metered Area (DMA) didefinisikan sebagai pembagian jaringan distribusi air menjadi jaringan distribusi air kecil, terisolasi, dan independen yang ditentukan oleh penutupan katup, di mana jumlah air masuk dan keluar area diukur. Area ini idealnya memasok sekitar 2000 sambungan dengan ukuran DMA yang ideal adalah kurang dari 1.000 koneksi layanan untuk memungkinkan identifikasi cepat dan perbaikan kebocoran

layanan baru. Namun, dalam sebagian besar kasus DMA dipilih antara 3.000 dan 5.000 koneksi layanan (Karadirek *et al.*, 2012). Air disuplai dari titik masuk tunggal yang diukur kesetimbangan air masuk dan keluar serta pengendalian tekanan untuk mengurangi kerugian hingga ke tingkat yang dapat diterima secara ekonomi akibat kebocoran dan mempertahankan tingkat ini melalui penerapan *Active Leakage Control* (Charalambous, 2008).

3.10.1 Manajemen Tekanan Pada DMA

Manajemen tekanan sekarang diakui sebagai salah satu metode yang paling efektif untuk mengurangi kebocoran di jaringan air dan diterapkan oleh sebagian besar perusahaan air dan pada saat yang sama meminimalkan risiko kebocoran lebih lanjut dengan menghaluskan variasi tekanan (Ulanicki *et al.*, 2009). Manajemen tekanan adalah kunci menuju kebijakan manajemen kebocoran yang efektif. Kebijakan seperti itu seharusnya memiliki tujuan untuk melengkapi semua DMA dengan katup pengatur tekanan atau *Pressure Reducing Valves* (PRV). Katup ini mengurangi tekanan (jika memungkinkan), mengontrol, dan menstabilkan tekanan pada DMA tersebut di mana pengurangan tekanan tidak dapat dilakukan. Menghilangkan atau mengurangi variasi tekanan, mengontrol level yang salah, dan mengurangi tekanan yang tidak perlu merupakan masalah yang menyebabkan sistem distribusi bocor dan pecah secara tidak perlu. Alat manajemen tekanan termasuk kontrol pompa, kontrol ketinggian dan katup penahan (Charalambous, 2008). Selain itu, kondisi topografi dari sebuah kota memiliki kemungkinan untuk memerlukan *pressure zoning*. Beberapa kota memiliki tekanan normal untuk segala kebutuhan tapi berada pada daerah yang rendah, apabila perpipaan terkoneksi secara langsung maka perpipaan dapat memiliki tekanan yang terlalu tinggi dengan bahaya timbulnya kebocoran dan kerusakan pipa. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan menyalurkan area yang rendah ini dengan satu atau lebih feeder dan memasang *automatic pressure-regulating valves* yang akan maintain tekanan sesuai kebutuhan pada ujung perpipaan (Steel, 1960).

3.10.2 Perancangan DMA

Sebelum merancang DMA pada jaringan distribusi air, para praktisi pertama-tama harus mengevaluasi efek yang disebabkan oleh keberadaan DMA dalam sistem untuk membandingkan kondisi awal dan kondisi akhir setelah terbentuknya DMA. (Savi dan Ferrari, 2014).

3.10.2.1 Metode *Multi Stage Design Approach*

Dalam merancang DMA dapat dilakukan dengan cara *Multistage Design Approach* (Salomons *et al.*, 2017). Dengan tahapan detail sebagai berikut dan dapat dilihat lebih rinci pada Gambar 3.3.

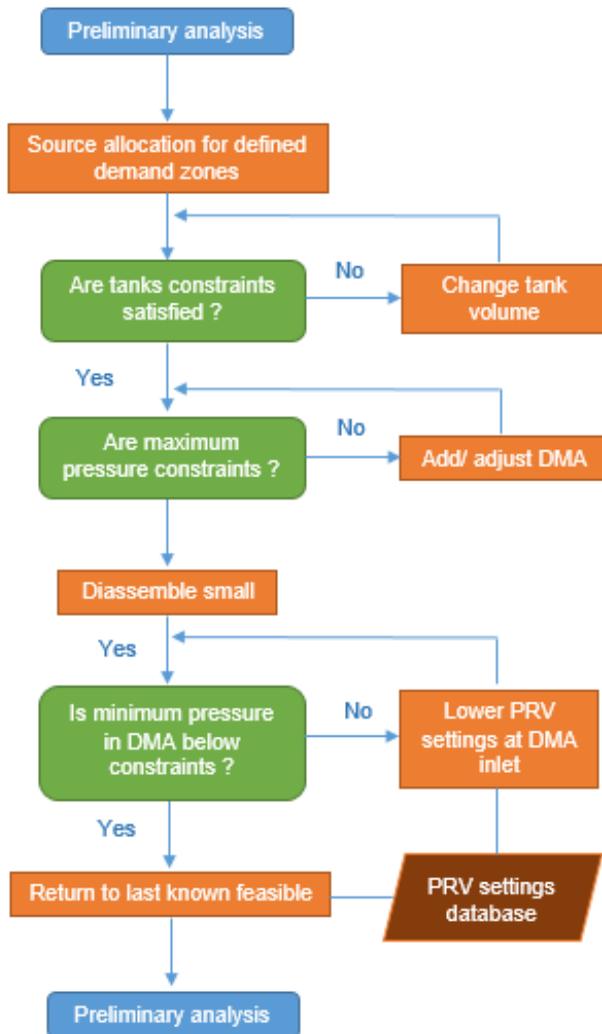
1. Analisis pendahuluan, dilakukan untuk menganalisis kondisi SPAM dan wilayah perencanaan untuk mengetahui permasalahan eksisting.
2. Alokasi pembagian jaringan menurut sumber air, pembagian jaringan distribusi menjadi zona pasokan sesuai dengan sumber atau *reservoir* tersedia. Pilihan yang lebih disukai yaitu, setiap zona permintaan akan dilayani oleh satu sumber air untuk menyederhanakan operasi. Sumber alternatif pada musim kemarau (dengan sistem pemompaan) akan dimasukkan dalam zona sebagai alternatif pasokan ke sumber utama.
3. Desain umum setiap zona (sumber dan tangki) terutama untuk memastikan bahwa sumber air mengalir melalui tangki untuk memungkinkan sumber beroperasi pada kapasitas penuh di musim kemarau;
4. Desain ukuran tangki: Volume penyimpanan ditambahkan di lokasi tangki di mana volume penyimpanan saat ini hampir habis (atau tangki meluap);
5. Desain umum zona DMA: DMA hanya diperkenalkan untuk mengatasi pelanggaran batasan tekanan untuk meminimalkan jumlah DMA;
6. Karena kotamadya memungkinkan 55 persimpangan permintaan untuk ditempatkan di luar DMA, DMA kecil dapat dibongkar untuk meningkatkan indeks kesamaan permintaan;

7. Desain detail pengaturan katup pengatur tekanan DMA: Pengaturan tekanan diturunkan di pintu masuk DMA sampai batas tekanan minimum terpenuhi di beberapa titik di DMA; dan
8. Operasi tangki fine-tuning: Volume tangki disesuaikan dan katup kontrol aliran pada lubang masuk tangki diatur untuk mematuhi batasan level minimum dan maksimum tangki, dengan demikian juga memastikan persyaratan level tangki periode akhir desain.

3.10.2.2 Metode PDAM Kota Malang

Pada PDAM Kota Malang perancangan DMA baru memiliki 5 tahapan sesuai (Haq dan Masduqi, 2014) yang diantaranya :

1. Pemilihan Lokasi
Dalam pemilihan dan penetapan lokasi perancangan ZAMP diperlukan lokasi yang memenuhi beberapa kriteria seperti sosial, teknis dan manajemen. Kriteria sosial meliputi ; dukungan pelanggan, tingkat pendapatan yang dapat menunjang pembiayaan, dan keluhan pelanggan relatif rendah, teknis meliputi ; jaringan pipa relatif baru, terdapat *AS Built Drawing*, terdapat aliran air 24 jam, tekanan mencukupi, dapat diisolasi, terdapat alternatif penyediaan air, kehilangan relatif rendah atau dapat ditekan, dan kualitas air minum, serta manajemen meliputi dukungan dari manajemen dan tersedia prosedur dan sistem *operation and maintenance* yang rekatif memadai.
2. Membentuk Jaringan Distribusi yang Dapat Terisolasi.
Pembentukan jaringan distribusi akan dibagi menjadi zona, sub zona, dan DMA yang akan melayani sekitar 2500-5000 pelanggan. Setiap zona, sub zona, dan DMA akan dilengkapi dengan meter air induk untuk mengetahui keluar dan masuknya air dan valve untuk menciptakan sistem jaringan distribusi yang dapat diisolasi, sehingga penanganan kehilangan air lebih mudah.
3. Penyediaan Air dan *Reservoir* untuk Memenuhi Kebutuhan Total Pelanggan dengan Aliran 24 Jam.



Gambar 3. 2 Proses Perencanaan DMA dengan Metode Multi Stage Design

Sumber : Salomons *et al.*, 2017

4. Menyediakan Fasilitas untuk Kemudahan Operasi
Fasilitas pendukung pada ZAMP adalah
 - Hydrant (1 hydrant / 750 SR)
 - Blow Off (1 BO / 2.000 SR)
 - Brant Kran (1BR / 200 SR)
 - Residual Chlorine Monitoring (1 RCM / 2.500)
5. Menyediakan Fasilitas Pengendalian Kualitas Air
Untuk mengendalikan kualitas air pada parameter sisa klor fasilitas yang digunakan untuk pengendalian kualitas adalah desinfeksi pada unit pengolahan, pos klorinasi pada *reservoir* dan distribusi.

3.10.2.3 Teknik Optimasi Desain DMA : *Trial and Error Approach*

Metode dalam mencari solusi untuk membentuk desain DMA terbaik terdiri atas pendekatan trial-and-error dan metode optimasi formal. Pada metode trial and eror, perencana yang telah memiliki pengalaman fokus pada pembentukan desain yang dianggap *cost-effective*. Dengan bantuan software hydraulic, perencana dapat menggunakan metode ini untuk menghasilkan beberapa solusi yang dapat dilaksanakan yang dapat memenuhi desain kriteria baru kemudian di ukur biayanya masing- masing untuk menentukan solusi yang paling *cost-effective*.

Namun, dalam sistem yang besar seperti tingkat kota metode ini memiliki batasan seperti permasalahan yang ada memiliki solusi penyelesaian yang berbeda-beda dengan jumlah alternatif solusi bergantung dari waktu dan finansial. Kemudian, perubahan yang dilakukan pada titik tertentu akan mempengaruhi titik lainnya dan menghasilkan sistem yang nonlinear sehingga sulit secara manual untuk mengetahui dan menghubungkan penyebab dan efeknya. Metode ini dapat sukses digunakan untuk memenuhi desain kriteria dengan batasan yang telah ditentukan seperti tekanan dan kecepatan, namun dapat gagal apabila memperhitungkan keuntungan dan biaya.

3.11 Analisis Tekanan pada Jaringan Distribusi DMA.

Pada sistem distribusi air minum tekanan minimum sebagai syarat adalah 1 bar atau 10 meter kolom air (mka), syarat

ini berlaku pada pipa sekunder dan tersier. Sedangkan sisa tekanan minimum pada ujung jalur distribusi air minum pada jalur pipa induk harus lebih besar dari 10 meter. Hal ini untuk menjaga ketersediaan air pada pelanggan terjauh (Riduan *et al.*, 2017). *American Water Works Association* merekomendasikan normal statis tekanan pada kisaran nilai 60 hingga 75 lb. Nilai ini akan memberikan keuntungan berupa menyuplai konsumsi normal untuk bangunan sampai setinggi 10 lantai, nilai efektif untuk otomatis sprinkler pada gedung empat hingga lima lantai, memperbolehkan pelayanan *hydrant* langsung pada *fire-hose stream* sehingga mempercepat penanganan kebakaran, dan margin yang lebih besar diizinkan dalam fluktuasi tekanan lokal untuk memenuhi draf yang tiba-tiba dan untuk mengimbangi kerugian karena penyumbatan sebagian atau panjang pipa servis (Steel, 1960).

Tekanan kerja maksimum dalam pipa, yaitu tekanan yang ada di dalam pipa primer, sekunder maupun tersier tidak boleh melampaui batas yang diijinkan untuk masing-masing jenis pipa dan ukurannya (Suyitno, 2008). Tekanan kerja pada sebuah pipa terdiri dari *eksternal loads* dan *internal loads*. Internal load diakibatkan oleh tekanan dari air di dalam pipa, dapat pula tekanan tambahan apabila terjadi *water hammer* saat pompa mati secara tiba-tiba atau *valve* yang ditutup secara tiba-tiba. *Water hammer* dapat di proteksi dengan menggunakan surge *tanks* atau valve dengan spesial desain. *Eksternal loads* pada pipa akibat benda yang ada di atasnya (Steel, 1960).

Pada sistem aliran pipa bertekanan, jumlah energi sepanjang titik awal dengan titik akhir adalah sama, tekanan energi ini akan berkurang akibat dari gaya gesek air dengan dinding permukaan pipa. Fenomena ini disebut kehilangan tekanan. Apabila tekanan terlalu rendah akan menyebabkan terjadinya kontaminasi pada sistem distribusi (Safii, 2012). Pokok permasalahan jaringan pipa dalam sistem penyediaan air bersih adalah kehilangan energi akibat gesekan sehingga optimisasi pada diameter jaringan distribusi dapat meminimasi biaya investasi jaringan dan minimasi beda nilai tinggi energi relatif pada setiap simpul layanan atau dapat mengurangi *range* nilai energi relatif (Saleh dan Anandy, 2017). Standar tingkat kehilangan air minimum adalah 20% (Rivai *et al.*, 2006). Tekanan pada jaringan distribusi

air minum memiliki kriteria tekanan yang diperbolehkan adalah 10 m. Dengan memprioritaskan bidang kebocoran tinggi dan untuk mengukur tingkat kenaikan kebocoran yang tidak dilaporkan (Fantozzi *et al.*, 2007). Pemantauan arus malam dapat memfasilitasi proses identifikasi dengan cepat dari kerusakan yang tidak dilaporkan, dan menyediakan data yang diperlukan untuk membuat penggunaan sumber kebocoran kebocoran yang paling efektif dari (Karadirek *et al.*, 2012).

3.12 Analisis Sisa Klor dengan *Tracer Constituent Test Method*

Dalam metode ini, senyawa ditambahkan pada sistem jaringan distribusi pada periode waktu tertentu. Perpindahan senyawa tersebut dalam sistem ditentukan dengan pengukuran konsentrasi pada waktu dan lokasi titik kunci pada jaringan distribusi air minum. Tracer test ini tak hanya dilakukan pada senyawa konservatif seperti flourida, kalsium klorida, natrium klorida, lithium klorida namun dapat pula bersamaan dengan studi kualitas air sehingga konstituen lain seperti sisa klor dapat diukur dalam waktu yang bersamaan. Dalam pelaksanaan tracer test dilakukan dengan tahap-tahap berikut (Methods *et al.*, 2003):

1. Sebelum memulai Tracer Test, direkomendasikan untuk mensimulasikan dalam bentuk model untuk menentukan perkiraan hasil tes. Hal ini dapat menentukan tempat dan waktu terbaik untuk sampling dan konsentrasi yang tepat sehingga dapat dengan mudah diukur dengan peralatan yang tersedia.
2. Eksperimen ini dapat dilakukan pada kondisi lingkungan yang
 - a. Senyawa *Tracer* diinjeksi pada sistem pada waktu yang telah ditentukan.
 - b. Senyawa yang sudah ada dalam sistem distribusi akibat penambahan dimatikan sementara.
 - c. Senyawa natural yang ada di sistem distribusi di *trace*.
3. Pada studi lapangan, senyawa pada sistem distribusi diukur pada lokasi yang telah ditentukan.

4. Dalam tes ini dibutuhkan data hidraulik seperti, ketinggian *tanki* air, operasi pompa, dan debit air. Data ini digunakan untuk kalibrasi dan proses validasi.

3.13 Program Water CAD

WaterCAD adalah perangkat lunak yang dapat memodelkan jaringan distribusi eksisting maupun rencana dalam sebuah perencanaan sistem distribusi air minum. Software ini memodelkan dan mengelola distribusi air. Dapat digunakan untuk menganalisis distribusi air dari jaringan pada aliran tetap dengan menggunakan pompa, tangki, dan pintu pengontrol (katup). Selain itu, Water CAD memberikan tahapan atau periodisasi dari simulasi jaringan perpipaan erhadap adanya kebutuhan air maupun pemberian air yang fluktuatif. Dapat pula menunjukkan kualitas dari air yang didistribusikan dan mengkalkulasi adanya kehilangan dari suatu unsur kimia tertentu selama distribusi berlangsung dan melakukan analisa aliran saat kebakaran serta menunjukkan bagaimana perilaku jaringan perpipaan dalam kondisi ekstrim.

3.14 Penelitian Terdahulu

Daftar penelitian terdahulu terkait ZAMP PDAM Kota Malang, DMA, dan pengujian sisa klor dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Daftar Penelitian Terdahulu dan Penemuan

No.	Sumber	Judul	Temuan
1.	Bariqul Haq 2014	Sistem Distribusi Air Siap Minum PDAM Kota Malang : Studi Kasus Kecamatan Blimbing	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perencanaan ZAMP PDAM Kota Malang untuk memenuhi parameter kuantitas, kontinuitas, dan kualitas. 2. Penurunan sisa klor Kecamatan Blimbing rata-rata penurunannya 0,000184. 3. Kualitas air terproduksi dijaga dengan pemantauan

No.	Sumber	Judul	Temuan
			berkala melalui analisis laboratorium.
2.	Rona Rofida2018	Pemetaan Kualitas Air Siap Minum PDAM Kota Malang	<ol style="list-style-type: none"> 1. 85% ZAMP sudah memenuhi kriteria kualitas air minum. 2. 51% DMA ber katagori siap minum. 3. Apabila terdapat sisa klor maka tidak terdapat coliform dan jika tidak terdapat sisa klor maka ada kemungkinan terdapat coliform dalam sampel air.
3.	Widy Saparina2017	Penurunan Kehilangan Air di Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prosentase kehilangan air dapat ditekan hingga 11,3% 2. Strategi yang dilakukan dengan melakukan penggantian pipa atau rehabilitasi pipa, pemasangan PRV pada DMA yang memiliki tekanan tinggi, memperbaiki manajemen aset, penyesuaian nilai pH air dengan langelier index 7,67 pada <i>reservoir</i> Tlogimas I dan 7,49 pada

No.	Sumber	Judul	Temuan
			<i>reservoir</i> Tlogomas 1 agar tidak bersifat korosif maupun kerak.
4.	Elad Solomons2017 Olya Skulovich Avi Ostfeld	Battle of Water Networks DMAs : Multistage Design Approach	1. Desain DMA dengan metode <i>Multi-Stage Design Approach</i> .
5.	M. Fantozzi2007	Experience and Results Achieved in Introducing District Metered Areas and Pressure Management Areas (PMA) at Enia Utility (Italy)	1. Penggunaan software dapat meningkatkan kecepatan aplikasi metode.
6.	Fahir Hassan2014	Perencanaan Zona Air Minum Prima (ZAMP) PDAM Kota Malang di Kecamatan Sukun	1. Pengujian sisa klor pada jaringan distribusi menggunakan metode tracing method dan perhitungan koefisien penurunan sisa klor kemudian pemodelan dilakukan dengan software EPANET.

'Halaman sengaja dikosongkan"

BAB IV METODE PERENCANAAN

Metode perencanaan disusun untuk mendata langkah-langkah perencanaan sehingga dapat mengarahkan pelaksanaan perencanaan. Perencanaan peningkatan kualitas air minum Zona Supit Urang 2 PDAM Kota Malang bertujuan untuk meningkatkan kualitas air minum pada wilayah pelayanan ZAMP.

4.1 Kerangka Perencanaan

Perencanaan ini didasarkan pada perbedaan antara kondisi eksisting dan kondisi ideal ditambah dengan adanya potensi peningkatan jumlah penduduk dan pengembangan Kota Malang di masa depan sehingga dapat menentukan rumusan masalah, tujuan perencanaan, pengumpulan data, analisis data, serta pembahasan dan perencanaan yang kemudian akan didapatkan kesimpulan dan saran dalam perencanaan ini. Kerangka perencanaan dibentuk untuk mempermudah penulis dalam menuturkan langkah-langkah pelaksanaan perencanaan ini. Kerangka perencanaan pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.

4.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan teori, kondisi eksisting, serta *road map* perencanaan terdahulu terkait topik perencanaan ini sehingga dapat menjadi acuan dalam tugas akhir. Studi literatur digunakan dengan cara pencarian dari beberapa sumber literatur yang ada. Sumber tersebut dapat berupa jurnal, artikel, buku, peraturan, laporan tugas akhir maupun tesis. Hasil studi literatur dirangkum di dalam Bab 2 dan Bab 3 pada penelitian ini dengan membagi antara gambaran umum wilayah dengan tinjauan pustaka.

4.3 Persiapan

Tahap persiapan ini dilakukan untuk mempersiapkan segala keperluan pengambilan data awal untuk perencanaan yang terdiri dari:

- a. Pembuatan Proposal Pengajuan ke Pihak PDAM

Penyusunan proposal awal untuk mengajukan izin ke pihak PDAM. Izin yang nantinya didapatkan akan memberikan akses untuk data-data gambaran umum perencanaan awal.

- b. Pembuatan perizinan surat ke dinas dan badan setingkat daerah untuk mencari data.

4.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada perencanaan ini dilakukan dengan dua cara, yaitu pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder. Data primer adalah data yang didapatkan langsung dari lapangan melalui penelitian, pengamatan, analisis laboratorium, dan *survey* atau wawancara. Sedangkan data sekunder merupakan data yang didapatkan dari studi literatur, penelitian terdahulu, maupun dari instansi terkait.

4.4.1 Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan *survey* pada lokasi perencanaan secara langsung pada wilayah pelayanan PDAM dengan pelayanan ZAMP dan nonZAMP. Data primer yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah

- a. Kuisisioner Pelanggan PDAM
Pengumpulan data ini dilaksanakan untuk mengetahui pelayanan air minum dari segi kuantitas, kualitas, kontinuitas, dan harga sebagai data awal analisis dan identifikasi masalah yang ada di lapangan sebagai *input* peningkatan pelayanan yang direncanakan sehingga dapat menentukan pelayanan seperti apa yang perlu ditingkatkan. Responden kuisisioner ini berasal dari DMA yang dioptimalisasi dan perencanaan DMA baru.
- b. Uji Tekanan dengan Alat Barometer
Pengumpulan data ini dilaksanakan untuk mengetahui nilai tekanan pada titik terjauh pelanggan dan titik tertinggi untuk analisis pemenuhan tekanan.

