

**STUDI EVALUASI DAN REKOMENDASI JARINGAN PIPA
DISTRIBUSI UTAMA PDAM KOTA MALANG
DI ZONA ISTANA DIENG I**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

**SINGGIH GILANG MAHARDIKA
NIM 13 21 910**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
KONSENTRASI SUMBER DAYA AIR
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2015**

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI EVALUASI DAN REKOMENDASI JARINGAN
PIPA DISTRIBUSI UTAMA PDAM KOTA MALANG
DI ZONA ISTANA DIENG I**

SKRIPSI

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi

Jenjang Strata Satu S-1

Pada Hari : Jumat

Tanggal : 14 Agustus 2015

**Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Disusun Oleh :

SINGGIH GILANG MAHARDIKA

13.21.910

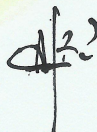
Disahkan Oleh :

Ketua

Sekretaris



Ir. A. Agus Santoso, MT.

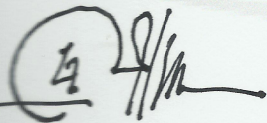


Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT.

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



Ir. Endro Yuwono, MT.



Ir. Togi H. Nainggolan, MS.

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
KONSENTRASI SUMBER DAYA AIR
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2015**

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**STUDI EVALUASI DAN REKOMENDASI JARINGAN PIPA
DISTRIBUSI UTAMA PDAM KOTA MALANG
DI ZONA ISTANA DIENG I**

Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang

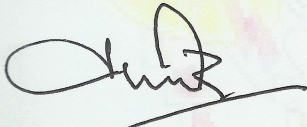
Disusun Oleh :

SINGGIH GILANG MAHARDIKA

13.21.910

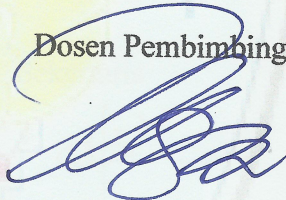
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Ir. I Wayan Mundra, MT.

Dosen Pembimbing II



Ir. H. Hirijanto, MT

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil



Ir. A. Agus Santoso, MT



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
KONSENTRASI SUMBER DAYA AIR
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2015**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Singgih Gilang Mahardika**

NIM : **13.21.910**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Konsentrasi Sumber Daya Air

Fakultas : **Teknik Sipil Dan Perencanaan**

Menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“STUDI EVALUASI DAN REKOMENDASI JARINGAN PIPA
DISTRIBUSI UTAMA PDAM KOTA MALANG DI ZONA ISTANA
DIENG I”**

Adalah hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, September 2015

Yang Membuat Pernyataan

Singgih Gilang Mahardika

ABSTRAK

SINGGIH GILANG MAHARDIKA, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Agustus 2015, *Studi Evaluasi Dan Rekomendasi Jaringan Pipa Distribusi Utama PDAM Kota Malang Di Zona Layanan Istana dieng I*, Dosen Pembimbing : Ir. I. Wayan Mundra, MT. dan Ir. H. Hirijanto, MT.

Kebutuhan air bersih dengan produksi air bersih ibarat suatu kompetisi pada saat ini, suplai bersaing melawan permintaan. Kebutuhan air bersih meningkat drastis seiring dipengaruhi penambahan penduduk, tetapi suplai air bersih semakin menurun yang disebabkan kualitas dan kuantitas air baku yang rendah. PP No. 16 tahun 2005 dijelaskan bahwa pemerintah berkewajiban untuk memenuhi kebutuhan akan air tersebut bagi warga negara Indonesia. Pengelolaan pelayanan air bersih untuk kebutuhan masyarakat Kota Malang dilaksanakan oleh PDAM Kota Malang.

Tujuan dari diadakannya studi ini adalah mengevaluasi dan merekomendasi sistem jaringan distribusi air minum di zona pelayanan tandon istana dieng ditinjau dari segi hidraulika dan sistem operasinya, sehingga kebutuhan air bersih pelanggan pada kondisi eksisting dapat terpenuhi. Sekaligus sebagai penerapan PP Nomor 16 tahun 2005 dan Perda No.4 tahun 2011 dimana air yang didistribusikan oleh PDAM kepada masyarakat pelanggan harus memenuhi kuantitas dan kontinuitas.

Untuk menyelesaikan penelitian tersebut langkah awal yang dilakukan adalah dengan menghitung kebutuhan dan ketersediaan debit air di lapangan. Langkah selanjutnya dengan menganalisa menggunakan rumusan Hazen-Williams dan diteruskan dengan menggunakan Paket Program WaterCAD v.8 XM Edition. Dilanjutkan dengan upaya teknis untuk menyelesaikan permasalahan pada jaringan distribusi. Dan langkah terakhir adalah dengan menghitung rancangan anggaran biaya dari rehabilitasi tersebut.

Hasil analisa sistem jaringan distribusi air bersih pada kondisi eksisting sebelum pelaksanaan debit suplai 14,89 lt/dt total pelanggan 428 SR. Kondisi aliran belum mengalir selama 24 jam dan kecepatan yang rendah pada pipa distribusi. Syarat kuantitas telah terpenuhi pada jaringan eksisting dimana debit suplai 14,89 lt/dt dan debit konsumsi total pelanggan 7 lt/dt. Tekanan pada pipa sudah memenuhi syarat dimana $5\text{mH}_2\text{O} \leq P \leq 80\text{mH}_2\text{O}$. Setelah pelaksanaan kondisi aliran sudah memiliki kecepatan yang memenuhi syarat kontinuitas yang rekomendasi dilakukan perubahan diameter pipa yang lebih kecil pada pipa yang kecepatan alirannya tidak memenuhi syarat $0,3\text{m/s} \leq V \leq 4,5\text{m/s}$, hal ini disebabkan terlalu besar diameter pipa yang mengakibatkan rendahnya kecepatan aliran di pipa distribusi sedangkan jumlah pelanggan sudah maksimal yang mana pada zona layanan ini luas rumah pelanggan sangat besar karena berada di kawasan perumahan real estate. Biaya yang diperlukan untuk rencana keseluruhan sebesar Rp. 1.467.394.000,00.

Secara keseluruhan analisa jaringan eksisting dengan perubahan simulasi jaringan rekomendasi yang dilakukan terhadap komponen jaringan distribusi air bersih di Zona Layanan Istana Dieng I PDAM Kota Malang telah memenuhi kriteria perencanaan.

Kata Kunci: tingkat pelayanan, kecepatan, tekanan, debit konsumsi.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga laporan skripsi dengan judul **“STUDI EVALUASI DAN REKOMENDASI JARINGAN PIPA DISTRIBUSI UTAMA PDAM KOTA MALANG DI ZONA ISTANA DIENG I”** dapat terselesaikan.

Pada kesempatan ini, tak lupa saya sampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan skripsi ini. Ucapan terima kasih ini saya sampaikan kepada :

1. Bapak Ir. I Wayan Mundra, MT. dan Bapak Ir. H. Hirijanto ,MT selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil ITN Malang.
3. Ibu Ir. Munasih, MT selaku Kepala Studio Skripsi Program Studi Teknik Sipil ITN Malang.
4. Kedua Orang Tua yang telah memberikan dukungan dan semangat.
5. Semua teman - teman dan pihak yang membantu.

Saya sangat menyadari bahwa di dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat saya harapkan untuk tercapainya hasil yang lebih baik.

Malang, September 2015
Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR HALAMAN	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Rumusan Masalah	4
1.5. Tujuan dan Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Jenis Infrastruktur Air Minum	6
2.2. Proses Seleksi Kegiatan dan Pemilihan Infrastruktur	7
2.2.1. Peningkatan Sistem Eksisting	7
2.2.2. Pembangunan SPAM Baru	7
2.3. Komponen Infrastruktur	7
2.4. Tingkat Pemakaian Air	8
2.5. Indikasi Kebutuhan Rehabilitasi dan Optimalisasi.....	8
2.6. Instalasi Pengolahan Air Minum	11
2.7. Hidraulika Aliran pada Sistem Jaringan Pipa Air Bersih.....	14
2.7.1. Hukum Kontinuitas	14

2.7.2. Hukum Bernoulli	16
2.7.3. Kehilangan Tinggi Tekan (Head Loss).....	19
2.7.3.1. Kehilangan Tinggi Mayor (Major Losses).....	20
2.7.3.2. Kehilangan Tinggi Minor (Minor Losses)	23
2.7.3.3. Kehilangan Tinggi Minor karena Belokan pada Pipa..	26
2.7.4. Gradien Hidraulika.....	27
2.8. Komponen pada Jaringan Distribusi Air Bersih.....	29
2.8.1. Pipa.....	29
2.8.1.1. Jenis Pipa.....	29
2.8.1.2. Kriteria Pipa Distribusi.....	34
2.8.1.3. Sarana Penunjang.....	35
2.8.4. Pompa.....	41
2.8.5. Tandon (Water Tank)	43
2.8.6. Titik Simpul	44
2.8.5. Penghubung (Link)	44
2.9. Persamaan Sistem Jaringan Pipa	45
2.9.1 Sistem Pipa.....	45
2.9.1.1. Pipa Hubungan Seri	45
2.9.1.2 Pipa Hubungan Paralel	46
2.10. Metode Analisa dalam Jaringan Pipa	48
2.10.1. Metode Titik Simpul	49
2.10.2. Metode Jaringan Tertutup	51
2.11. Penggunaan Software pada Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih	53

2.11.1. Diskripsi Program WaterCad v 4.5	53
2.11.2. Tahapan – tahapan dalam Penggunaan Program WaterCad v ...	54
2.11.2.1. Welcome Dialog	54
2.11.2.2. Pembuatan Lembar Kerja	55
2.11.2.3. Pemodelan Komponen – Komponen Sistem Jaringan	
Distribusi Air Baku.....	58
2.11.2.4. Proses Penggambaran Sistem Jaringan	
Distribusi Air Baku.....	61
2.11.2.5. Perhitungan dan Analisis Sistem Jaringan	
Distribusi Air Baku	62
BAB III METODOLOGI.....	64
3.1. Kondisi Daerah Studi.....	64
3.2. Pengumpulan Data.....	67
3.3. Pengolahan Data.....	68
3.3.1. Hasil Pengumpulan Data.....	68
3.3.1.1 Data Kependudukan	68
3.3.1.2 Data Produksi Suplai Air	69
3.3.1.3 Data Konsumsi Air Minum.....	70
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	72
4.1. Kriteria Design Untuk Memenuhi Syarat Kuantitas	72
4.1.1. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Efektif.....	72
4.1.2. Analisa Suplai Air Efektif Zona Layanan Istana Dieng.....	73
4.1.3. Analisa Total Kehilangan Air Maksimum.....	73
4.1.4. Evaluasi Suplai Air Terhadap Pemenuh Kebutuhan Pelanggan....	74

4.2. Kriteria Design untuk memenuhi syarat Kontinuitas.....	75
4.2.1. Hasil Simulasi Jaringan Pipa Eksisting Dengan Program WaterCAD	76
4.2.2. Evaluasi Indikasi Simulasi Jaringan Pipa Eksisting Terhadap Kriteria Design Untuk Memenuhi Syarat Kontinuitas	85
4.2.3. Hasil Simulasi Dan Evaluasi Jaringan Pipa Rekomendasi Dengan Program WaterCAD.....	92
4.3. Rencana Anggaran Biaya Pengadaan Rehabilitasi Jaringan Pipa Distribusi Utama PDAM Layanan Istana Dieng.....	101
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN	109
5.1. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Efektif	109
5.2. Analisa Suplai Air Efektif Zona Layanan Istana Dieng	112
DAFTAR PUSTAKA.....	113
LAMPIRAN.....	114

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kekentalan Kinematik Air	20
Tabel 2.2. Koefisien Kekasaran Pipa <i>Hazen-Williams</i> (C_{hw})	23
Tabel 2.3. Koefisien Kehilangan Tinggi Tekan Berdasarkan Perubahan Bentuk Pipa (K).....	25
Tabel 2.4. Koefisien Kehilangan Tinggi Tekan karena Belokan pada Pipa...	27
Tabel 2.5. Keuntungan dan Kerugian Pipa <i>Cast Iron</i>	29
Tabel 2.6. Keuntungan dan Kerugian Pipa <i>Galvanized Iron</i>	30
Tabel 2.7. Keuntungan dan kerugian Pipa PVC.....	31
Tabel 2.8. Keuntungan dan Kerugian Pipa Baja.....	31
Tabel 2.9. Keuntungan dan Kerugian Pipa Beton.....	32
Tabel 2.10. Keuntungan dan Kerugian Pipa Besi Bentukan.....	33
Tabel 2.11. Keuntungan dan Kerugian Pipa Semen Asbes.....	33
Tabel 2.12. Kriteria Pipa Distribusi.....	34
Tabel 3.1. Tabel Jumlah Penduduk Pada Daerah Pelayanan.....	68
Tabel 3.2. Laporan Debit Ijin/ Produksi Suplai Air.....	69
Tabel 3.3. Data Pelayanan air Istana Dieng.....	70
Tabel 4.1. Data Perhitungan Kriteria <i>Design</i> Zona Istana Dieng Menggunakan Asumsi Perencanaan Yang Ditetapkan PDAM.....	74
Tabel 4.2. Tabel Kriteria <i>Design</i> Syarat Kontinuitas Yang Ditetapkan PDAM	75
Tabel 4.3. Tabel Suplai Air dan Pemakaian Air Running WaterCAD.....	78
Tabel 4.4. Tabel Reservoir Dan Pompa.....	79

Tabel 4.5. Hasil Simulasi Pipa Eksisting Jam Rendah.....	80
Tabel 4.6. Tabel Simulasi Pipa Eksisting Jam Puncak.....	81
Tabel 4.7. Tabel Simulasi Titik Simpul (<i>Junction</i>) Eksisting Jam Rendah.....	82
Tabel 4.8. Tabel Simulasi Titik Simpul (<i>Junction</i>) Eksisting Jam Puncak.....	82
Tabel 4.9. Tabel Simulasi Pada Titik Kritis.....	84
Tabel 4.10. Evaluasi Tabel Pipa Pada Simulasi Pukul.....	85
Tabel 4.11. Tabel Titik Simpul Pada Simulasi Pukul.....	87
Tabel 4.12. Evaluasi Titik Kritis Pada Simulasi Interval 1 Jam.....	89
Tabel 4.13. Tabel Suplai Air dan Pemakaian Air Rekomendasi.....	93
Tabel 4.14. Tabel Reservoir Dan Pompa.....	95
Tabel 4.15. Hasil Simulasi Pipa Rekomendasi Jam 00:00 Dan Jam 07:00....	96
Tabel 4.16. Hasil Simulasi Titik Simpul Rekomendasi.....	98
Tabel 4.17. Ukuran Pipa Dan Harga Pipa Tiap 4 meter.....	101
Tabel 4.18. Harga Pipa Berdasarkan Diameter Pipa.....	102
Tabel 4.19. Harga Satuan Sambungan Pipa.....	102
Tabel 4.20. Harga Sambungan Pipa Per-Diameter.....	103
Tabel 4.21. Galian tanah keras sedalam 1 m.....	103
Tabel 4.22. Urugan Tanah Kembali & Pemadatan /m ³	103
Tabel 4.23. Pemasangan paving /m ²	104
Tabel 4.24. Pemasangan Pipa PVC Ø 25 mm.....	104
Tabel 4.25. Pemasangan Pipa PVC Ø 50 mm.....	105
Tabel 4.26. Pemasangan Pipa PVC Ø 75 mm.....	105
Tabel 4.27. Pemasangan Pipa PVC Ø 100 mm.....	106
Tabel 4.28. Pemasangan Pipa PVC Ø 125 mm.....	106

Tabel 4.29. Pemasangan Pipa PVC Ø 150 mm	107
Tabel 4.30. Rincian Rencana Anggaran Biaya.....	107
Tabel 4.31. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya.....	108
Tabel 5.1. Tabel Pipa Rekomendasi.....	111

DAFTAR GAMBAR

2.1.	Optimalisasi Infrastruktur SPAM.....	9
2.2.	Rehabilitasi Infrastruktur SPAM	10
2.3.	Instalasi Pengolahan Air Lengkap	13
2.4.	Instalasi Pengolahan Air Sebagian	14
2.5.	Pipa Lurus, Penyempitan Pipa dan Pembesaran Pipa.....	15
2.6.	Pipa Bercabang.....	16
2.7.	Diagram Energi Pada Dua Tempat	17
2.8.	Belokan 45° dan 90°	26
2.9.	Gradien Hidraulika	28
2.10.	Increaser.....	35
2.11.	Reducer.....	35
2.12.	Sambungan T	36
2.13.	Sambungan Y.....	36
2.14.	Belokan 45 ⁰	37
2.15.	Pressure Reducing Valve.....	37
2.16.	<i>Pressure Sustaining Valve</i>	38
2.17.	<i>Flow Control Valve</i>	38
2.18.	<i>Throttle Control Valve</i>	39
2.19.	<i>General Purpose Valve</i>	39
2.20.	BO.....	40
2.21.	BR.....	40
2.22.	Hydrant.....	41

2.23.	Pemasangan pompa pararel dan secara seri.....	42
2.24.	Kurva Head-Kapasitas dari Pompa (P) dan Sistem (S).....	43
2.25.	<i>Water Tank</i>	44
2.26.	Pipa Hubungan Seri	45
2.27.	Pipa Hubungan Paralel.....	47
2.28.	Skema Jaringan Sederhana.....	49
2.29.	Jaringan Tertutup dengan Dua <i>Loop</i>	51
2.30.	Tampilan <i>Welcome Dialog</i> Pada <i>WaterCAD</i>	55
2.31.	Pemilihan Rumus Pada <i>WaterCAD</i>	56
2.32.	Pemilihan Metode Penggambaran Pada <i>WaterCAD</i>	57
2.33.	Penentuan Prototipe Dari Komponen Sistem Jaringan Pada <i>WaterCAD</i> ...	57
2.34.	Proses Penggambaran Suatu Jaringan Dengan <i>WaterCAD</i>	62
3.1.	Peta Pelayanan PDAM Kota Malang.....	65
3.2.	Peta Jaringan Eksisting.....	66
3.3.	Gambar <i>Reservoir</i> Istana Dieng.....	69
3.4.	Gambar Diagram Alir Penyelesaian Skripsi.....	71
4.1.	Hasil Running Skema Jaringan Pipa.....	77
4.2.	Grafik Suplai Air dan Pemakaian Air Running <i>WaterCAD</i>	77
4.3.	Grafik Debit <i>Reservoir</i>	78
4.4.	Grafik Pump Head.....	79
4.5.	Grafik Titik Kritis Pada Kondisi Eksisting	83
4.6.	Titik Kritis Pipa Jaringan <i>Junction 10</i> , Pipa P-11, P-15, P-16.....	90
4.7.	Hasil <i>Running</i> Skema Jaringan Pipa Rekomendasi.....	92
4.8.	Grafik Suplai Air dan Pemakaian Air Rekomendasi.....	93

4.9.	Grafik Debit Reservoir Rekomendasi.....	94
4.10.	Grafik Pump Head Rekomendasi.....	94
4.11.	Denah Jaringan Pipa.....	100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan air bersih dengan produksi air bersih ibarat suatu kompetisi pada saat ini, suplai bersaing melawan permintaan. Kebutuhan air bersih meningkat drastis seiring dipengaruhi penambahan penduduk, tetapi suplai air bersih semakin menurun yang disebabkan kualitas dan kuantitas air baku yang rendah. Air bersih telah diprediksi akan mengalami kelangkaan pada skala nasional yang berarti permintaan air bersih akan melebihi suplai dan persediaan air bersih yang dihasilkan. Prediksi kelangkaan air bersih berdasarkan dari kondisi riil beberapa daerah di Indonesia telah mengalami krisis air bersih yang perkembangannya sampai saat ini terus meningkat. Krisis air bersih akan berdampak langsung pada kesehatan dan kesejahteraan masyarakat yang akan menurun jika tidak ada penanganan dengan cepat dan tepat. Pentingnya kebutuhan air bersih menjadikan air bersih adalah prioritas penanganan utama.

PP No. 16 tahun 2005 dijelaskan bahwa pemerintah berkewajiban untuk bisa memenuhi kebutuhan akan air tersebut bagi warga negara Indonesia terlebih di kota besar yang pada saat ini sudah dirasakan kesulitan mendapat air yang memenuhi syarat kesehatan. PP No. 16 tahun 2005 memiliki tujuan untuk pemenuhan air bersih untuk warga negara Indonesia yang memiliki dampak langsung meningkatnya kesejahteraan dan kesehatan warga masyarakat Indonesia.

Pengelolaan pelayanan air bersih untuk kebutuhan masyarakat Kota Malang dilaksanakan oleh PDAM Kota Malang. Sistem penyediaan air minum Kota Malang sudah ada sejak pemerintahan Belanda (1915) yang waktu itu bernama *waterleiding verordening*. PDAM Kota Malang berdiri pada tahun 1974 dengan Perda No. 11 tahun 1974. PDAM Kota Malang sudah mampu memberikan pelayanan kepada masyarakat pelanggan sebanyak 75 % dari jumlah seluruh penduduk Kota Malang sampai saat ini. Perda No.11 tahun 1974 menjelaskan bahwa pemerintah daerah telah mendirikan suatu perusahaan daerah yang diberi nama Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Malang untuk penanganan pelayanan air bersih. PP No.16 tahun 2005 dijelaskan PDAM diberi tugas untuk mengelola dan mengoperasikan sistem penyediaan air minum (SPAM) dan menyalurkan ke setiap sambungan rumah pelanggan di kota Malang khususnya yang bertujuan memenuhi kebutuhan air bersih pelanggan, pemerintah pusat bertanggung jawab untuk memenuhi kebutuhan air baku dan pemerintah daerah bertanggung jawab untuk menyediakan jaringan pendistribusian air minum ke warga masyarakat.

Sistem penyediaan air minum (SPAM) yang dikelola PDAM harus bisa memenuhi standart pelayanan yang dibutuhkan oleh masyarakat pelanggan yang meliputi persyaratan kualitas, kuantitas dan kontinuitas. Persyaratan kuantitas mewajibkan PDAM memenuhi kebutuhan air bersih pelanggan dengan minimum konsumsi sebesar 30 m³/bulan/rumah. Persyaratan kontinuitas adalah harus bisa mengalir 24 jam per hari ke setiap saluran rumah pelanggan dengan tekanan yang cukup atau dapat mengalir minimal pada kran kamar mandi rumah lantai satu pada kondisi jam puncak pemakaian pagi hari.