4.4.2 Data Sekunder

Data sekunder yang menunjang perencanaan ini adalah :

- a. Peta pelayanan Zonasi dan DMA PDAM Kota Malang.
- b. Peta jaringan distribusi.
- c. Data debit, tekanan, dan sisa klor pada jaringan distribusi.
- d. Kebutuhan air pelanggan.
- e. Fluktuasi pemakaian air pelanggan.

4.5 Analisis Data dan Pembahasan

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, langkah selanjutnya adalah menganalisis data dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Analisis aspek sosial
Analisis aspek sosial dilakukan melalui penyebaran kuisioner terlebih dahulu kepada wilayah pelanggan Zona Supit Urang 2. Analisis data sosial masyarakat yang dilakukan adalah :
 - Analisis kondisi eksisting pelayanan penyediaan air minum pada pelanggan PDAM.
 - Identifikasi masalah penyediaan air minum pada pelanggan PDAM.
 - Membandingkan pelayanan PDAM pada titik penyebaran kuisioner.
- b. Analisis aspek teknis
Analisis aspek teknis dilakukan berdasarkan pada data-data primer dan sekunder yang telah didapatkan. Analisis data teknis yang dilakukan:
 - Analisis kondisi kualitas air minum parameter sisa klor.
 - Analisis tekanan pada jaringan distribusi pada DMA eksisting.
 - Identifikasi permasalahan pemenuhan parameter sisa klor dan tekanan.
 - Analisis tekanan pada jaringan distribusi pada tahun 2028.

- Analisis sisa klor pada jaringan distribusi pada tahun 2028.

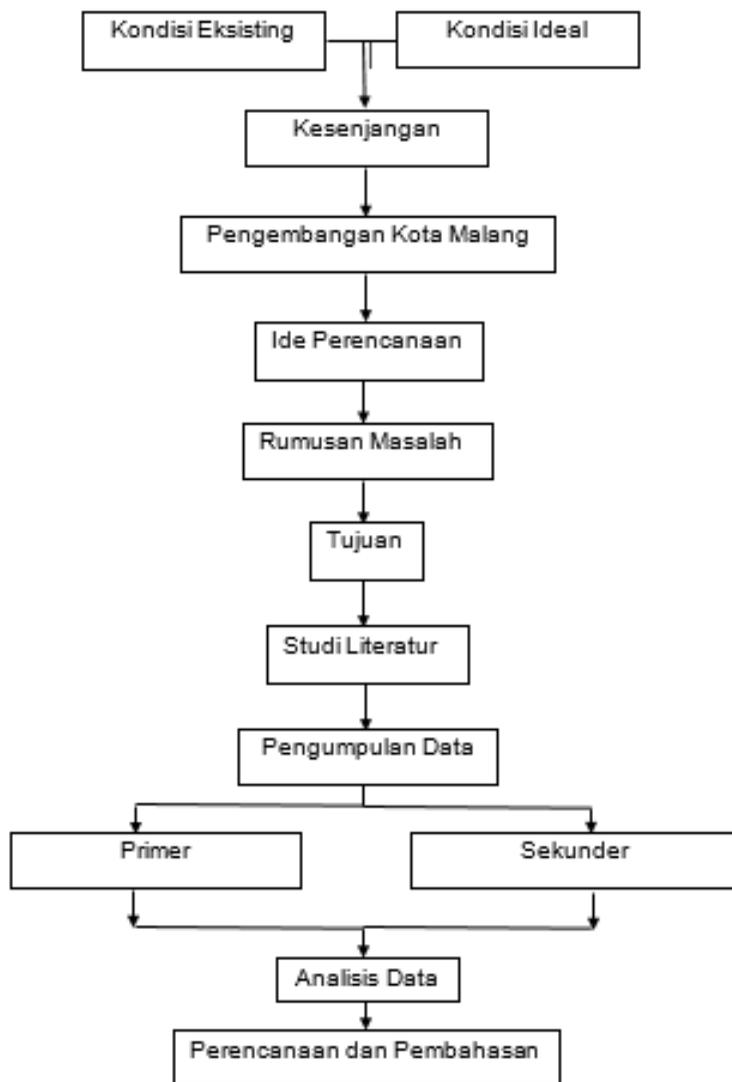
4.6 Perencanaan

Perencanaan utama yang akan dilaksanakan ada 3 yaitu peningkatan kualitas air minum dengan optimalisasi DMA yang telah terbentuk dan peningkatan kuantitas pelayanan air minum. Masing – masing perencanaan memiliki tahapan sebagai berikut

1. Peningkatan Kualitas Air Minum DMA Terbentuk.
 - a. Pemodelan dengan WaterCAD untuk mengevaluasi kondisi tekanan dan sisa klor sesuai atau tidak dengan standar kualitas ZAMP dengan tekanan 1 bar dan sisa klor minimum 0,2 mg/L.
 - b. Peningkatan kualitas parameter tekanan dan sisa klor dengan penambahan perangkat alternatif seperti pompa, elevated tank, dan reklorinasi menyesuaikan dengan permasalahan eksisting.
2. Peningkatan Kuantitas dan Kualitas Air Minum.
 - a. Proyeksi penduduk.
 - b. Perhitungan kebutuhan air minum.
 - c. Pemodelan kualitas air parameter tekanan dan sisa klor pada tahun rencana sesuai atau tidak dengan standar kualitas ZAMP dengan tekanan 1 bar dan sisa klor minimum 0,2 mg/L.
 - d. Evaluasi kualitas air minum pada tahun rencana
 - e. Peningkatan kualitas parameter tekanan dan sisa klor penambahan perangkat alternatif seperti pompa, elevated tank, dan reklorinasi menyesuaikan dengan permasalahan eksisting.

4.7 Kesimpulan dan Saran

Hasil analisis data yang dibahas dan perencanaan yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang dibuat merupakan ringkasan dari hasil penelitian yang dapat menjawab tujuan dari penelitian ini.



Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Kondisi Eksisting Sistem Penyediaan Air Minum Zona Supit Urang 2

Zona Supit Urang terdiri dari 3 DMA dengan 1 *reservoir* dan 1 *tank*. Pelanggan yang tercatat berlangganan adalah 3193 sambungan rumah. Zona ini terdiri dari 3 kelurahan yaitu Kelurahan Bandungerjosari, Bakalan Krajan, dan Mulyorejo dengan total penduduk adalah 54.983 jiwa (Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2018). Persen pelayanan air minum pada zona ini adalah 19,3% dengan 3193 SR apabila diasumsikan jumlah jiwa per sambungan meter adalah 4 jiwa per rumah (Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2018).

5.1.1 Kualitas Air Parameter Tekanan

Identifikasi nilai tekanan pada pelanggan dilakukan melalui sampling tekanan dengan barometer. Pada tiga DMA direncanakan titik sampling sebanyak enam belas titik. Jumlah ini telah menyesuaikan dengan PERMENKES No. 736/ MENKES/ PER/ VI/2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum yang mewajibkan jumlah sampel yang perlu diambil pada parameter sisa klor satu per 5000 penduduk pada katagori < 5000 – 100.000 penduduk. Sehingga, dengan total 3193 sambungan rumah dengan jumlah jiwa per sambungan meter adalah 4 jiwa per rumah sesuai BPS tahun 2018 maka jumlah jiwa terlayani adalah 13.410,6 jiwa dengan minimal tiga titik sampling yang diuji. Tiga belas titik sampling lainnya diambil sebagai titik pantau tambahan yang terdiri dari titik elevasi tertinggi, terendah, terjauh, dan meter induk. Letak titik sampling ditentukan melalui metode *purposive sampling* untuk mengetahui nilai dan perubahan tekanan yang terjadi dengan membandingkan jarak dan elevasi sehingga titik yang diambil merupakan titik terjauh dan titik tertinggi. Titik sampling dapat dilihat pada Gambar 5.1.

Tabel 5.1. menunjukkan lima titik dari enam belas titik tidak sesuai dengan kriteria tekanan minimum satu bar pada pelanggan. Titik sampling 4 merupakan meter induk yang telah terpasang *pressure reducing valve* sehingga terjadi penurunan tekanan.

Pada titik 2 memiliki nilai sisa tekan 1,5 bar kemudian turun hingga 0,5 bar pada titik 4. Namun, akibat elevasi yang semakin menurun dari 444 m ke 442 m pada daerah tersebut pelanggan terjauh tetap tercapai 1,2 bar. Titik 7 dan 8 merupakan titik terjauh dari jaringan distribusi Zona Supit Urang 2. Titik 10 merupakan titik dengan elevasi tertinggi dengan ketinggian 463 m dan disebut pula titik kritis. Titik dengan elevasi tinggi memerlukan tekanan tambahan t. Jaringan distribusi mengalami kekurangan tekanan pada titik elevasi tinggi dan terjauh. Hal ini juga menunjukkan jaringan distribusi belum memenuhi standar parameter tekanan.

Tabel 5. 1 Hasil Sampling Tekanan

No. Sampling	Tekanan	Debit	Elevasi	Ket.
	bar	l/s	m	
1	1	17	469	meter induk
2	1,5	-	447	titik terjauh
3	2,7	-	425	titik terjauh
4	0,5	-	444	meter induk
5	1,2	-	442	titik terjauh
6	1,4	8,6	446	meter induk
7	0,8	-	428	titik terjauh
8	0,9	-	414	titik terjauh
9	1,4	-	451	elevasi tinggi
10	0,95	-	463	elevasi tinggi
11	0,9	-	438	-
12	1,1	-	433	-
13	1,3	-	425	-
14	1,3	-	434	-
15	2,3	-	443	-
16	1,2	-	442	-

"Halaman sengaja dikosongkan"



Zona Supit Urang 2



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

JUDUL TUGAS AKHIR
Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR
Titik Sampling Kuisioner, Sisa Klor, dan Tekanan
Zona Supit Urang 2

MAHASISWA
Latonia Nur Adyanis
032115100115

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl, SE., M.Sc., Ph.D

Legenda

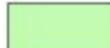
● Titik Sampling

— Pipa Air Minum

District Metered Area

DMA_NAMA

 SUPIT URANG 2

 SUPIT URANG 2A

 SUPIT URANG 2B

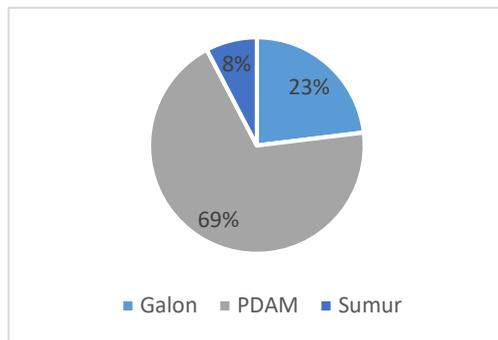
NO. GAMBAR
5.1

SKALA GAMBAR
1:20.000

"Halaman sengaja dikosongkan"

5.1.2 Kualitas Air di Pelanggan

Hasil dari kuisioner pada tiga belas titik sampling pelanggan menunjukkan bahwa kualitas air minum di pelanggan memuaskan. Air memiliki kualitas yang baik dengan air yang tidak berwarna dan tidak berbau. Pasokan air pun selalu tersedia selama 24 jam pada kondisi musim kemarau maupun musim hujan. Hanya titik sampling 11 yang memiliki kualitas air dengan sisa klor berlebih sehingga pada kondisi tertentu memiliki bau klor menyengat dan berwarna putih sehingga penggunaan air untuk konsumsi dilakukan melalui proses pengendapan terlebih dahulu. Seluruh pelanggan pada titik sampling tidak menggunakan tandon.



Gambar 5. 2 Pilihan Konsumsi Air Minum Pelanggan

Pilihan konsumsi air minum pada pelanggan terdiri dari air galon kemasan, sumur, dan air PDAM sesuai Gambar 5.2. Sebanyak 23% pelanggan menggunakan air galon akibat faktor kemudahan, keamanan, dan kesehatan, 8% menggunakan air sumur yang dimasak dengan faktor harga air PDAM yang mahal, dan sisanya 69% pelanggan menggunakan air PDAM. Seluruh pelanggan PDAM menyatakan air PDAM belum layak untuk dikonsumsi secara langsung sehingga diperlukan proses pemanasan sebelum konsumsi . Pelanggan belum mengetahui program ZAMP namun sebanyak 85% pelanggan telah mengetahui bahwa air minum PDAM dapat langsung dikonsumsi. Pelanggan belum ada keinginan untuk konsumsi langsung akibat faktor kesehatan walaupun 100% pelanggan tidak memiliki riwayat

penyakit akibat konsumsi air minum PDAM. Masalah yang ditemukan pada pelanggan adalah ketidakpercayaan pelanggan terhadap produk air minum perpipaan PDAM Kota Malang dan budaya konsumsi air minum. Hal ini ditunjukkan dengan adanya pengetahuan mengenai air PDAM yang sudah layak konsumsi namun pelanggan tidak konsumsi secara langsung. Meningkatkan kualitas air minum menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap kelayakan konsumsi air PDAM.

5.2 Komputasi WaterCAD

Komputasi dilakukan untuk menganalisis parameter tekanan, flow, dan konsentrasi sisa klor. Data yang perlu dimasukkan kedalam WaterCAD adalah sebagai berikut,

1. Data pipa
Diameter, panjang, elevasi, dan material pipa.
2. Valves
Status koneksi, diameter, dan elevasi.
3. Billing
Demand.
4. Junction
Titik lokasi pelanggan, elevasi, saluran, dan demand.
5. *Reservoir*
Lokasi, elevasi dan jenis.

Data yang diperoleh dari PDAM Kota Malang tidak sesuai dengan format WaterCAD sehingga perlu dilakukan ekspor terlebih dahulu menggunakan fitur *model builder* dan *load builder* pada WaterCAD. Proses yang dilakukan pada fitur *model builder* dapat dilihat pada Gambar 5.4. Setelah itu, model akan muncul secara otomatis sesuai dengan file ArcGis yang di ekspor. Sebelum memulai komputasi diperlukan untuk melakukan validasi. Hal ini perlu diperhatikan karena akibat dari ekspor file yang berbeda tempat dapat mengakibatkan hasil yang kurang maksimal sehingga menghasilkan model dengan pipa, valve, dan junction yang tidak tersambung. Menyunting pipa dapat dilakukan dengan fitur *network navigator* untuk mengetahui elemen yang tidak terhubung. Batas wilayah DMA dimasukkan melalui fitur *background*. Total pipa, *valve*, *junction*, *reservoir*, dan *tank* pada Zona Supit Urang 2 secara berturut-turut adalah 15.882 *pipe*

section, 146 buah, 15.783 buah, 1 buah, dan 1 buah. Model jaringan yang telah di ekspor dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5. 3 Proses Eksport Data ArcGis ke WaterCAD

Tahap selanjutnya adalah memasukkan kebutuhan air minum pada *junction* dan pola pemakaian air minum tiap DMA. Memasukkan data *junction* yang berjumlah ribuan dapat dipermudah dengan fitur *load builder*. Contoh data kebutuhan air yang diterima oleh PDAM tertera pada Tabel 5.2. Penyesuaian unit pada WaterCAD dilakukan melalui konversi unit $m^3/bulan$ menjadi L/s. Data fluktuasi pemakaian penduduk menggunakan *pattern demand multiplier* pada setiap DMA, data ini diambil dari rekapitulasi kebutuhan air minum Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) PDAM Kota Malang. *Multiplier* dengan nilai tertinggi merupakan faktor puncak.

Tabel 5. 2 Data Kebutuhan Air Minum Per Sambungan

No Saluran	Demand (M ³ /Bulan)	Elevasi	DMA
176255	22	447	SPT 2
174890	22	445	SPT 2
160028	0	445	SPT 2
176306	1	445	SPT 2
156964	1	445	SPT 2
152565	41	444	SPT 2
164817	12	444	SPT 2
149800	34	443	SPT 2
166627	0	444	SPT 2
149798	0	444	SPT 2

$$\text{Demand Multiplier} = \frac{Q}{\bar{Q}} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

\bar{Q} = Debit Rata-Rata (L/s)

Q = Debit (L/s)

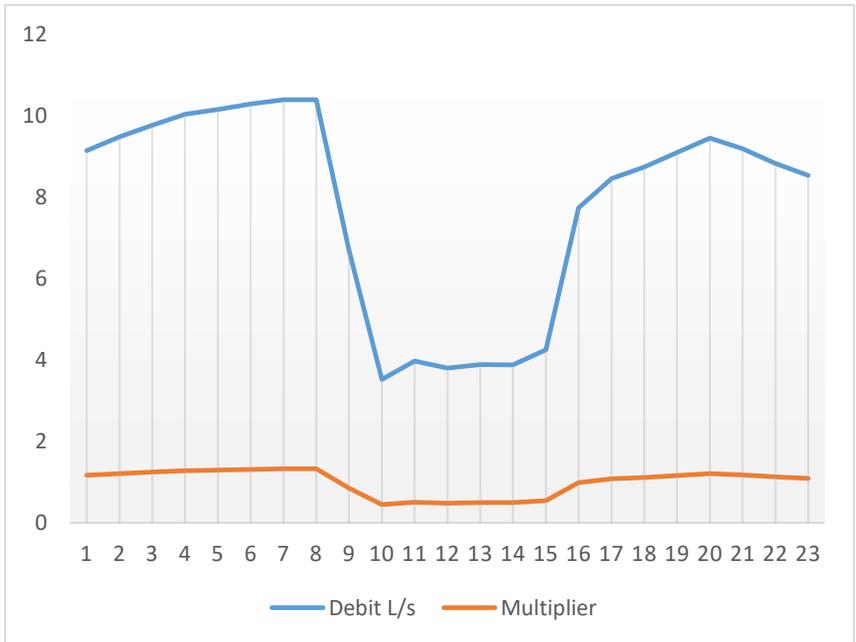
Pada Zona Supit Urang 2 memiliki 4 pola kebutuhan air minum yang dipergunakan oleh 3 DMA. Data pattern pada salah satu meter induk yang tercatat secara *real-time* pada waktu tertentu salah satu contohnya tertera pada Tabel 5.3 dengan fluktuasi yang digambarkan pada Gambar 5.4. Dalam menentukan nilai faktor multiplier dilakukan dengan rumus no 6. Setelah menghitung *multiplier*, data *multiplier* per jamnya dapat dimasukkan ke dalam fitur *demand control center*. Pola pemakaian air minum menunjukkan pemakaian air setiap harinya naik dari pukul 1 pagi hingga 8 pagi sebagai jam. Kemudian, pemakaian menurun secara drastis hingga pukul 10 pagi. Pada pukul 10 hingga pukul 3 sore pemakaian stabil dan kembali naik drastis pada pukul 4 sore dan 8 malam.

Dilakukan pula pemasangan data ketinggian air di *reservoir* untuk mengetahui kapasitas produksi air reservoir yang dialirkan ke 3 DMA dari pukul 00.00 hingga pukul 05.00 yang dapat dilihat pada Tabel 5.4. Setelah semua data dimasukkan, dilakukan validasi kembali untuk memastikan tidak ada data yang salah dan dimasukkan sesuai dengan prosedur WaterCAD. Apabila tidak ada kendala dalam proses validasi, komputasi dapat dilaksanakan. Adanya kebocoran pipa dengan nilai 25% pada Zona Supit Urang 2 perlu dimasukkan dalam *load builder* dengan faktor *multiplier* 1,25. Hasil komputasi dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan grafik hasil komputasi terkait *flow supplied*, *flow stored*, dan *flow demanded* dapat dilihat pada Gambar 5.5. *Flow supplied* memiliki nilai yang cenderung stabil tiap jamnya menyesuaikan outflow dengan reservoir. *Flow stored* menunjukkan jumlah air yang tersimpan di tank menyesuaikan dengan kebutuhan air minum dan kapasitas tank. Sedangkan, *flow demanded* merupakan jumlah kebutuhan air minum.

Tabel 5. 3 Tabel Pola Pemakaian Air Minum DMA Supit Urang 2

Waktu Pengecekan	Tekanan	Debit		Multiplier
	Bar	m ³ /jam	L/s	
2019-04-03 01:00:00	1,7	32,93	9,147222	1,170202
2019-04-03 02:00:00	1,9	34,14	9,483333	1,213201
2019-04-03 03:00:00	2	35,17	9,769444	1,249803
2019-04-03 04:00:00	2,1	36,14	10,03889	1,284273
2019-04-03 05:00:00	2,2	36,58	10,16111	1,299909

Sumber : PDAM Kota Malang, 2019



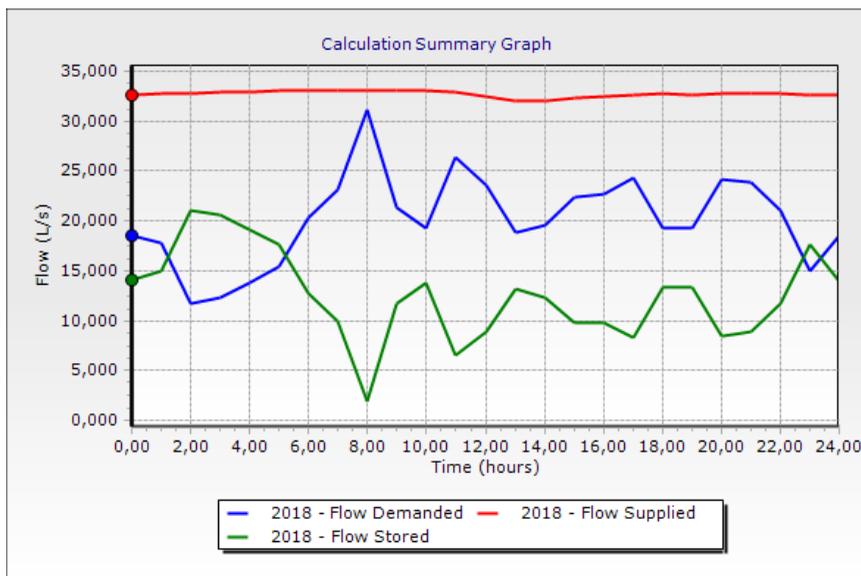
Gambar 5. 4 Fluktuasi Pemakaian Air Minum Zona Supit Urang 2

Sumber : PDAM Kota Malang, 2019

Tabel 5. 4 Ketinggian Air Pada *Reservoir*

Waktu Pengambilan Data	Level Air
	m
2019-05-06 00:00:00	2,6664
2019-05-06 01:00:00	2,5479
2019-05-06 02:00:00	2,6897
2019-05-06 03:00:00	2,8091
2019-05-06 04:00:00	2,846
2019-05-06 05:00:00	2,878

Sumber : PDAM Kota Malang, 2019



Gambar 5. 5 Grafik Fluktuasi Pemakaian Hasil Komputasi

Tabel 5. 5 Hasil Komputasi WaterCAD

Time	Flow Supplied	Flow Demanded	Flow Stored
	L/s	L/s	L/s
1	32,707	17,735	14,945
2	32,786	11,747	21,011
3	32,896	12,296	20,571
4	32,975	13,782	19,16
5	33,013	15,365	17,614
6	33,073	20,357	12,682
7	33,081	23,122	9,925
8	33,088	31,125	1,928
9	33,089	21,311	11,742
10	33,07	19,227	13,809
11	32,935	26,372	6,528
12	32,473	23,545	8,892
13	32,029	18,774	13,218
14	32,015	19,617	12,361
15	32,275	22,45	9,789
16	32,516	22,641	9,84
17	32,666	24,332	8,298
18	32,711	19,308	13,368
19	32,661	19,282	13,345
20	32,735	24,2	8,502
21	32,841	23,868	8,937
22	32,72	21,026	11,661
23	32,606	14,961	17,611
24	32,566	18,524	14,009

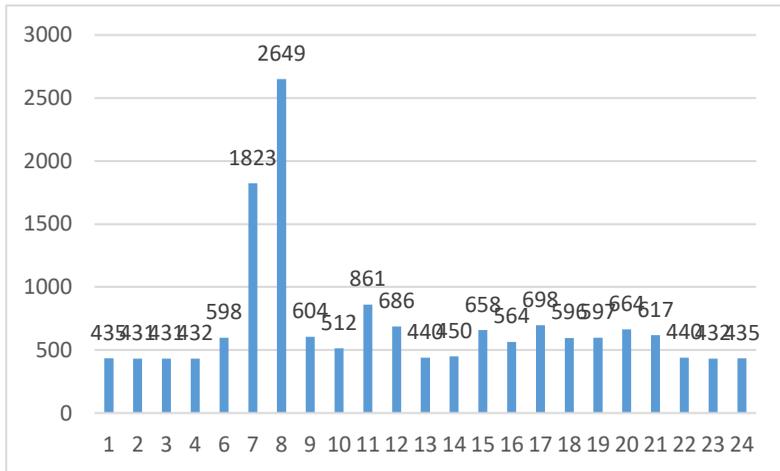
Pelaksanaan evaluasi jaringan distribusi eksisting perlu dilakukan pemindaian terlebih dahulu terkait permasalahan yang kemungkinan timbul terkait parameter tekanan dan sisa klor.

Permasalahan pertama diakibatkan oleh penggunaan pemodelan, perbedaan antara kondisi eksisting dengan model pada software WaterCAD terkait tekanan dan sisa klor sehingga hasil dari pemodelan merupakan prakiraan. Masalah lainnya yaitu Kota Malang memiliki topologi pegunungan dengan elevasi tidak teratur sedangkan kondisi tekanan dan sisa klor sangat bergantung pada kondisi topologi ini. Masalah ini terlihat pada hasil sampling tekanan yang menunjukkan perbedaan yang bervariasi bergantung pada elevasi titik sampling. Permasalahan terkait parameter sisa klor yang dapat terjadi adalah ketersediaan sisa klor di tengah jalur distribusi dan di akhir jalur distribusi. Ketersediaan ini juga mempengaruhi kebutuhan injeksi sisa klor. Dalam kondisi tertentu pula bakteri seperti E.Coli dapat mengalami proses pertumbuhan kembali walaupun dalam konsentrasi sisa klor minimum yaitu 0,2 mg/l.

5.2.1 Pemodelan Kualitas Air Minum Parameter Tekanan

Pemodelan parameter tekanan dilakukan menggunakan software WaterCAD. Hasil dari pemodelan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.6. Grafik menunjukkan adanya perubahan nilai tekanan setiap jamnya. Pukul 8 pagi merupakan jam puncak pemakaian air dan memiliki tekanan kurang dari 1 bar terbanyak. Kurangnya tekanan karena pemakaian air yang tinggi. Letak titik pada elevasi tinggi atau titik kritis dapat dijadikan indikator peningkatan kualitas air minum untuk memperbaiki kualitas tekanan hingga minimum 1 bar. Pemodelan menghasilkan jumlah titik dengan nilai tekanan dibawah 1 bar pada jam puncak sejumlah 2649 titik. Selain jam puncak, kekurangan tekanan setiap jamnya terjadi pada titik kritis DMA Supit Urang 2 dengan ketinggian pada 463 m dan memiliki perbedaan ketinggian 5 meter dari jaringan distribusi utama. Pada titik terujung di DMA Supit Urang 2B dan 2 tidak mengalami permasalahan tekanan karena elevasi terus menurun seiring dengan jalur distribusi. Pada DMA Supit Urang 2 memiliki permasalahan tekanan diakibatkan elevasi yang naik

turun dan menyebabkan sisa tekan tidak stabil dan meningkatkan resiko sisa tekan dibawah standar.



Gambar 5. 6 Jumlah Junction dengan Sisa Tekan di Bawah 1 bar

5.2.3 Pemodelan Kualitas Air Minum Parameter Sisa Klor

Pada pemodelan proses klorinasi pada *reservoir* Sumur Bor Supit Urang 2 menggunakan konsentrasi klor sebanyak 1 mg/l sesuai dengan ketentuan PERMENKES No. 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum bahwa injeksi maksimum air yang didistribusikan dari reservoir adalah 1 mg/L. Penurunan sisa klor dalam pipa dipengaruhi oleh tiga komponen yaitu *chlor diffusivity*, *pipe wall demand constant*, dan *bulk rate constant*. *Chlor diffusivity* adalah koefisien klor untuk berdifusi dengan air dalam sebuah ruang dalam temperatur tertentu, pada 25°C konstanta difusi klor adalah $1,208 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ (Tang dan Sandall, 1985). *Pipe wall demand* adalah reaksi yang terjadi di dalam pipa antara material pipa, zat yang terkandung dalam air, biofilm dan serpihan kecil (Al-Jasser, 2006). *Bulk constant* adalah konstanta reaksi zat dengan kuantitas air dalam jumlah besar. Walaupun K_b (*bulk constant*) dan K_w (*pipe wall constant*) berbeda-beda setiap pipanya, namun dalam sebuah

permodelan akan dibuat konstan. Sehingga, variasi perubahan konsentrasi pada titik yang berbeda dalam jaringan distribusi hanya terjadi akibat perbedaan konsentrasi klor, diameter pipa, dan kecepatan air (Rossman *et al.*, 2009). Konstanta yang digunakan pada pemodelan merupakan konstanta orde satu dikarenakan konstanta orde nol lebih cocok untuk digunakan pada pipa dengan material besi sedangkan orde satu lebih cocok untuk digunakan pada pipa material plastik. Penelitian dalam menentukan nilai K_b di botol reaksi dan K_w berbagai jenis pipa dan umur pipa didapatkan rata-rata nilai K_b adalah $0,28 \text{ hari}^{-1}$ (Al-Jasser, 2006). Nilai K_w pada jaringan perpipaan Kecamatan Sukun adalah $0,00027 \text{ hari}^{-1}$ (Hassan, 2014). Injeksi dimodelkan mulai pada jam ke-0 dan berakhir pada jam ke-48, hal ini dilakukan karena dibutuhkan waktu 24 jam untuk klor mengisi seluruh pipa (Steel, 1960). Sedangkan pengecekan dilakukan pada jam ke-26 dan jam ke-32 sebagai jam minimum dan maksimum. Hasil dari pemodelan, terdapat 1818 titik pada jam ke-26 dan 1374 titik pada jam ke-32 yang memiliki konsentrasi sisa klor dibawah $0,2 \text{ mg/L}$.

5.3 Proyeksi Penduduk Metode Komponen

Metode komponen merupakan salah satu metode proyeksi penduduk yang memiliki tingkat akurasi tinggi dengan memperhitungkan komponen kependudukan seperti kelahiran, kematian dan migrasi (Badan Pusat Statistik, 2010). Dalam memperhitungkan metode ini diperlukan beberapa data seperti jumlah penduduk awal proyeksi dibagi dengan kelompok umur dan jenis kelamin, TFR (*Total Fertility Rate*), ASFR (*Age Specific Fertility Rates*), angka harapan hidup, rasio jenis kelamin saat kelahiran, dan migrasi. Data ini kemudian diolah menggunakan *software* Spectrum : Demproj, *software* yang dibentuk oleh UNDP (*United Nations Development Programme*) untuk memperhitungkan proyeksi penduduk dan memodelkan kebijakan terkait kependudukan dan penurunan penyakit seperti HIV AIDS, tuberkulosis, dan malaria.

Jumlah penduduk awal proyeksi dibagi dengan kelompok umur dan jenis kelamin dengan rentang kelompok umur 5 tahun sebagai data proyeksi tahun awal. Data dapat dilihat pada Tabel 5.6. *Total Fertility Rate* (TFR) adalah tingkat jumlah kelahiran pada

satu wanita di suatu wilayah. Angka harapan hidup adalah umur harapan hidup rata-rata disuatu area. Nilai TFR, proyeksi nilai TFR, angka harapan hidup, dan proyeksi angka harapan hidup didapatkan melalui proyeksi elemen proyeksi penduduk metode komponen di Jawa Timur (Badan Pusat Statistik, 2010). Data ini berbentuk proyeksi per 5 tahun sehingga penentuan angka TFR dapat dilakukan dengan interpolasi nilai TFR dan e_0 hasil interpolasi tertera pada Tabel 5.8. Pada elemen *Sex Ratio at Birth* mempergunakan asumsi pada tahun-tahun proyeksi kedepannya memiliki rasio jenis kelamin yang sama dengan tahun awal proyeksi yaitu 98,72 laki-laki/ 100 perempuan.

Tabel 5. 6 Jumlah Penduduk Tahun 2018

No.	Umur	Laki-laki	Perempuan	Total
1	0-4	7876	7346	15222
2	5-9	7416	7280	14696
3	10-14	7130	7067	14197
4	15-19	8172	8646	16818
5	20-24	10711	9585	20296
6	25-29	8619	8172	16791
7	30-34	7841	7697	15538
8	35-39	7199	7268	14467
9	40-44	6903	7421	14324
10	45-49	6178	6821	12999
11	50-54	5635	6082	11717
12	55-59	4511	4608	9119
13	60-64	3101	3049	6150
14	65-69	1988	2307	4295
15	70-74	1338	1613	2951
16	75+	1234	2137	3371
Total		95852	97099	192951

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2018

Tabel 5. 7 Proyeksi Angka TFR dan Angka Harapan Hidup

No.	Range Tahun	TFR	e0
1	2010 - 2015	2,012	70,1
2	2015 - 2020	1,946	70,8
3	2020 - 2025	1,879	71,4
4	2025 - 2030	1,805	71,7
5	2030 -2035	1,733	72

Sumber : Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2013

Tabel 5. 8 Perhitungan Interpolasi Proyeksi Angka TFR dan e0

No	Tahun	TFR	e0 Laki-Laki	e0 Perempuan
1	2017	2,31	67,21	71,47
2	2018	2,20	67,35	71,66
3	2019	2,09	67,49	71,84
4	2020	1,99	67,62	72,02
5	2021	1,88	67,76	72,20
6	2022	1,93	67,89	72,38
7	2023	1,99	68,02	72,55
8	2024	2,04	68,14	72,72
9	2025	2,10	68,27	72,88
10	2026	2,15	68,39	73,04
11	2027	2,06	68,51	73,20
12	2028	1,98	68,62	73,36
13	2029	1,89	68,74	73,52
14	2030	1,81	68,85	73,68

Migrasi merupakan salah satu elemen proyeksi penduduk yang sangat berpengaruh terlebih pada kota metropolitan seperti Kota Malang. Data awal yang digunakan untuk perhitungan migrasi masuk dan migrasi keluar penduduk Kecamatan Sukun dapat

dilihat pada Tabel 5.9. Apabila terdapat data kosong dilakukan interpolasi menggunakan software Spectrum : Demproj. Untuk mengetahui jumlah migrasi masuk dan keluar pada tahun-tahun selanjutnya, dilakukan proyeksi jumlah migrasi masuk dan migrasi keluar dengan metode proyeksi aritmatika. Data *real* artinya didapatkan langsung dari sumber sedangkan data interpolasi artinya data tidak tersedia di sumber namun, untuk keperluan perhitungan dilakukan proses interpolasi sebagai data pelengkap. Migrasi masuk dan keluar akan diproyeksikan secara terpisah dengan memperhitungkan rata-rata pertumbuhan migrasi per tahun untuk perhitungan proyeksi metode aritmatik. Metode ini menggunakan rumus dibawah no. 6 dengan laju pertumbuhan penduduk dan hasil proyeksi dapat dilihat pada Tabel 5.10 hingga Tabel 5.11.

$$Pt = P0(1 + rt).....(6)$$

Pt = Jumlah penduduk tahun t

P₀ = Jumlah penduduk pada tahun dasar

r = laju pertumbuhan penduduk

t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

Tabel 5. 9 Data Awal Proyeksi Migrasi Penduduk

No.	Tahun	Migrasi Masuk	Migrasi Keluar	Total	Ket. Sumber
1	2009	2443	4188	-1745	<i>real</i>
2	2010	2310	4081	-1771	<i>real</i>
3	2011	3233	4396	-1163	<i>real</i>
4	2012	3777	4140	-363	interpolasi
5	2013	4321	3885	436	interpolasi
6	2014	4864	3629	1235	interpolasi
7	2015	5408	3347	2061	interpolasi
8	2016	5952	3118	2834	<i>real</i>

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2018

Tabel 5. 10 Perhitungan Laju Pertumbuhan Penduduk Migrasi Masuk

No.	Tahun	Migrasi Masuk	Pertumbuhan	
			Jiwa	Persen
1	2009	2443	-	-
2	2010	2310	-133	-5,44413
3	2011	3233	923	39,95671
4	2012	3777	544	16,82648
5	2013	4321	544	14,40297
6	2014	4864	543	12,56654
7	2015	5408	544	11,18421
8	2016	5952	544	10,05917
Jumlah			3509	-
Rata-rata pertumbuhan migrasi pertahun			501,2857	
Rata-rata persen pertumbuhan penduduk per tahun				14,22171

Tabel 5. 11 Perhitungan Laju Pertumbuhan Penduduk Migrasi Keluar

No.	Tahun	Migrasi Keluar	Pertumbuhan	
			Jiwa	Persen
1	2009	4188	-	-
2	2010	4081	-107	-2,55492
3	2011	4396	315	7,718696
4	2012	4140	-256	-5,82348
5	2013	3885	-255	-6,15942
6	2014	3629	-256	-6,58945
7	2015	3347	-282	-7,77074
8	2016	3118	-229	-6,84195
Jumlah				-1070
Rata-Rata Pertumbuhan Migrasi pertahun				-152,857
Rata-rata persen pertumbuhan penduduk per tahun				-4,00304

Tabel 5. 12 Hasil Proyeksi Migrasi Masuk Sesuai Jenis Kelamin

No.	Tahun	Masuk		Keluar		Total	
		L	P	L	P	L	P
1	2009	1457	986	2498	1690	-1041	-704
2	2010	1378	932	2434	1647	-1056	-715
3	2011	1928	1305	2622	1774	-694	-469
4	2012	2253	1524	2469	1671	-217	-146
5	2013	2577	1744	2317	1568	260	176
6	2014	2901	1963	2165	1464	737	498
7	2015	3226	2182	1996	1351	1229	832
8	2016	3550	2402	1860	1258	1690	1144
9	2017	4148	2806	1677	1135	2471	1672
10	2018	4447	3009	1586	1073	2861	1936
11	2019	4746	3211	1495	1011	3251	2199
12	2020	5045	3413	1404	950	3641	2463
13	2021	5344	3616	1313	888	4031	2727
14	2022	5643	3818	1222	826	4422	2991
15	2023	5942	4020	1130	765	4812	3255
16	2024	6241	4222	1039	703	5202	3519
17	2025	6540	4425	948	641	5592	3783
18	2026	6839	4627	857	580	5982	4047
19	2027	7138	4829	766	518	6373	4311
20	2028	7437	5032	675	456	6763	4575

5.3.1 Hasil Proyeksi Demproj : Spectrum Kecamatan Sukun

Hasil perhitungan proyeksi menunjukkan adanya penambahan penduduk tiap tahun hingga tahun 2028 sesuai dengan Gambar 5. 7 dan Tabel 5.13. Khusus untuk Zona Supit Urang 2 terdapat 3 Kelurahan yang masuk kedalam wilayah pelayanannya yaitu Kelurahan Bandungrejosari, Bakalankrajan,

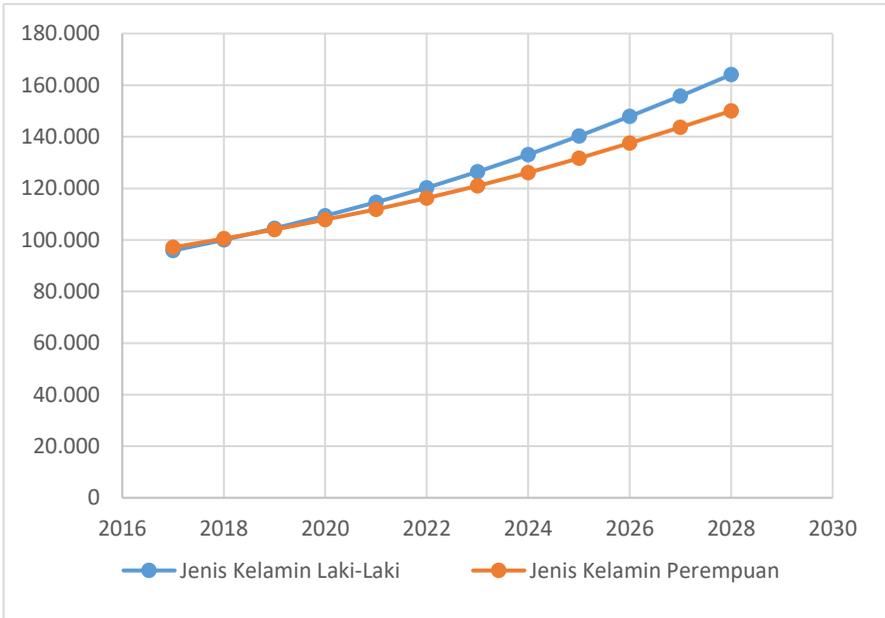
dan Mulyorejo sehingga diperlukan detail proyeksi penduduk khusus untuk wilayah tersebut. Perhitungan detail proyeksi penduduk dilakukan dengan perbandingan luas wilayah dan jumlah penduduk. Maka total penduduk pada Zona Supit Urang 2 tertera pada Tabel 5.14.

Tabel 5. 13 Hasil Perhitungan Software Demproj

No.	Tahun	Hasil Proyeksi
1	2017	192.951
2	2018	200.452
3	2019	208.516
4	2020	217.150
5	2021	226.328
6	2022	236.370
7	2023	247.278
8	2024	259.050
9	2025	271.690
10	2026	285.200
11	2027	299.242
12	2028	313.798

Tabel 5. 14 Jumlah Penduduk Per Wilayah Per Kelurahan Wilayah Pelayanan Zona Supit Urang 2

No.	Kelurahan	Luas Wilayah (%)	Jumlah Penduduk
1	Bandungrejosari	13,11	41139
2	Bakalan Krajan	8,49	26641
3	Mulyorejo	13,11	41139
Jumlah		34,71	108919



Gambar 5. 7 Progress Pertambahan Penduduk Kecamatan Sukun

5.3.2. Proyeksi Fasilitas

Perencanaan kebutuhan air untuk fasilitas pada zona pelayanan air minum ini hanya pada fasilitas pendidikan, kesehatan, dan peribadatan. Hal ini dikarenakan pada cakupan wilayah Zona Supit Urang 2 hanya terdapat fasilitas tersebut. Dalam memproyeksikan fasilitas selaras dengan *trend* pertumbuhan penduduk, hal ini dikarenakan apabila jumlah penduduk meningkat maka perlu adanya pemenuhan fasilitas yang dilaksanakan sebagai wujud pemenuhan kebutuhan dari peningkatan jumlah penduduk tersebut. Perhitungan proyeksi penduduk dilakukan dengan rumus rasio perbandingan sesuai dengan pedoman perencanaan lingkungan kota pada SNI 03-1733-2004 tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan. Khusus untuk proyeksi fasilitas pendidikan, karena untuk perhitungan kebutuhan air menggunakan unit jumlah murid sehingga perhitungan dikonversi menggunakan standar jumlah peserta didik pada tipe sekolah dan

tingkat pendidikan dan menggunakan sekolah Tipe A pada seluruh tingkat pendidikan. Data terkait konversi sekolah ke jumlah peserta didik dapat dilihat pada Tabel 5.15. Hasil proyeksi fasilitas pada Zona Supit Urang 2 dapat dilihat pada Tabel 5.16. Lebih lengkapnya proyeksi fasilitas per tahun dapat dilihat pada Lampiran 5. Hasil proyeksi menunjukkan pertambahan jumlah fasilitas, hal ini dikarenakan adanya pertumbuhan penduduk menuntut peningkatan fasilitas dari segi kuantitas untuk memfasilitasi kebutuhan dari penduduk.

Tabel 5. 15 Standar Jumlah Peserta Didik Berdasarkan Tingkat Pendidikan dan Tipe Sekolah

No.	Tingkat Pendidikan	Tipe Sekolah	Peserta Didik
1	SD/MI	Tipe A	480
		Tipe B	360
		Tipe C	240
2	SLTP/MTs	Tipe A	1080
		Tipe B	720
		Tipe C	360
3	SMU	Tipe A	1080
		Tipe B	720
		Tipe C	360

Sumber : SNI 03-1733-2004

Tabel 5. 16 Hasil Proyeksi Fasilitas Tahun 2018-2028

Jenis Fasilitas	Unit	2018	2028
Pendidikan	Murid	3777	5912
Peribadatan	Unit	48	75
Kesehatan	Unit	2	2

5.3.3 Kebutuhan Air Minum

Perhitungan kebutuhan air ini melingkupi 3 kelurahan dan dalam perhitungan kebutuhan air minum rencana menggunakan desain kriteria dari Ditjen Cipta Karya Pekerjaan Umum tahun 1996

begitu pula dengan nilai kebutuhan per unit sesuai pada Tabel 5.17. Standar pelayanan minimal untuk air minum adalah 60 l/orang.hari sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 1 Tahun 2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang. Angka kehilangan air pada Zona Supit Urang 2 adalah 25% pada tahun 2018 (PDAM Kota Malang, 2019) dan direncanakan penurunan angka kebocoran pipa hingga 20% pada tahun 2028 sesuai dengan minimal kebocoran pipa pada jaringan distribusi air minum yaitu 20% dengan rencana penurunan angka kebocoran pipa 1% tiap 2 tahun. Banyaknya jumlah jiwa per sambungan diasumsikan sama dengan nilai 4 jiwa/sambungan rumah (Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2018). Tidak ada kran umum atau hidran umum pada perencanaan kali ini karena dihilangkannya pelayanan hidran kebakaran oleh PDAM Kota Malang akibat banyaknya kasus pencurian air. Target capaian pelayanan menurut RPJMN pada tahun 2019 adalah 100%, namun mengingat saat ini capaian pelayanan saat ini pada Zona Supit Urang 2 hanya 19,3% sehingga peningkatan capaian pelayanan mengikuti Rencana Strategis Badan Peningkatan Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (BPPSPAM). Renstra ini merencanakan capaian pelayanan pada tahun 2019 adalah 60% dan terus naik hingga mencapai 100% pada tahun 2028.