Sistem penyediaan air bersih dengan perpipaan oleh PDAM kota Malang tergantung pada kondisi jaringan pipa distribusi air. Dalam operasional sistem penyediaan air minum (SPAM) belum seluruhnya memenuhi apa yang diharapkan oleh PP No.16 tahun 2005, serta dalam memenuhi yang diharapkan Perda No.4 tahun 2011 agar mempertahankan keseimbangan kebutuhan air bersih antara kapasitas dan volume air bersih dengan jumlah pelanggan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), sehingga di masa – masa mendatang masih diperlukan penyempurnaan sistem penyediaan air minum (SPAM), salah satu yang akan ditangani adalah pembentukan zona I Istana Dieng PDAM Kota Malang untuk 428 pelanggan dengan pelayanan prima.

1.2. Identifikasi Masalah

Sistem penyediaan air minum (SPAM) di zona Istana Dieng belum memenuhi kriteria perencanaan yang bertumpu pada kebutuhan pelanggan, sehingga belum juga memenuhi ketentuan dalam PP No.16 tahun 2005 dan Perda No.4 tahun 2011 karena masih ada beberapa permasalahan antara lain :

1. Distribusi air bersih PDAM kota Malang di zona layanan istana dieng pada beberapa saluran rumah pelanggan teridentifikasi aliran tidak mengalir 24 jam/hari
2. Kecepatan aliran pada pipa yang rendah di beberapa titik pipa distribusi
3. Masih terjadi gangguan pelayanan yang berpengaruh terhadap pemenuhan kebutuhan pelanggan
4. Efektivitas infrastruktur jaringan distribusi yang berpengaruh terhadap efisiensi biaya rehabilitasi

1.3. Batasan Masalah

Studi ini dititikberatkan pada evaluasi dan rekomendasi sistem jaringan pipa distribusi utama penyediaan air minum pada kondisi eksisting dengan mengambil batasan-batasan seperti berikut :

1. Keandalan sistem penyediaan air minum ini dikontrol dengan analisa hidrolis sistem jaringan pipa utama distribusi air .
2. Dengan menggunakan asumsi yang saat ini berlaku di PDAM Kota Malang diantaranya :
 - Konsumsi rata – rata pelanggan = $30 \text{ m}^3/\text{bulan}/\text{rumah}$
 - Tekanan minimal pada jam puncak pagi hari = $0,5 \text{ kg}/\text{cm}^2$ (5 mH₂O)
 - Tekanan maksimal pada jam rendah = $8 \text{ kg}/\text{cm}^2$ (80 mH₂O)
 - Kecepatan minimum pada pipa 0,3 m/dt
 - Kecepatan maksimum pada pipa 4,5 m/dt
3. Pendekatan yang dipakai untuk simulasi hidraulika aliran dengan kondisi tidak permanen dan durasi perubahan kondisi kebutuhan selama 24 jam dengan interval 1 jam dengan dibantu paket program *WaterCad v 8xm*.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan dalam kajian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Apakah suplai air pada zona layanan Istana Dieng I sudah mencukupi total konsumsi pelanggan?

2. Bagaimanakah kondisi hidraulis pada komponen-komponen sistem jaringan distribusi air minum pada kondisi eksisting dikaji dengan menerapkan model simulasi kondisi tidak permanen dengan paket program *WaterCad v 8xm* ?
3. Apa rekomendasi untuk sistem jaringan pipa distribusi utama setelah melakukan evaluasi pada kondisi eksisting berdasarkan syarat pemenuhan kebutuhan pelanggan?
4. Berapa biaya yang dibutuhkan untuk rekomendasi jaringan pipa distribusi zona layanan Istana Dieng?

1.5. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari diadakannya studi ini adalah mengevaluasi dan merekomendasi sistem jaringan distribusi air minum di zona pelayanan tandon istana dieng ditinjau dari segi hidraulika dan sistem operasinya dengan menggunakan penerapan permodelan simulasi kondisi tidak permanen, sehingga kebutuhan air bersih pelanggan pada kondisi eksisting dapat terpenuhi. Sekaligus sebagai upaya penerapan PP Nomor 16 tahun 2005 dan Perda No.4 tahun 2011 dimana air yang didistribusikan oleh PDAM kepada masyarakat pelanggan harus memenuhi kuantitas dan kontinuitas.

Manfaat dari studi ini adalah memberikan masukan atau informasi kepada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Malang dalam upaya memenuhi dan meningkatkan pelayanan penyediaan air bersih di Kota Malang, khususnya dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih dengan kebutuhan yang bervariasi sepanjang waktu. Studi juga menambah wawasan dan ilmu pengetahuan dalam perencanaan sistem jaringan distribusi air di daerah perkotaan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Jenis Infrastruktur Air Minum

Infrastruktur yang termasuk bidang air minum sederhana meliputi :

1. Perlindungan Mata Air (PMA)
2. Sumur Air Tanah Sedang/Dalam (SATS/D)
3. Instalasi Pengolahan Air Sederhana (IPAS)
4. Penampung Air Hujan (PAH)
5. Solusi teknis lain yang pemilihannya disesuaikan dengan kondisi daerah, diantaranya adalah :

- Sumur Gali (SG)
- Sumur Pompa Tangan (SPT)
- Paket Instalasi Pengolahan Air (IPA)
- Pompa Hidran
- Destilator Surya Atap Kaca (DSAK)

Pemilihan infrastruktur berdasarkan pertimbangan pada teknologi yang diterapkan dengan menyesuaikan karakteristik dan sumber daya yang ada di daerah perencanaan tanpa mengurangi kualitas dan kuantitas pelayanan air minum yang direncanakan.

2.2. Proses Seleksi Kegiatan dan Pemilihan Infrastruktur

Usulan kegiatan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) berdasarkan ketersediaan SPAM pada daerah yang akan dituju. Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) dapat direncanakan pemilihan infrastruktur untuk pembangunan baru jika pada daerah yang disurvei tidak tersedia SPAM. Jika SPAM telah tersedia, maka kegiatan yang dilakukan adalah pengkajian sistem yang sudah ada (eksisting).

2.2.1. Peningkatan sistem eksisting

Peningkatan SPAM eksisting dilakukan melalui rehabilitasi atau optimalisasi, tergantung pada kondisi dan kebutuhan SPAM yang tersedia.

2.2.2. Pembangunan SPAM baru

Jenis infrastruktur yang tepat untuk suatu daerah rencana pelayanan ditentukan dengan mempertimbangkan parameter – parameter sebagai berikut :

- Jenis sumber air baku, termasuk kualitas dan kuantitasnya
- Kondisi topografi

2.3. Komponen Infrastruktur

Komponen – komponen pembentuk infrastruktur yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum terdiri dari :

- Unit bangunan pengambilan air baku
- Unit pengolahan fisik/kimia
- Unit Penampungan (Reservoir)

- Unit perpipaan (transmisi dan distribusi)
- Unit pemanfaatan (hidran umum dan sambungan ke rumah tangga)
- Unit pendukung lainnya (perpompaan dan sumber daya listrik)

2.4. Tingkat Pemakaian Air

Tingkat pemakaian air bersih secara umum ditentukan berdasarkan kebutuhan hidup manusia sehari – hari. Menurut bank dunia, kebutuhan manusia akan air dimulai dengan kebutuhan untuk air minum sampai pada kebutuhan untuk sanitasi. Semakin beragam aktivitas manusia maka semakin banyak kebutuhan air yang akan digunakan sehingga dampak yang terjadi adalah semakin banyak kebutuhan air yang harus dipenuhi oleh penyedia air bersih.

Letak tempat tinggal manusia mempengaruhi jumlah kebutuhan air yang digunakan. Masyarakat perkotaan memiliki aktivitas yang beragam dibanding masyarakat pedesaan yang kehidupannya lebih sederhana sehingga berimbas pada jumlah kebutuhan air masyarakat kota lebih besar daripada masyarakat yang tinggal di pedesaan.

2.5.Indikasi Kebutuhan Rehabilitasi dan Optimalisasi

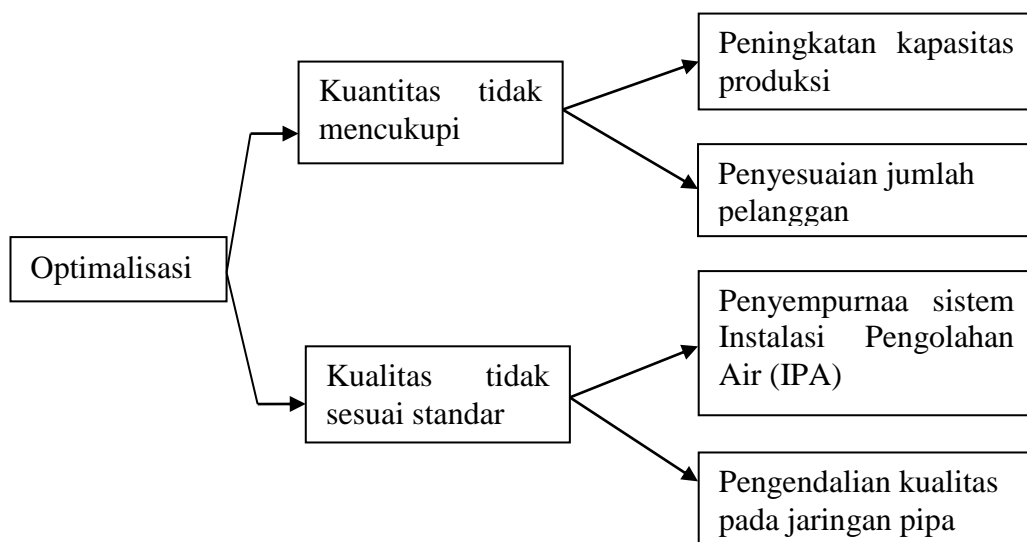
Rehabilitasi infrastruktur Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) dilakukan pada keseluruhan maupun sebagian sistem, antara lain pada unit pengambilan air baku, unit transmisi, unit produksi, maupun unit distribusi. Kegiatan rehabilitasi dilaksanakan apabila terdapat kerusakan atau tidak sesuaian pada keseluruhan maupun sebagian infrastruktur SPAM tersebut.

Indikasi pelaksanaan rehabilitasi antara lain :

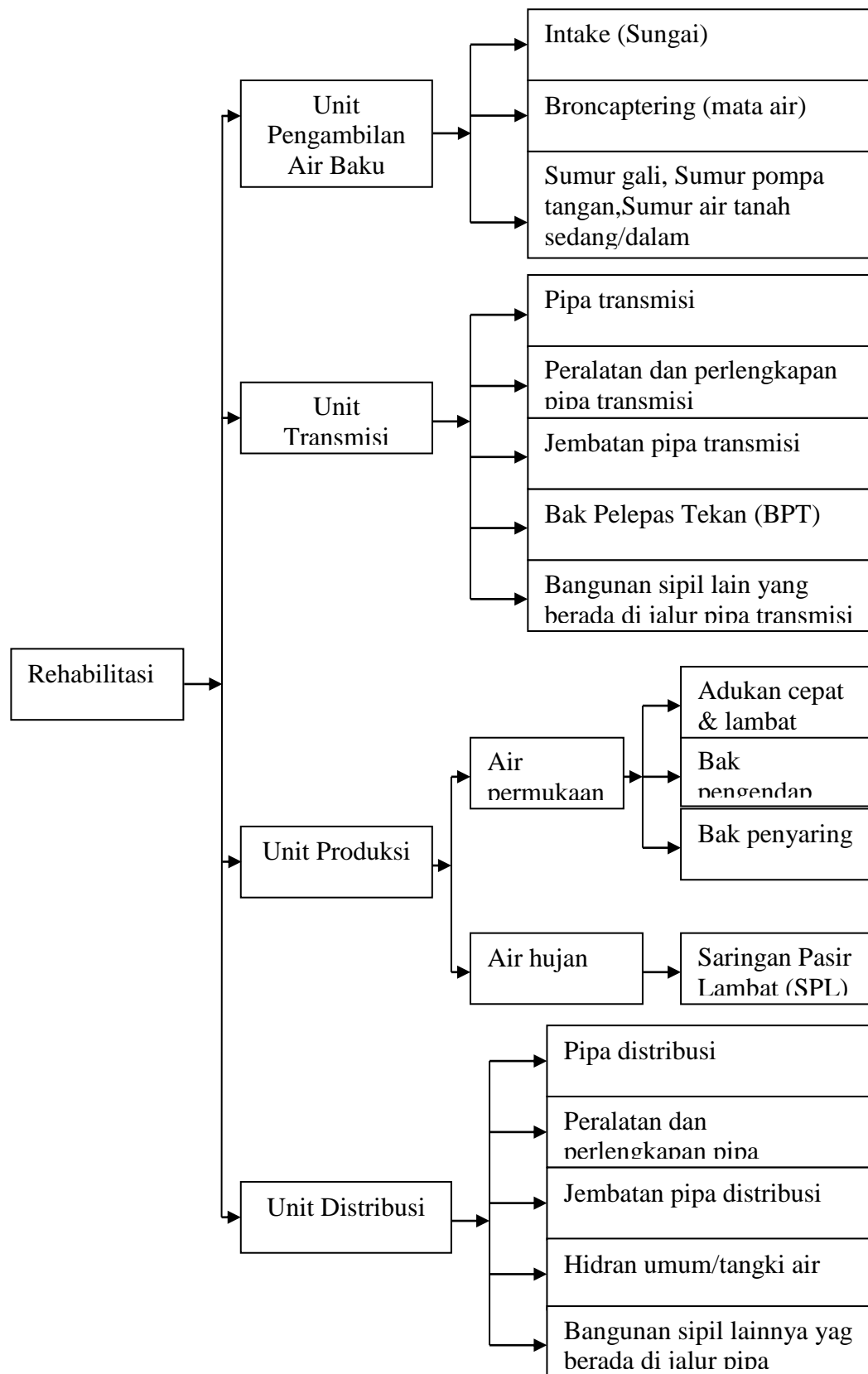
- Air baku tidak mengalir atau kuantitas air baku yang akan diolah pada unit produksi menurun akibat kerusakan pada unit bangunan pengambilan air baku
- Kualitas air yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar akibat kerusakan pada unit pengolahan
- Kebocoran pipa transmisi dan pipa distribusi
- Kerusakan pada sistem transmisi dan distribusi
- Kerusakan sistem elektrial dan mekanikal

Optimalisasi infrastruktur SPAM merupakan upaya peningkatan kuantitas dan kualitas penyediaan air minum. Indikasi pelaksanaan optimalisasi antara lain :

- Kuantitas air sudah tidak mencukupi kebutuhan penduduk
- Kualitas air belum memenuhi standar kualitas air minum karena tidak sempurnanya proses fisik dan kimia pada unit produksi



Gambar 2.1 Optimalisasi Infrastruktur SPAM (Sumber : Petunjuk Teknis Pelaksanaan Prasarana Air Minum Sederhana, Ditjen Cipta Karya)



Gambar 2.2 Rehabilitasi Infrastruktur SPAM

2.6. Instalasi Pengolahan Air Minum

Sistem pengolahan air minum berfungsi untuk merubah kualitas air yang semula tidak memenuhi syarat kesehatan menjadi air yang memenuhi syarat kesehatan, sehingga aman untuk dikonsumsi manusia. Syarat kesehatan sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tanggal 3 September 1990 dan No. 907/MENKES/SK/VII/2002, tanggal 29 Juli 2002 yang boleh dikonsumsi manusia harus memenuhi persyaratan fisik, kimia, dan mikrobiologi dengan kadar parameter tertentu. Menurut kualitasnya air dapat digolongkan sebagai :

1. Air baku

Air yang ada di alam (air tanah, air permukaan, air hujan) yang kualitasnya mungkin belum memenuhi standart kesehatan.

2. Air bersih

Air yang biasa dipergunakan untuk keperluan rumah tangga yang kualitasnya hampir memenuhi syarat kesehatan dan apabila diminum harus dimasak terlebih dahulu.

3. Air minum

Air bersih yang kualitasnya sudah memenuhi syarat kesehatan dan langsung dapat diminum tanpa harus dimasak terlebih dahulu.

Model Instalasi Pengolahan Air (IPA), sangat tergantung dari kualitas air baku yang akan diolah, bisa berbentuk pangolahan lengkap apabila air bakunya air sungai dan bisa berbentuk pengolahan sebagian apabila air bakunya mata air.

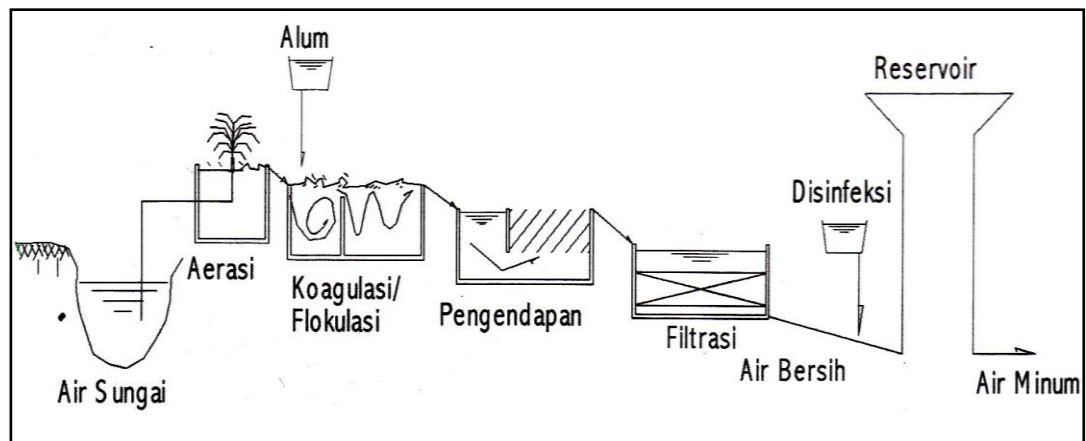
Pada Instalasi Pengolahan Air(IPA) lengkap dilakukan pengolahan berat karena sumber air yang diperoleh memiliki kualitas air yang tingkat pencemarannya tinggi.

Tahapan – tahapan IPA lengkap adalah sebagai berikut :

1. Aerasi, merupakan proses pengolahan dimana air diberi kesempatan untuk bersinggungan sebanyak – banyaknya dengan udara sekitar dengan tujuan untuk :
 - Menaikan kandungan oksigen
 - Menurunkan kandungan CO₂, Fe, H₂S, dll
 - Menghilangkan bau, rasa dan zat – zat yang mudah menguap
2. Koagulasi/flokulasi, merupakan proses dimana zat padat yang melayang dibadan air (koloid) dibentuk menjadi flok – flok sehingga berat jenisnya bertambah untuk dapat mengendap. Pembentukan flok – flok ini akibat pencampuran bahan kimia tertentu misalnya yang umum digunakan adalah tawas dengan dosis yang tepat melalui pengadukan mekanis.
3. Pengendapan, merupakan proses dimana bentukan flok – flok yang dihasilkan dari proses sebelumnya diendapkan pada bak pengendapan yang selanjutnya dibuang. Penyaringan, merupakan proses lanjutan dimana flok – flok yang belum mengendap pada proses pengendapan akan dapat ditahan pada proses penyaringan ini. Biasanya dibuat dari pasir atau kerikil halus.
4. Disinfeksi, merupakan proses akhir pengolahan air bersih yang akan dikonsumsi ke pelanggan harus bebas dari bakteri / virus yang mengganggu kesehatan. Adapun yang termasuk macam proses disinfeksi adalah sebagai berikut :

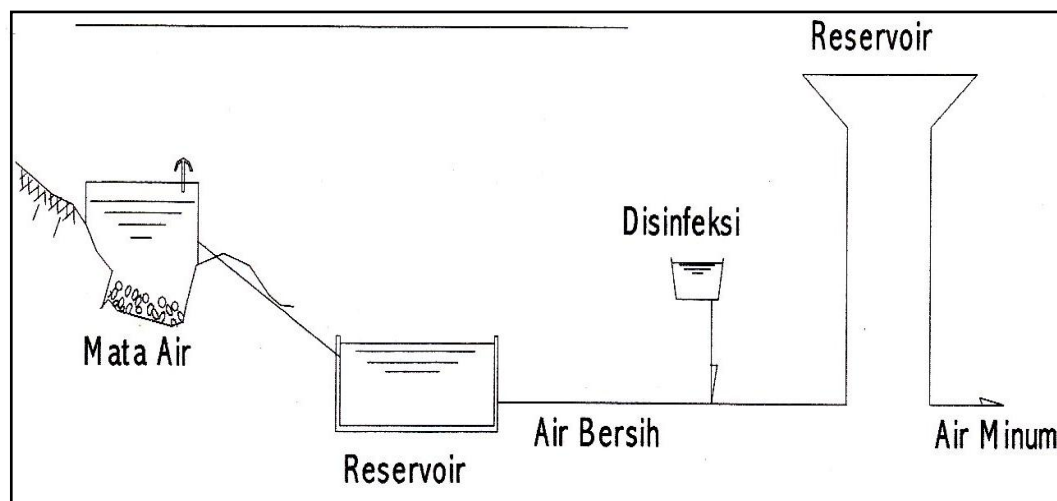
- Pembubuhan gas chlor
- Pembubuhan kaporit
- Ozonisasi
- Penyinaran ultra violet
- Memasak hingga mendidih

Proses pembubuhan gas Chlor menggunakan peralatan Chlonator yang pengaturan dosisnya bisa diatur konstan.



Gambar 2.3. Instalasi Pengolahan Air Lengkap (Sumber : PDAM Kota Malang)

Instalasi Pengolahan Air (IPA) Sebagian memiliki tahapan yang lebih sederhana daripada pengolahan lengkap karena sumber air yang diolah memiliki tingkat pencemaran yang lebih rendah.

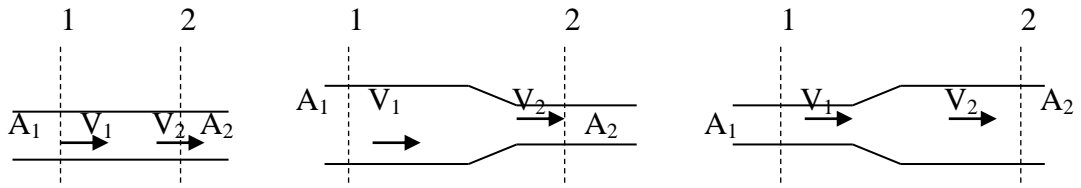


Gambar 2.4. Instalasi Pengolahan Air Sebagaimana (Sumber : PDAM Kota Malang)

2.7. Hidraulika Aliran pada Sistem Jaringan Pipa Air Bersih

2.7.1. Hukum Kontinuitas

Air yang mengalir di dalam suatu pipa secara terus menerus yang mempunyai luas penampang A dengan satuan (m^2) dan kecepatan v dengan satuan (m/det) akan memiliki debit yang sama pada setiap penampang yang dialiri. Dalam persamaan Hukum Kontinuitas dinyatakan bahwa debit yang masuk ke dalam pipa sama dengan debit yang keluar pipa.



Gambar 2.5. Pipa Lurus, Penyempitan Pipa dan Pembesaran Pipa

Hubungan antara Hukum Kontinuitas dengan ketiga bagan pada Gambar 2.5 dapat ditunjukkan dengan dua persamaan berikut (Priyantoro, 1991 : 8) :

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}} \quad (2-5)$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad (2-6)$$

dengan : Q = debit yang mengalir (m^3/detik)

A = luas penampang (m^2)

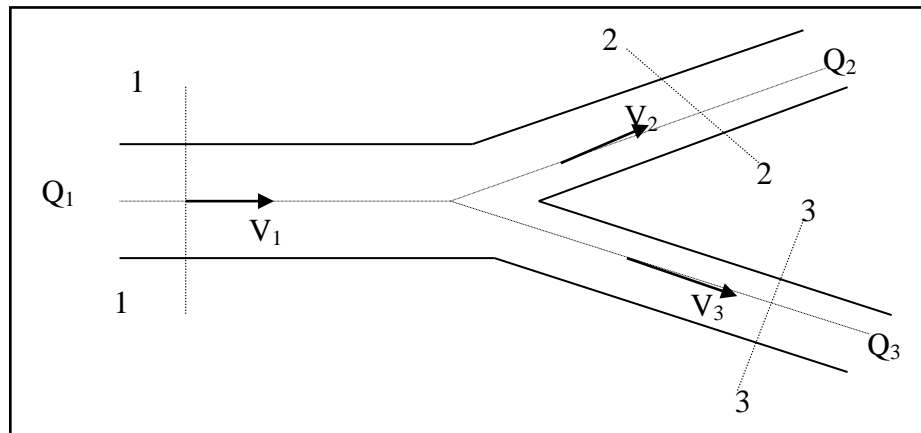
V = kecepatan (m/detik)

Hukum Kontinuitas berlaku juga pada pipa bercabang, debit yang masuk ke dalam pipa sama dengan jumlah dari debit percabangan pipa.

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (2-7)$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 + A_3 \cdot V_3 \quad (2-8)$$

Hukum Kontinuitas pada pipa bercabang :



Gambar 2.6. Pipa Bercabang (Sumber : Linsley, 1996 : 276)

2.7.2. Hukum Bernoulli

Air di dalam pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi lebih besar menuju tempat yang memiliki tinggi energi lebih kecil. Hal tersebut dikenal dengan prinsip Bernoulli. Aliran tersebut memiliki tiga macam energi yang bekerja di dalamnya, yaitu (Priyantoro, 2001:5) :

1. Energi kinetik, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan kecepatannya.
2. Energi tekanan, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan tekanannya.
3. Energi ketinggian, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan ketinggiannya terhadap garis referensi (*datum line*).

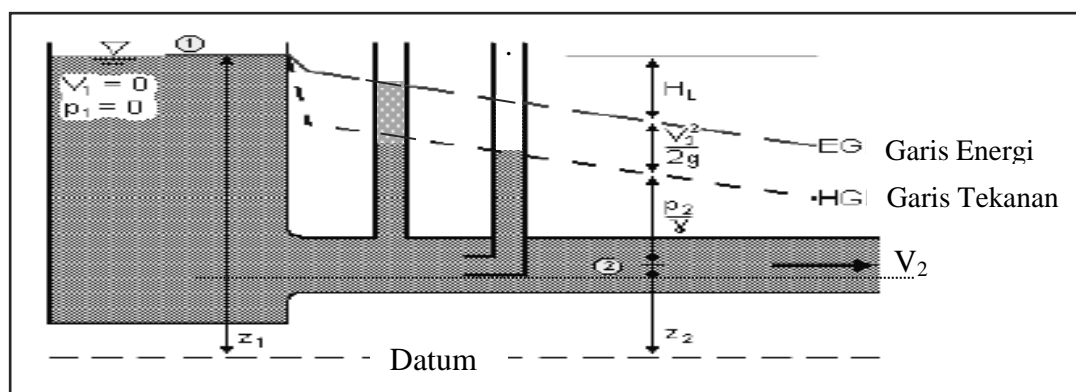
Tinggi energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_{\text{Tot}} = \text{Energi ketinggian} + \text{Energi kecepatan} + \text{Energi tekanan}$$

Jadi :

$$E_{\text{Tot}} = h + \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma_w} \quad (2-9)$$

Menurut teori kekekalan energi dari hukum Bernoulli yakni apabila tidak ada energi yang lolos atau diterima antara dua titik dalam satu sistem tertutup, maka energi totalnya tetap konstan. Hal tersebut dapat dijelaskan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.7. Diagram Energi Pada Dua Tempat (Sumber : Haestad, 2001)

Adapun persamaan Bernoulli dalam gambar diatas dapat ditulis sebagai berikut (Haestad, 2001)

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma_w} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma_w} + \frac{V_2^2}{2g} + H_L \quad (2-10)$$

dimana:

$$\frac{p_1}{\gamma_w}, \frac{p_2}{\gamma_w} = \text{tinggi tekan di titik 1 dan 2 (m)} \quad (2-11)$$

$$\frac{V_1^2}{2g}, \frac{V_2^2}{2g} = \text{tinggi energi di titik 1 dan 2 (m)} \quad (2-12)$$

dengan pengertian :

p_1, p_2 = tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m^2)

γ_w = berat jenis air (kg/m^3)

V_1, V_2 = kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/det)

g = percepatan gravitasi (m/det^2)

z_1, z_2 = tinggi elevasi di titik 1 dan 2 dari garis yang ditinjau (m)

H_L = kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

Pada Gambar 2.7 tampak garis yang menunjukkan besarnya tekanan air pada penampang tinjauan. Garis tekanan ini pada umumnya disebut garis gradien

hidrolis atau garis kemiringan hidrolis. Jarak vertikal antara pipa dengan garis gradien hidrolis menunjukkan tekanan yang terjadi dalam pipa. Pada gambar juga tampak adanya perbedaan ketinggian antara titik 1 dan 2 merupakan kehilangan energi (*head loss*) yang terjadi sepanjang antara penampang 1 dan 2.

2.7.3. Kehilangan Tinggi Tekan (*Head loss*)

Pada perencanaan jaringan pipa air tidak mungkin dapat dihindari adanya kehilangan tinggi tekan selama air mengalir melalui pipa tersebut. Kehilangan tinggi tekan dalam pipa dapat dibedakan menjadi kehilangan tinggi tekan mayor (*major losses*) dan kehilangan tinggi tekan minor (*minor losses*).

Dalam merencanakan sistem jaringan distribusi air baku, aliran dalam pipa harus berada pada kondisi aliran turbulen. Untuk mengetahui kondisi aliran dalam pipa turbulen atau tidak, dapat dihitung dengan identifikasi bilangan *Reynold* menggunakan persamaan berikut (Triatmodjo, 1996:5) :

$$Re = \frac{D.V}{\nu} \quad (2-13)$$

dengan pengertian :

Re = Bilangan *Reynold*

D = diameter pipa (m)

V = kecepatan rerata (m/det)

ν = kekentalan kinematik (m²/det) (Tabel 2.1)

Dari perhitungan bilangan *Reynold*, maka sifat aliran di dalam pipa dapat diketahui dengan kriteria sebagai berikut (Triatmodjo II, 1993:4) :

- $Re < 2000$ → aliran bersifat laminar
- $Re = 2000 - 4000$ → aliran bersifat transisi
- $Re > 4000$ → aliran bersifat turbulen

Tabel 2.1. Kekentalan Kinematik Air (Sumber : Priyantoro, 2001)

Suhu (°C)	Kekentalan Kinematik (m ² /det)	Suhu (°C)	Kekentalan Kinematik (m ² /det)
0	$1,785 \cdot 10^{-6}$	40	$0,658 \cdot 10^{-6}$
5	$1,519 \cdot 10^{-6}$	50	$0,553 \cdot 10^{-6}$
10	$1,306 \cdot 10^{-6}$	60	$0,474 \cdot 10^{-6}$
15	$1,139 \cdot 10^{-6}$	70	$0,413 \cdot 10^{-6}$
20	$1,003 \cdot 10^{-6}$	80	$0,364 \cdot 10^{-6}$
25	$0,893 \cdot 10^{-6}$	90	$0,326 \cdot 10^{-6}$
30	$0,800 \cdot 10^{-6}$	100	$0,294 \cdot 10^{-6}$

2.7.3.1. Kehilangan Tinggi Mayor (*Major Losses*)

Tegangan gesek yang terjadi pada dinding pipa merupakan penyebab utama menurunnya garis energi pada suatu aliran (*major losses*) yang bergantung pada jenis pipa. Ada beberapa teori dan formula untuk menghitung besarnya

kehilangan tinggi tekan mayor yaitu oleh *Hazen-Williams*, *Darcy-Weisbach*, *Manning*, *Chezy*, *Colebrook-White* dan *Swamme-Jain*. Perhitungan besar kehilangan tinggi tekan mayor dalam kajian ini dihitung dengan persamaan *Hazen-Williams* (Webber, 1971:121) :

$$Q = 0.354 \cdot C_{hw} \cdot A \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54} \quad (2-14)$$

$$V = 0.354 \cdot C_{hw} \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54} \quad (2-15)$$

$$HL^{0.54} = \frac{2.82}{C} \cdot X \frac{L^{0.54} \cdot V}{D^{0.63}} \quad (2-16)$$

Dengan pengertian :

V = kecepatan aliran pada pipa (m/det)

C_{hw} = koefisien kekasaran pipa *Hazen-Williams*

A = luas penampang aliran (m²)

Q = debit aliran pada pipa (m³/det)

L = panjang pipa (m)

S = kemiringan hidraulis

R = jari-jari hidrolis (m)

HL = kehilangan tekanan (m/km)

$$\frac{A}{P} = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot D^2}{\pi \cdot D} = \frac{D}{4} \quad (2-17)$$

Dari persamaan $Q = V.A$, maka didapatkan persamaan kehilangan tinggi tekan mayor menurut *Hazen-Williams* sebesar (Webber, 1971:121) :

$$h_f = k \cdot Q^{1,85} \quad (2-18)$$

$$k = \frac{10,675 \cdot L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} \quad (2-19)$$

dengan pengertian :

h_f = kehilangan tinggi tekan mayor (m)

k = koefisien karakteristik pipa

D = diameter pipa (mm)

L = panjang pipa (m)

C_{hw} = koefisien kekasaran pipa *Hazen-Williams* (Tabel 2.5)

Q = debit aliran pada pipa (m^3/det)

Tabel 2.2. Koefisien Kekasaran Pipa *Hazen-Williams* (Sumber : Haestad, 2001)

No	Jenis Pipa	Nilai Koefisien Hazen-Williams (C_{hw})
1	PVC	140-150
2	Pipa Asbes	120-150
3	Pipa Berlapis Semen	100-140
4	Pipa besi digalvani	100-120
5	Cast Iron	90-125

2.7.3.2. Kehilangan Tinggi Minor (*Minor Losses*)

Kehilangan energi minor diakibatkan oleh adanya belokan pada pipa sehingga menimbulkan turbulensi. Selain itu juga dikarenakan adanya penyempitan maupun pembesaran penampang secara mendadak. Hal tersebut umumnya dibangkitkan oleh adanya katup dan sambungan pipa atau *fitting* (Haestad, 2001).

Pada pipa-pipa yang panjang, kehilangan minor ini sering diabaikan tanpa kesalahan yang berarti ($L/D \gg 1000$), tetapi dapat menjadi cukup penting pada pipa yang pendek (Priyantoro, 2001:37). Kehilangan minor pada umumnya akan lebih besar bila terjadi perlambatan kecepatan aliran di dalam pipa dibandingkan peningkatan kecepatan akibat adanya pusaran arus yang ditimbulkan oleh pemisahan aliran dari bidang batas pipa (Linsley, 1989:273). Adapun kehilangan tinggi tekan minor dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$h_{Lm} = k \cdot \frac{V^2}{g} \quad (2-20)$$

dengan pengertian:

- h_{Lm} = kehilangan tinggi minor (m)
- V = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/det)
- g = percepatan gravitasi (m/det²)
- K = koefisien kehilangan tinggi tekan minor (Tabel 2.6)

Besarnya nilai koefisien K sangat beragam, tergantung dari bentuk fisik pengecilan, pembesaran, belokan, dan katup. Namun nilai K ini masih merupakan pendekatan karena dipengaruhi bahan, kehalusan sambungan, dan umur sambungan. Adapun nilai K dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut ini

Tabel 2.3. Koefisien Kehilangan Tinggi Tekan Berdasarkan Perubahan Bentuk

Pipa (K) (Sumber : Haestad, 2001)

Jenis Perubahan Bentuk Pipa	K	Jenis Perubahan Bentuk Pipa	K
Inlet		Belokan 90°	
Bell mouth	0,03 – 0,05	R/D = 4	0,16-0,18
Rounded	0,12-0,25	R/D = 2	0,19-0,25
Sharp Edged	0,50	R/D = 1	0,35-0,40
Projecting	0,80	Belokan Tertentu	
Pengecilan Tiba-tiba		$\theta = 15^\circ$	0,05
$D_2/D_1 = 0,80$	0,18	$\theta = 30^\circ$	0,10
$D_2/D_1 = 0,50$	0,37	$\theta = 45^\circ$	0,20
$D_2/D_1 = 0,20$	0,49	$\theta = 60^\circ$	0,35
Pengecilan Mengerucut		$\theta = 90^\circ$	0,80
$D_2/D_1 = 0,80$	0,05	T (Tee)	
$D_2/D_1 = 0,50$	0,07	Aliran searah	0,03-0,04
$D_2/D_1 = 0,20$	0,08	Aliran Bercabang	0,75-1,80
Pembesaran Tiba-tiba		Persilangan	
$D_2/D_1 = 0,80$	0,16	Aliran searah	0,50
$D_2/D_1 = 0,50$	0,57	Aliran Bercabang	0,75
$D_2/D_1 = 0,20$	0,92		
Pembesaran Mengerucut		45° Wye	
$D_2/D_1 = 0,80$	0,03	Aliran searah	0,30
$D_2/D_1 = 0,50$	0,08	Aliran bercabang	0,50
$D_2/D_1 = 0,20$	0,13		

2.7.3.3. Kehilangan Tinggi Minor karena Belokan pada Pipa

Belokan (*Bend*) digunakan untuk mengubah arah dari lurus dengan sudut perubahan standar yang merupakan sudut dari belokan tersebut. Besar belokan standar adalah $11\ 1/4^\circ$, $22\ 1/2^\circ$, 45° dan 90° . Gambar belokan 45° dan 90° dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Belokan 45° dan 90° (Sumber : www.edirectory.co.uk)

Pada kondisi adanya belokan pada pipa :

$$h_{Lm} = K_L \frac{v^2}{2g} \quad (2-21)$$

Tabel 2.4. Kehilangan Tinggi Tekan Belokan Pipa (Sumber : Linsley, 1996 : 274)

Jari-jari Belokan	Sudut Belokan		
	90°	45°	22,45°
1	0,50	0,37	0,25
2	0,30	0,22	0,15
4	0,25	0,19	0,12
6	0,15	0,11	0,08
8	0,15	0,11	0,08

Minor losses dalam perencanaan jaringan pipa air minum bisa diabaikan karena nilainya relatif kecil, yang dapat dieliminir dengan pemilihan diameter pipa yang lebih besar dari hasil perhitungan sesuai dengan diameter standart pabrik.

2.7.4. Gradien Hidraulika

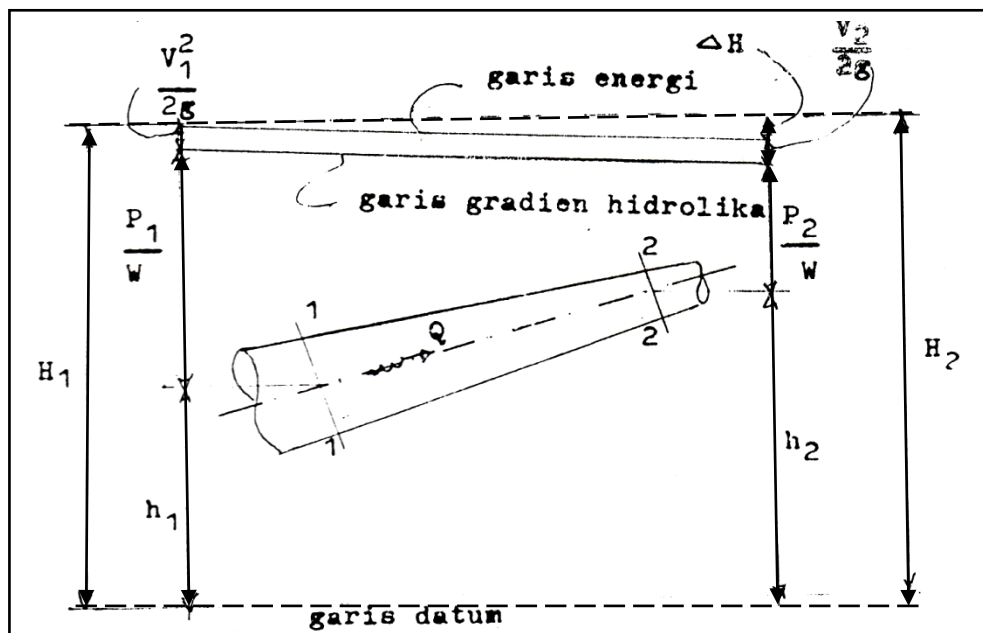
Garis tekanan yang menunjukkan besarnya tekanan air pada titik tersebut, yang umumnya disebut Garis Gradien Hidraulika (*HGL/ Hydraulics Gradient Line*). HGL sering dimanfaatkan untuk mengidentifikasi masalah dalam sistem perpipaan (Ditjen Cipta Karya DPU, 1994 : 17), diantaranya adalah :

1. Tekanan terlalu rendah

Pada aliran yang optimum mungkin tekanan air akan mencukupi, tetapi pada aliran maksimum tekanan air yang ada mungkin akan menjadi negatif. Hal ini disebabkan pipa terisi penuh oleh air dan terjadi gesekan atau fraksi yang besar sehingga menyebabkan kehilangan energi tekan semakin besar. Dalam sistem perpipaan tekanan negatif tidak boleh terjadi, maka hal ini dapat diatasi dengan pemompaan, penggantian diameter pipa, atau membuat sistem pipa yang paralel.

2. Tekanan terlalu tinggi

Tekanan tinggi dapat terjadi pada waktu tidak adanya aliran. Maka situasi ini dapat diperbaiki dengan cara pemasangan katup atau pembuatan bak lepas tekan.



Gambar 2.9. Gradien Hidraulika (Sumber :Diktat Kuliah Penyediaan Air Minum)

2.8. Komponen pada Jaringan Distribusi Air Bersih

2.8.1. Pipa

2.8.1.1. Jenis Pipa

Dalam pelayanan penyediaan air bersih lebih banyak digunakan pipa bertekanan karena lebih sedikit kemungkinan tercemar dan biayanya lebih murah dibandingkan menggunakan saluran terbuka atau talang. Suatu pipa bertekanan adalah pipa yang dialiri air dalam keadaan penuh (Linsley, 1996 : 280). Pipa sistem jaringan distribusi air dibuat dari bahan-bahan seperti di bawah ini :

1. Pipa Besi Tuang (*Cast Iron*)

Pipa ini biasanya dicelupkan dalam larutan kimia untuk perlindungan terhadap karat. Panjang biasa dari suatu bagian pipa adalah 4 m dan 6 m. Tekanan maksimum pipa sebesar 25 kg/cm^2 dan umur pipa dapat mencapai 100 tahun. (Linsley, 1996 : 297).

Tabel 2.5. Keuntungan dan Kerugian Pipa *Cast Iron*

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Pipa cukup murah - Pipa mudah disambung - Pipa tahan karat 	<ul style="list-style-type: none"> - Pipa berat sehingga biaya pengangkutan mahal

2. Pipa Besi Galvanis (*Galvanized Iron*)

Pipa jenis ini bahannya terbuat dari pipa baja yang dilapisi seng. Umur pipa pendek yaitu antara 7 – 10 tahun. Pipa berlapis seng digunakan secara luas untuk jaringan pelayanan sistem distribusi yang kecil (Linsley, 1996 : 297).

Tabel 2.6. Keuntungan dan Kerugian Pipa *Galvanized Iron*

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Harga murah dan banyak tersedia di pasaran - Ringan sehingga mudah diangkut - Pipa mudah disambung 	<ul style="list-style-type: none"> - Pipa mudah berkarat

3. Pipa Plastik (PVC)

Pipa ini lebih dikenal dengan sebutan pipa PVC (*Poly Vinyl Chloride*) dandi pasaran mudah didapat dengan berbagai ukuran. Panjang pipa 4 m atau 6 m dengan ukuran diameter pipa mulai 16 mm hingga 350 mm. Dan umur pipa dapat mencapai 75 tahun (Linsley, 1996 : 301).

Tabel 2.7. Keuntungan dan kerugian Pipa PVC

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Harga murah dan banyak tersedia di pasaran - Ringan sehingga mudah diangkut - Mudah dalam pemasangan dan penyambungan - Pipa tahan karat 	<ul style="list-style-type: none"> - Pipa jenis ini mempunyai koefisien muai besar sehingga tidak tahan panas - Mudah bocor dan pecah

4. Pipa Baja (*Steel Pipe*)

Pipa ini terbuat dari baja lunak dan mempunyai banyak ragam di pasaran. Pipa baja telah banyak digunakan dengan berbagai ukuran sehingga garis tengahnya sampai lebih dari 6 m (Linsley, 1996 : 296).

Tabel 2.8. Keuntungan dan Kerugian Pipa Baja

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Tersedia dalam berbagai ukuran panjang - Mudah dalam pemasangan dan penyambungan 	<ul style="list-style-type: none"> - Pipa tidak tahan karat - Pipa berat sehingga biaya pengangkutan mahal

5. Pipa Beton (*Concretel Pipe*)

Pipa ini tersedia dalam ukuran garis tengah 750 mm – 3.600 mm, sedangkan panjang standar 3,6 – 7,2 m. Pembuatan berdasarkan pada pesanan khusus.