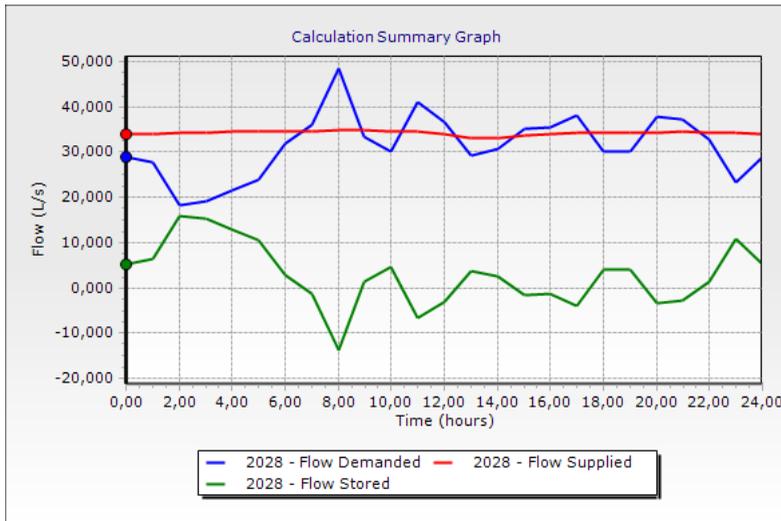
Hasil dari perhitungan kebutuhan air minum Kelurahan Bakalankrajan, Bandungrejosari, dan Mulyorejo pada tahun 2028 memiliki total pelanggan 33.218 jiwa dengan total pemakaian 31,58 L/detik dan total pemakaian rata-rata adalah 39,48 L/detik. Kenaikan pada jumlah pelanggan terhitung hingga 2,5 kali, total pemakaian hingga 1,8 kali, dan total pemakaian rata-rata hingga 2 kali. Kenaikan yang tinggi diakibatkan wilayah pelayanan pada tahun 2018 hanya 19,3% sedangkan target capaian harus 100% dengan tahapan peningkatan pada tahun 2019 mencapai 60%. *Demand multiplier* senilai 1,9 dimasukkan pada WaterCAD untuk memodelkan prakiraan perubahan kualitas jaringan distribusi parameter tekanan dan sisa klor serta perubahan kebutuhan air minum pada tahun 2028. Kebutuhan air minum hasil pemodelan dapat dilihat pada Tabel 5.18. Hasil komputasi pemodelan dengan fluktuasi per jamnya dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan grafik pada Gambar 5.8.

Tabel 5. 17 Nilai Kebutuhan Air Minum Tiap Sektor

No	Sektor	Nilai	Unit
1	Pendidikan	10	L/murid/hari
2	Kesehatan	2000	L/unit/hari
3	Peribadatan	3000	L/unit/hari

Tabel 5. 18 Hasil Perhitungan Proyeksi Kebutuhan Air Minum

Keterangan	Unit	2018	2028
Total Pelanggan	SR	12.978	33.218
Total Pemakaian	L/detik	17,7	31,58
Total Pemakaian Rata-Rata	L/detik	20,2	39,48



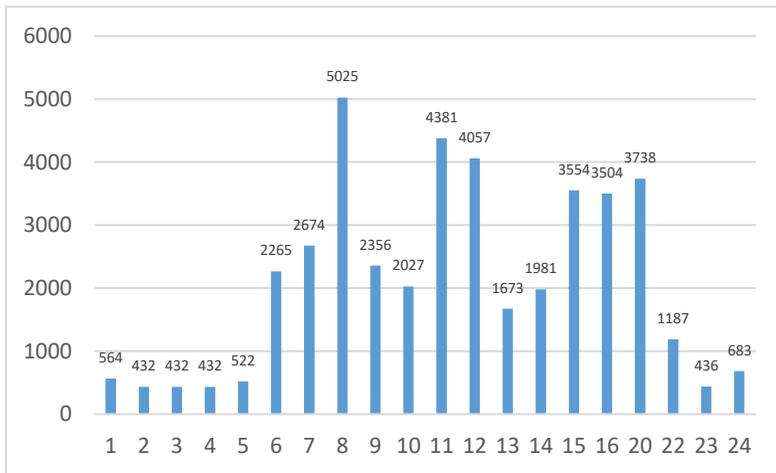
Gambar 5. 8 Fluktuasi Pemakaian Air Tahun 2028

Tabel 5. 19 Hasil Komputasi Pemodelan Kebutuhan Air Minum Tahun 2028

Time	Flow Supplied	Flow Demanded	Flow Stored
	L/s	L/s	L/s
1	34,096	27,692	6,359
2	34,224	18,342	15,84
3	34,398	19,2	15,159
4	34,526	21,521	12,967
5	34,591	23,992	10,56
6	34,69	31,787	2,864
7	34,712	36,105	-1,429
8	34,731	48,602	-13,906
9	34,742	33,278	1,43
10	34,721	30,023	4,665
11	34,528	41,18	-6,684
12	33,838	36,765	-2,961
13	33,174	29,316	3,824
14	33,161	30,631	2,498
15	33,565	35,056	-1,524
16	33,94	35,353	-1,447
17	34,176	37,995	-3,854
18	34,252	30,15	4,07
19	34,186	30,108	4,043
20	34,307	37,788	-3,514
21	34,475	37,269	-2,828
22	34,302	32,831	1,437
23	34,138	23,362	10,742
24	34,067	28,926	5,108

5.4 Pemodelan Prakiraan Zona Supit Urang 2 Tahun 2028

Naiknya pemakaian air minum pada tahun 2028 dapat menyebabkan perubahan kualitas air minum. Pemodelan prakiraan kondisi Zona Supit Urang 2 pada tahun 2028 diperlukan sebagai upaya peningkatan dan pemantauan kualitas air minum. Hasil pemodelan tekanan dengan debit kebutuhan air minum baru menghasilkan 5025 titik dengan tekanan dibawah 1 bar pada jam puncak. Sedangkan, pada pemakaian minimum jumlah titik dibawah 1 bar adalah 432 titik. Perubahan titik yang memiliki tekanan dibawah 1 bar tiap jamnya juga terjadi pada pemodelan tahun 2028 sehingga dapat disimpulkan jumlah debit mempengaruhi penurunan tekanan yang terjadi pada pipa sesuai pada grafik pada Gambar 5.9 . Daerah yang memiliki tekanan dibawah 1 bar terjadi pada hampir seluruh daerah pelayanan Zona Supit Urang 2 hanya terdapat wilayah di DMA Supit Urang 2B dengan elevasi 415 mdpl yang memiliki tekanan diatas 1 bar.



Gambar 5. 9 Jumlah Titik dengan Tekanan Dibawah 1 Bar Tahun 2028

Apabila parameter tekanan dibandingkan antara tahun 2018 dan tahun 2028 mengalami peningkatan titik dengan tekanan

dibawah 1 bar. Pada tahun 2018 hanya pada jam ke-7 dan jam ke-8 saja terjadi peningkatan titik tekanan dibawah standar. Namun, pada tahun 2028 terdapat 6 jam yaitu jam ke- 8, 11, 12,15,16, dan 20. Hal ini menunjukkan dengan bertambahnya debit yang didistribusikan maka berkurang pula sisa tekan pada jaringan. Hasil ini selaras dengan nilai debit yang mempengaruhi kecepatan air dalam pipa yang akan mempengaruhi *velocity head* dalam pipa bertekanan.

Pemodelan sisa klor pada Zona Supit Urang 2 pada tahun 2028 mempergunakan nilai K_b dan K_w yang sama. Injeksi sisa klor dilakukan pada *reservoir* dan *tank* sebanyak 1 mg/L. Reklorinasi hasil peningkatan kualitas tahun 2028 yang telah direncanakan dimasukkan kedalam pemodelan dengan nilai injeksi sisa klor yang sama. Hasil pemodelan sisa klor pada Zona Supit Urang 2 jam ke-26 dan jam ke-32 secara berturut-turut adalah 404 dan 342 titik yang memiliki nilai dibawah 0,2 mg/L.

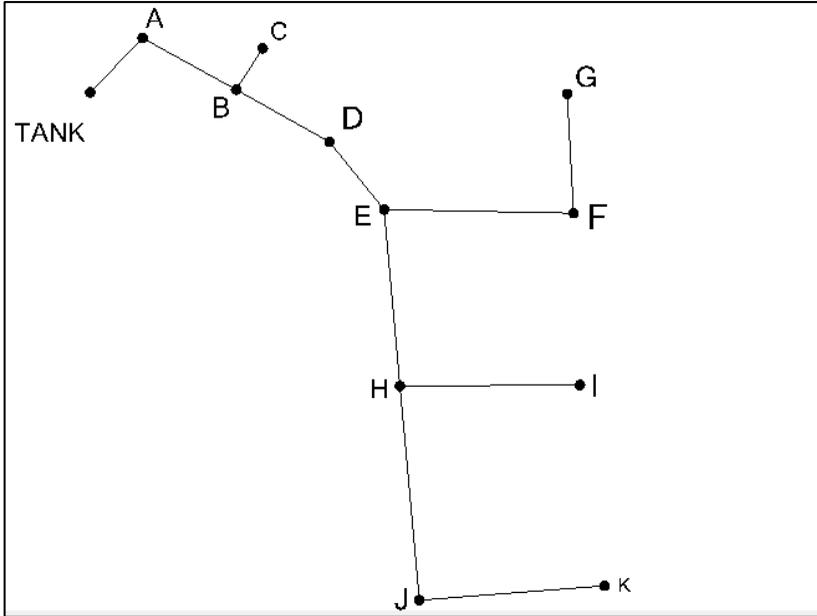
5.5 Rencana Peningkatan Kualitas Air Minum Tahun 2028

Peningkatan kualitas air minum tahun 2028 terdiri dari pengecekan keperluan perubahan diameter pipa dengan kebutuhan air minum tahun rencana, pemodelan sisa klor awal, dan pemodelan peningkatan kualitas sisa klor. Hasil pengecekan headloss pada pipa, keseluruhan pipa memiliki headloss dibawah 10 m sehingga redesain pipa belum diperlukan hingga tahun 2028.

5.5.1 Peningkatan Kualitas Parameter Tekanan

Peningkatan kualitas parameter tekanan dapat dilakukan melalui perhitungan kebutuhan tekanan. Jaringan perlu disederhanakan untuk mempermudah perhitungan sesuai pada Gambar 5.10. Rencana sisa tekan minimum adalah 1 bar. Dari data elevasi dapat direncanakan tekanan yang perlu ditambahkan dengan menjumlahkan kebutuhan tekanan berdasarkan elevasi. Titik kritis berada pada titik C sehingga dapat dijadikan indikator dan dihitung pertamakali, dengan ketinggian tertinggi ,yaitu 463 m. Titik B pada jaringan utama yang mendistribusikan air ke titik C hanya setinggi 458 m sedangkan dari titik tank ke titik A tidak menghasilkan sisa tekan sehingga titik C tidak dapat mencapai tekanan positif. Titik lainnya yang memiliki tekanan dibawah 1 bar adalah titik G dengan elevasi 449 m yang sebelumnya pada titik F

hanya memiliki elevasi 444 m. Sedangkan pada titik lain telah memiliki tekanan diatas satu bar seperti jaringan E-H-I dan E-H-J-K akibat memiliki elevasi yang terus menurun. Perhitungan dilakukan secara sederhana dengan memperkirakan head melalui perhitungan perbedaan elevasi sehingga dapat diketahui prakiraan tekanan yang dibutuhkan untuk mencapai 10 bar.



Gambar 5. 10 Hasil Penyederhanaan Jaringan Zona Supit Urang 2

Tabel 5. 20 Titik dan Elevasi Jaringan Zona Supit Urang 2

Titik	Elevasi (mdpl)	Titik	Elevasi (mdpl)
Tank	462	F	444
A	462	G	449
B	458	H	444
C	463	I	425
D	458	J	441
E	456	K	415

1. Kebutuhan tekanan titik kritis
 - Head = $(Z_{\text{Tank}} - Z_A) + (Z_A - Z_B) + (Z_B - Z_C)$
 - Head = $(0) + (2) + (-5)$
 - Head = -3 m
 - Tekanan min = 10 m
 - Kebutuhan Tekanan 13 m

2. Kebutuhan tekanan titik merah (titik G)
 - Head = $(Z_{\text{Tank}} - Z_A) + (Z_A - Z_B) + (Z_B - Z_D) + (Z_D - Z_E) + (Z_E - Z_F) + (Z_F - Z_G)$
 - Head = $(0) + (2) + (0) + (2) + (12) + (-5)$
 - Head = 11 m

Hasil dari perhitungan prakiraan kebutuhan tekanan pada titik kritis adalah 13 meter tanpa memperhitungkan *headloss mayor* dan *minor*. Sedangkan perhitungan tekanan pada titik merah (titik G) menunjukkan bahwa nilai sisa tekan tanpa memperhitungkan headloss mayor dan minor sebesar 11 m sehingga tidak diperlukan penambahan tekanan. Namun, hasil pemodelan pada WaterCAD menunjukkan wilayah ini berwarna merah dan membutuhkan tambahan tekanan hal ini dapat diakibatkan penurunan tekanan oleh *velocity head* dan *headloss minor*.

Kekurangan tekanan ini diselesaikan dengan menambahkan *elevated tank* pada tank Zona Supit Urang 2. Tank ini awalnya hanya sumur bor dengan reservoir berkapasitas 20 L/s. Penambahan elevated tank ini bertujuan untuk menambah sisa tekan pada jaringan distribusi dan stabilisasi kebutuhan air minum hingga tahun 2028 yang naik hingga 39 L/s. Perencanaan elevated tank dilakukan melalui pemodelan WaterCAD. Base elevation atau ketinggian tank direncanakan sesuai perhitungan total elevasi

tanah pada titik tank ditambah dengan kebutuhan tekanan pada titik kritis.

$$\begin{aligned}\text{Base Elevation} &= \text{Elevasi Tank} + \text{Kebutuhan Tekanan Titik Kritis} \\ &= 462 \text{ m} + 13 \text{ m} \\ &= 475 \text{ m}\end{aligned}$$

Base elevation yang diperlukan menurut hasil perhitungan adalah 475 m tanpa memperhitungkan headloss dalam pipa akibat kecepatan dan asesoris pipa. Pemodelan kemudian dilakukan dengan menaikkan base elevation, hasilnya dengan kebutuhan air minum tahun 2018 tekanan 1 bar dapat terpenuhi di seluruh jaringan distribusi. Setelah itu, uji coba base elevation dilakukan pada saat kebutuhan air minum tahun 2028. Pemodelan WaterCAD menunjukkan bahwa dengan base elevation 475 m tidak dapat meningkatkan sisa tekan hingga minimum 1 bar. Permasalahan ini tidak terjadi pada titik kritis melainkan terjadi pada titik G.

Pada perhitungan kebutuhan tekanan akibat perbedaan elevasi sebelumnya titik G tidak membutuhkan tekanan tambahan, nilai sisa tekan yang tidak lebih dari 1 bar ini dapat diakibatkan oleh turunnya energi tekanan akibat gesekan air dengan pipa, perubahan dimensi pipa, dan asesoris dalam pipa. Hasil pemodelan menunjukkan base elevation yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tekanan diatas 1 bar adalah 489 m sehingga tinggi elevated tank yang dibutuhkan adalah 27 m. Kapasitas elevated reservoir ditentukan dengan memperhitungkan demand dan supply air minum pada tahun 2028 guna pemenuhan dan stabilisasi penyediaan air minum pada tahun rencana. Kebutuhan air minum maksimum dan rata-rata pada tahun 2028 secara berturut-turut adalah 30,1 L/s dan 20,21 L/s.

Perhitungan kapasitas dilakukan dengan memperhitungkan nilai surplus dan defisit untuk menentukan volume yang tersimpan dalam reservoir guna menyediakan air saat jam puncak dan menyimpan air saat jam minimum. Hasil perhitungan faktor surplus dan defisit pada kebutuhan air minum tahun 2028 dapat dilihat pada Tabel 5.21. Perhitungan menghasilkan nilai persentase kebutuhan surplus dan defisit adalah 2%. Nilai ini kemudian dimasukkan dalam perhitungan

penentuan volume elevated tank dengan rencana tinggi elevated tank adalah 5 meter dengan bentuk circular dan safety factor 10%.

Direncanakan pula pompa pada reservoir untuk mengisi *elevated tank* dengan menggunakan perhitungan kebutuhan tekanan pada pompa sesuai (Church, 1990) dengan menambahkan rugi gesekan pada pipa tanpa memperhitungkan kerugian tambahan dalam pompa. Perhitungan dibagi antara *suction head* dengan *discharge head*.

$$\begin{aligned} \text{Volume ET} &= Z (\%) \times Q_{\text{rata-rata}} (\text{m}^3/\text{s}) \times 86400 \\ &= 2 \% \times 0,02021 \times 86400 \\ &= 36 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$r = \sqrt{\frac{2 \times \frac{V}{t}}{3,14}} \quad r = 2,3 \text{ m} = 2,5 \text{ m} \quad d = 5 \text{ m}$$

Direncanakan

- Q rata- rata = 20,21 L/s
- V air rencana = 1 m/s
- Kecepatan gravitasi = 9,81 m/s²
- Densitas air = 997 kg/m³
- Koefisien bend 90° = 0,80

1. A pipa = 0,02021 m²

2. V cek = 2,05 m/s

3. Suction Head

- Z_s = 2 m
- Elevation Head = 2 m
- Pressure Head = $\rho \times H = 997 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ m} = 2991 \text{ Pa} = 0,31 \text{ m}$
- Velocity Head = $\frac{V^2}{2g} = \frac{2,05^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 0,22 \text{ m}$
- Headloss minor asesoris bend 90° 2 buah
- H_{fm} = $\frac{k \times V^2}{2g} = 0,34 \text{ m}$
- Total Suction Head = 2,86 m

Tabel 5. 21 Perhitungan Surplus dan Defisit

Waktu	L/s	L/s	fp		f surplus	f defisit
	Q D	Q S	D	S		
1	17,7	32,7	0,9	0,999	0,1	
2	11,7	32,8	0,6	1,002	0,4	
3	12,3	32,9	0,6	1,005	0,4	
4	13,8	33,0	0,7	1,007	0,3	
5	15,4	33,0	0,8	1,009	0,2	
6	20,4	33,1	1,0	1,010		0,0
7	23,1	33,1	1,1	1,011		-0,1
8	31,1	33,1	1,5	1,011		-0,5
9	21,3	33,1	1,1	1,011		0,0
10	19,2	33,1	1,0	1,010	0,1	
11	26,4	32,9	1,3	1,006		-0,3
12	23,5	32,5	1,2	0,992		-0,2
13	18,8	32,0	0,9	0,979	0,0	
14	19,6	32,0	1,0	0,978		0,0
15	22,5	32,3	1,1	0,986		-0,1
16	22,6	32,5	1,1	0,993		-0,1
17	24,3	32,7	1,2	0,998		-0,2
18	19,3	32,7	1,0	0,999	0,0	
19	19,3	32,7	1,0	0,998	0,0	
20	24,2	32,7	1,2	1,000		-0,2
21	23,9	32,8	1,2	1,003		-0,2
22	21,0	32,7	1,0	1,000		0,0
23	15,0	32,6	0,7	0,996	0,3	
24	18,5	32,6	0,9	0,995	0,1	
Average	20,2	32,7	Z		2,0	-2,0

4. Discharge Head

- $Z_d = 34 \text{ m}$
- Elevation Head = 34 m
- Pressure Head = $\rho \times H = 997 \text{ kg/m}^3 \times 4 \text{ m} = 3988 \text{ Pa} = 0,41 \text{ m}$
- Velocity Head = $\frac{v^2}{2g} = \frac{2,05^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 0,22 \text{ m}$
- Headloss minor asesoris bend 90° 2 buah
- $H_{fm} = \frac{k \times v^2}{2g} = 0,34 \text{ m}$
- Total Suction Head = 34,97 m

5. Total Head = 37,83 m

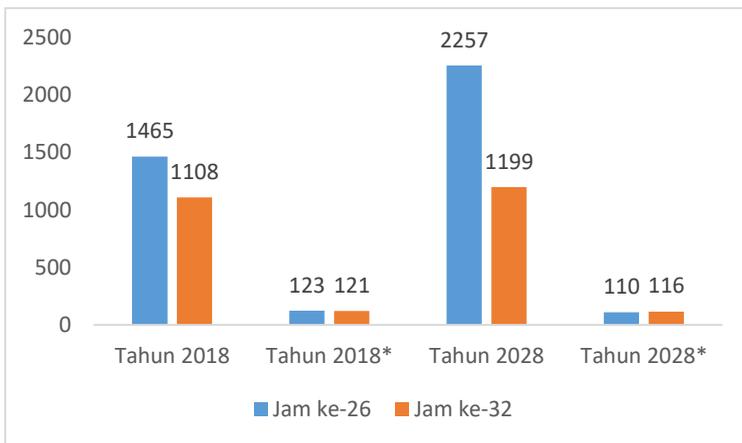
Bangunan elevated tank sesuai dengan SNI 6774-2008-Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air perlu untuk memiliki ventilasi, tangga, pelimpah air, lubang pemeriksaan dan perbaikan, alat ukur ketinggian air, instalasi pengolahan air penguras.