Pipa ini berumur 30 – 50 tahun (Linsley, 1996 : 299).

Keuntungan dan kerugian dari pipa ini seperti tersaji pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9. Keuntungan dan Kerugian Pipa Beton

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Bermutu Tinggi - Tidak menggunakan tulangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Air Alkali bisa menyebabkan berkarat

6. Pipa Besi Bentukan (*Ductile Iron Pipe*)

Tersedia dalam ukuran 100 mm – 150 mm. *Ducile iron pipe* merupakan produk dari besi tuang yang merupakan campuran dari pasir dan metal.

Panjang standar 5,5 m (Linsley, 1996 : 301).

Keuntungan dan kerugian dari pipa ini seperti tersaji pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10. Keuntungan dan Kerugian Pipa Besi Bentukan

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Dilapisi campuran semen <li style="padding-left: 20px;">Sebagai pelindung - Tahan terhadap korosi - Kuat terhadap beban tanah 	<ul style="list-style-type: none"> - Biaya Mahal - Mudah rusak oleh limbah - Berkarat pada air asam

7. Pipa Semen Asbes (*Ductile Iron Pipe*)

Terbuat dari campuran semen *portland* dan serat asbes. Tersedia dalam ukuran 100 – 1.050 mm (Linsley, 1996 : 301).

Keuntungan dan kerugian dari pipa ini seperti tersaji pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11. Keuntungan dan Kerugian Pipa Semen Asbes

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Umurnya panjang - Dicampuri lapisan semen - Kaku 	<ul style="list-style-type: none"> - Mudah rusak oleh limbah

2.8.1.2. Kriteria Pipa Distribusi

Dalam perencanaan teknis perpipaan, salah satu hal yang menjadi dasar perencanaan teknis perpipaan adalah Kriteria pipa distribusi. Kriteria pipa distribusi meliputi batasan teknis yang bertujuan keamanan dalam sistem perpipaan dan sebagai acuan untuk berjalanan sistem perpipaan sesuai dengan dasar kebutuhan pelanggan.

Tabel 2.12. Kriteria Pipa Distribusi (Sumber : PERMEN Pekerjaan Umum 2007)

No	Uraian	Notasi	Kriteria
1	Debit Perencanaan	Q Puncak	Kebutuhan air jam puncak $Q_{\text{peak}} = F_{\text{peak}} \times Q_{\text{rata-rata}}$
2	Faktor jam puncak	F puncak	1,15 - 3
3	Kecepatan aliran air dalam pipa		
	a) Kecepatan minimum	Vmin	0,3 – 0,6 m/dt
	b) Kecepatan maksimum		
	Pipa PVC atau ACP	Vmax	3,0 - 4,5 m/dt
	Pipa baja atau DCIP	Vmax	6,0 m/dt
4	Tekanan air dalam pipa		
	a) Tekanan minimum	h min	(0,5 – 1,0) atm, pada titik jangkauan pelayanan terjauh
	b) Tekanan Maksimum		
	Pipa PVC atau ACP	h max	6 – 8 atm
	Pipa baja atau DCIP	h max	10 atm
	Pipa PE 100	h max	12,4 MPA
	Pipa PE 80	h max	9 MPA

2.8.1.3. Sarana Penunjang

Pipa yang bisa digunakan dalam distribusi air minum harus dilengkapi dengan alat bantu agar bisa berfungsi dengan baik, seperti :

1. Sambungan antar pipa

- *Increaser* dan *Reducer*

Increaser digunakan untuk menyambung pipa dari diameter kecil ke pipa yang berdiameter lebih besar. Sedangkan *reducer* digunakan untuk menyambung pipa dari diameter besar ke diameter yang lebih kecil.



Gambar 2.10. Increaser (Sumber : www.beritaiptek.com)



Gambar 2.11. Reducer

- Perlengkapan “T”

Untuk pipa sekunder dipasang tegak lurus (90°) pada pipa primer berbentuk T. Pada ujung-ujungnya perlengkapan dapat terdiri dari kombinasi *spigot*, *socket* dan *flens*.



Gambar 2.12. Sambungan T (Sumber : www.minhaipipe-fitting.com)

- Perlengkapan “Y”

Digunakan untuk menyambung pipa yang bercabang, misalnya sambungan untuk pipa sekunder yang dipasang pada primer dengan sudut 45° .



Gambar 2.13. Sambungan Y (Sumber : www.chungwing.com)

- Belokan (*bend/elbow*)

Belokan (*Bend*) digunakan untuk mengubah arah dari lurus dengan sudut perubahan standar yang merupakan sudut dari belokan tersebut.



Gambar 2.14. Belokan 45⁰ (Sumber : www.fandisc.com)

2. Katup (*valve*)

- PRV (*Pressure Reducin Valve*) atau katup penurun tekanan.

Digunakan untuk menanggulangi tekanan yang terlalu besar di hilir katup. Jika tekanan naik melebihi nilai batas, maka PRV akan menutup dan terbuka penuh bila tekanan di hulu lebih rendah



Gambar 2.15. *Pressure Reducing Valve* (Sumber : www.bellgossett.com)

- PSV (*Pressure Sustaining Valve*) atau katup penstabil tekanan.

Digunakan untuk menanggulangi penurunan secara drastis pada tekanan di hulu dari nilai yang telah ditetapkan.



Gambar 2.16. *Pressure Sustaining Valve* (Sumber : www.aquadevice.com)

- FCV (*Flow Control Valve*) atau katup pengatur aliran.

Digunakan untuk membatasi aliran maksimum rata-rata melalui katup dari hulu ke hilir dan melindungi suatu komponen khusus di tidak rusak karena besar tekanan.



Gambar 2.17. *Flow Control Valve* (Sumber : www.proces-controls.com)

- TCV (*Throttle Control Valve*) atau katup pengatur tenaga.

Katup jenis ini digunakan untuk mengontrol *minor losses* yang berubah.



Gambar 2.18. *Throttle Control Valve* (Sumber : www.allproducts.com)

- GPV (*General Purpose Valve*) atau katup biasa.

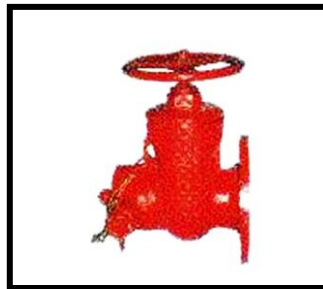
Katup biasa (GPV) dapat digunakan untuk menyatakan sebuah ikatan jika hubungan antara aliran dan kehilangan tinggi dapat disediakan oleh penggunaan, sebagai pengganti dari salah satu rumus standar hidrolika.



Gambar 2.19. *General Purpose Valve* (Sumber : www.snap-tite.com)

- Katup Penguras (BO)

Katup penguras dipasang pada pipa transmisi yang elevasinya paling rendah pengurasan / pencucian pipa agar kotoran – kotoran mengendap pada pipa dapat dibuang.



Gambar 2.20. BO (Sumber : www.akwa.com)

- *Air Relief Valve*/BR (Katup Udara)

Katup udara dipasang pada jaringan pipa transmisi pada bagian elevasi tertinggi misal di jembatan – jembatan pipa berfungsi membuang udara di dalam pipa untuk kelancaran aliran air.



Gambar 2.21. BR (Sumber : www.woojini.com)

4. Hydrant

Hydrant berfungsi sebagai pengambilan air oleh Dinas Pemadam Kebakaran sebagai pemadam api/kebakaran di tempat yang terdekat dengan letak hydrant tersebut. Sedangkan oleh PDAM hydrant digunakan sebagai pembuang udara sekaligus penguras air.

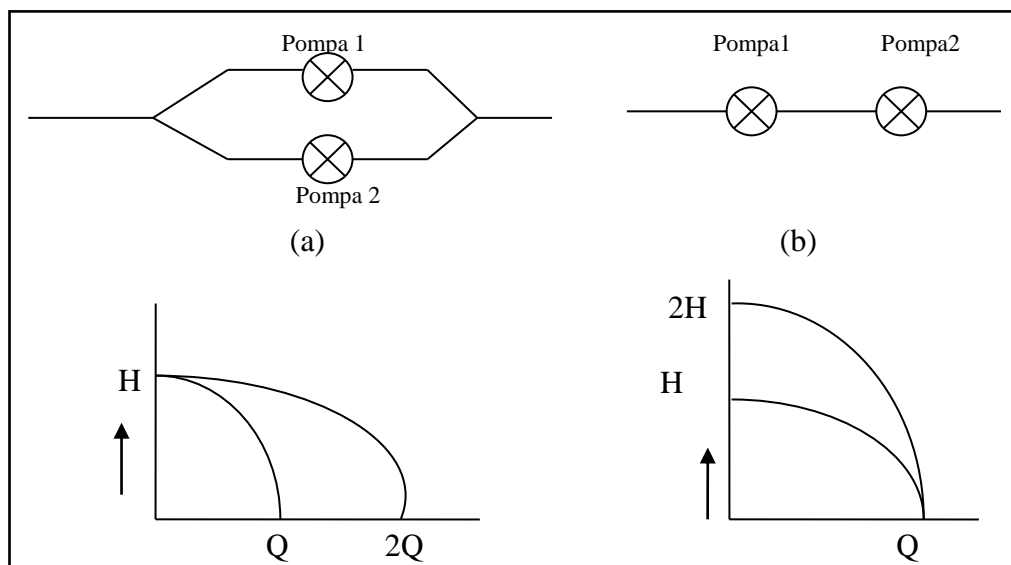


Gambar 2.22. Hydrant (Sumber : www.hardwarestore.com)

2.8.4. Pompa

Pompa adalah perangkat yang mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga hidrolis (linsley II,1996 :17) penggunaan pompa mampu memberikan tambahan tekanan dalam suatu sistem jaringan distribusi air bersih. Dengan adanya pompa tinggi tekanan yang berkurang dapat dinaikkan kembali sehingga sistem dapat mengalirkan air ketempat pelayanan yang lebih tinggi dan jauh. Sehingga dalam operasinya pompa harus dapat memenuhi tinggi tekan yang dibutuhkan sistem. Apabila sebelum pompa dipasang telah ada aliran, maka pompa dapat digunakan untuk menambah kapasitas debitnya.

Pompa dapat dipasang secara seri atau paralel. Pada pemasangan seri, debit yang dihasilkan sama dengan satu unit pompa saja, namun tinggi tekan menjadi dua kali lipat. Sedangkan pada pemasangan secara paralel debit yang dihasilkan dua kali lipat, namun tinggi tekannya sama dengan satu unit pompa.

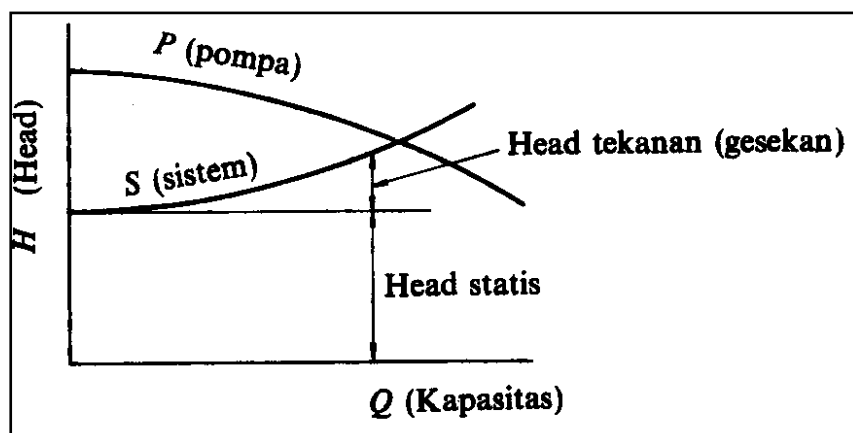


Gambar 2.23. (a) pompa paralel dan (b) secara seri (Sumber: Sularso, 2006 : 94)

Dalam hal pemilihan pompa untuk suatu maksud tertentu terlebih dahulu harus diketahui kapasitas aliran, *head* total pompa, jenis aliran yang akan dipompa dan kondisi pemasangannya. Selain itu agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, maka perlu ditaksir berapa tekanan minimum yang tersedia pada sisi masuk pompa yang terpasang pada instalasinya. (Sularso, 2000 : 13)

Karakteristik pompa ditunjukkan oleh debit yang dihasilkan pada berbagai variasi tinggi tekan (*head*). Kapasitas pompa merupakan debit dan tinggi tekan

hasil pemompaan yang diperoleh pada efisiensi pompa akan berkurang. Besarnya tinggi tekan sistem, yaitu tinggi tekan yang diperoleh untuk mengalirkan air melalui sistem pipa adalah sama dengan tinggi tekan untuk mengatasi kehilangan akibat gesekan ditambah tinggi tekan statis dari sistem. Titik perpotongan antara kurva karakteristik sistem merupakan titik kerja dari pompa dan sistem pada titik ini tinggi tekan yang dapat diperlukan oleh sistem sama dengan tinggi tekan yang dapat diberikan oleh pompa pada aliran yang sama. Kurva mengenai kurva head-kapasitas dari pompa dan sistem disajikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.24. Kurva Head-Kapasitas Pompa (P) (Sumber: Sularso, 2000 : 91)

2.8.5. Tandon (*Water Tank*)

Tandon merupakan komponen dari sistem jaringan distribusi air bersih yang memiliki fungsi menampung dan menyimpan air untuk digunakan pada kondisi tertentu. Pengisian tampungan tandon dilakukan apabila kebutuhan air

bersih tidak mencapai puncak atau menurun. Disamping fungsi untuk memenuhi fluktuasi permintaan pada keadaan darurat, tandon juga berfungsi meratakan tekanan untuk operasi.



Gambar 2.25. *Water Tank* (Sumber : www.cubaconstruction.net)

2.8.6. Titik Simpul

Titik simpul merupakan titik-titik pada sistem jaringan pipa dimana air akan masuk dan keluar dari jaringan melalui titik tersebut, sedangkan yang dimaksud dengan titik simpul persimpangan adalah titik simpul yang merupakan penghubung dua pipa atau lebih. Titik simpul mempunyai kondisi tetap jika tekanan dan elevasi tetap.

2.8.7. Penghubung (*link*)

Penghubung adalah elemen yang menghubungkan titik-titik simpul dimana bagian awal dan akhir dari *link* merupakan titik simpul itu sendiri. Penghubung dapat berupa pipa maupun katup.

2.9. Persamaan Sistem Jaringan Pipa

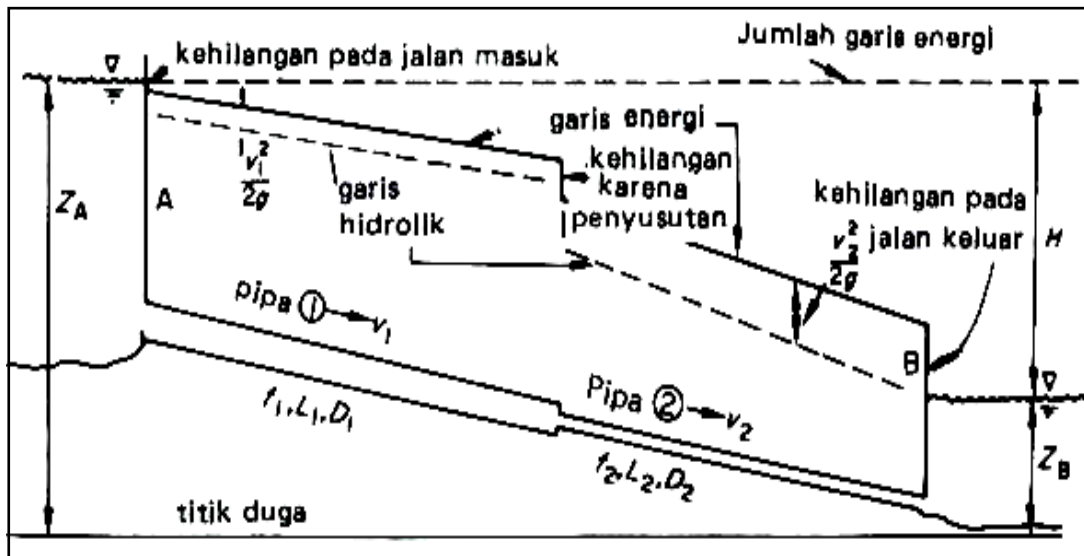
2.9.1. Sistem Pipa

Penghubung adalah elemen yang menghubungkan titik-titik simpul dimana bagian awal dan akhir dari *link* merupakan titik simpul itu sendiri.

Penghubung dapat berupa pipa maupun katup.

2.9.1.1. Pipa Hubungan Seri

Apabila dalam suatu saluran pipa terdiri dari pipa dengan ukuran yang berbeda-beda yang tersambung dengan diameter yang sama, maka pipa tersebut dalam hubungan seri, pemasangan pipa secara seri akibat adanya perbedaan ukuran akan menimbulkan beberapa kehilangan tinggi (Priyantoro, 2001:49)



Gambar 2.26. Pipa Hubungan Seri (Sumber: Dake, JMK 1985 : 78)

Persamaan Kontinuitas:

$$Q = Q_1 = Q_2 \quad (2-22)$$

Dengan Q , Q_1 , Q_2 , adalah debit pada pipa 1 dan 2

Sedangkan untuk total kehilangan tekanan pada pipa yang terpasang seri.

$$H = hf_1 + hf_2 \quad (2-23)$$

dengan pengertian :

H = Total kehilangan tekan pada pipa yang terpasang seri (m)

hf_1, hf_2 = Kehilangan pada tiap pipa

2.9.1.2. Pipa Hubungan Paralel

Apabila dua pipa atau lebih yang terletak sejajar dan pada ujungnya dihubungkan oleh satu simpul maka pipa tersebut dipasang dalam kondisi paralel. Debit total dalam pemasangan seri merupakan hasil dari penjumlahan debit aliran tiap pipa, sedangkan kehilangan tekanan, debit yang masuk, hasil dari penjumlahan debit dari percabangan pipa dan debit yang keluar dari pipa adalah sama.

Persamaan garis energi pada pipa paralel:

$$H = hf_1 = hf_2 = hf_3 \quad (2-24)$$

Dengan pengertian :

Hf_1, hf_2 dan hf_3 = Kehilangan tekan tiap pipa (m)

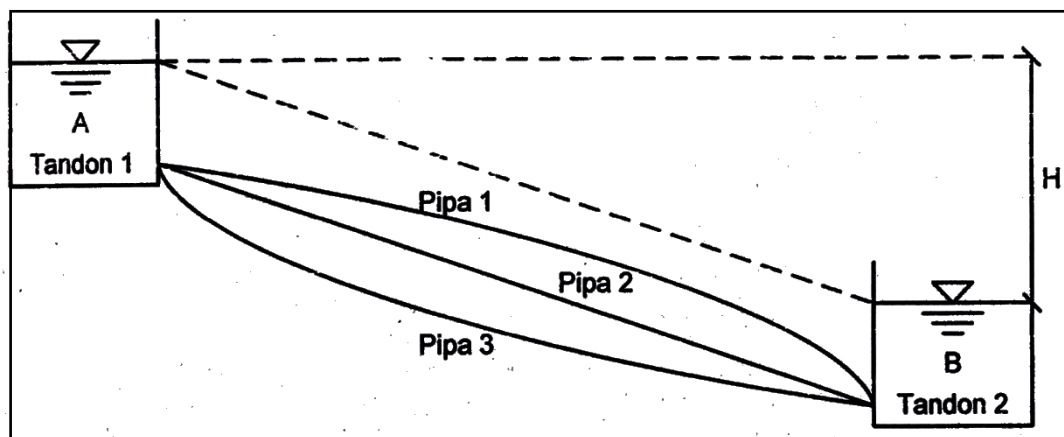
Sedangkan persamaan kontinuitasnya :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (2-25)$$

Dengan pengertian :

Q = Total debit pada pipa paralel (m^3/dt)

Q_1, Q_2, Q_3 = Debit pada tiap pipa (m^3/dt)



Gambar 2.27. Pipa Hubungan Paralel (Sumber: Triatmodjo, 1996 : 79)

2.10. Metode Analisa dalam Jaringan Pipa

Keluaran yang utama dari analisa pada jaringan pipa adalah nilai tinggi tekan pada tiap titik simpul dan besarnya debit pada tiap pipa. Pada setiap jaringan pipa terdapat dua kondisi dasar yang harus dipenuhi (Webber, 1971 : 122) :

1. Hukum konservasi energi, jumlah aljabar dari kehilangan energi yang dikelilingi setiap putaran (*loop*) atau setiap jaringan pipa tertutup harus sama dengan nol. Kekekalan energi pada dasarnya suatu energi tidak dapat hilang, atau dapat dikatakan bahwa jumlah energi selalu tetap (kekal). Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Sigma h_f = 0 \quad (2-26)$$

2. Hukum kontinuitas, aliran yang memasuki suatu titik pertemuan harus sama besar dengan yang meninggalkan titik tersebut. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

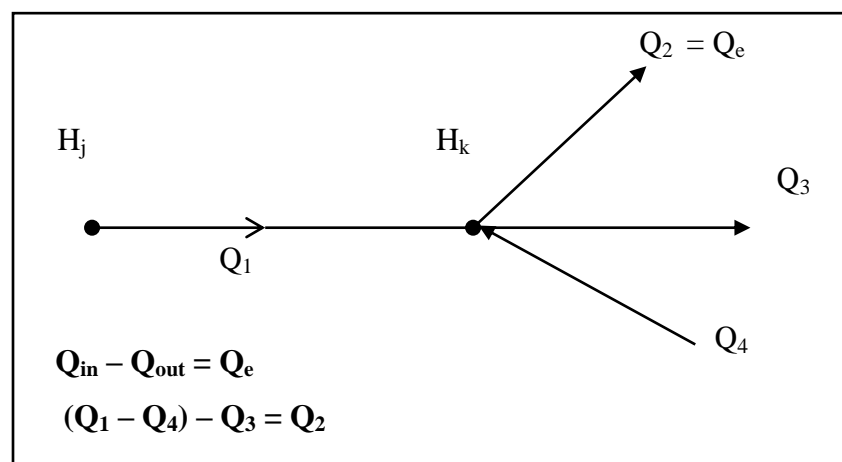
$$\Sigma Q_{in} - \Sigma Q_{out} = \Sigma Q_E \quad (2-27)$$

Dalam menggunakan dua persamaan di atas, Handy Cross (1936) menawarkan dua metode untuk analisa pada jaringan pipa. Dua metode tersebut adalah metode jaringan tertutup (*loop method*) dan metode titik simpul (*node method*). Metode jaringan tertutup menyatakan persamaan energi dipandang dari

segi debit aliran pada pipa. Sedangkan metode titik simpul menyatakan persamaan kontinuitas dari segi elevasi tinggi tekan pada suatu titik simpul persimpangan (*junction nodes*).

2.10.1. Metode Titik Simpul (*Node Method*)

Dalam persamaan titik simpul digunakan persamaan kontinuitas aliran dengan lebih mempertimbangkan besarnya debit aliran pada pipa seperti yang dipakai dalam metode jaringan tertutup (*loop method*). Pada Gambar 2.32. ditunjukkan suatu skema jaringan dengan memakai metode titik simpul.



Gambar 2.28. Skema Jaringan Sederhana

Penggunaan sistem keseimbangan debit ini merupakan modifikasi yang diusulkan R.J. Connish dengan langkah sebagai berikut (Webber, 1971 : 126):

1. Asumsi tinggi tekan h_a pada tiap-tiap titik pertemuan yang tekanannya belum diketahui.
2. Memilih salah satu dari titik-titik pertemuan ini dan hitung nilai H_{fa} untuk masing-masing percabangan.
3. Hitung dan cocokkan debit Q_a dengan menggunakan rumus.
4. Jika tinggi tekanan yang telah diasumsikan pada awal perhitungan tidak sesuai dengan jumlah debit pada titik pertemuan atau tidak sama dengan nol, maka hitung kelebihan atau kekurangan pada debit $\sum Q_a$.
5. Menghitung nilai $\left(\frac{\sum h_{fa}}{Q_a} \right)$ untuk tiap-tiap jaringan tertutup.
6. Menentukan koreksi ΔH pada pipa pertemuan dengan persamaan :

$$\Delta h = \frac{m \sum Q_a}{\sum (Q_a / h_{fa})}$$

7. Kehilangan tinggi tekan pada titik-titik pertemuan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$H = h_a + Ah \quad (2-28)$$

8. Hasil perhitungan tinggi tekanan untuk titik-titik pertemuan diterapkan di dalam jaringan pipa yang diperoleh dari kehilangan tinggi sebelumnya.
9. Ulangi lagi langkah-langkah diatas sampai didapatkan keseimbangan seperti yang diharapkan.

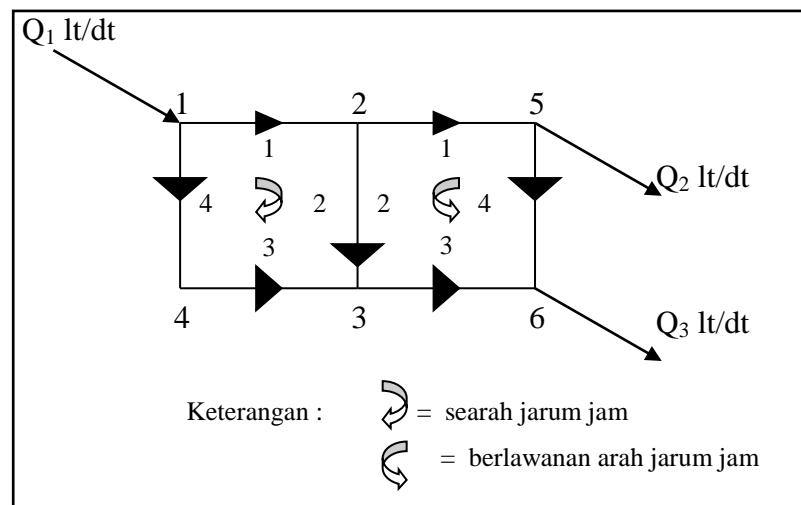
2.10.2. Metode Jaringan Tertutup

Pada Gambar 2.33. menunjukkan suatu sistem kecil yang terdiri dari dua jaringan tertutup (*loop*). Jika di dalam sistem sudah terjadi keseimbangan (persyaratan standar dari semua persamaan sudah terpenuhi) maka kehilangan gesekan di pipa 1 dan pipa 2 sama dengan kehilangan di pipa 3 dan pipa 4.

Dengan perumpamaan arah jarum jam, kehilangan gesekan dikatakan positif apabila searah jarum jam dan sebaliknya. Kemudian syarat jaringan tersebut dikatakan seimbang bila :

$$\Sigma h_f = 0 \quad (2-29)$$

Untuk keseluruhan jaringan dari tiap-tiap pipa yang menjadi sebuah jaringan tertutup, h_f adalah kehilangan gesekan pada pipa.



Gambar 2.29. Jaringan Tertutup dengan Dua *Loop* Dengan $Q_1 = Q_2 + Q_3$

Konsep yang dikemukakan oleh Hardy Cross adalah menggunakan persamaan kontinuitas, dimana aliran masuk sama dengan aliran keluar dalam suatu sistem jaringan.

Adapun tata cara perhitungan metode jaringan tertutup yang dikemukakan oleh Hardy Cross dengan prinsip keseimbangan tinggi tekan (*head balance*) adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 1993 : 93) :

1. Pilih pembagian debit melalui tiap-tiap pipa Q_0 hingga terpenuhi syarat kontinuitas.
2. Hitung kehilangan tenaga pada tiap pipa dengan rumus $h_f = k \cdot Q^2$
3. Jaringan pipa dibagi ke dalam sejumlah jaringan pipa tertutup sedemikian sehingga tiap pipa termasuk dalam paling sedikit satu jaring.
4. Menghitung jumlah kerugian tinggi tenaga sekeliling tiap-tiap jaring, yaitu Σh_f . Jika pengaliran seimbang maka $\Sigma h_f = 0$.
5. Hitung nilai $\Sigma |2kQ|$ untuk setiap jaring.
6. Pada tiap jaring diadakan koreksi debit (ΔQ), supaya kehilangan tinggi tenaga dalam jaring seimbang. Adapun koreksinya adalah sebagai berikut :

$$\Delta Q = \frac{\sum kQ_0^2}{\sum |2kQ_0|} \quad (2-30)$$

Dengan debit yang telah dikoreksi sebesar :

$$Q = Q_0 + \Delta Q \quad (2-31)$$

Prosedur dari 1 sampai 6 diulangi hingga akhirnya $\Delta Q \approx 0$, dengan Q adalah debit sebenarnya, Q_0 adalah debit dimisalkan dan ΔQ adalah debit koreksi.

2.11. Penggunaan *Software* Pada Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air

Dalam bidang rekayasa dan perencanaan sistem jaringan distribusi air baku dapat dilakukan dengan beberapa program komputer diantaranya adalah *Loops*, *Wadiso*, *Kypipe*, *Epanet* dan *WaterCad*. Dalam studi ini digunakan program *WaterCad v 8mx*. Berikut ini akan dipaparkan mengenai langkah-langkah penggunaan program *WaterCad v 8mx*.

2.11.1. Deskripsi Program *WaterCad v 8mx*

Program *WaterCAD v 8mx* merupakan produksi dari *Bentley* tahun 2006 dengan jumlah pipa yang mampu dianalisis yaitu 250 buah pipa sesuai pemesanan spesifikasi program *WaterCAD* pada *Bentley*. Program ini memiliki tampilan *interfacenya* yang memudahkan pengguna untuk menyelesaikan lingkup perencanaan dan pengoptimalisasian sistem jaringan distribusi air baku, seperti :

- menganalisis sistem jaringan distribusi air pada satu kondisi waktu (kondisi permanen)
- menganalisis tahapan-tahapan atau periodisasi simulasi pada sistem jaringan terhadap adanya kebutuhan air yang berfluktuatif menurut waktu (kondisi tidak permanen)
- menganalisis skenario perbandingan atau alternatif jaringan pada kondisi yang berlainan pada satu file kerja
- menganalisis kondisi jaringan pada saat kondisi ekstrim untuk keperluan pemadam kebakaran atau *hydrant (fire flow analysis)*
- menganalisis kualitas air pada sistem jaringan distribusi air baku

- menghitung konstruksi biaya dari sistem jaringan distribusi air baku yang dibuat

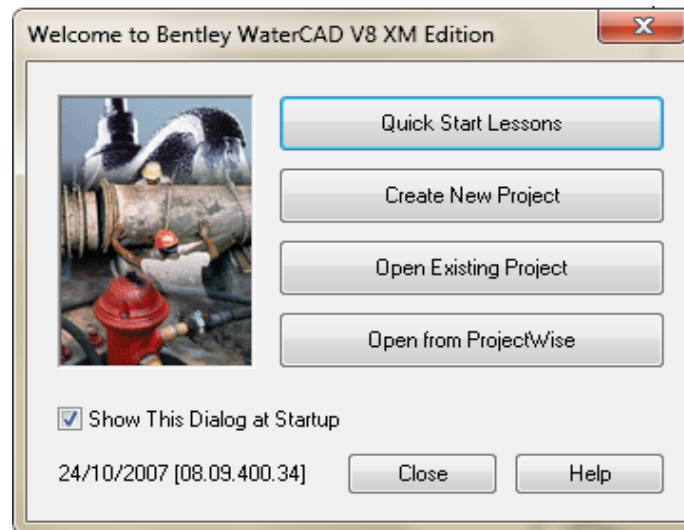
Adapun kelebihan program *WaterCad v 8mx* dibandingkan dengan program lain adalah (Bentley, 2006) :

- Mendukung *GIS database connection* (Sistem Informasi Geografis) pada program *ArcView*, *Arinfo*, *ArcCAD*, *MapInfo* dan *AutoCAD* yang memudahkan untuk penggabungan model hidrolis *WaterCad* dengan database utama pada program tersebut.
- Mendukung program *Microsoft Office*, *Microsoft Excel* dan *Microsoft Access* untuk *sharing* data pada file *WaterCad*.
- Mendukung program *Epanet* versi Windows dan *Kypipe* sehingga dapat mengubah *file* jaringan pipa program tersebut ke dalam bentuk *file WaterCad* (.wcd).

2.11.2. Tahapan-tahapan dalam Penggunaan Program *WaterCad v 8mx*

2.11.2.1. *Welcome Dialog*

Pada setiap pembukaan awal program *WaterCAD*, akan diperlihatkan sebuah *dialog box* yang disebut *welcome dialog*. Kotak tersebut memuat *tutorials*, *create new project*, *open existing project* serta *exit WaterCAD* seperti terlihat pada gambar di bawah. Melalui *welcome dialog* ini pengguna dapat langsung mengakses ke bagian lain untuk menjalankan program ini.



Gambar 2.30. Tampilan *Welcome Dialog WaterCAD* (Sumber : Bentley, 2006)

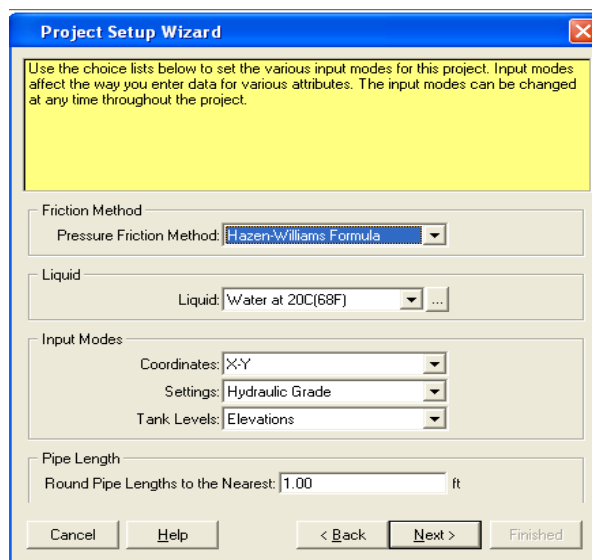
Tutorials, digunakan untuk mempelajari program dengan melihat contoh jaringan yang telah disediakan. *WaterCAD* akan menuntun kita memahami cara menggunakan program ini. Untuk membuka *tutorial* dilakukan dengan mendouble klik kotak *tutorial*. Dan *create new project* digunakan untuk membuat lembar kerja baru. Sedangkan *open existing project* digunakan untuk membuka kembali pekerjaan atau data yang telah disimpan sebelumnya. Untuk membuka *menu* ini pun digunakan cara yang sama seperti pada *tutorials*. *Exit WaterCAD* digunakan apabila ingin mengakhiri program ini melalui *dialog box*.

2.11.2.2. Pembuatan Lembar Kerja

Sebelum proses penggambaran atau perubahan jaringan dilakukan, terlebih dahulu akan ditemui tampilan *project setup wizard*. *Project setup wizard* ini terdiri dari empat tahapan yaitu penamaan *file*, pemilihan rumus, penentuan

besaran dari skala dan dimensi dalam penggambaran serta penentuan prototipe dari komponen-komponen dalam sistem jaringan.

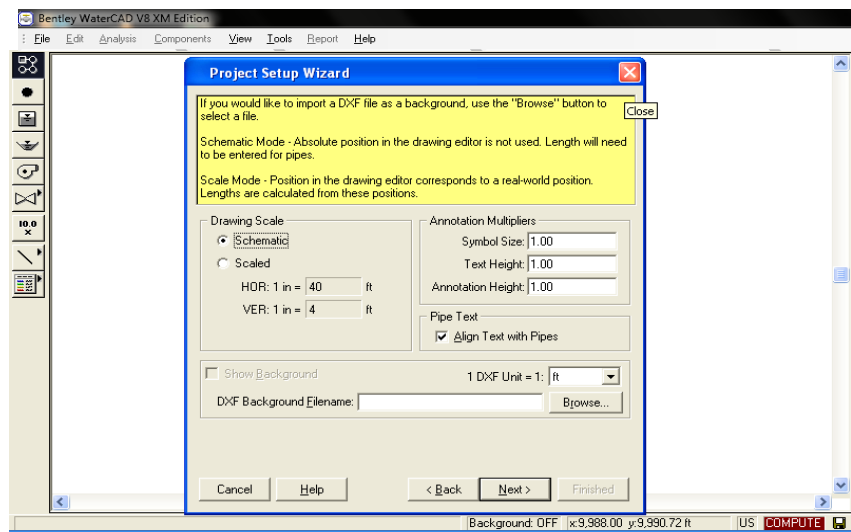
Setelah penamaan file maka tampilan berikutnya adalah pemilihan formula dari *Darcy-Weisbach*, *Hazen-Williams* dan *Manning* seperti pada gambar di bawah. Rumus yang dipilih itulah yang nantinya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan *WaterCAD*.



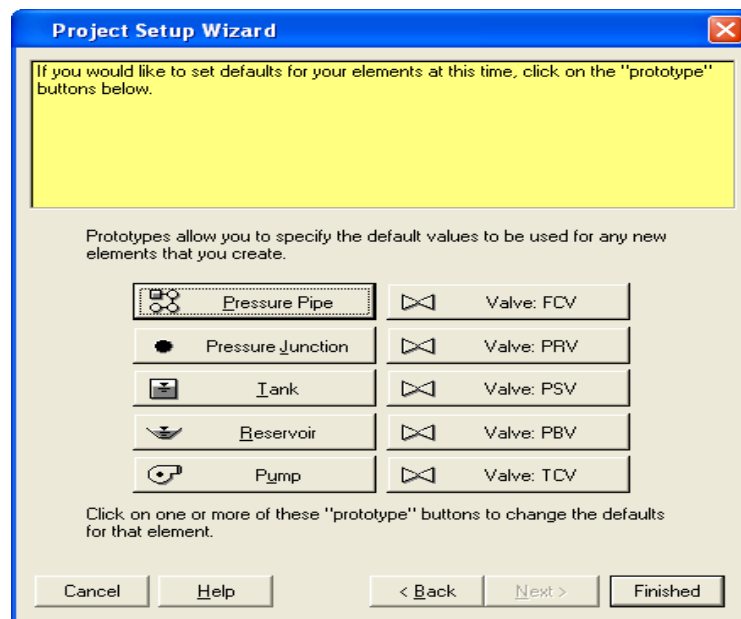
Gambar 2.31. Pemilihan Rumus Pada *WaterCAD* (Sumber : Bentley, 2006)

Pemilihan metode penggambaran jaringan yang dapat dibuat skalatis atau skematis sesuai kebutuhan pengguna.

Bagian terakhir dari *project setup wizard* adalah pengisian data-data teknis dan pemodelan komponen sistem jaringan distribusi air baku. Komponen tersebut terdiri dari 6 macam yaitu pipa, titik simpul, sumber air, katup, tandon dan pompa.



Gambar 2.32. Metode Penggambaran *WaterCAD* (Sumber : Bentley, 2006)



Gambar 2.33. Penentuan Prototipe Dari Komponen Sistem Jaringan Pada *WaterCAD* (Sumber : Bentley, 2006)

2.11.2.3. Pemodelan Komponen-Komponen Sistem Jaringan Distribusi Air Baku

Dalam *WaterCAD*, komponen-komponen sistem jaringan distribusi air baku seperti titik simpul, pipa, tandon, mata air dan pompa tersebut dimodelkan sedemikian rupa sehingga mendekati kinerja komponen tersebut di lapangan. Untuk keperluan pemodelan, *WaterCAD* telah memberikan penamaan setiap komponen tersebut secara otomatis yang dapat diganti sesuai dengan keperluan agar memudahkan dalam pengerjaan, pengamatan, penggantian ataupun pencarian suatu komponen tertentu. Agar dapat memodelkan setiap komponen sistem jaringan distribusi air baku dengan benar, perancang harus mengetahui cara memodelkan komponen tersebut dalam *WaterCAD*. Adapun jenis-jenis pemodelan komponen sistem jaringan distribusi air baku dalam *WaterCAD* adalah

1. Pemodelan titik-titik simpul (*junction*)

Titik simpul merupakan suatu simbol yang mewakili atau komponen yang bersinggungan langsung dengan konsumen dalam hal pemberian air baku. Ada dua tipe aliran pada titik simpul ini, yaitu berupa kebutuhan air (*demand*) dan berupa aliran masuk (*inflow*). Jenis aliran yang berupa kebutuhan air baku digunakan bila pada simpul tersebut ada pengambilan air, sedangkan aliran masuk digunakan bila pada titik simpul tersebut ada tambahan debit yang masuk. Data yang dibutuhkan sebagai masukan bagi titik simpul antara lain elevasi titik simpul dan data kebutuhan air baku pada titik simpul tersebut.

2. Pemodelan kebutuhan air baku

Kebutuhan air baku pada tiap-tiap titik simpul dapat berbeda-beda yang bergantung dari luas cakupan layanan dan jumlah konsumen pada titik simpul tersebut. Kebutuhan air menurut *WaterCAD* dibagi menjadi dua yaitu kebutuhan tetap (*fixed demand*) dan kebutuhan berubah (*variable demand*). Kebutuhan tetap adalah kebutuhan air rerata tiap harinya sedangkan kebutuhan berubah atau berfluktuatif adalah kebutuhan air yang berubah setiap jamnya sesuai dengan pemakaian air.

Data *fixed demand* atau yang disebut pula *baseline flow* kurang akurat bila digunakan untuk perancangan kebutuhan air baku. Umumnya data ini hanya digunakan untuk mengetahui besar kebutuhan tiap jam atau harian secara rata-rata. Data *variable demand* inilah yang digunakan untuk mendekati kondisi nyata di lapangan. Situasi pada saat kebutuhan air seperti ini disebut dengan *Extended Period Simulation (EPS)*.

Saat kebutuhan air diatur pada *baseline flow*, kondisi aliran di dalam pipa berupa aliran tetap (*steady flow*). Maka secara otomatis *WaterCAD* akan mengatur skenario menjadi *Steady State Simulation*. Sedangkan bila tersedia data kebutuhan air yang berfluktuatif (*variable demand*) maka skenario *WaterCAD* dapat diatur menjadi *Extended Period Simulation (EPS)* dan aliran yang terjadi adalah aliran berubah beraturan menurut waktu.

3. Pemodelan Pipa

Pipa adalah suatu komponen yang menghubungkan katup (*valve*), titik simpul, pompa dan tandon. Untuk memodelkan pipa, memerlukan beberapa data teknis seperti jenis bahan, diameter dan panjang pipa, kekasaran (*roughness*)

dan status pipa (buka-tutup). Jenis bahan pipa oleh *WaterCAD* telah disediakan sehingga dapat dipilih secara langsung sesuai dengan jenis bahan pipa yang digunakan di lapangan. Sedangkan diameter dan panjang pipa dapat dirancang sesuai dengan kondisi di lapangan melalui *prototypes tools*. Apabila diatur secara skalatis, maka ukuran panjang pipa secara otomatis berubah sesuai dengan perbandingan skala ukuran yang dipakai. Sedangkan dalam pengaturan skematis, panjang pipa dapat diatur tanpa memperhatikan panjang pipa di layar komputer.

4. Pemodelan katup (*valve*)

Katup atau *valve* digunakan untuk memenuhi suatu kondisi tertentu di lapangan agar aliran dalam jaringan pipa berfungsi dengan baik. Misalnya kondisi aliran yang terlalu kecil akibat beda tekanan yang terlalu besar atau karena adanya perbaikan jalan maka pipa pada daerah tersebut ditutup menggunakan katup. *WaterCAD* memberikan beberapa model jenis katup yakni *Flow Control Valves (FCV)*, *Pressure Reducing Valves (PRV)*, *Pressure Sustaining Valves (PSV)*, *Pressure Breaker Valves (PBV)* dan *Throttle Control Valves (TCV)*. Untuk pemodelan katup diperlukan beberapa data yaitu elevasi katup, dan karakteristik katup seperti jenis, diameter dan status katup.

5. Pemodelan tandon (*watertank*)

Pemodelan tandon diperlukan beberapa data yaitu ukuran bentuk dan elevasi tandon. Pada kondisi *steady state simulation*, permukaan air dalam tandon akan menjadi konstan (*constant water surface elevation*) dan pada kondisi *Extended Period Simulation* permukaan air di dalam tandon menjadi berubah-ubah sesuai kebutuhan. *WaterCAD* memberikan pilihan untuk menentukan

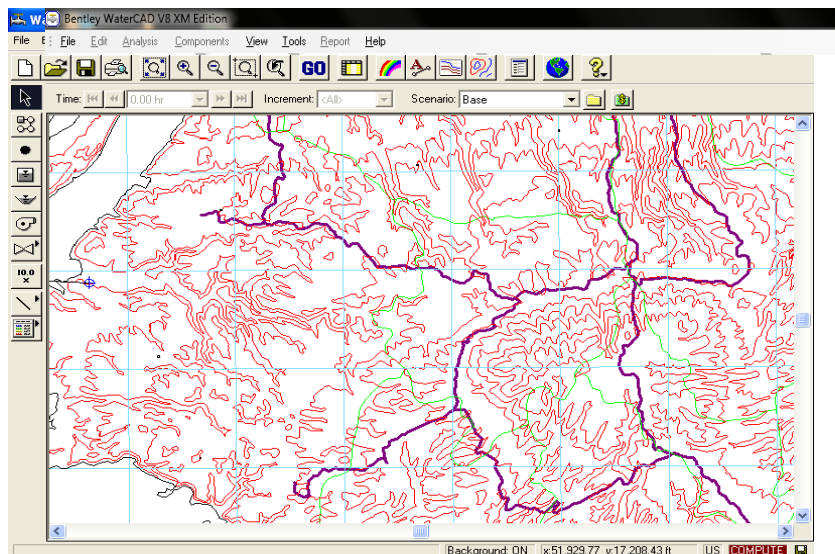
ketinggian atau kedalaman suatu tandon yaitu dengan memasukkan data elevasinya atau menentukan ketinggiannya (*level*). Data elevasi yang dibutuhkan oleh tandon meliputi tiga macam yaitu elevasi maksimum, elevasi minimum dan elevasi awal kerja (*initial elevation*).