5.5.2 Peningkatan Kualitas Air Parameter Sisa Klor

Peningkatan kualitas dilakukan setelah tekanan memenuhi standar 1 bar karena dapat membantu sisa klor menyebar lebih jauh. Injeksi klor pada reservoir sebesar 1 mg/L menurut pemodelan tidak dapat memenuhi kebutuhan sisa klor pada jaringan distribusi. Pilihan unit reklorinasi pada WaterCAD yang dapat digunakan terdapat 3 tipe yaitu *mass booster*, *flow paced booster*, dan *setpoint booster*. Pada *mass booster* dan *flow paced booster* memiliki kegunaan yang sama yaitu menginjeksikan zat klor dengan konsentrasi yang konstan dan mengijinkan terjadinya *mixing* apabila terdapat *inflow* dari pipa yang berbeda. Perbedaan kedua tipe ini hanya data yang dimasukkan, untuk *flow paced booster* menggunakan data konsentrasi (mg/L) dan *mass booster* menggunakan massa per satuan waktu (mg/s). *Setpoint booster* merupakan tipe reklorinasi yang tidak mengijinkan adanya *mixing* dan menyamaratakan nilai klor pada titik tersebut. Pada perencanaan ini tipe reklorinasi yang digunakan adalah *flow paced booster* untuk menyamakan sistem klorinasi pada PDAM Kota Malang yang menggunakan injeksi gas klor dan mengijinkan adanya *mixing* pada outflow unit reklorinasi.

Hasil pemodelan sisa klor menunjukkan jumlah titik dengan konsentrasi sisa klor dibawah 0,2 mg/L lebih tinggi pada jam ke-26 dibandingkan dengan jam ke-32, hal ini dikarenakan pukul 2 pagi berada dalam kondisi *minimum night flow* akibat rendahnya penggunaan air. Kondisi ini adalah kondisi dimana air lebih lama berada di dalam pipa akibat kebutuhan air minum dan dapat menyebabkan waktu kontak air dengan sisa klor lebih lama dan penurunan sisa klor pun semakin cepat (Riduan *et al.*, 2017).

Pada tahun 2028 dibandingkan tahun 2018 terjadi peningkatan jumlah titik hingga 792 titik sesuai pada Gambar 5.11. Hal ini menandakan dengan meningkatnya debit yang disalurkan maka penurunan sisa klor semakin cepat. Pada jam puncak tidak mengalami perubahan yang signifikan pada tahun 2018 maupun 2028. Akibat banyaknya titik yang kurang dari 0,2 mg/L dilakukan injeksi klor sebesar 1 mg/L pada tank menggunakan *flow paced booster*, namun sisa klor 0,2 mg/l hanya sampai pada pertengahan DMA Supit Urang 2 pada pemodelan tahun 2018 maupun 2028. Kondisi ini menunjukkan perlunya reklorinasi sepanjang jaringan distribusi. Pada perencanaan ini, injeksi reklorinasi pada pelangan direncanakan maksimal 1 mg/L.



Gambar 5. 11 Jumlah Titik Sisa Klor Dibawah 0,2 mg/L
Ket = * dengan klorinasi tank

Titik reklorinasi ditentukan pada pipa yang konsentrasinya pada konsentrasi 0,2 mg/L. Pemilihan *junction* sebagai titik reklorinasi juga berdasarkan arah aliran air, letak *valve*, dan letak pompa. Arah aliran air akan mempermudah pemodelan karena dapat mengarahkan pemodel ke pada titik yang perlu peningkatan sehingga pipa sebelum titik tersebutlah dapat terpilih menjadi titik reklorinasi. Titik dengan *valve* dan pompa perlu dihindari dalam menjadi titik reklorinasi hal ini dikarenakan apabila menaruh titik reklorinasi sebelum *valve* dan pompa akan menghabiskan konsentrasi klor sehingga injeksi menjadi tidak optimal akibat adanya turbulensi dan reaksi pada *valve* dan pompa yang menyebabkan sisa klor menurun. Reklorinasi diperlukan sebanyak 3 unit pada DMA Supit Urang 2 dengan nilai injeksi 0,2 mg/L dan 2 unit pada DMA Supit Urang 2B dengan nilai injeksi 0,2 mg/L pada tahun 2018. Sedangkan untuk tahun 2028 ditambahkan 1 titik pada DMA Supit Urang 2 dan 1 titik pada DMA Supit Urang 2B dengan konsentrasi 0,2 mg/L.

Tabel 5. 22 Titik dan Konsentrasi Injeksi Tahun 2018

Titik Injeksi	Debit	Konsentrasi Injeksi
	L/s	mg/L
J-6276	0,053	0,2
J-373	2,84	0,2
J-704	0,982	0,2
J-608	0,209	0,2
J-5031	0,016	0,2

Tabel 5. 23 Titik dan Konsentrasi Injeksi Tahun 2028

Titik Injeksi	Debit	Konsentrasi Injeksi
	L/s	mg/L

J-7830	6,156	0,2
J-6276	0,118	0,2
J-373	6,348	0,2
J-704	2,193	0,2
J-608	1,214	0,2
J-5031	0,094	0,2

Perhitungan jumlah konsentrasi klor yang dibutuhkan untuk injeksi per bulannya dapat dilakukan dengan mencari konsentrasi injeksi dikalikan dengan debit yang keluar dari pipa distribusi. Setelah mendapatkan massa injeksi per bulannya, massa tersebut perlu dikonversi menjadi mol untuk mengetahui volume yang dibutuhkan tiap bulannya dengan konversi volume dengan perbandingan mol dan volume pada tekanan standar. Hasil perhitungan kebutuhan injeksi klor dapat dilihat pada Tabel 5.24 dan Tabel 5.25. Direncanakan injeksi sisa klor pada titik J-373 pemodelan tahun 2018.

$$Q = 2,84 \text{ L/s}$$

$$\text{Temperatur} = 30^{\circ}\text{C} = 303^{\circ}\text{ Kelvin}$$

$$\begin{aligned} \text{Injeksi} &= 0,2 \text{ mg/L} \\ &= 0,0491 \text{ kg/hari} \\ &= 1,47 \text{ kg/bulan} \end{aligned}$$

$$\text{Mol} = \frac{\text{massa}}{M_r} = \frac{1,47}{71,1} = 20,71$$

$$\text{Volume} = \frac{n \times R \times T}{P} = \frac{20,71 \times 0,00821 \times 303}{5,132} = 100,37 \text{ L/bulan}$$

Dalam menentukan jadwal penggantian tabung gas klor dan kebutuhan kapasitas tabung gas klor yang dipakai dilakukan dengan penentuan prakiraan penjadwalan yang dilakukan dengan asumsi kapasitas gas klor 50 L pada titik reklorinasi dan 1000L pada reservoir dan tank. Langkah selanjutnya adalah merencanakan hari pakai tabung klor dengan pilihan hari pakai 7 hari, 30 hari, dan 90 hari untuk mempermudah operasional

penggantian tabung gas klor. Dengan hari rencana yang telah ditentukan dapat menentukan kapasitas tabung klor yang digunakan. Hasil perhitungan kebutuhan kapasitas sisa klor pada reservoir, tank, dan reklorinasi dapat dilihat pada Tabel 5.26 dan Tabel 5.27. Perhitungan menunjukkan adanya perubahan kapasitas tabung pada tahun 2028.

Tabel 5. 24 Perhitungan Volume Kebutuhan Injeksi Klor Tahun 2018

Titik	L/s	mg/L	kg/hari	30 hari	mol	V
J-6276	0,05	0,2	0,0009	0,03	0,39	1,87
J-704	0,98	0,2	0,0170	0,51	7,16	34,71
J-608	0,21	0,2	0,0036	0,11	1,52	7,39
J-373	2,84	0,2	0,0491	1,47	20,71	100,37
J-5031	0,02	0,2	0,0003	0,01	0,12	0,57
Tank	23,25	1	2,0087	60,26	847,56	4108,36
Reservoir	27,56	1	2,3813	71,44	1004,76	4870,34

Tabel 5. 25 Perhitungan Volume Kebutuhan Injeksi Klor Tahun 2028

Titik	L/s	mg/L	kg/hari	30 hari	mol	V
J-7830	6,16	0,2	0,1064	3,19	44,88	217,57
J-6276	0,12	0,2	0,0020	0,06	0,86	4,17
J-704	2,19	0,2	0,0379	1,14	15,99	77,51
J-608	1,21	0,2	0,0210	0,63	8,85	42,91
J-373	6,35	0,2	0,1097	3,29	46,28	224,35
J-5031	0,09	0,2	0,0016	0,05	0,69	3,32
Tank	26,93	1	2,3268	69,81	981,79	4759,01
Reservoir	21,28	1	1,8389	55,17	775,89	3760,95

Volume per hari = 3,35 L/ hari

Volume tabung asumsi = 50 L

$$\text{Hari pakai} = \frac{50}{3,35} = 14,94 \text{ hari} = 15 \text{ hari}$$

Rencana hari pakai = 7 hari

$$\text{Volume/hari pakai rencana} = \frac{\text{Volume harian}}{\text{Hari pakai}} = 23,45 \text{ L/ 7 hari}$$

Kapasitas tabung klor = 25 L

Tabel 5. 26 Kebutuhan Kapasitas Sisa Klor Tahun 2018

Titik	V/hari	Volume Rencana	Hari Pakai	Rencana Hari Pakai	Volume	Kapasitas
J-6276	0,06	50	800,79	90	5,62	10
J-704	1,16	50	43,22	30	34,71	50
J-608	0,25	50	203,07	30	7,39	25
J-373	3,35	50	14,94	7	23,42	25
J-5031	0,02	50	2652,63	90	1,70	10
Tank	136,95	1000	7,30	7	958,62	1000
Reservoir	162,34	1000	6,16	7	1136,41	1000

Tabel 5. 27 Kebutuhan Kapasitas Sisa Klor Tahun 2028

Titik	V/hari	Volume Rencana (L)	Hari Pakai	Rencana Hari Pakai	Volume (L)	Kapasitas (L)	Perubahan Kapasitas
J-7830	7,25	50	6,89	7	50,77	50	Tidak
J-6276	0,14	50	359,68	90	12,51	25	Ya
J-704	2,58	50	19,35	30	77,51	100	Ya
J-608	1,43	50	34,96	30	42,91	50	Ya
J-373	7,48	50	6,69	7	52,35	50	Ya

Titik	V/hari	Volume Rencana (L)	Hari Pakai	Rencana Hari Pakai	Volume (L)	Kapasitas (L)	Perubahan Kapasitas
J-5031	0,11	50	451,51	90	9,97	10	Tidak
Tank	158,63	1000	6,30	7	1110,44	1000	Tidak
Reservoir	125,36	1000	7,98	7	877,55	1000	Tidak

Unit reklorinasi yang direncanakan menggunakan standar sesuai dengan SNI 6774-2008-Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air dengan komponen wajib yang harus ada adalah pembubuh gas klor minimal 2 lengkap dengan tabungnya, tabung gas klor harus ditempatkan pada ruang khusus yang tertutup. Ruangan gas klor harus terdapat peralatan pengaman terhadap kebocoran gas klor. Alat pengaman adalah pendeteksi kebocoran gas klor dan sprinkler air otomatis. Wajib pula disediakan manual dan masker gas pada ruangan gas klor.

“ Halaman ini sengaja di kosongkan “

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil sampling tekanan menunjukkan terdapat titik terjauh dan elevasi tinggi yang belum memenuhi minimum tekanan 1 bar pada DMA Supit Urang 2 dan Supit Urang 2A. 100% pelanggan PDAM merasa air PDAM dalam keadaan baik, belum mengetahui program ZAMP, telah mengetahui air minum PDAM dapat dikonsumsi secara langsung, namun mengkonsumsi air PDAM dengan proses pemanasan terlebih dahulu.
2. Pemodelan tekanan dan sisa klor menunjukkan pada tahun 2018 saat jam puncak junction yang memiliki tekanan dibawah 1 bar sebanyak 2649 titik. Pipa dengan sisa klor dibawah 0,2 mg/L seluruh daerah pada DMA Supit Urang 2, Supit Urang 2A, dan 2B dengan 1818 titik pada jam ke-26 dan 1374 titik pada jam ke-32 dibawah 0,2 mg/L. Peningkatan kualitas dilakukan dengan penambahan 5 unit reklorinasi.
3. Peningkatan penduduk pada wilayah pelayanan Zona Supit Urang 2 pada tahun 2028 naik dengan kenaikan sebanyak 2,5 kali dengan debit rata-rata 39,48 L/detik. Prakiraan kondisi tekanan pada tahun 2028 didapatkan 5025 titik di bawah 1 bar pada jam puncak. Titik dengan sisa klor yang belum memenuhi minimal 0,2 mg/L sebanyak 2257 titik jam ke-26 dan 1199 titik jam ke-32. Peningkatan kualitas dilakukan dengan pembangunan 1 unit *elevated tank* volume 36 m³ pada ketinggian 27 m dan 1 unit klorinasi.

6.2 Saran

1. Guna menjaga konsentrasi sisa klor selama 24 jam tersedia antara 0,2 mg/L hingga 1 mg/L dalam jaringan pipa perlu adanya pemodelan setiap jamnya. Pemodelan ini kemudian dapat dioptimasi menggunakan fungsi efektivitas injeksi dan biaya injeksi.

2. Dalam merencanakan peningkatan kualitas air minum perlu mempertimbangkan faktor non revenue water oleh karena itu perlu didapatkan data yang berkaitan dengan pemeliharaan pipa dan pencatatan meter air pada jaringan distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adyanis, L. N., Dewi, M. R. 2018. **Laporan Kerja Praktik : Studi dan Evaluasi Proses Pengolahan Air Siap Minum PDAM Kota Malang**. Surabaya.
- Al-Jasser, A. O. 2006. "Chlorine decay in drinking-water transmission and distribution systems: Pipe service age effect."
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2013. **Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035**. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. 2010. *Pedoman Penghitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2016. **Kota Malang Dalam Angka 2016**. Badan Pusat Statistik Kota Malang.
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2017. **Kota Malang Dalam Angka 2017**. Malang: Badan Pusat Statistik Kota Malang.
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2018. **Kecamatan Sukun Dalam Angka 2018**. Malang: Badan Pusat Statistik Kota Malang.
- Charalambous, B. 2008. "Use of District Metered Areas Coupled with Pressure Optimisation to Reduce Leakage." **Water Science and Technology : Water Supply**, 57–62.
- Church, A. H. 1990. **Pompa dan Blower Centrifugal**. Jakarta: Erlangga.
- Fantozzi, M., Calza, F., Lambert, A. 2007. "Experience and Results Achieved in Introducing District Metered Areas (DMA) and Pressure Management Areas (PMA) at Enia utility (Italy)."
- Haq, B. 2014. **Perencanaan Zona Air Minum Prima (ZAMP) PDAM Kota Malang di Kecamatan Blimbing**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Haq, B., Masduqi, A. 2014. "Sistem Distribusi Air Siap Minum PDAM Kota Malang : Studi Kasus Kecamatan Blimbing." **Jurnal Teknik Pomits**, 3(2), 182–187.
- Hassan, F. 2014. **Perencanaan Zona Air Minum Prima (ZAMP) PDAM Kota Malang di Kecamatan Sukun**. Surabaya.
- Karadirek, I. E., Kara, S., Yilmaz, G. 2012. "Implementation of Hydraulic Modelling for Water-Loss Reduction Through Pressure Management." **Journal Water Resource Manage**, 26, 2555–2568.
- Leeden, F. 1990. **The Water Encyclopedia** (2nd ed.). New York: Lewis Publishers.
- Methods, H., Walski, T. M., Chase, D. V, Savic, D. A., Grayman, W., Beckwith, S., Koelle, E. 2003. **Advanced Water Distribution Modeling and Management** (1st ed.). Waterbury: Haestad Press.
- Natalia, B. M., Said, A., Mardiyono. 2014. "Implementasi Program Zona Air Minum Prima (ZAMP) untuk Memenuhi Air Minum Masyarakat (Studi pada PDAM Kota Malang)." **Jurnal Administrasi Publik**, 2(1), 11–15.
- PERPAMSI. 2018. **PDAM Kota Malang Fokus Dukung Program 100-0-100 dan Program Penurunan TKA**.
- Red, T. 1993. "Analisa Faktor Jam Puncak dan Maksimum Harian." **Air Minum**, 65, 19–23.
- Riduan, R., Firmansyah, M., Fadhilah, S. 2017. "Evaluasi Tekanan Jaringan Distribusi Zona Air Minum Prima (ZAMP) PDAM Intan Banjar Menggunakan EPANET 2.0." **Jurnal Teknik Lingkungan**, 3(1), 12–20.
- Rivai, Y., Masduqi, A., Marsono, B. D. 2006. "Evaluasi Sistem Distribusi dan Rencana Peningkatan Pelayanan Air Bersih PDAM Kota Gorontalo." **SMARTek**, 4(2), 126–134.
- Rofida, R. 2018. **Pemetaan Kualitas Air Siap Minum di Pelanggan PDAM Kota Malang**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Rossmann, L. A., Clark, R. M., Grayman, W. M. 2009. **Modeling Chlorine Residuals in Drinking-Water Distribution Systems.**
- Safii, A. 2012. **Evaluasi Jaringan Sistem Penyediaan Air Bersih di PDAM Kota Lubuk Pakam.**
- Saleh, C., Anandy, F. 2017. "Optimasi Diameter Jaringan Pipa dalam Sistem Penyediaan Air Bersih (PDAM) di Kecamatan Bululawang Kabupaten Malang Menggunakan Linear Programming." **Media Teknik Sipil**, 20–33.
- Salomons, E., Skulovich, O., Ostfeld, A., Asce, F. 2017. "Battle of Water Networks DMAs: Multistage Design Approach," *143*(10), 1–7.
- Savi, D., Ferrari, G. 2014. "Design and Performance of District Metering Areas In Water Distribution Systems," *89*, 1136–1143.
- Steel, E. 1960. **Water Supply and Sewerage** (4th ed.). Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha.
- Stover, J. 2007. **Demproj Version 4 Manual**. Washington.
- Suyitno, B. 2008. **Laporan Kerja Praktik Lapangan : Evaluasi Hidrolisis dan Sisa Klor Pada Jaringan Pipa Eksisting Zona Air Minum Prima Dengan Simulasi EPANET 2.0 di PDAM Kota Malang**. Magelang.
- Syahputra, B. 2012. "Penentuan Faktor Jam Puncak dan Harian Maksimum Terhadap Pola Pemakaian Air Domestik di Kecamatan Kalasan, Sleman, Yogyakarta." **Jurnal Lingkungan Sultan Agung**, *1*(1), 1–15.
- Tang, A., Sandall, O. C. 1985. "Diffusion Coefficient of Chlorine in Water at 25-60C". **Journal Chemical Engineering Data**, *30*, 189–191.
- Ulanicki, B., Abdelmeguid, H., Bounds, P., Patel, R. 2009. "Pressure Control in District Metering Areas with Boundary and Internal Pressure Reducing Valves." **In Annual Water Distribution Systems Analysis Conference** (pp. 691–703). South Africa.

" Halaman ini sengaja di kosongkan "

Lampiran A

LEMBAR KUISIONER

No. Kuisisioner :

Kuisisioner ini akan digunakan untuk penelitian Tugas Akhir. Penelitian ini dilaksanakan oleh Mahasiswi S1 ITS bernama **Latonia Nur Adyanis**. Identitas Saudara akan kami rahasiakan dan tidak dipublikasikan.

A. Identitas dan Data Pribadi

No.	Identitas	Jawaban
1.	Nama	
2.	Usia	Tahun
3.	Jenis Kelamin	L / P
4.	Alamat	
5.	RT/RW	
6.	Anggota Keluarga / Rumah	
7.	Jumlah KK/ Rumah	
8.	Pendidikan Terakhir	
9.	Pekerjaan	

12. Berapa total penghasilan atau pengeluaran anda per bulannya ?

- | | |
|------------------------------------|---|
| A. < Rp.500.000,00 | C. Rp.1.000.000,00 –
Rp.1.500.000,00 |
| B. Rp.500.000,00 –
Rp.1.000.000 | D. > Rp.1.500.000 |

13. Apa status kepemilikan rumah yang ditempati saat ini ?
- | | |
|--------------|------------|
| A. Pribadi | C. Sewa |
| B. Orang Tua | D. Kontrak |

B. Penyediaan Air Bersih

- Apakah telah tersedia sumber air untuk keluarga Anda ?

A. Ya	B. Tidak
-------	----------
- Darimana sumber air yang anda gunakan ?

A. PDAM	C. HIPPAM
B. Sumur	D. Lainnya.....
- Bagaimana tingkat kesulitan mendapatkan air pada musim hujan ?

A. Sangat Mudah	C. Sulit
B. Mudah	D. Sangat Sulit
- Bagaimana tingkat kesulitan mendapatkan air pada musim kemarau ?

A. Sangat Mudah	C. Sulit
B. Mudah	D. Sangat Sulit
- Apakah anda menggunakan tandon untuk menampung air tersebut ?

A. Ya	B. Tidak
-------	----------

C. Kualitas Air PDAM

- Apa warna air yang anda gunakan sehari-hari ?

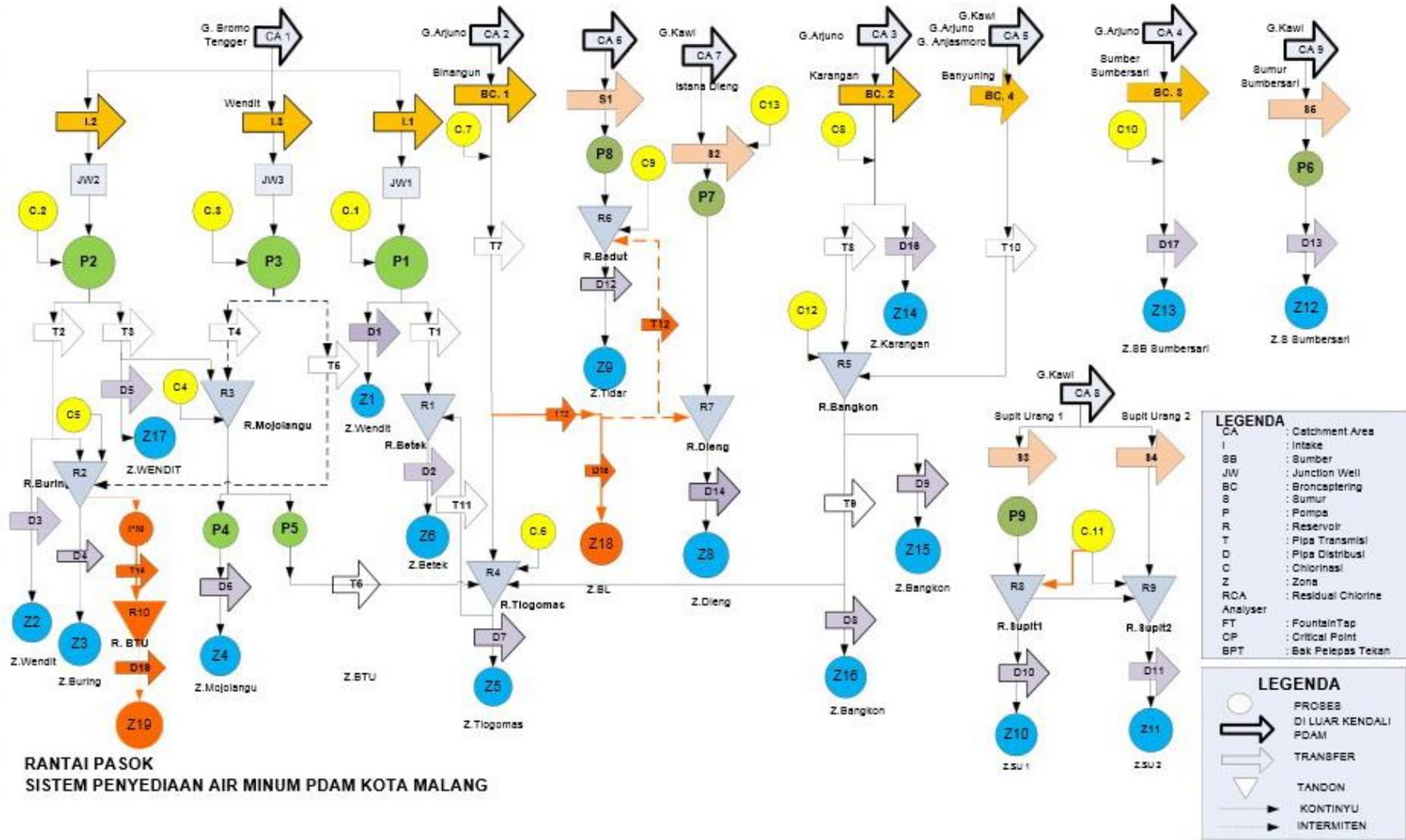
A. Jernih	C. Keruh
B. Agak Keruh	
- Bagaimana bau air yang anda gunakan sehari-hari ?