6. Pemodelan mata air (*reservoir*)

Pada program *WaterCAD*, *reservoir* digunakan sebagai model dari suatu sumber air seperti danau dan sungai. Di sini *reservoir* dimodelkan sebagai sumber air yang tidak bisa habis atau elevasi air selalu berada pada elevasi konstan pada saat berapapun kebutuhan airnya. Data yang dibutuhkan untuk memodelkan sebuah mata air adalah kapasitas debit dan elevasi mata air tersebut.

2.11.2.4. Proses Penggambaran Sistem Jaringan Distribusi Air Baku

Setelah pengisian *project setup wizard* dan pemodelan komponen telah selesai dilakukan, maka proses pembuatan jaringan pipa dapat dimulai. Pada sisi samping dan atas lembar kerja terdapat berbagai *tools* untuk menggambarkan jaringan pipa beserta komponennya. Proses penggambaran cukup sederhana dan mudah, dengan memilih model atau komponen yang akan digambar kemudian diletakkan pada lembar kerja. Yang perlu dipastikan yaitu antar komponen-komponen pada seluruh jaringan harus benar-benar tersambung agar tidak menyebabkan kesalahan dalam perhitungan dan analisis nantinya.



Gambar 2.34. Penggambaran Jaringan *WaterCAD* (Sumber : Bentley, 2006)

2.11.2.5. Perhitungan Dan Analisis Sistem Jaringan Distribusi Air Baku

Setelah jaringan tergambar dan semua komponen tertata sesuai dengan yang diinginkan, maka untuk menganalisis sistem jaringan tersebut dilakukanlah *running (GO)*. Ada dua pilihan analisis yang dapat dilakukan yaitu *steady state* dengan fasilitas *fire flow analysis* dan *extended period* dengan fasilitas *water quality analysis*. Untuk memberi nilai hasil analisis yang dilakukan, ada tiga buah tanda hasil analisis yaitu warna hijau, kuning dan merah.

Warna hijau berarti bahwa sistem jaringan distribusi air baku benar-benar baik tanpa ada masalah. Warna kuning berarti sistem jaringan dapat bekerja, namun ada beberapa bagian komponen yang tidak bekerja normal. Sedangkan warna merah berarti sistem tersebut tidak dapat bekerja seperti yang diharapkan karena ada kesalahan dalam perencanaan maupun pada penggambaran.

Pada setiap tanda warna kuning dan merah, selalu ada catatan-catatan dari hasil analisis. Catatan-catatan tersebut dapat dilihat pada bagian *report* yang akan selalu diberikan setelah proses analisis selesai dilakukan. Sedangkan hasil analisis pada setiap komponen sistem jaringan dapat ditampilkan dengan meng-klik komponen sistem jaringan tersebut, apabila diinginkan tampilan secara keseluruhan dari komponen tersebut maka dapat meng-klik *tabular report* dan memilih report komponen yang akan akan ditampilkan.

BAB III

METODOLOGI

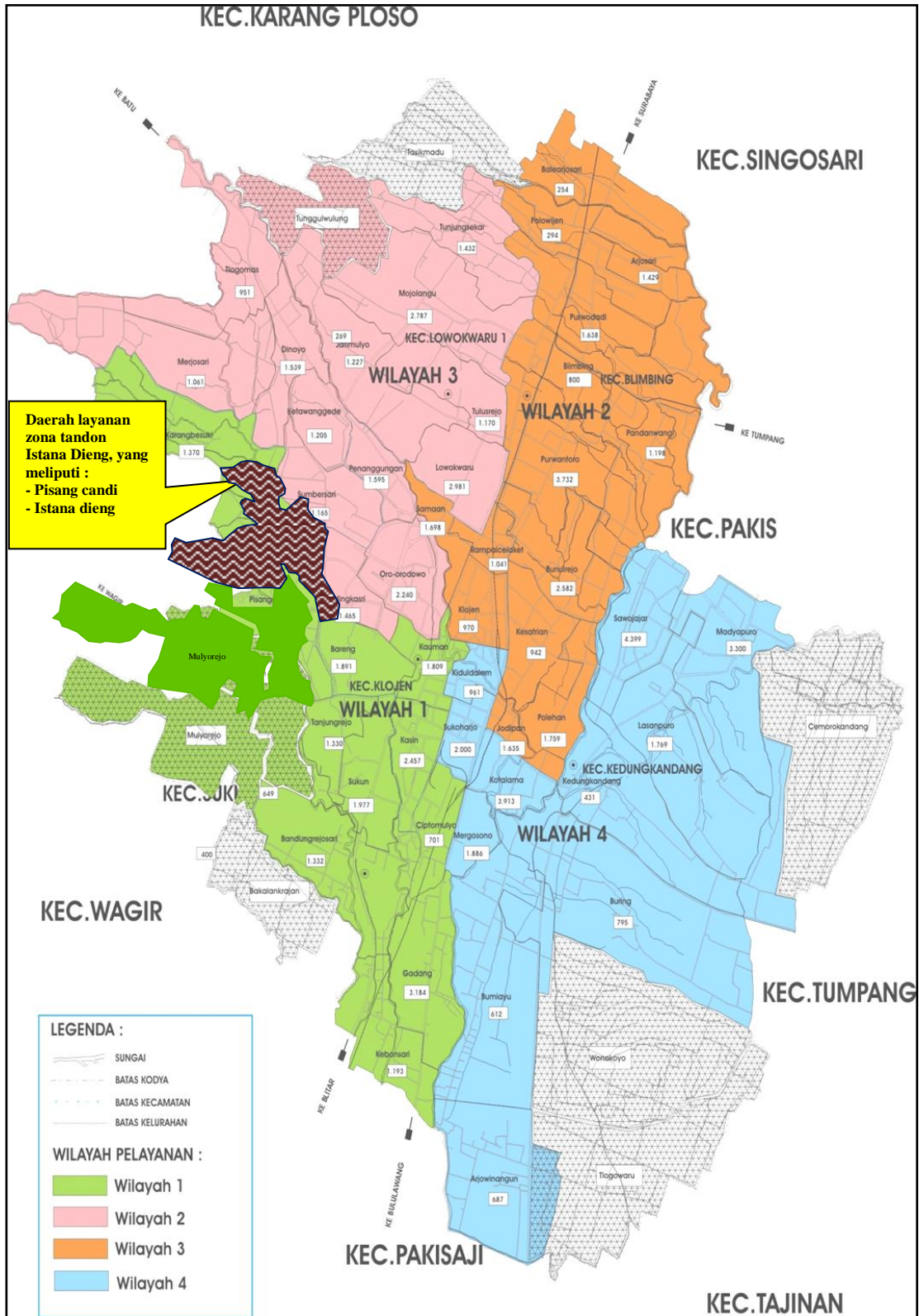
3.1. Kondisi Daerah Studi

Kota Malang adalah kota terbesar kedua di Provinsi Jawa Timur setelah Kota Surabaya, yang hingga kini mengalami perkembangan pembangunan yang cukup pesat dan dinamis. Apabila pada awalnya Kota Malang diharapkan menjadi penyangga bagi perkembangan Kota Surabaya, namun pada realitanya Kota Malang tidak lagi menjadi penyangga melainkan telah menjadi kota tujuan. Saat ini Kota Malang lebih dikenal sebagai kota pendidikan. Dimana kota pendidikan telah menjadi *trademark* yang menjadi pull factor di Jawa Timur.

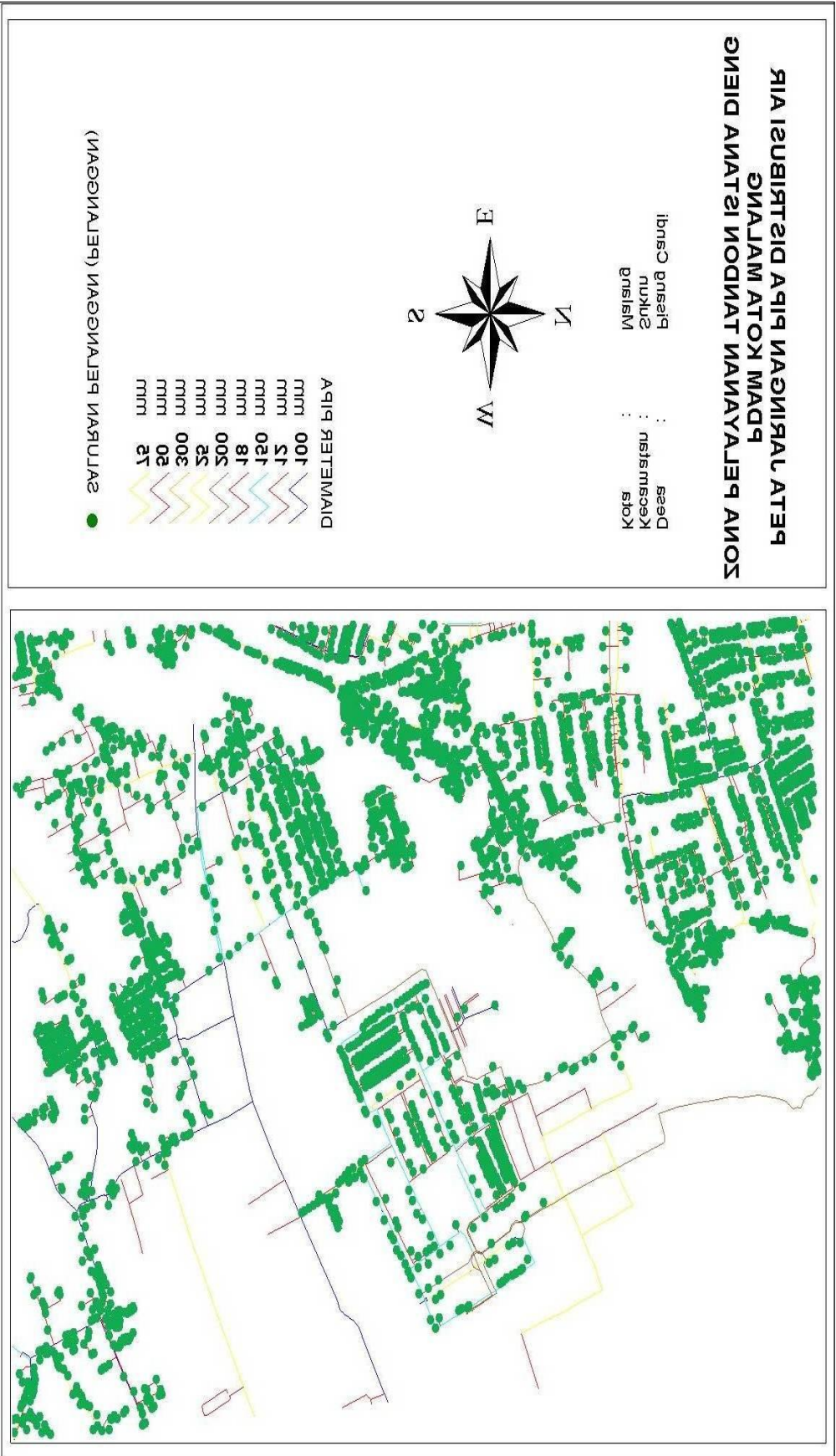
Kota Malang secara *geografis* terletak pada $112,06^{\circ}34'13''$ – $112,07^{\circ}41'39''$ BT dan $7,06^{\circ}54'40''$ – $8,02^{\circ}3'5''$ LS serta berada di ketinggian 440 - 667 m di atas permukaan air laut dengan luasan wilayah kota sebesar 110.06 km² dan jumlah penduduk sebesar 820.243 jiwa (Hasil sensus penduduk 2010) serta tingkat pertumbuhan penduduk sebesar 0,8 % per tahun tersebar di 5 kecamatan yang meliputi 57 kelurahan. Pertambahan penduduk Kota Malang akan langsung berpengaruh terhadap bertambahnya jumlah pelanggan PDAM Kota Malang.

Sistem Tandon Istana Dieng mempunyai wilayah pelayanan di sekitar Istana Dieng, Bandulan dan Taman agung

Sumber produksi air Zona Istana Dieng adalah dari sumur bor dalam.



Gambar 3.1. Peta Pelayanan PDAM Kota Malang(Sumber: PDAM Kota Malang)



Gambar 3.2. Peta Jaringan Eksisting (Sumber: PDAM Kota Malang)

3.2. Pengumpulan Data

Untuk mengkaji sistem jaringan pipa distribusi air bersih diperlukan tahapan penelitian yaitu dengan melakukan pengumpulan data-data teknis dan pendukung serta peninjauan lapangan. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam studi ini adalah :

1. Data jumlah penduduk dan data jumlah pelanggan PDAM.

Data ini sangat diperlukan dalam proses perhitungan jumlah penduduk yang akan terlayani, kebutuhan air bersihnya dan tingkat pelayanan yang harus dipenuhi. Data ini nantinya akan membantu dalam mengevaluasi kebutuhan pelanggan PDAM di daerah yang dikaji.

2. Data ketersediaan air.

Data ini diperlukan untuk mengetahui kemampuan suatu sumber air dalam menyediakan total kapasitas kebutuhan air bersih yang direncanakan. Data ini berupa data kapasitas sumber dan kapasitas ijin sumber. Seperti data produksi suplai air dari Tandon Istana Dieng

3. Data debit / aliran air pada pipa utama.

Data debit pada pipa – pipa utama yang diukur pada pagi sampai malam hari, untuk mengetahui kemampuan pipa memenuhi kebutuhan debit maksimal

4. Data konsumsi / pemakaian air pelanggan rata – rata tiap bulan.

Data ini untuk mengetahui apakah selama ini sudah mencukupi kebutuhan dari pelanggan.

5. Skema dan data teknis jaringan pipa diperlukan untuk mengetahui kondisi

jaringan distribusi air bersih yang akan direncanakan termasuk ukuran dan jenis pipa transmisi dan distribusi.

3.3. Pengolahan Data

Pada Pengolahan data ini dibahas hasil observasi di PDAM Kota Malang, dari Sumber Sumur Bor Istana Dieng. Observasi tersebut guna untuk mendapatkan data – data yang akan digunakan dalam evaluasi dan rekomendasi sistem penyediaan air minum PDAM Kota Malang sebagai tindak lanjut PP No. 16 tahun 2005 dan Perda No.4 tahun 2011 di Zona Pelayanan Tandon Istana Dieng. Berikut data – data yang didapat dari hasil observasi.

3.3.1. Hasil Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada laporan ini dilakukan dengan melakukan observasi langsung ke kantor PDAM Kota Malang serta ke lokasi studi yang dilakukan selama satu minggu.

3.3.1.1. Data Kependudukan Pada Lokasi Studi

Tabel 3.1. Jumlah Penduduk daerah Pelayanan (Sumber : PDAM Kota Malang)

KECAMATAN	KELURAHAN/DESA	2010	2011	2012
Sukun	Pisang Candi	JUMLAH PENDUDUK		
		16.972	17.125	17.279
		JUMLAH KELUARGA		
		2.829	2854	2880

3.3.1.2. Data Produksi Suplai Air

Tandon Istana Dieng mendapatkan suplai air dari Sumur Bor Istana Dieng.

Tabel 3.2. Laporan Debit Ijin/ Produksi Suplai Air (Sumber : PDAM Kota Malang)

NO	NAMA SUMBER	ELEVASI +m dpl	PRODUKSI Lt/dt
1	Sumber Sumur Bor Istana dieng	491	14,89 lt/dt



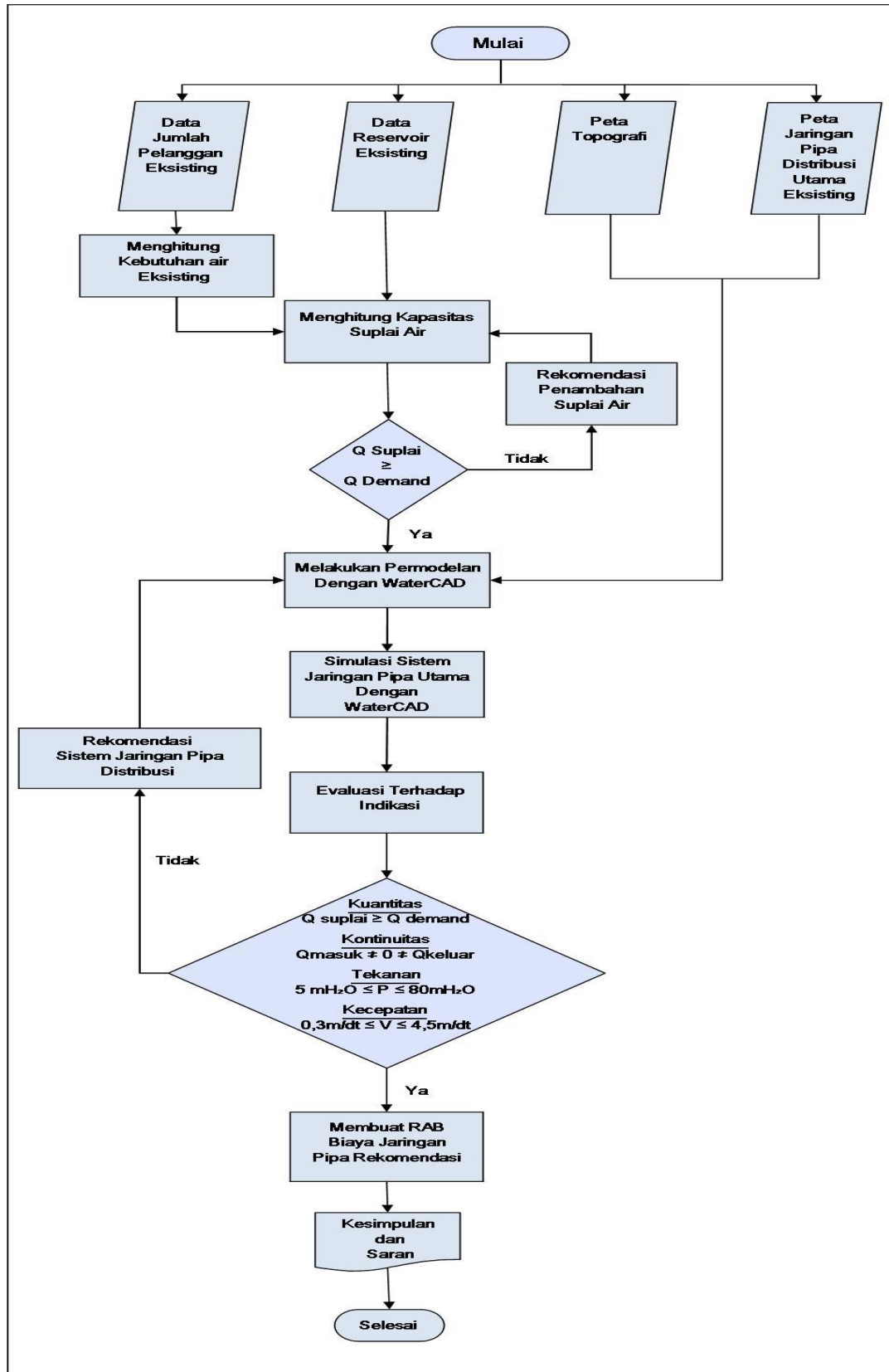
Gambar 3.3. *Reservoir* Istana Dieng

3.3.1.3. Data Konsumsi Air Minum

Konsumsi rata – rata pelanggan diasumsikan $30 \text{ m}^3/\text{bulan}/\text{rumah}$ dengan mengasumsi tiap rumah ada 6 orang

Tabel 3.3. Data Pelayanan air Istana Dieng (Sumber : PDAM Kota Malang)

URAIAN	EKSISTING
Pelanggan Zona Dieng 1	428 SR
Total SR	428
Konsumsi Air (m ³ /bl/sr)	30
Total Konsumsi Air (m ³ /bl)	12.840
(Lt/dt)	4,95
Debit Produksi (Lt/dt)	14,89



Gambar 3.4. Diagram Alir Penyelesaian Skripsi

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang pembahasan evaluasi dari data *eksisting* yang dimiliki PDAM Kota Malang, meliputi debit suplai air dari *reservoir* istana dieng yang memenuhi kebutuhan air pelanggan di Zona Pelayanan Istana Dieng I.

4.1. Kriteria *Design* Untuk Memenuhi Syarat Kuantitas

Syarat kuantitas yang ditetapkan PDAM adalah terpenuhinya total kebutuhan pelanggan oleh suplai air pada zona layanan. Kriteria *design* memakai asumsi yang digunakan PDAM, kebutuhan air minimum pelanggan 30 m³/Bulan/Rumah.

4.1.1. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Efektif

Jumlah pelanggan di zona layanan istana dieng sebanyak 428 SR, syarat kebutuhan air minum minimum per-pelanggan diasumsikan 30 m³/Bulan/Rumah.

Maka total konsumsi pelanggan sebesar :

$$\begin{aligned} 30 \text{ m}^3/\text{Bulan/Rumah} \times 428 \text{ SR} &= 12.840 \text{ m}^3/\text{bulan} \\ &= 18 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 5 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

4.1.2. Analisa Suplai Air Efektif Zona Layanan Istana Dieng

Suplai air efektif dipengaruhi oleh toleransi kehilangan air maksimum yang ditetapkan PDAM sebesar 30% yang klasifikasinya berdasarkan PERMEN PU nomor 18/PRT/M/2007 kehilangan air akibat kebocoran 15% dan kehilangan karena pemanfaatan air non domestik untuk fasilitas umum sebesar 15% dari total kebutuhan air pelanggan yang diketahui dari perhitungan.

$$\begin{aligned} \text{Produksi/Suplai efektif} &= 5 \text{ lt/dt} : 70\% \\ &= 7 \text{ lt/dt} \\ &= 611 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4.1.3. Analisa Total Kehilangan Air Maksimum

Kehilangan air dipengaruhi oleh total kebutuhan air efektif dan suplai air eksisting. Dalam sistem penyediaan air minum ditargetkan maksimal 30%.

$$\text{Kehilangan} = \frac{\text{Produksi} - \text{Pemakaian}}{\text{Produksi}} \times 100\%$$

$$\text{Kehilangan} = \frac{18330 \text{ m}^3 / \text{bln} - 12840 \text{ m}^3 / \text{bln}}{18330 \text{ m}^3 / \text{bln}} \times 100\% = 30\%$$

Dengan dasar asumsi PDAM kehilangan air sebesar 30%, maka di Zona Pelayanan Tandon Istana Dieng terdapat angka kehilangan air sesuai dari kriteria design.

4.1.4. Evaluasi Suplai Air Terhadap Pemenuh Kebutuhan Pelanggan

Tabel 4.1. Data Perhitungan Kriteria *Design* Zona Istana Dieng Menggunakan Asumsi Perencanaan Yang Ditetapkan PDAM.

URAIAN	Zona Istana Dieng	Keterangan
Zona Dieng 1	428 SR	Data eksisting pelanggan
Kebutuhan Air (m ³ /bl/sr)	30	Kriteria konsumsi air
Total Kebutuhan Air (m ³ /bl)	12.840	Kebutuhan total konsumsi
(Lt/dt)	5	Kebutuhan total konsumsi
Kehilangan Air (%)	30	Kehilangan air terpenuhi
Suplai Air (Lt/dt)	7	Suplai air efektif <i>design</i>
Debit Produksi (Lt/dt)	14,89	Data eksisting <i>reservoir</i>

Sehingga, perbandingan debit ijin produksi pada kondisi eksisting dengan debit produksi efektif adalah 50% (setengah) jadi dapat diasumsikan debit ijin eksisting masih dapat mencukupi kebutuhan air pelanggan PDAM Kota Malang Zona Istana Dieng I sampai dengan dua kali lipat dari jumlah pelanggan saat ini.

Hasil Evaluasi :

- ✓ Jumlah pelanggan eksisting = 428 Saluran Rumah
- ✓ Jumlah pelanggan maksimal = ± 850 Saluran Rumah
- ✓ Target pemakaian air rata-rata pelanggan = 30 m³/Bulan/Rumah
- ✓ Target kehilangan air maksimal = 30 %
- ✓ Total pemakaian air pelanggan = 5 lt/dt
- ✓ Produksi/Suplai air efektif = 7 lt/dt
- ✓ Debit Ijin Produksi *Reservoir* eksisting = 14,89 lt/dt

4.2. Kriteria *Design* untuk memenuhi syarat Kontinuitas

Kontinuitas aliran bisa dikatakan mengalir 24 jam/ hari secara terus menerus apabila data pengukuran tekanan statis di jaringan pipa distribusi seluruh wilayah pelayanan pada jam puncak yaitu pukul 07.00 tidak terdapat angka tekanan di bawah 5mH₂O, kecepatan tidak kurang dari 0,3m/detik dan debit aliran ≠ 0 lt/dt sesuai kriteria PDAM kota Malang dan Kementrian Pekerjaan Umum.

Tabel 4.2. Tabel Kriteria *Design* Syarat Kontinuitas Yang Ditetapkan PDAM

<i>Keterangan</i>	<i>Kriteria Design</i>	<i>Satuan</i>
Tekanan	$5 \leq P \leq 80$	mH ₂ O
Kecepatan	$0,3 \leq V \leq 80$	m/detik
Debit aliran	$Q \neq 0$	m ³ /detik

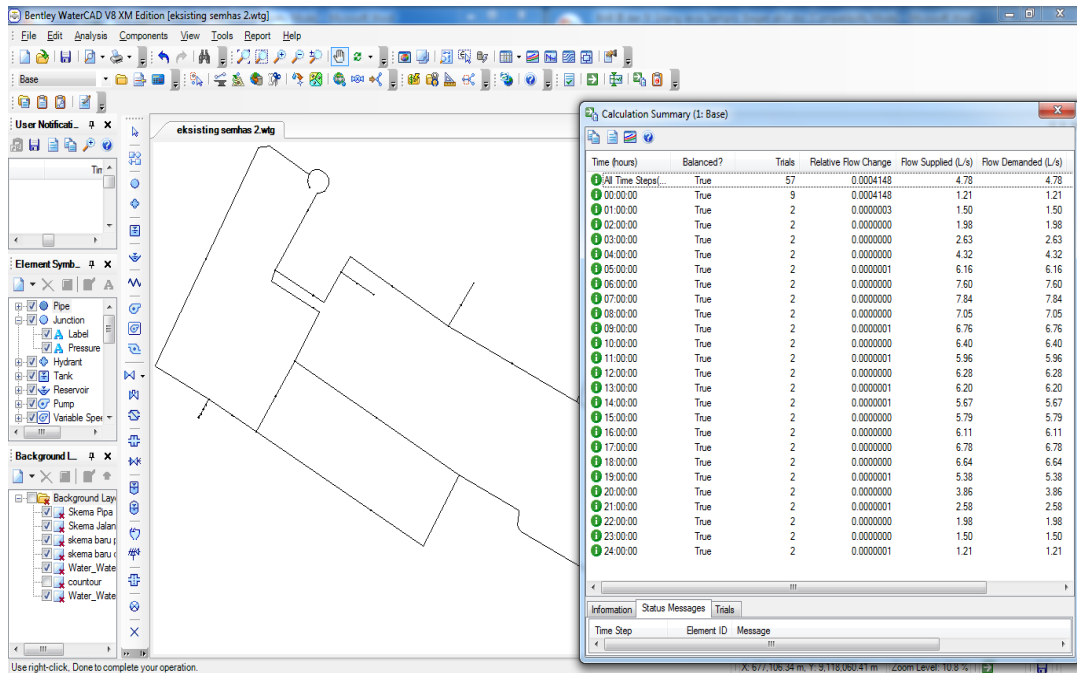
4.2.1. Hasil Simulasi Jaringan Pipa Eksisting Dengan Program *WaterCAD*

Simulasi jaringan perpipaan menggunakan program *waterCAD v.8 XM Edition*. Program ini berisi tentang cara menganalisis jaringan perpipaan dari komponen perpipaan yang direncanakan. Dengan menggunakan program ini, maka kita dapat mengetahui berhasil tidaknya kondisi jaringan yang direncanakan. Sehingga kesimpulan terkait hasil sebuah perencanaan jaringan perpipaan menjadi tepat guna.

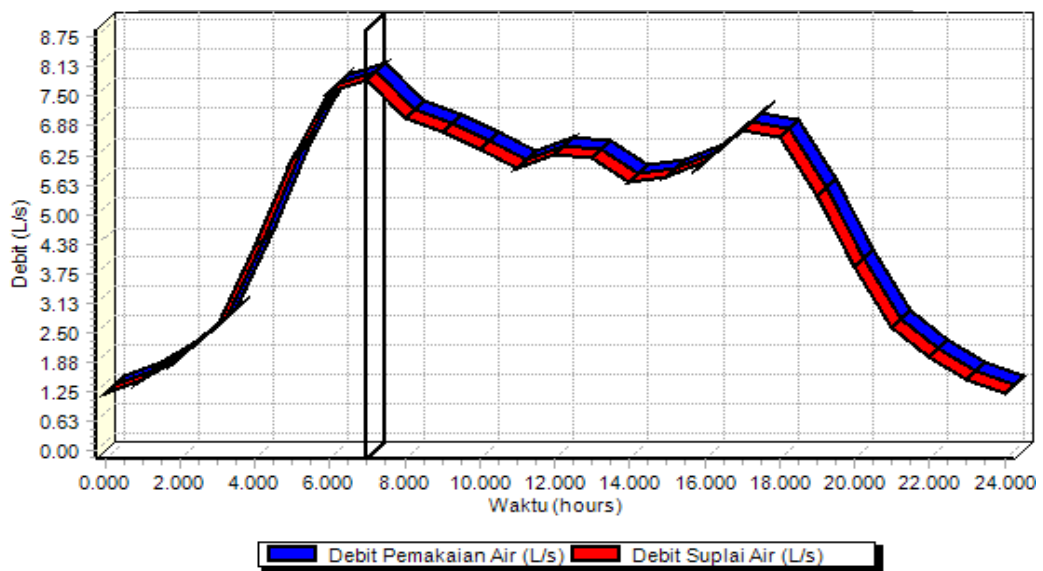
Komponen perpipaan yang digunakan dalam perencanaan ini meliputi *reservoir*, pompa, pipa dan *junction*. Pengaliran air distribusi dari *reservoir* ke daerah layanan (*junction*) dilakukan secara gravitasi dan pompanisasi. Jumlah konsumen disesuaikan dengan jumlah pelanggan yang tersedia. Besarnya pembebanan kebutuhan air tiap *junction* yang berfluktuasi berdasarkan waktu dan dilakukan pada kondisi normal dimana variasi kebutuhan *junction* hanya disebabkan oleh fluktuasi kebutuhan pelanggan tiap jam.

Diameter pipa Eksisting menyesuaikan dengan data yang tersedia. Berikut merupakan perencanaan jenis pipa dan diameternya.

- Menggunakan pipa PVC untuk jaringan distribusi
- Diameter pipa PVC pada saluran primer adalah 100 – 200 mm.



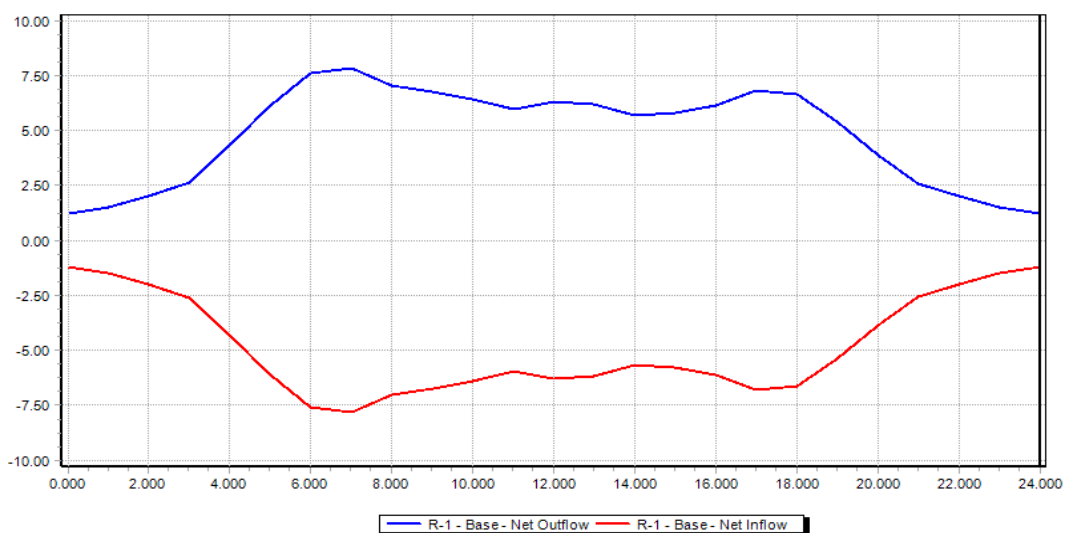
Gambar 4.1. Hasil Running (Sumber : Program WaterCAD v.8 MX Edition)



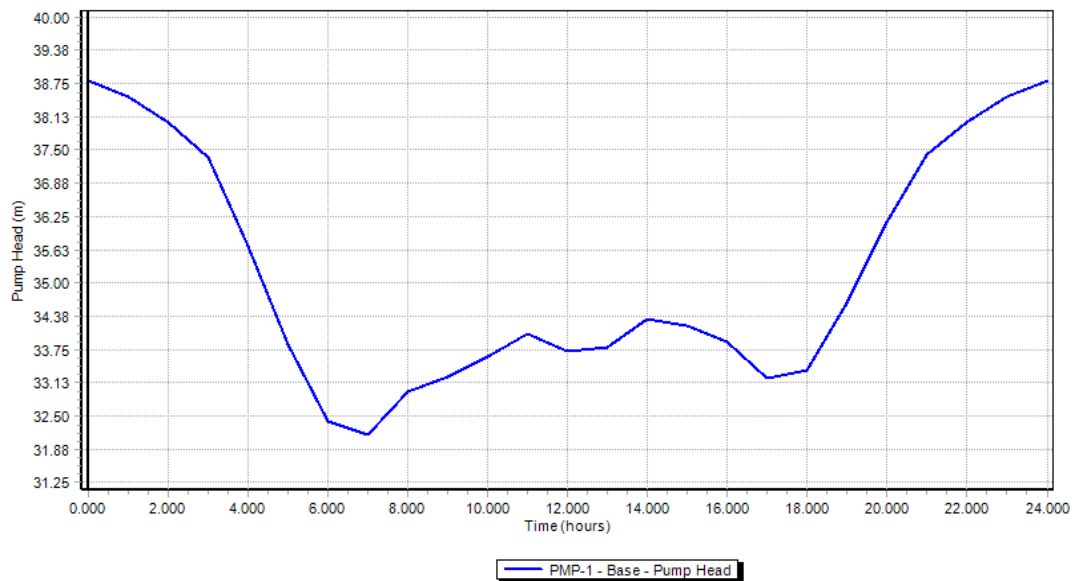
Gambar 4.2. Grafik Suplai Air dan Pemakaian Air Running WaterCAD (Sumber : Program WaterCAD v.8 MX Edition)

Tabel 4.3. Tabel Suplai Air dan Pemakaian Air Running WaterCAD (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)

Waktu (hours)	Balanced?	Debit Suplai (L/s)	Debit Konsumsi (L/s)
All Time Steps(24)	TRUE	4.78	4.78
0.000	TRUE	1.21	1.21
1.000	TRUE	1.5	1.5
2.000	TRUE	1.98	1.98
3.000	TRUE	2.63	2.63
4.000	TRUE	4.32	4.32
5.000	TRUE	6.16	6.16
6.000	TRUE	7.6	7.6
7.000	TRUE	7.84	7.84
8.000	TRUE	7.05	7.05
9.000	TRUE	6.76	6.76
10.000	TRUE	6.4	6.4
11.000	TRUE	5.96	5.96
12.000	TRUE	6.28	6.28
13.000	TRUE	6.2	6.2
14.000	TRUE	5.67	5.67
15.000	TRUE	5.79	5.79
16.000	TRUE	6.11	6.11
17.000	TRUE	6.78	6.78
18.000	TRUE	6.64	6.64
19.000	TRUE	5.38	5.38
20.000	TRUE	3.86	3.86
21.000	TRUE	2.58	2.58
22.000	TRUE	1.98	1.98
23.000	TRUE	1.5	1.5
24.000	TRUE	1.21	1.21



Gambar 4.3. Grafik Debit Reservoir (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)



Gambar 4.4. Grafik Pump Head (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)

Tabel 4.4. Tabel Reservoir Dan Pompa

Waktu (hours)	Reservoir		Pompa
	Debit Outflow (L/s)	Debit Inflow (L/s)	Pump Head (m)
0	1.21	-1.21	38.79
1	1.5	-1.5	38.5
2	1.98	-1.98	38.02
3	2.63	-2.63	37.37
4	4.32	-4.32	35.68
5	6.16	-6.16	33.84
6	7.6	-7.6	32.4
7	7.84	-7.84	32.16
8	7.05	-7.05	32.95
9	6.76	-6.76	33.24
10	6.4	-6.4	33.6
11	5.96	-5.96	34.04
12	6.28	-6.28	33.72
13	6.2	-6.2	33.8
14	5.67	-5.67	34.33
15	5.79	-5.79	34.21
16	6.11	-6.11	33.89
17	6.78	-6.78	33.22
18	6.64	-6.64	33.36
19	5.38	-5.38	34.62
20	3.86	-3.86	36.14
21	2.58	-2.58	37.42
22	1.98	-1.98	38.02
23	1.5	-1.5	38.5
24	1.21	-1.21	38.79

Tabel 4.5. Hasil Simulasi Pipa Eksisting Jam Rendah (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)**Current Time: 00:00 hours**

Label	Start Node	Stop Node	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-1	R-1	PMP-1	11.08	100	PVC	140	1.207	0.154
P-2	PMP-1	J-1	14.68	100	PVC	140	1.207	0.154
P-3	J-12	J-1	74.46	150	PVC	140	-0.798	0.045
P-4	J-1	J-2	456.10	150	PVC	140	0.363	0.021
P-5	J-2	J-4	168.71	200	PVC	140	0.328	0.010
P-6	J-2	J-3	16.66	100	PVC	140	0.020	0.003
P-7	J-12	J-13	98.90	150	PVC	140	0.388	0.022
P-8	J-11	J-12	359.71	150	PVC	140	-0.245	0.014
P-9	J-13	J-4	155.77	150	PVC	140	0.124	0.007
P-10	J-4	J-5	118.89	200	PVC	140	0.443	0.014
P-11	J-10	J-11	433.65	150	PVC	140	-0.139	0.008
P-12	J-13	J-11	258.28	150	PVC	140	0.169	0.010
P-13	J-5	J-6	51.49	150	PVC	140	0.003	0.000
P-14	J-5	J-7	176.82	150	PVC	140	0.229	0.013
P-15	J-10	J-9	158.89	150	PVC	140	0.055	0.003
P-16	J-9	J-10	303.99	150	PVC	140	-0.039	0.002
P-17	J-7	J-8	61.67	150	PVC	140	0.100	0.006
P-18	J-7	J-9	193.29	150	PVC	140	0.031	0.002

Bentley Systems, Inc. Haestad Methods Solution Center

Bentley WaterCAD V8 XM Edition

27 Siemon Company Drive Suite 200 W Watertown, CT 06795 USA

[08.09.400.34]

+1-203-755-1666

Tabel 4.6. Tabel Simulasi Pipa Eksisting Jam Puncak (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)**Current Time: 7.000 hours**

Label	Start Node	Stop Node	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-1	R-1	PMP-1	11.08	100	PVC	140	7.845	0.999
P-2	PMP-1	J-1	14.68	100	PVC	140	7.845	0.999
P-3	J-12	J-1	74.46	150	PVC	140	-5.187	0.294
P-4	J-1	J-2	456.1	150	PVC	140	2.282	0.129
P-5	J-2	J-4	168.71	200	PVC	140	2.056	0.065
P-6	J-2	J-3	16.66	100	PVC	140	0.132	0.017
P-7	J-12	J-13	98.9	150	PVC	140	2.576	0.146
P-8	J-11	J-12	359.71	150	PVC	140	-1.615	0.091
P-9	J-13	J-4	155.77	150	PVC	140	0.868	0.049
P-10	J-4	J-5	118.89	200	PVC	140	2.867	0.091
P-11	J-10	J-11	433.65	150	PVC	140	-0.92	0.052
P-12	J-13	J-11	258.28	150	PVC	140	1.091	0.062
P-13	J-5	J-6	51.49	150	PVC	140	0.019	0.001
P-14	J-5	J-7	176.82	150	PVC	140	1.477	0.084
P-15	J-10	J-9	158.89	150	PVC	140	0.363	0.021
P-16	J-9	J-10	303.99	150	PVC	140	-0.256	0.014
P-17	J-7	J-8	61.67	150	PVC	140	0.65	0.037
P-18	J-7	J-9	193.29	150	PVC	140	0.189	0.011

Tabel 4.7. Tabel Simulasi Titik Simpul (*Junction*) Eksisting Jam Rendah**Current Time: 0.000 hours**

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
J-1	482.96	0.058	40
J-2	479.95	0.015	43
J-3	479.95	0.02	43
J-4	479.33	0.009	43
J-5	477.8	0.211	45
J-6	473.92	0.003	49
J-7	473.14	0.098	49
J-8	473.02	0.1	50
J-9	466.19	0.124	56
J-10	462.26	0.046	60
J-11	471.47	0.275	51
J-12	480.61	0.153	42
J-13	478.83	0.095	44

27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666

Bentley Systems, Inc.
Haestad Methods

Bentley WaterCAD V8
XM Edition

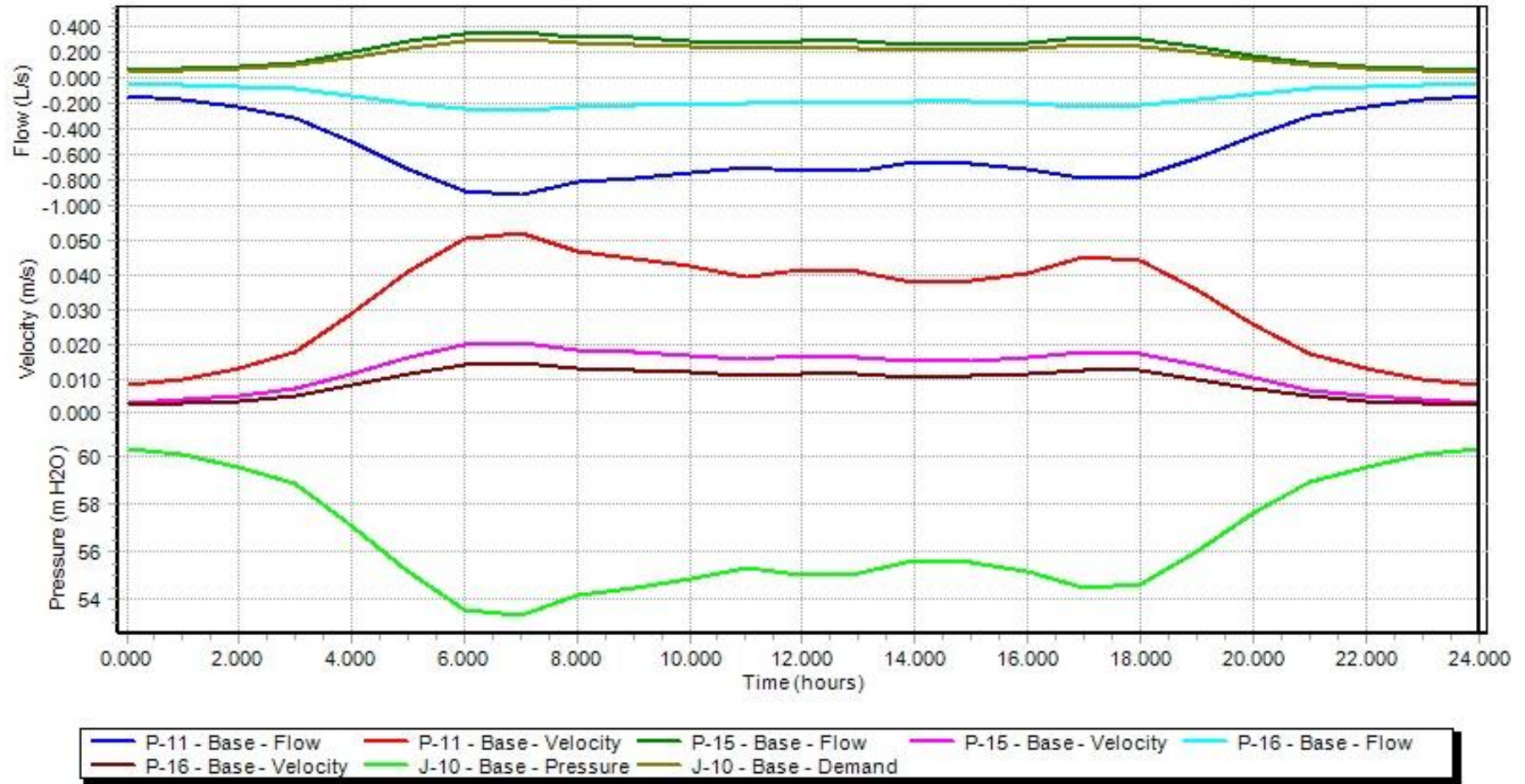
Tabel 4.8. Tabel Simulasi Titik Simpul (*Junction*) Eksisting Jam Puncak**Current Time: 7.000 hours**