A. Menyengat
B. Tidak Berbau
- Apakah air selalu tersedia selama 24 jam ?

A. Ya
B. Tidak

“ Halaman ini sengaja di kosongkan “

Lampiran B



“ Halaman ini sengaja di kosongkan “

Lampiran C

Data	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Kecamatan Sukun 2017-2030														
Fertility														
Input TFR	2,31	2,2	2,09	1,99	1,88	1,93	1,99	2,04	2,1	2,15	2,06	1,98	1,89	1,8
Calculated TFR	2,31	2,2	2,09	1,99	1,88	1,93	1,99	2,04	2,1	2,15	2,06	1,98	1,89	1,8
GRR	1,16	1,11	1,05	1	0,95	0,97	1	1,03	1,06	1,08	1,04	1	0,95	0,91
NRR	1,08	1,03	0,98	0,93	0,88	0,91	0,94	0,96	0,99	1,02	0,97	0,93	0,89	0,85
Mean age of childbearing	27,9	27,7	27,6	27,4	27,4	27,4	27,4	27,5	27,6	27,7	27,5	27,4	27,4	27,4
Child-woman ratio	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,3	0,31	0,31	0,31	0,3	0,29
Mortality														
Male LE	68,7	69	69,2	69,4	69,4	69,5	69,6	69,8	69,9	70	70	70,1	70,1	70,2
Female LE	72,6	72,8	73	73,2	73,3	73,4	73,5	73,5	73,6	73,7	73,7	73,8	73,9	73,9
Total LE	70,7	70,9	71,1	71,3	71,3	71,4	71,5	71,6	71,7	71,8	71,8	71,9	71,9	72
IMR	47,2	46,4	45,7	44,9	44,7	44,3	43,9	43,5	43,1	42,9	42,7	42,5	42,3	42
U5MR	63,2	62	60,8	59,6	59,4	58,8	58,2	57,6	57	56,6	56,3	56	55,7	55,4
Total 45q15	110	107	106	104	104	103	102	102	101	101	100	100	100	99

Data	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Kecamatan Sukun 2017-2030														
Migration														
Male	2.471	2.861	3.251	3.641	4.031	4.422	4.812	5.202	5.592	5.982	6.373	6.763	7.153	7.543
Female	1.672	1.936	2.199	2.463	2.727	2.991	3.255	3.519	3.783	4.047	4.311	4.575	4.839	5.103
Total	4.143	4.797	5.450	6.104	6.758	7.413	8.067	8.721	9.375	10.029	10.684	11.338	11.992	12.646
Vital Rates														
CBR per 1000	20,5	19	18,3	17,5	16,7	17,2	17,6	17,9	18,1	18,4	17,3	16,4	15,4	14,5
CDR per 1000	5,7	5,5	5,7	5,9	6	6	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
RNI percent	1,48	1,35	1,25	1,17	1,07	1,11	1,15	1,18	1,2	1,22	1,12	1,03	0,93	0,84
GR percent	3,63	3,74	3,87	3,98	4,06	4,25	4,41	4,54	4,65	4,74	4,69	4,64	4,58	4,51
Doubling time	19,4	18,9	18,3	17,8	17,4	16,7	16,1	15,6	15,2	15	15,1	15,3	15,5	15,7
Annual births and deaths														
Births	3.958	3.803	3.808	3.801	3.769	4.055	4.345	4.635	4.930	5.234	5.191	5.132	5.063	4.983
Deaths	1.094	1.098	1.194	1.271	1.348	1.426	1.504	1.585	1.665	1.752	1.832	1.914	1.999	2.089
Population														
Total	192.951	200.452	208.516	217.150	226.328	236.370	247.278	259.050	271.690	285.200	299.242	313.798	328.854	344.394
Male	95.852	100.012	104.520	109.379	114.569	120.249	126.420	133.079	140.226	147.862	155.819	164.087	172.659	181.529

Data	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Kecamatan Sukun 2017-2030														
Female	97.09 9	100.4 41	103.9 95	107.7 71	111.7 60	116.1 21	120.8 58	125.9 71	131.4 63	137.3 38	143.4 23	149.7 11	156.1 95	162.8 65
Percent 0-4	7,89	8,04	8,15	8,2	8,17	8,15	8,05	8,03	8,09	8,23	8,24	8,13	7,91	7,6
Percent 5-14	14,97	14,54	14,19	13,9	13,66	13,48	13,44	13,35	13,22	13,05	12,96	12,97	13,02	13,12
Percent 15-24	19,23	18,67	17,97	17,21	16,49	15,86	15,33	14,88	14,5	14,17	13,89	13,64	13,44	13,29
Percent 15-49	57,65	57,57	57,53	57,52	57,57	57,6	57,62	57,62	57,62	57,6	57,65	57,73	57,86	58,04
Percent 15-64	71,63	71,78	71,93	72,07	72,24	72,33	72,37	72,36	72,31	72,21	72,16	72,14	72,17	72,26
Percent 65 and over	5,5	5,63	5,73	5,83	5,93	6,03	6,15	6,26	6,39	6,51	6,63	6,76	6,89	7,02
Percent females 15-49	57,27	57,05	56,83	56,64	56,5	56,36	56,21	56,06	55,91	55,75	55,66	55,62	55,64	55,72
Sex ratio	98,72	99,57	100,5 1	101,4 9	102,5 1	103,5 6	104,6	105,6 4	106,6 7	107,6 6	108,6 4	109,6	110,5 4	111,4 6
Dependency ratio	0,4	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39	0,38
Median age	30	30	30	30	31	31	31	31	32	32	32	33	33	33

“ Halaman ini sengaja di kosongkan “

Lampiran D

Tgl. Sampling	No	Lokasi	Alamat	Koordinat	Sisa Klor	Tekanan
					mg/l	Bar
15-Apr	1	SMK Negeri 7	Satsui Tubun VI	8°01'33.0"S 112°37'19.8"E	0,1	0,7
17-Apr	2	SDN Kebonsari	S. Supriadi No. 7	8°01'08.2"S 112°37'08.9"E	0,2	0,7
17-Apr	3	Samsat Kota	S. Supriadi 80A	8°01'07.1"S 112°37'10.2"E	0,3	1,6
21-Apr	4	LP Wanita	Raya Kebonsari	8°01'03.2"S 112°37'11.3"E	0,55	1,5
17-Apr	5	Univ Kanjuruhan	S.Supridai 48	8°00'24.7"S 112°37'12.4"E	0,3	0,1
05-Mar	6	Puskesmas Janti	Janti Barat 1	8°00'03.6"S 112°37'14.0"E	0,3	0,6
17-Apr	7	SDN Sukun 1	Supriadi no .16	7°59'39.5"S 112°37'13.8"E	0,3	0,2
17-Apr	8	SMP Negeri 19	Belitung No.1	7°59'38.0"S 112°37'30.4"E	0,2	0,1
17-Apr	9	SDN Sukoharjo 1	Laksamana Martadinata IV	7°59'24.6"S 112°37'59.5"E	0,2	0,1
17-Apr	10	SDN Sukoharjo 2	Prof Moh Yamin V	7°59'23.8"S 112°37'58.3"E	0,2	0,1
17-Apr	11	Sekolah Kristen Kalam Kudus	Prof Moh Yamin No. 47	7°59'23.8"S 112°37'54.8"E	0,2	0,1
17-Apr	12	SMPN 2	Prof Moh Yamin No. 60	7°59'24.9"S 112°37'51.2"E	0,2	0,1
07-Mar	13	SMP Negeri 9	Prof Moch Yamin GG VI/ 26	7°59'22.5"S 112°37'51.1"E	0,1	0,1
17-Apr	14	SMA Negeri 5	Tanimbar	7°59'21.3"S 112°37'34.7"E	0,2	1

Tgl. Sampling	No	Lokasi	Alamat	Koordinat	Sisa Klor	Tekanan
					mg/l	Bar
17-Apr	15	MTS AT Taraqie Putra	Syarif Al Qodri No. 35	7°59'10.8"S 112°37'43.6"E	0,2	0,1
16-Apr	16	SDN Kauman 1	Kauman 1	7°59'00.6"S 112°37'45.8"E	0,3	0,2
17-Apr	17	SDN Kauman 3	Wahid Hasyim II / 20	7°59'01.3"S 112°37'42.8"E	0,2	0,1
17-Apr	18	MTS At Taraqie Putri	Ade Irma	7°59'02.7"S 112°37'39.9"E	0,2	0,6
17-Apr	19	SDN Kasin	Yulius Yusman 58 - 60	7°59'07.5"S 112°37'32.4"E	0,2	0,1
21-Apr	20	Puskesmas Mulyorejo	Budi Utomo	7°59'16.4"S 112°35'51.6"E	0,2	0,7
21-Apr	21	SDN Mulyorejo 2	Tebo Selatan No. 55	7°59'16.8"S 112°35'41.0"E	0,2	0,4
21-Apr	22	SDN Tanjungrejo 1	Mergan Sekolahan No. 1	7°59'09.0"S 112°36'52.1"E	0,2	0,1
21-Apr	23	SDN Tanjungrejo 2	Mergan Mushola No. 1	7°59'10.7"S 112°36'55.7"E	0,2	0,1
21-Apr	24	SDN Tanjungrejo 4	Gempol No. 18	7°59'34.4"S 112°36'45.8"E	0,2	0,1
17-Apr	25	SDN Ciptomulyo 2	Kol. Sugiono VIII No. 54	8°00'05.7"S 112°37'49.5"E	0,3	0,1

Lampiran E

Kelurahan	Jumlah Penduduk											
	Tahun											
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Mulyorejo	25296	26279	27336	28468	29672	30988	32418	33961	35619	37390	39231	41139
Bandungrejosari	16382	17018	17703	18436	19215	20068	20994	21993	23066	24213	25406	26641
Bakalankrajan	25296	26279	27336	28468	29672	30988	32418	33961	35619	37390	39231	41139
Pendidikan (Murid)												
Mulyorejo	3960	4114	4280	4457	4646	4852	5075	5317	5576	5854	6142	6441
Bandungrejosari	14160	14711	15303	15936	16610	17347	18147	19011	19939	20930	21961	23029
Bakalankrajan	3120	3242	3372	3512	3660	3823	3999	4189	4394	4612	4839	5075
Kesehatan												
Mulyorejo	30	31	31	32	33	37	38	40	42	43	45	47
Bandungrejosari	23	23	24	24	25	27	27	28	30	31	32	34
Bakalankrajan	30	31	31	32	33	37	38	40	42	43	45	47
Peribadatan												
Mulyorejo	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	30

Kelurahan	Jumlah Penduduk											
	Tahun											
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Bandungrejosari	14	15	16	16	17	18	18	19	20	21	22	23
Bakalankrajan	14	15	16	16	17	18	18	19	20	21	22	23

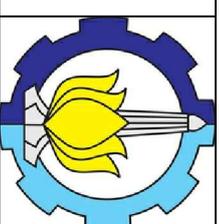
BIOGRAFI PENULIS



Penulis berasal dari Jakarta dan lahir pada 2 Oktober 1997. Pendidikan dasar ditempuh pada tahun 2006-2012 di SDNP IKIP Jakarta. Dilanjutkan dengan pendidikan menengah pada tahun 2012-2015 di SMP Labschool Jakarta dan pendidikan tingkat atas di SMAN 68 Jakarta. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di S1 di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2015.

Selama perkuliahan penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi yang fokus pada pengabdian masyarakat, pendidikan dan keprofesian Teknik Lingkungan. Penulis masuk kedalam kepengurusann HMTL 2017/2018.

Penulis dapat dihubungi dan diajak diskusi via email adalah latoniana@gmail.com.



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumharian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR

Nilai Tekanan Pada Junction Tahun 2018

MAHASISWA

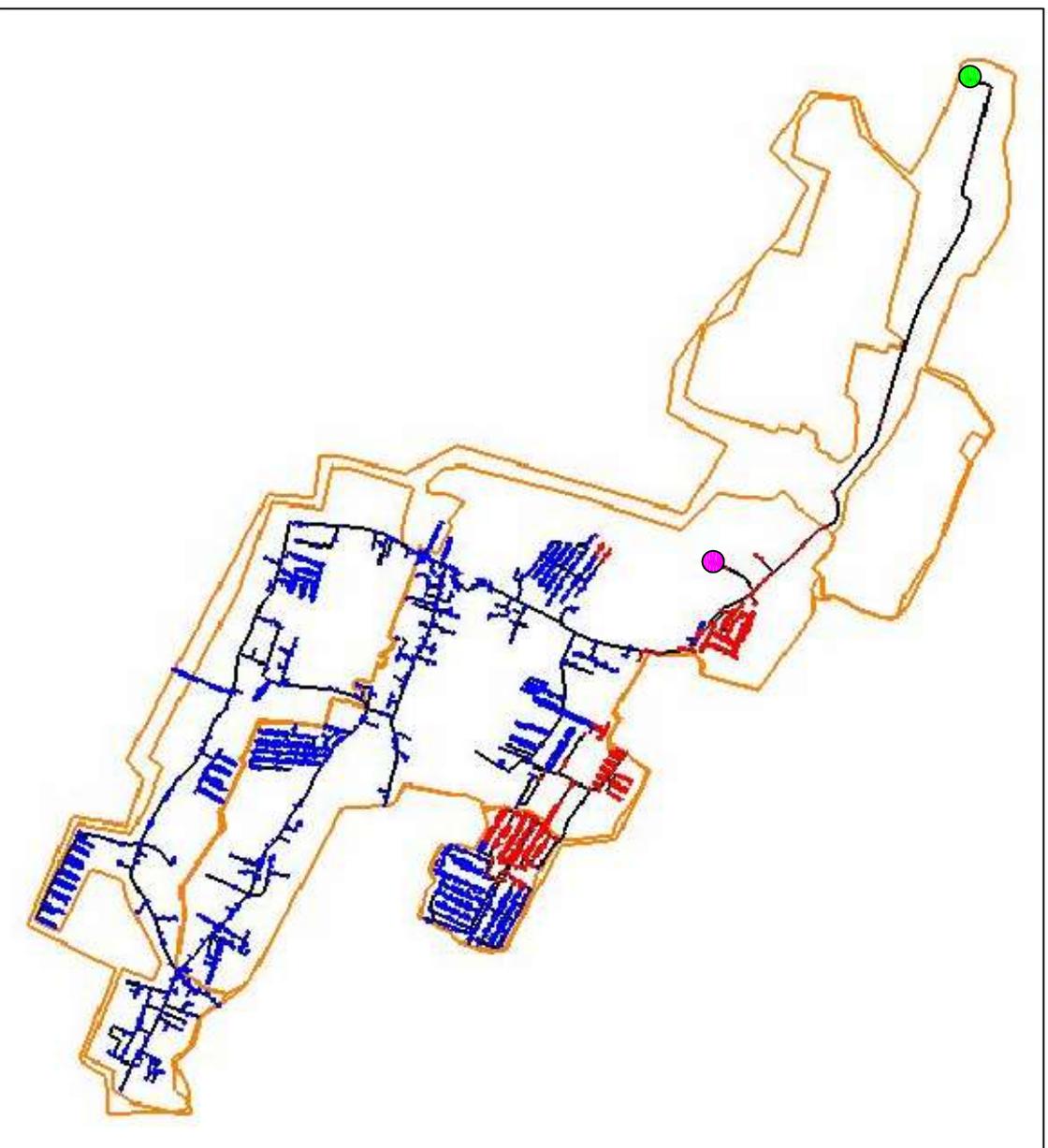
Latonia Nur Adyanis
NRP 03211540000115

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl., SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

-  Reservoir
-  Tank
-  Titik Sisa Tekan < 1 Bar
-  Titik Sisa Tekan > 1 Bar
-  Pipa
-  Batas Zona dan DMA

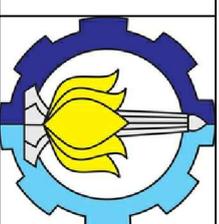


NO. GAMBAR

SKALA

1

1 : 24.400



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumiharian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR

Sisa Klor Eksisting Tahun 2018
Jam Ke- 26

MAHASISWA

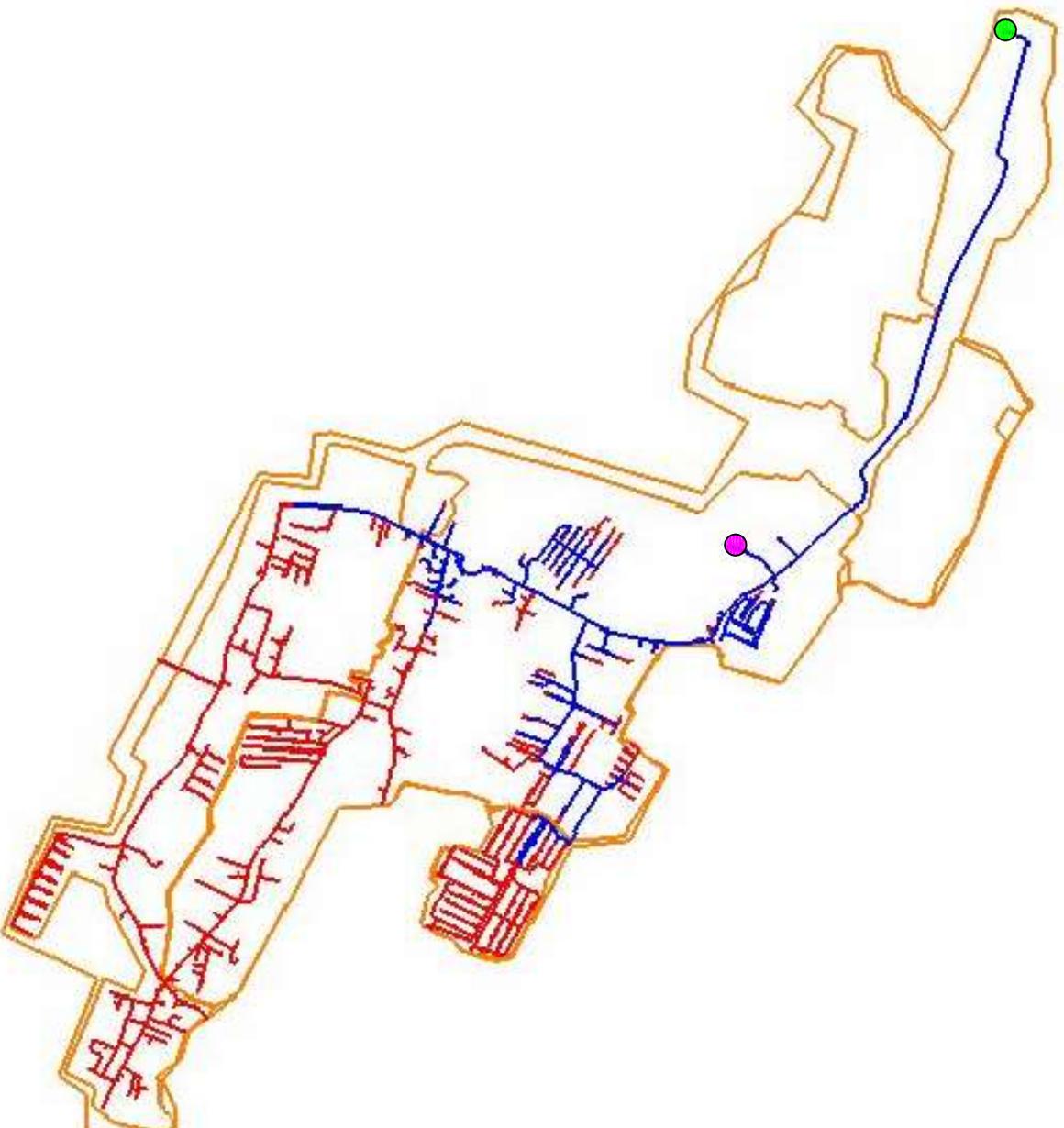
Latonia Nur Adyanis
NRP 03211540000115

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl., SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

-  Reservoir
-  Elevated Tank
-  Titik Sisa Klor < 0,2 mg/L
-  Titik Sisa Klor > 0,2 mg/L
-  Pipa
-  Batas Zona dan DMA

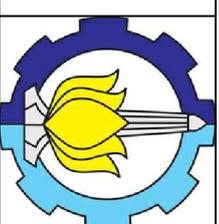


NO. GAMBAR

SKALA

2

1 : 24.400



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumiharian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR

Sisa Klor Eksisting Tahun 2018
Jam Ke-32

MAHASISWA

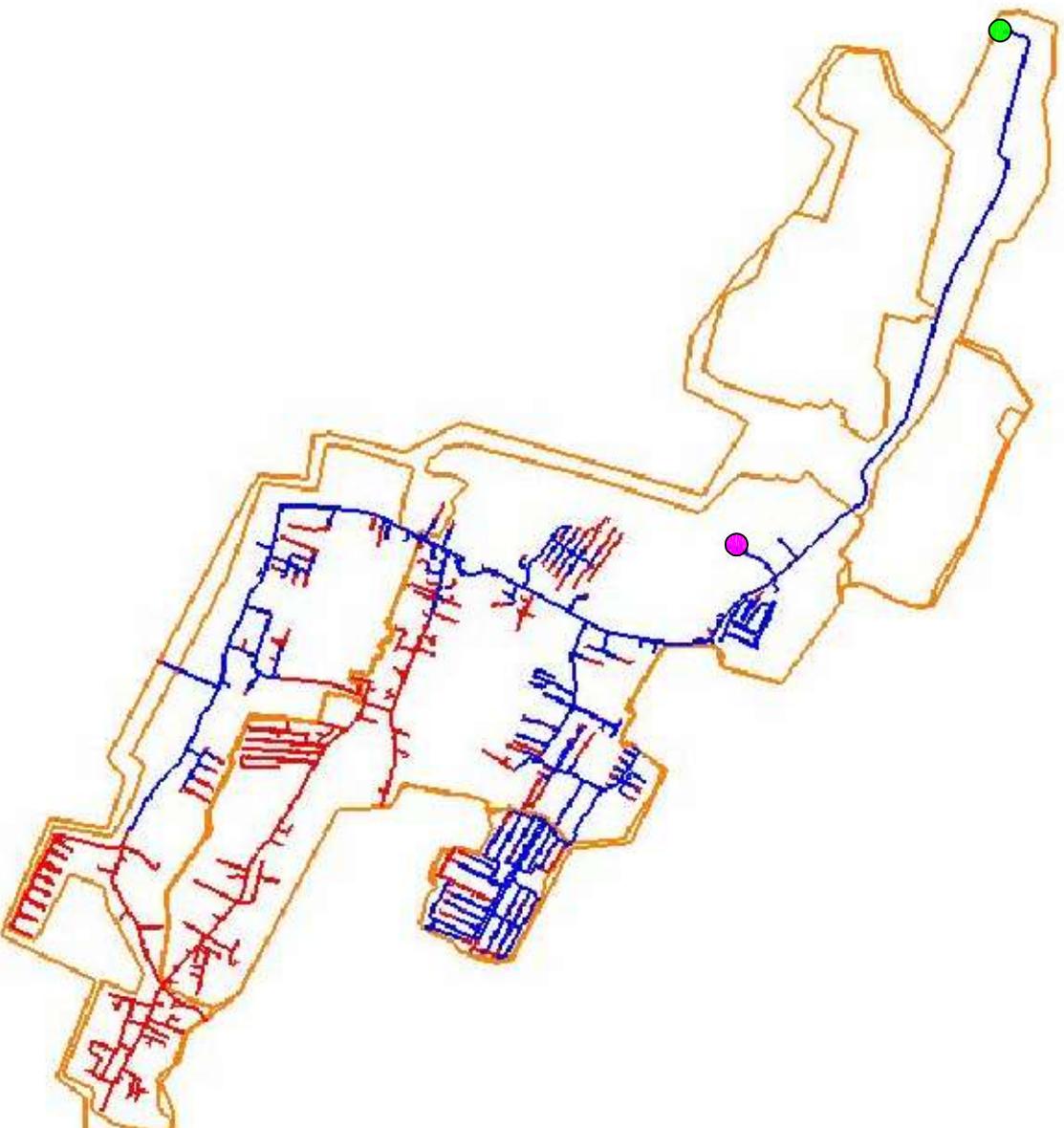
Latonia Nur Adyanis
NRP 03211540000115

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl., SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

-  Reservoir
-  Elevated Tank
-  Titik Sisa Klor < 0,2 mg/L
-  Titik Sisa Klor > 0,2 mg/L
-  Pipa
-  Batas Zona dan DMA

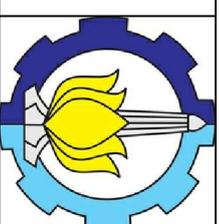


NO. GAMBAR

SKALA

3

1 : 24.400



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumiharian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR

Nilai Tekanan Pada Junction Tahun 2028

MAHASISWA

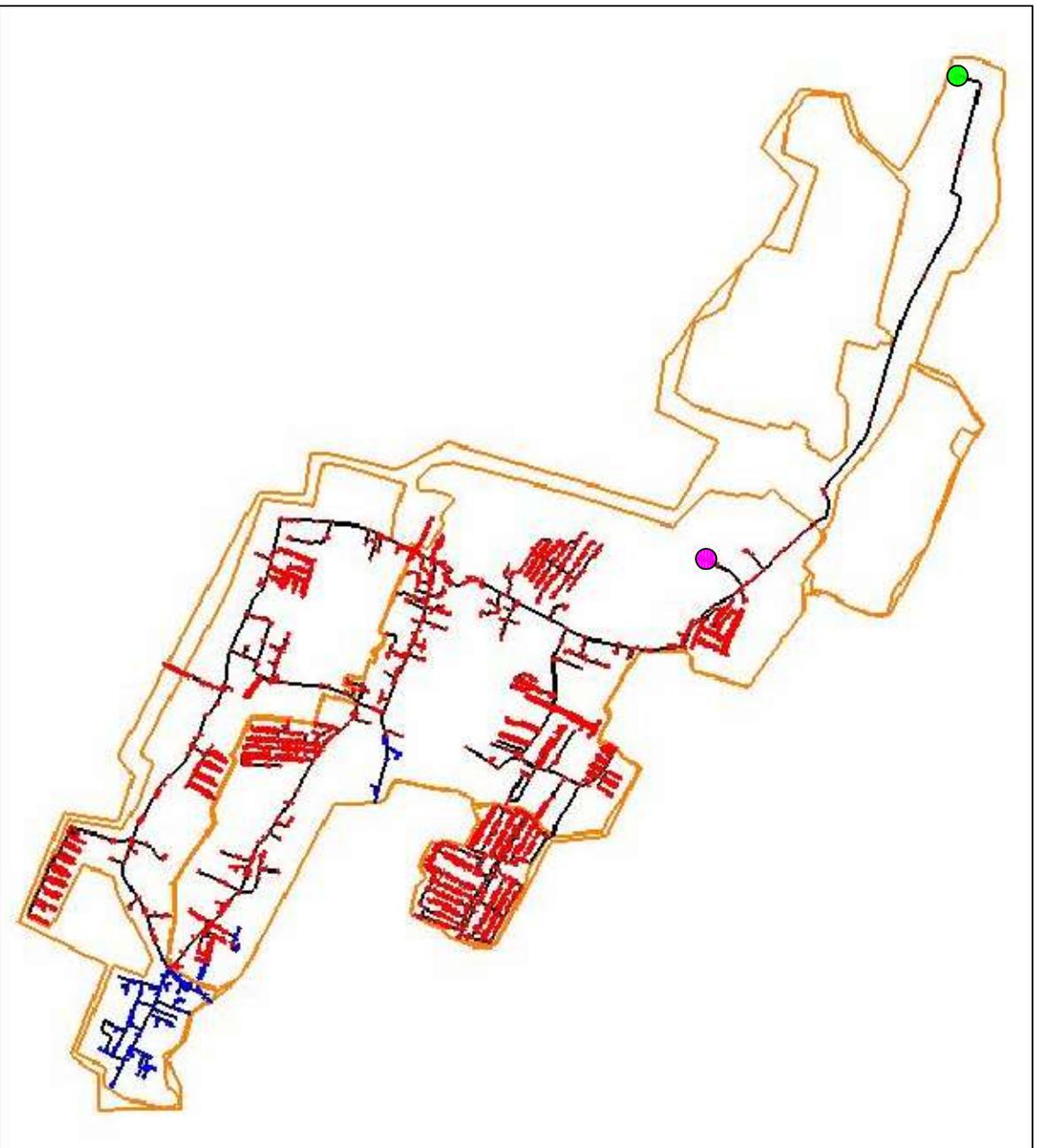
Latonia Nur Adyanis
NRP 03211540000115

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl., SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

-  Reservoir
-  Tank
-  Titik Sisa Tekan < 1 Bar
-  Titik Sisa Tekan > 1 Bar
-  Pipa
-  Batas Zona dan DMA

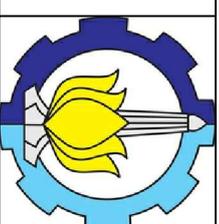


NO. GAMBAR

SKALA

4

1 : 24.400



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumiharian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR

Nilai Tekanan Pada Junction Tahun 2018
Setelah Penambahan Elevated Tank 13 m

MAHASISWA

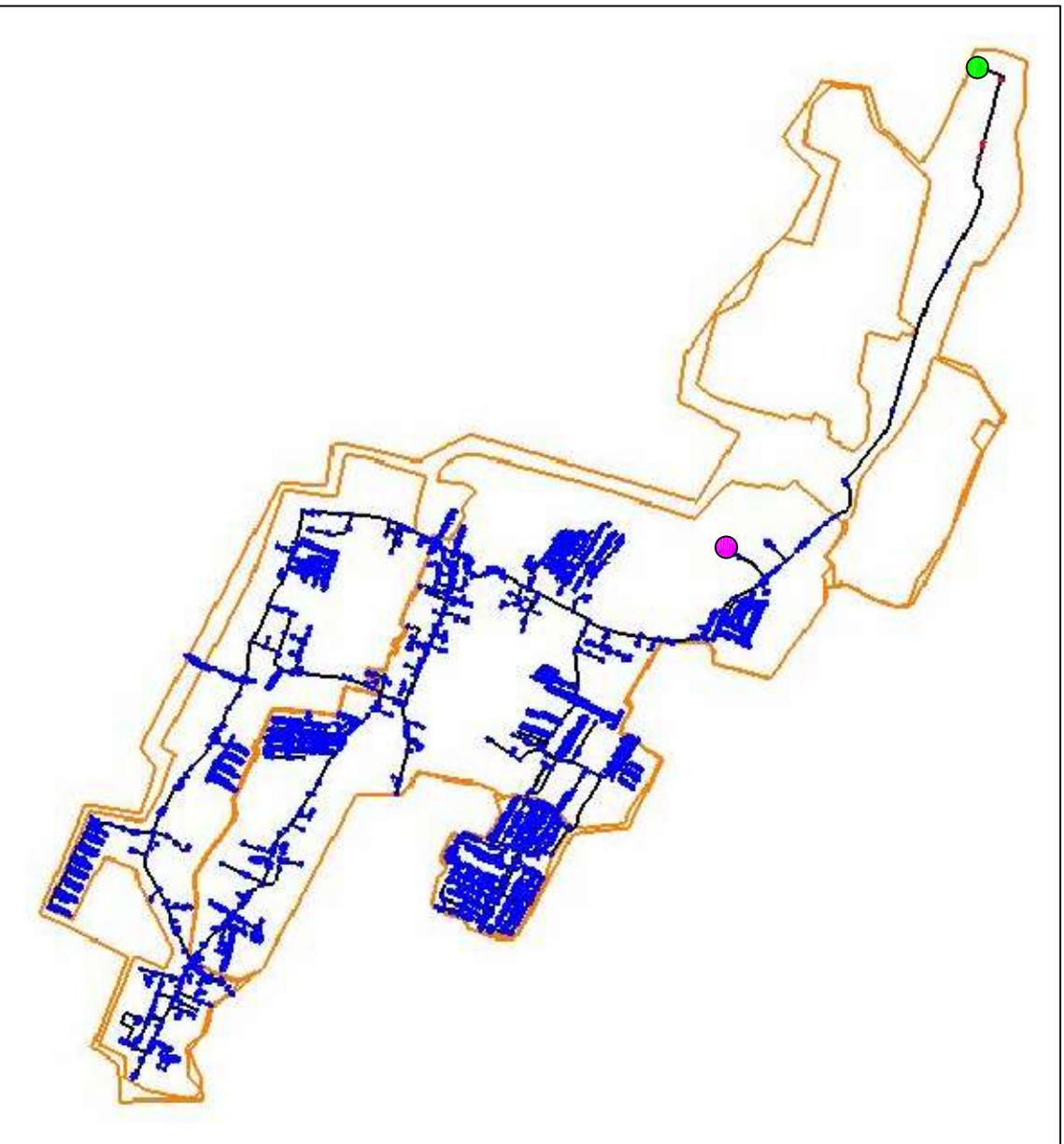
Latonia Nur Adyanis
NRP 03211540000115

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl. SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

-  Reservoir
-  Elevated Tank
-  Titik Sisa Tekan < 1 Bar
-  Titik Sisa Tekan > 1 Bar
-  Pipa
-  Batas Zona dan DMA

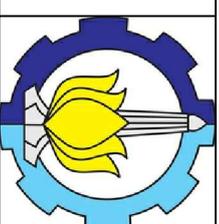


NO. GAMBAR

SKALA

5

1 : 24.400



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumiharian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR

Nilai Tekanan Pada Junction Tahun 2028
Setelah Penambahan Elevated Tank 13 m

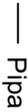
MAHASISWA

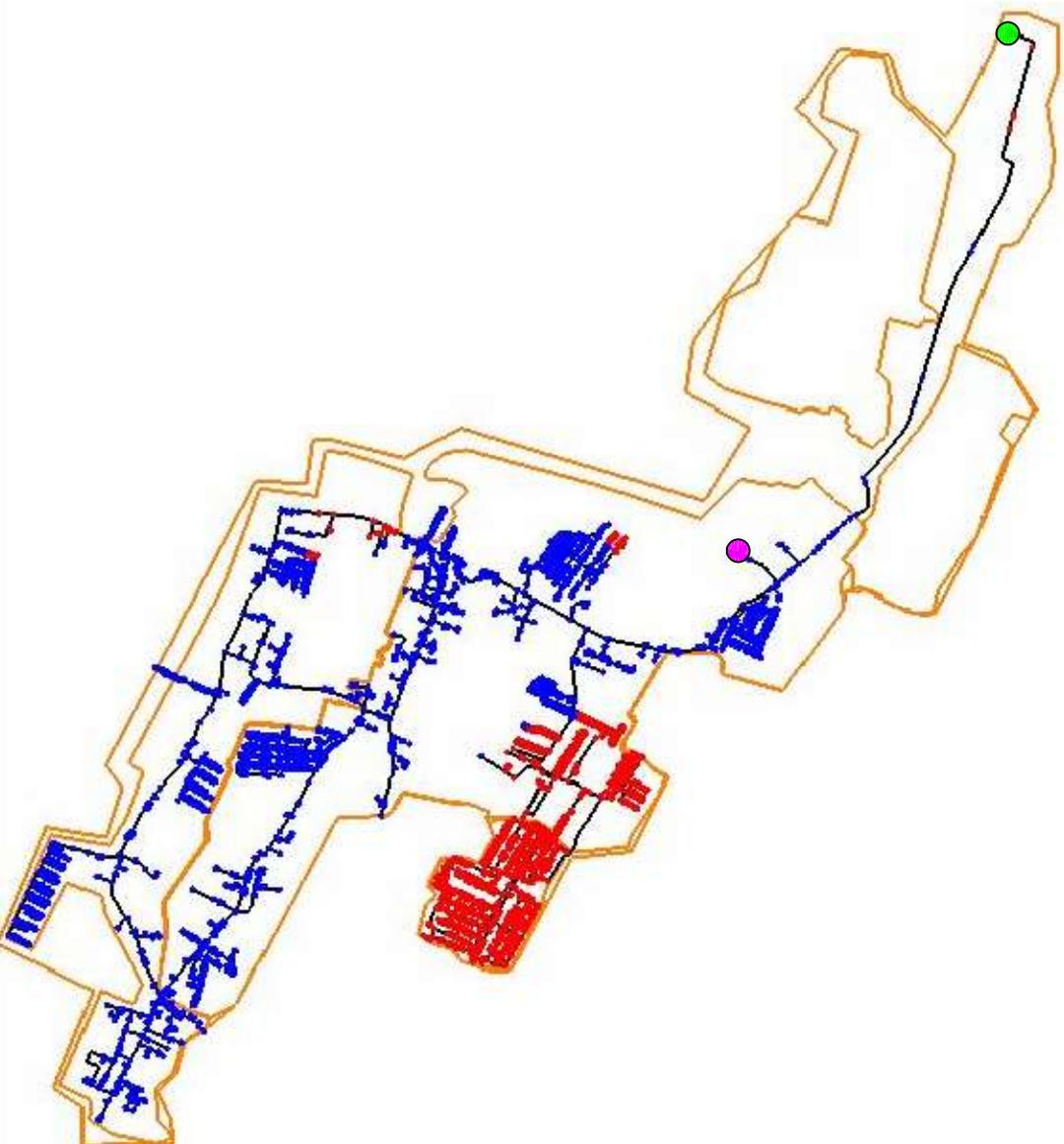
Latonia Nur Adyanis
NRP 03211540000115

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl. SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

-  Reservoir
-  Elevated Tank
-  Titik Sisa Tekan < 1 Bar
-  Titik Sisa Tekan > 1 Bar
-  Pipa
-  Batas Zona dan DMA

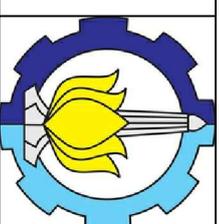


NO. GAMBAR

SKALA

6

1 : 24.400



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumiharian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR

Nilai Tekanan Pada Junction Tahun 2018
Setelah Penambahan Elevated Tank 27 m

MAHASISWA

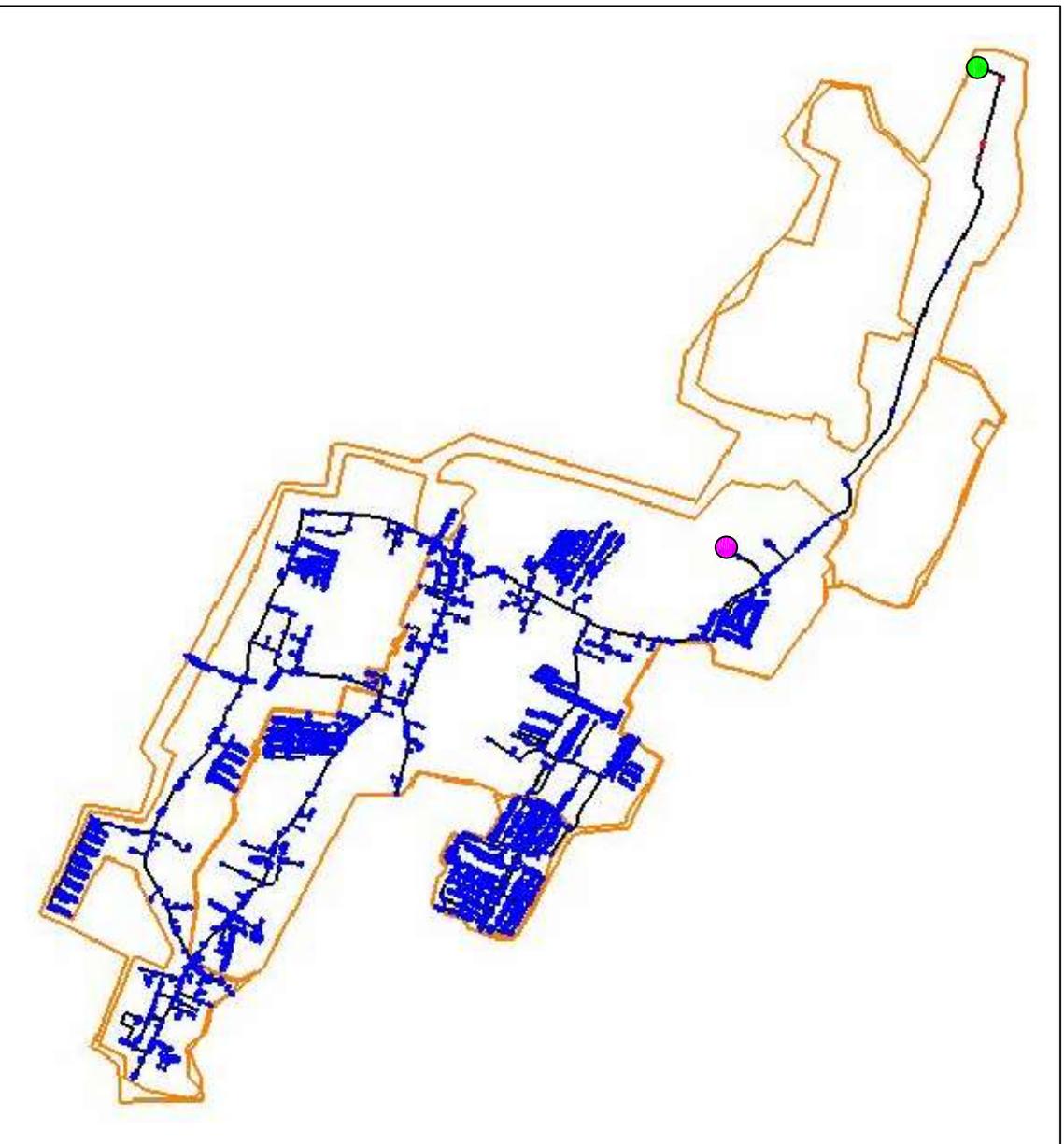
Latonia Nur Adyanis
NRP 03211540000115

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl. SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

-  Reservoir
-  Elevated Tank
-  Titik Sisa Tekan < 1 Bar
-  Titik Sisa Tekan > 1 Bar
-  Pipa
-  Batas Zona dan DMA

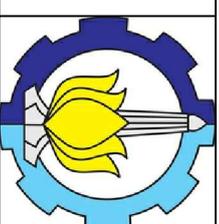


NO. GAMBAR

SKALA

7

1 : 24.400



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumiharian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR

Sisa Klor Setelah Unit Reklorinasi Tahun 2018
Jam Ke-32

MAHASISWA

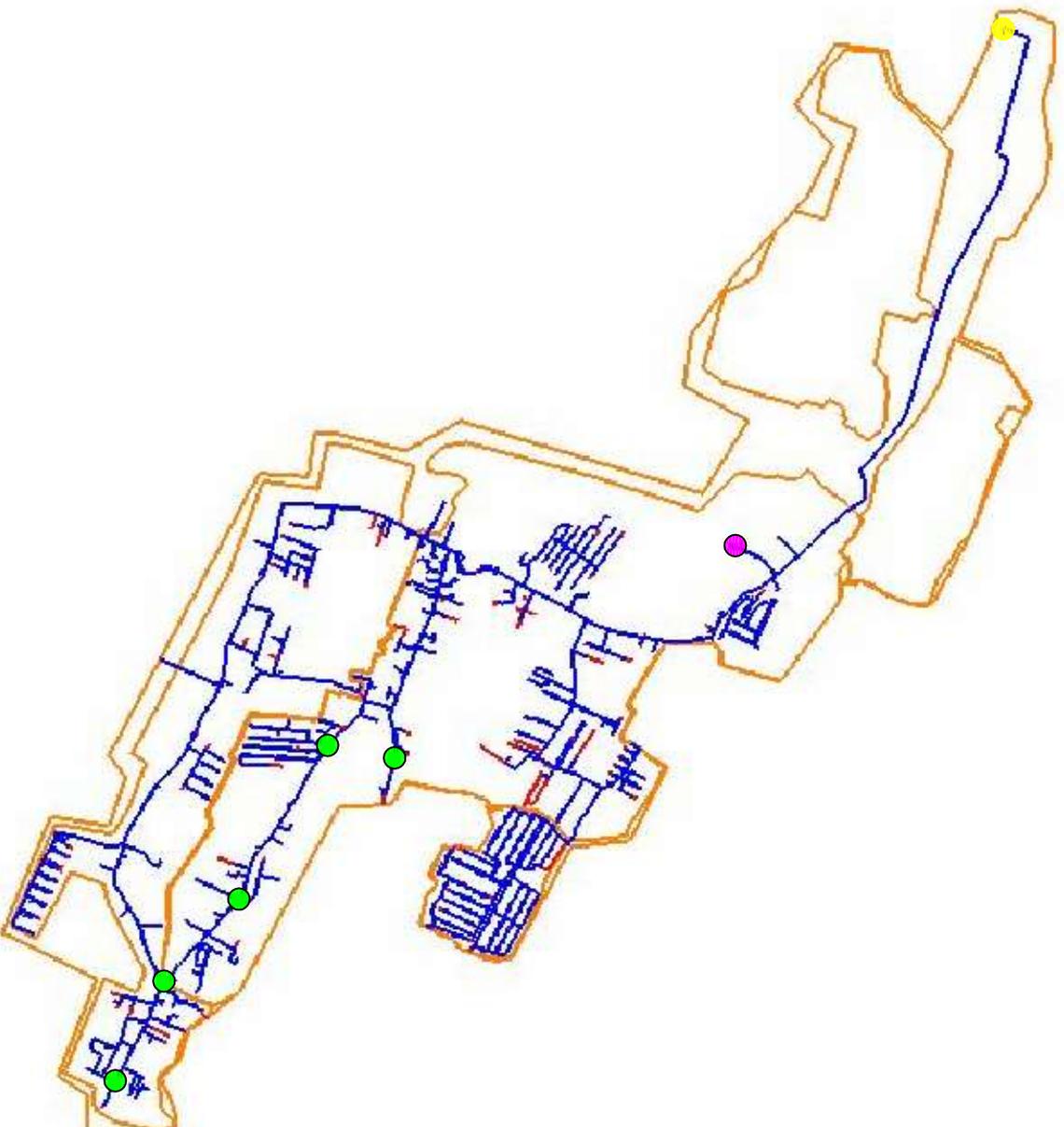
Latonia Nur Adyanis
NRP 03211540000115

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl., SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

-  Titik Reklorinasi
-  Elevated Tank
-  Titik Sisa Klor < 0,2 mg/L
-  Titik Sisa Klor > 0,2 mg/L
-  Pipa
-  Batas Zona dan DMA
-  Reservoir

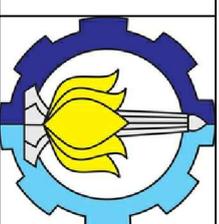


NO. GAMBAR

SKALA

8

1 : 24.400



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumiharian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR

Sisa Klor Awal Tahun 2028
Jam Ke- 26

MAHASISWA

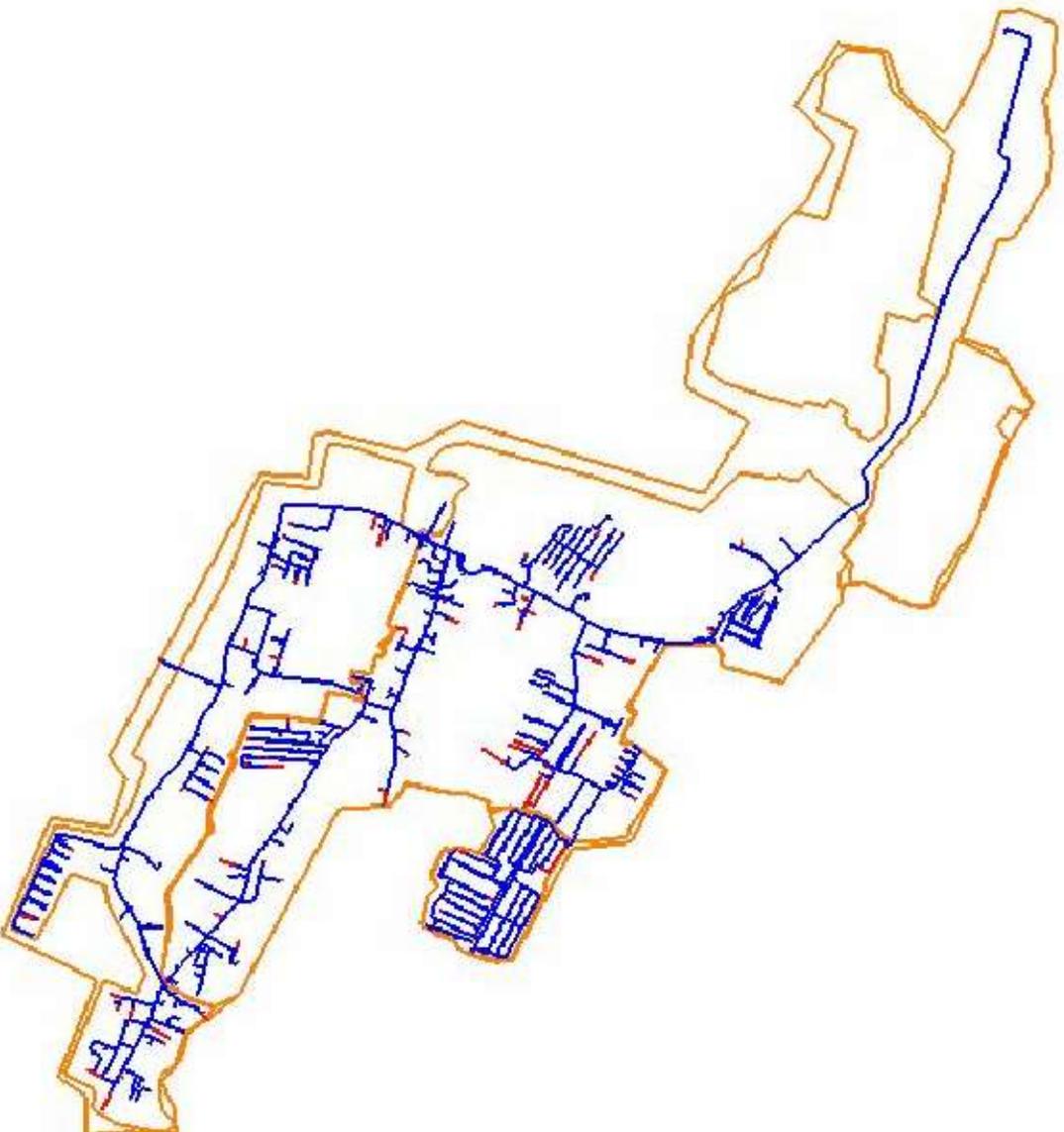
Latonia Nur Adyanis
NRP 03211540000115

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl., SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

-  Reservoir
-  Elevated Tank
-  Titik Sisa Klor < 0,2 mg/L
-  Titik Sisa Klor > 0,2 mg/L
-  Pipa
-  Batas Zona dan DMA

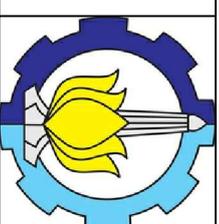


NO. GAMBAR

SKALA

9

1 : 24.400



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumiharian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Peningkatan Kualitas Air Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR

Sisa Klor Setelah Unit Klorinasi Tahun 2028
Jam Ke- 26

MAHASISWA

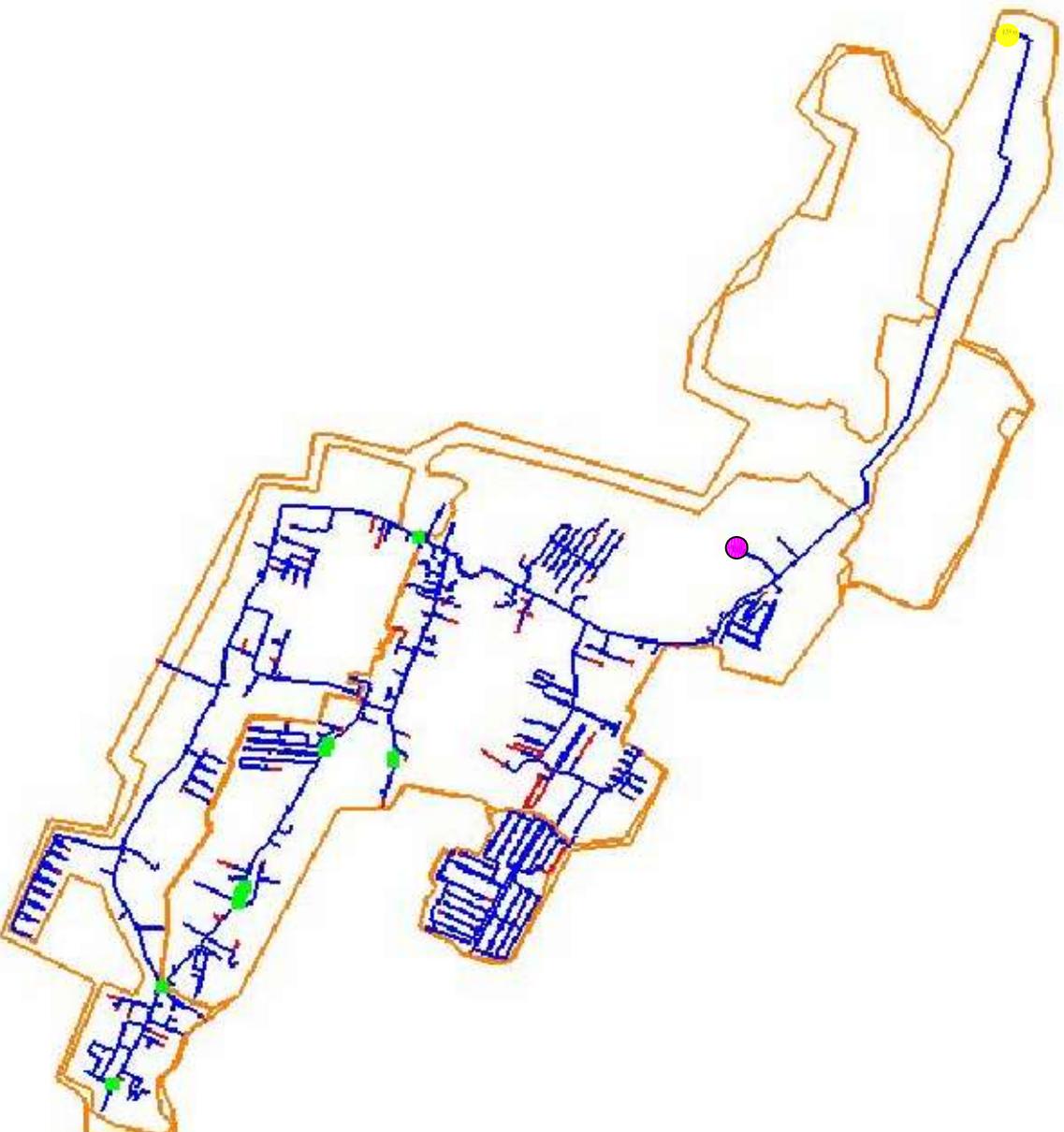
Latonia Nur Adyanis
NRP 03211540000115

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl., SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

- Titik Reklorinasi
- Elevated Tank
- Titik Sisa Klor < 0,2 mg/L
- Titik Sisa Klor > 0,2 mg/L
- Pipa
- Batas Zona dan DMA
- Reservoir

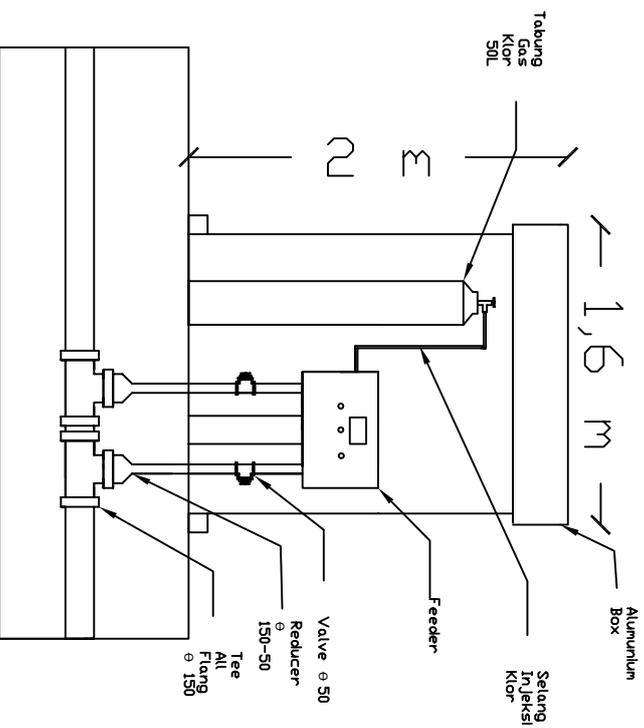


NO. GAMBAR

SKALA

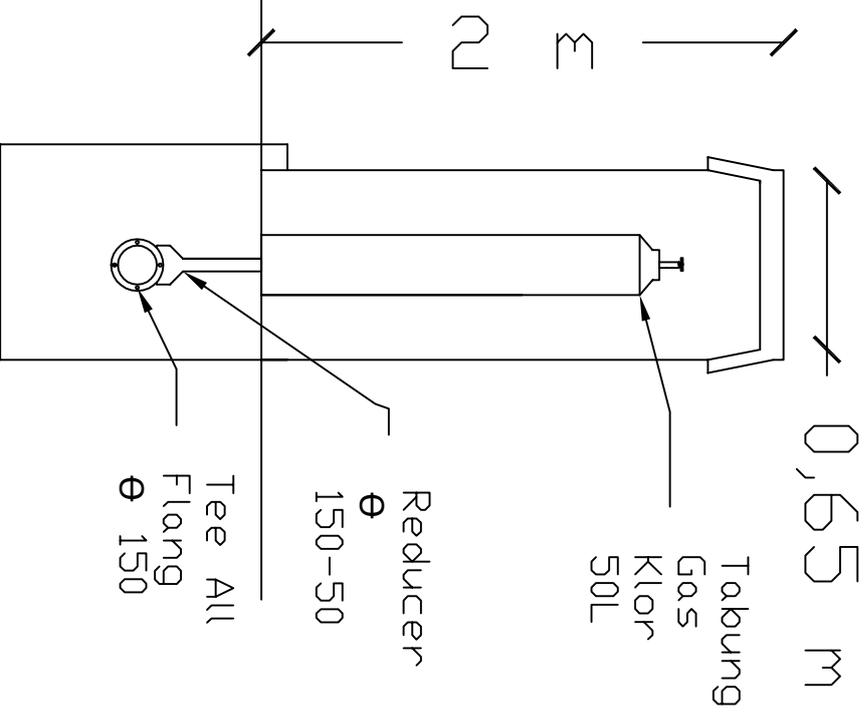
10

1 : 24.400



SKALA 1:40

Tampak Depan Unit Reklorinasi



SKALA 1:40

Tampak Samping Unit Reklorinasi



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumuhan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

Peningkatan Kualitas Air
Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR

Desain Tipikal unit
Reklorinasi

MAHASISWA

Latonia Nur Adyanis
NRP 03211540000115

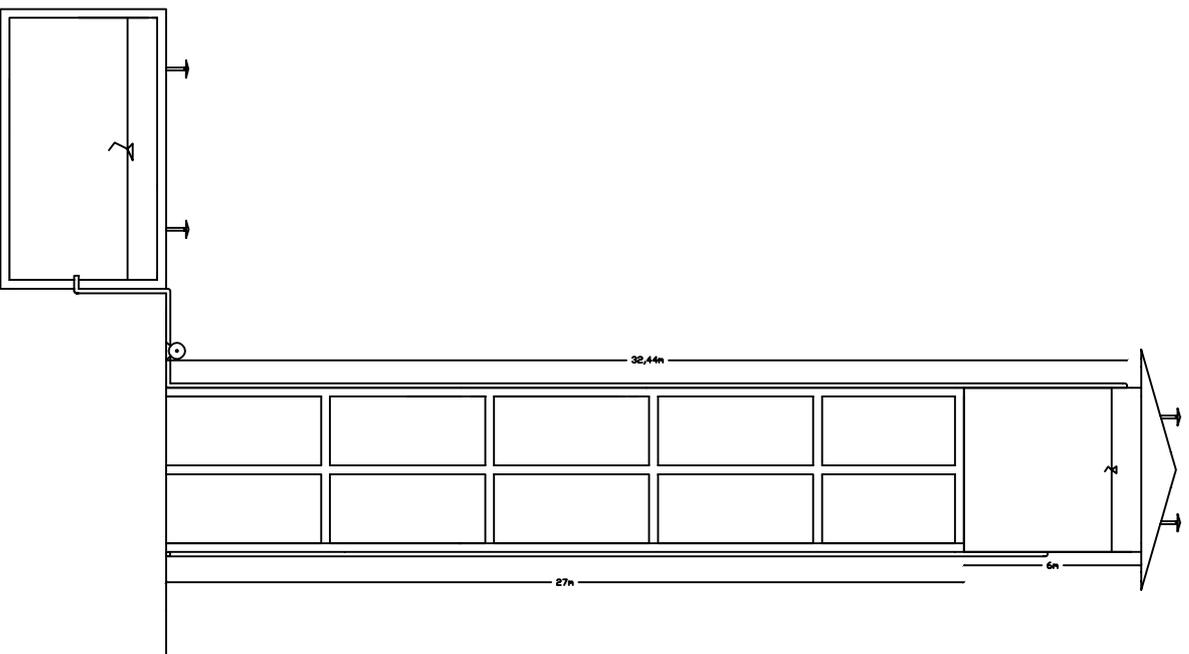
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono
Dipl., SE., M.Sc., Ph.D

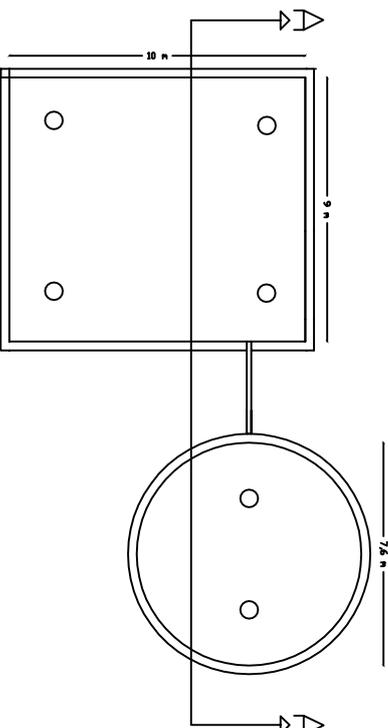
LEGENDA

NO. GAMBAR	SKALA
11	

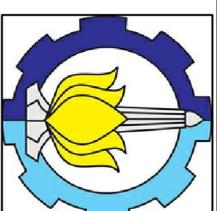
11



Potongan A-A



Tampak Atas



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumiharian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

Peningkatan Kualitas Air
Minum Zona Supit Urang 2
PDAM Kota Malang

JUDUL GAMBAR

Elevated Tank

MAHASISWA

Latonia Nur Adyanis
NRP 03211540000115

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono
Dipl., SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

NO. GAMBAR **SKALA**

12

1:150



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama
NRP
Judul

: LATONIA NUK ADYANIS
: 0321154000115

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
①.	12/2/19	Pernyataan ke sorvai ke walang	
②.	3/5/19	Asistensi data survey yang belum didapatkan.	
③.	9/5/19	Asistensi survey & sampling - Jumlah titik sampling - Kuisioner masyarakat - Komparator, alat sira klar.	
④.	29/3/19	Asistensi perubahan judul dan lingkup proposal	
⑤.	20/4/19	Asistensi perencanaan zona supit Urang 2 + reservoir dan kondisi klorinasi.	
⑥.	20/4/19	Asistensi paper	

Surabaya,
Dosen Pembimbing



KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR

Kode/BKS : RE141581 (0/8/0)

Periode: Genap 2018/2019

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Nilai TOEFL : 503

Hari, tanggal : 7 Mei 2019

Pukul : 08 00-09.00

Lokasi : TL 104

Judul : Peningkatan Kualitas Sistem Penyediaan Air Minum Zona Supit Urang 2 PDAM Kota Malang

Nama : Latonia Nur Adyanis

NRP. : 032115100115

Topik : Perencanaan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
-	<p>Dilanjutkan dg kerja keras,</p>  <p>29 5/19</p>

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl. SE. MSc, Ph.D



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis, 11 - Juli - 2019

Nilai TOEFL 503

Pukul : 13.00

Lokasi : TL - 102

Judul : Peningkatan Kualitas Sistem Penyediaan Air Minum Zona Supit Urang 2 PDAM Kota Malang

Nama : Latonia Nur Adyanis

Tanda Tangan

NRP. : 03211540000115

Topik : Perencanaan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
-	Memantapkan paper yg. sudah ada. - pak Afan → gartek?
-	Relayari prinsip pompa seri vs. paralel !!!

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

ddy Setiadi Soedjono Dipl. SE. MSc, Ph.D



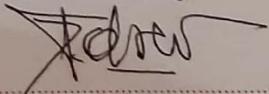
FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Latonia Nur Adyanis
NRP : 03211540000115
Judul Tugas Akhir : Peningkatan Kualitas Sistem Penyediaan Air Minum
Zona Sopit Urang 2 PPAM Kota Malang

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
①	Abstrak tulis ulang	Baca dan tulis kembali
②	Gambar dipindahkan	
⑤	Jumlah fasilitas samakan dengan RT / RW	
③	Saran diperbaiki	Hapus saran pompa perbaiki saran no 1 dan 4.
④	Spesifikasi pompa	Tidak perlu pompa, hanya elevated tank
⑤	Titik unit relokirinali	2 titik dirasa tidak efektif perlu pertimbangan lebih matang

Dosen Pembimbing,

Mahasiswa Yps.,


Ir. Edely Setradi Suedjono Dipl. SE Msc PhD


Latonia Nur Adyanis