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
J-1	482.96	0.375	33
J-2	479.95	0.094	36
J-3	479.95	0.132	36
J-4	479.33	0.057	36
J-5	477.8	1.372	38
J-6	473.92	0.019	42
J-7	473.14	0.639	42
J-8	473.02	0.65	43
J-9	466.19	0.808	49
J-10	462.26	0.301	53
J-11	471.47	1.786	44
J-12	480.61	0.996	35
J-13	478.83	0.617	37

27 Siemon Company Drive Suite 200 W
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1666

Bentley Systems, Inc.
Haestad Methods
Solution Center

Bentley WaterCAD V8
XM Edition
[08.09.400.34]



Gambar 4.5. Grafik Titik Kritis Pada Kondisi Eksisting (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)

Tabel 4.9. Tabel Simulasi Pada Titik Kritis (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)

Time (hours)	P-11 - Base - Flow (L/s)	P-11 - Base - Velocity (m/s)	P-15 - Base - Flow (L/s)	P-15 - Base - Velocity (m/s)	P-16 - Base - Flow (L/s)	P-16 - Base - Velocity (m/s)	J-10 - Base - Pressure (m H ₂ O)	J-10 - Base - Demand (L/s)
0	-0.141	0.008	0.056	0.003	-0.039	0.002	60	0.046
1	-0.175	0.01	0.069	0.004	-0.049	0.003	60	0.057
2	-0.232	0.013	0.092	0.005	-0.065	0.004	60	0.076
3	-0.308	0.017	0.122	0.007	-0.086	0.005	59	0.101
4	-0.506	0.029	0.2	0.011	-0.141	0.008	57	0.166
5	-0.722	0.041	0.285	0.016	-0.201	0.011	55	0.236
6	-0.891	0.05	0.352	0.02	-0.248	0.014	54	0.291
7	-0.92	0.052	0.363	0.021	-0.256	0.014	53	0.301
8	-0.826	0.047	0.326	0.018	-0.23	0.013	54	0.27
9	-0.792	0.045	0.313	0.018	-0.22	0.012	55	0.259
10	-0.75	0.042	0.296	0.017	-0.209	0.012	55	0.245
11	-0.699	0.04	0.276	0.016	-0.194	0.011	55	0.228
12	-0.736	0.042	0.291	0.016	-0.205	0.012	55	0.24
13	-0.727	0.041	0.287	0.016	-0.202	0.011	55	0.238
14	-0.665	0.038	0.263	0.015	-0.185	0.01	56	0.217
15	-0.679	0.038	0.268	0.015	-0.189	0.011	56	0.222
16	-0.716	0.041	0.283	0.016	-0.199	0.011	55	0.234
17	-0.795	0.045	0.314	0.018	-0.221	0.013	54	0.26
18	-0.778	0.044	0.307	0.017	-0.216	0.012	55	0.254
19	-0.631	0.036	0.249	0.014	-0.176	0.01	56	0.206
20	-0.453	0.026	0.179	0.01	-0.126	0.007	58	0.148
21	-0.303	0.017	0.12	0.007	-0.084	0.005	59	0.099
22	-0.232	0.013	0.092	0.005	-0.065	0.004	60	0.076
23	-0.175	0.01	0.069	0.004	-0.049	0.003	60	0.057
24	-0.141	0.008	0.056	0.003	-0.039	0.002	60	0.046

4.2.2. Evaluasi Indikasi Simulasi Jaringan Pipa Eksisting Terhadap Kriteria Design Untuk Memenuhi Syarat Kontinuitas

Tabel 4.10. Evaluasi Tabel Pipa Pada Simulasi Pukul 00:00 dan Pukul 07:00

Label	Flow (L/s)	Kontrol $Q \neq 0$	Velocity (m/s)	Kontrol $0,3 \leq V \leq 4,5$
Pukul 00:00				
P-1	1.207	YA	0.15	TIDAK
P-2	1.207	YA	0.15	TIDAK
P-3	-0.798	YA	0.05	TIDAK
P-4	0.363	YA	0.02	TIDAK
P-5	0.328	YA	0.01	TIDAK
P-6	0.020	YA	0.003	TIDAK
P-7	0.388	YA	0.02	TIDAK
P-8	-0.245	YA	0.01	TIDAK
P-9	0.124	YA	0.01	TIDAK
P-10	0.443	YA	0.01	TIDAK
P-11	-0.139	YA	0.01	TIDAK
P-12	0.169	YA	0.01	TIDAK
P-13	0.003	YA	0.000	TIDAK
P-14	0.229	YA	0.01	TIDAK
P-15	0.055	YA	0.003	TIDAK
P-16	-0.039	YA	0.002	TIDAK
P-17	0.100	YA	0.01	TIDAK
P-18	0.031	YA	0.002	TIDAK
Pukul 07:00				
P-1	7.845	YA	1.0	YA
P-2	7.845	YA	1.0	YA
P-3	-5.187	YA	0.3	YA
P-4	2.282	YA	0.13	TIDAK
P-5	2.056	YA	0.07	TIDAK
P-6	0.132	YA	0.02	TIDAK
P-7	2.576	YA	0.15	TIDAK
P-8	-1.615	YA	0.09	TIDAK
P-9	0.868	YA	0.05	TIDAK
P-10	2.867	YA	0.09	TIDAK
P-11	-0.92	YA	0.05	TIDAK
P-12	1.091	YA	0.06	TIDAK
P-13	0.019	YA	0.001	TIDAK
P-14	1.477	YA	0.08	TIDAK
P-15	0.363	YA	0.02	TIDAK
P-16	-0.256	YA	0.01	TIDAK
P-17	0.65	YA	0.04	TIDAK
P-18	0.189	YA	0.01	TIDAK

Hasil simulasi diatas menunjukkan bahwa kecepatan aliran pada pipa jaringan pukul 00:00 lebih kecil dari kecepatan aliran pukul 07:00 hal ini disebabkan pada pukul 00:00 adalah jam pemakaian air minimum karena aktivitas pelanggan sedikit, sebaliknya pada pukul 07:00 adalah pemakaian air maksimum karena pada waktu ini pelanggan mulai melakukan aktivitas.

Sebagai pemenuh syarat kontinuitas pada kondisi eksisting jaringan pipa yaitu debit $Q \neq 0$ l/s sudah terpenuhi, indikasi ini membuktikan bahwa di dalam pipa terdapat debit aliran air. Syarat kontinuitas kecepatan $0,3 \text{ m/s} \leq V \leq 8 \text{ m/s}$ tidak terpenuhi pada pipa karena beberapa pipa terdapat kecepatan $V < 0,3$. Sehingga perlu dilakukan rekomendasi perubahan pada bagian-bagian di jaringan pipa.

Tabel 4.11. Tabel Titik Simpul Pada Simulasi Pukul 00:00 dan Pukul 07:00

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Kontrol $Q \neq 0$	Pressure (m H ₂ O)	Kontrol $5 \leq P \leq 80$
Pukul 00:00					
J-1	482.96	0.058	YA	40	YA
J-2	479.95	0.015	YA	43	YA
J-3	479.95	0.02	YA	43	YA
J-4	479.33	0.009	YA	43	YA
J-5	477.8	0.211	YA	45	YA
J-6	473.92	0.003	YA	49	YA
J-7	473.14	0.098	YA	49	YA
J-8	473.02	0.1	YA	50	YA
J-9	466.19	0.124	YA	56	YA
J-10	462.26	0.046	YA	60	YA
J-11	471.47	0.275	YA	51	YA
J-12	480.61	0.153	YA	42	YA
J-13	478.83	0.095	YA	44	YA
Pukul 07:00					
J-1	482.96	0.375	YA	33	YA
J-2	479.95	0.094	YA	36	YA
J-3	479.95	0.132	YA	36	YA
J-4	479.33	0.057	YA	36	YA
J-5	477.8	1.372	YA	38	YA
J-6	473.92	0.019	YA	42	YA
J-7	473.14	0.639	YA	42	YA
J-8	473.02	0.65	YA	43	YA
J-9	466.19	0.808	YA	49	YA
J-10	462.26	0.301	YA	53	YA
J-11	471.47	1.786	YA	44	YA
J-12	480.61	0.996	YA	35	YA
J-13	478.83	0.617	YA	37	YA

Dari hasil simulasi table titik simpul yang dilakukan dengan program *waterCAD ver 8 XM Edition* pada kondisi tersebut dapat disimpulkan berikut.

- ✓ Debit aliran pada tabel demand tidak ada yang menunjukkan angka = 0, sehingga dapat disimpulkan bahwa air masih mengalir di setiap pelanggan.
- ✓ Tekanan pada tabel *pressure* pada kondisi jam puncak dimana pemakaian air maksimum pukul 07:00 berbanding terbalik dengan tekanan pada jam rendah pukul 00:00 pemakaian air minimum.
- ✓ Tekanan minimum 33 mH₂O, sehingga dapat disimpulkan pada jaringan pipa memenuhi syarat tekanan minimum ≥ 5 mH₂O, tekanan maksimum 60 mH₂O, sehingga dapat disimpulkan pada jaringan pipa memenuhi syarat tekanan maksimum ≤ 80 mH₂O.

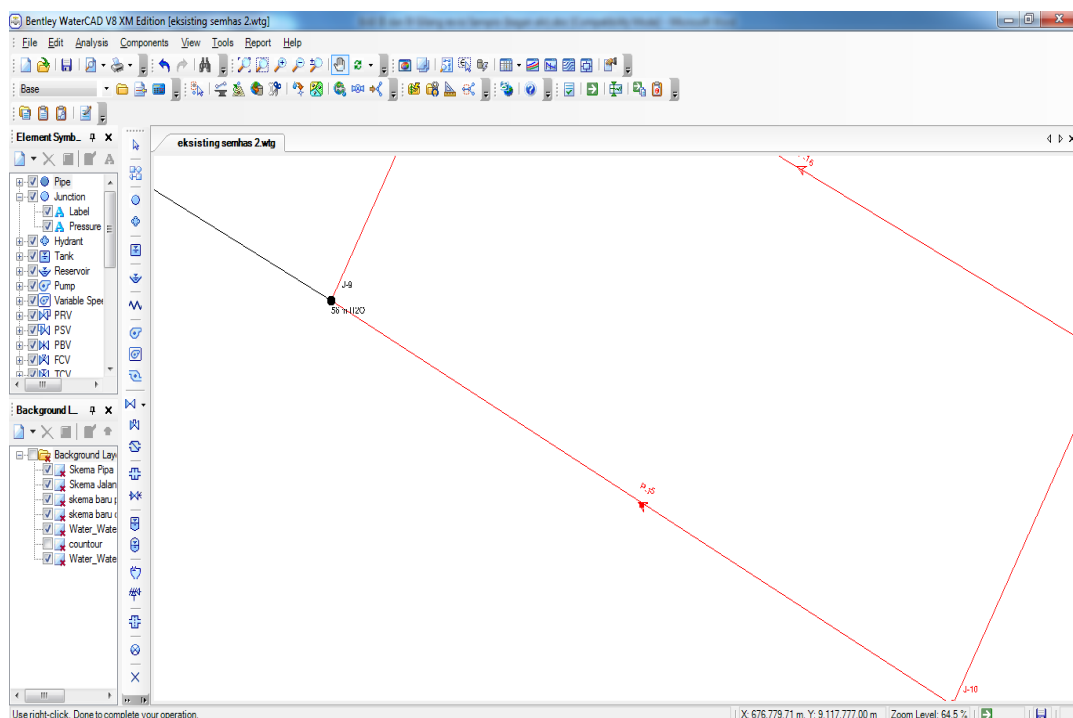
Tabel 4.12. Evaluasi Titik Kritis Pada Simulasi Interval 1 Jam (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)

Time (hours)	P-11 - Base - Flow (L/s)	Kontrol Q ≠ 0	P-11 - Base - Velocity (m/s)	Kontrol $0,3 \leq V \leq 4,5$	P-15 - Base - Flow (L/s)	Kontrol Q ≠ 0	P-15 - Base - Velocity (m/s)	Kontrol $0,3 \leq V \leq 4,5$	P-16 - Base - Flow (L/s)	Kontrol Q ≠ 0	P-16 - Base - Velocity (m/s)	Kontrol $0,3 \leq V \leq 4,5$	J-10 - Base - Pressure (m H2O)	Kontrol $5 \leq P \leq 80$	J-10 - Base - Demand (L/s)	Kontrol Q ≠ 0
0	-0.141	YA	0.008	TIDAK	0.056	YA	0.003	TIDAK	-0.039	YA	0.002	TIDAK	60	YA	0.046	YA
1	-0.175	YA	0.01	TIDAK	0.069	YA	0.004	TIDAK	-0.049	YA	0.003	TIDAK	60	YA	0.057	YA
2	-0.232	YA	0.013	TIDAK	0.092	YA	0.005	TIDAK	-0.065	YA	0.004	TIDAK	60	YA	0.076	YA
3	-0.308	YA	0.017	TIDAK	0.122	YA	0.007	TIDAK	-0.086	YA	0.005	TIDAK	59	YA	0.101	YA
4	-0.506	YA	0.029	TIDAK	0.2	YA	0.011	TIDAK	-0.141	YA	0.008	TIDAK	57	YA	0.166	YA
5	-0.722	YA	0.041	TIDAK	0.285	YA	0.016	TIDAK	-0.201	YA	0.011	TIDAK	55	YA	0.236	YA
6	-0.891	YA	0.05	TIDAK	0.352	YA	0.02	TIDAK	-0.248	YA	0.014	TIDAK	54	YA	0.291	YA
7	-0.92	YA	0.052	TIDAK	0.363	YA	0.021	TIDAK	-0.256	YA	0.014	TIDAK	53	YA	0.301	YA
8	-0.826	YA	0.047	TIDAK	0.326	YA	0.018	TIDAK	-0.23	YA	0.013	TIDAK	54	YA	0.27	YA
9	-0.792	YA	0.045	TIDAK	0.313	YA	0.018	TIDAK	-0.22	YA	0.012	TIDAK	55	YA	0.259	YA
10	-0.75	YA	0.042	TIDAK	0.296	YA	0.017	TIDAK	-0.209	YA	0.012	TIDAK	55	YA	0.245	YA
11	-0.699	YA	0.04	TIDAK	0.276	YA	0.016	TIDAK	-0.194	YA	0.011	TIDAK	55	YA	0.228	YA
12	-0.736	YA	0.042	TIDAK	0.291	YA	0.016	TIDAK	-0.205	YA	0.012	TIDAK	55	YA	0.24	YA
13	-0.727	YA	0.041	TIDAK	0.287	YA	0.016	TIDAK	-0.202	YA	0.011	TIDAK	55	YA	0.238	YA
14	-0.665	YA	0.038	TIDAK	0.263	YA	0.015	TIDAK	-0.185	YA	0.01	TIDAK	56	YA	0.217	YA
15	-0.679	YA	0.038	TIDAK	0.268	YA	0.015	TIDAK	-0.189	YA	0.011	TIDAK	56	YA	0.222	YA
16	-0.716	YA	0.041	TIDAK	0.283	YA	0.016	TIDAK	-0.199	YA	0.011	TIDAK	55	YA	0.234	YA
17	-0.795	YA	0.045	TIDAK	0.314	YA	0.018	TIDAK	-0.221	YA	0.013	TIDAK	54	YA	0.26	YA
18	-0.778	YA	0.044	TIDAK	0.307	YA	0.017	TIDAK	-0.216	YA	0.012	TIDAK	55	YA	0.254	YA
19	-0.631	YA	0.036	TIDAK	0.249	YA	0.014	TIDAK	-0.176	YA	0.01	TIDAK	56	YA	0.206	YA
20	-0.453	YA	0.026	TIDAK	0.179	YA	0.01	TIDAK	-0.126	YA	0.007	TIDAK	58	YA	0.148	YA
21	-0.303	YA	0.017	TIDAK	0.12	YA	0.007	TIDAK	-0.084	YA	0.005	TIDAK	59	YA	0.099	YA
22	-0.232	YA	0.013	TIDAK	0.092	YA	0.005	TIDAK	-0.065	YA	0.004	TIDAK	60	YA	0.076	YA
23	-0.175	YA	0.01	TIDAK	0.069	YA	0.004	TIDAK	-0.049	YA	0.003	TIDAK	60	YA	0.057	YA
					0.056	YA	0.003	TIDAK	-0.039	YA	0.002	TIDAK	60	YA	0.046	YA

New Graph
0.500

Hasil evaluasi yang dapat dilihat dari table diatas di titik kritis kondisi terjauh pada jaringan pipa eksisting dengan simulasi menggunakan program *waterCAD v 8mx* interval waktu 1 jam teranalisa sebagai berikut :

- Titik kritis berada pada *Junction 10* , Pipa P-11, P-15, P-16
- Tekanan sisa pada *Junction 10* sesuai dengan kriteria. Tekanan maksimum terjadi saat kebutuhan air minimum yaitu pukul 00.00 sebesar 60 mH₂O < 80 mH₂O. Tekanan minimum pada jam puncak pukul 07.00 sebesar 53 mH₂O.
- Debit *Junction 10* pukul 00:00 sampai pukul 24:00 memenuhi syarat $Q \neq 0$
- Analisa hasil simulasi interval 1 jam P-11, P-15, P-16 memiliki nilai $Q \neq 0$ memenuhi syarat kontinuitas, tetapi nilai kecepatan $V < 0,3$ m/s tidak memenuhi syarat kecepatan minimum.



Gambar 4.6. Titik Kritis Pipa Jaringan *Junction 10* , Pipa P-11, P-15, P-16
(Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)

Untuk melakukan kalibrasi simulasi hidrolika dapat digunakan perhitungan sederhana berikut.

Data Pipa-11 hasil *Running WaterCAD v.8 XM Edition* (Pukul 06.00 WIB)

- Panjang pipa : 433.65 m
- Diameter : 150 mm = 0,15 m
- Material : PVC
- Koef. Hazen W : 140
- Debit : 0,891 liter/det = $0,891 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$
- Kecepatan : 0,05 m/det
- *Headloss gradient* : 0.000028 m/m

Rumus Hazen-Williams

$$V = 0,85 \cdot C_{hw} \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54}$$

Sehingga didapatkan :

- $$R = \frac{A}{P} = \frac{1/4 \pi D^2}{\pi D}$$

$$= \frac{1/4 \pi \cdot 0,15^2}{\pi \cdot 0,15} = 0,0375 \text{ m}$$

- $$S = \frac{hf}{L}$$

$$= 0.000028 \times 433.65$$

$$hf = 0,0121 \text{ m}$$

- $$V = 0,85 \cdot C_{hw} \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54}$$

$$= 0,85 \cdot 140 \cdot 0,0375^{0,63} \cdot 0,000028^{0,54}$$

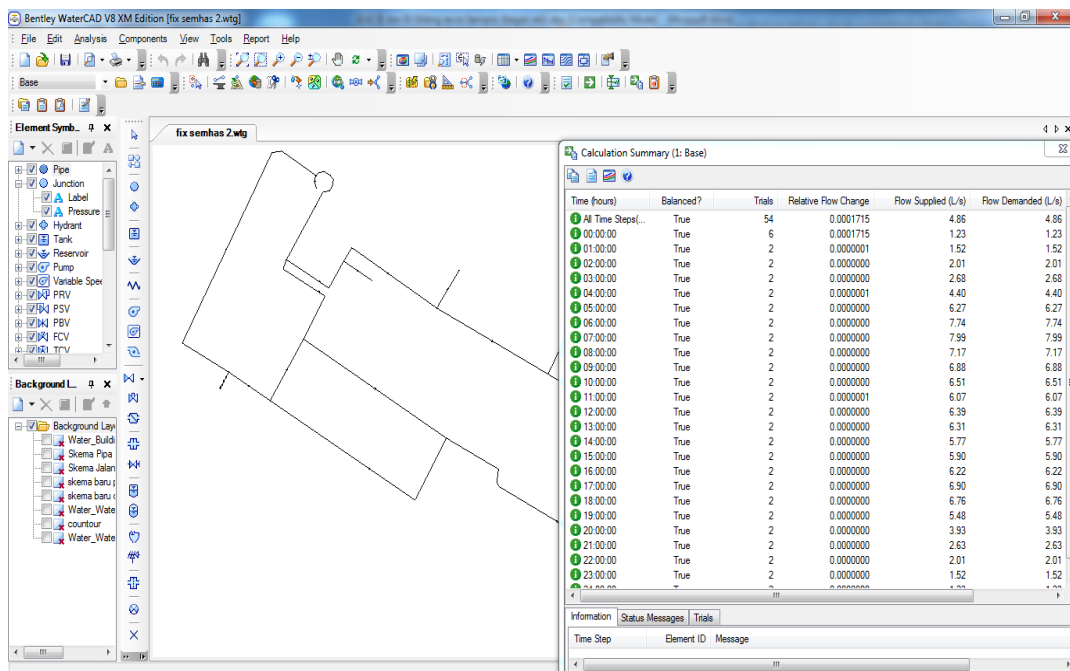
$$= 0,052 \text{ m/det}$$
- $$Q = V \cdot A$$

$$= 0,052 \cdot 0,018$$

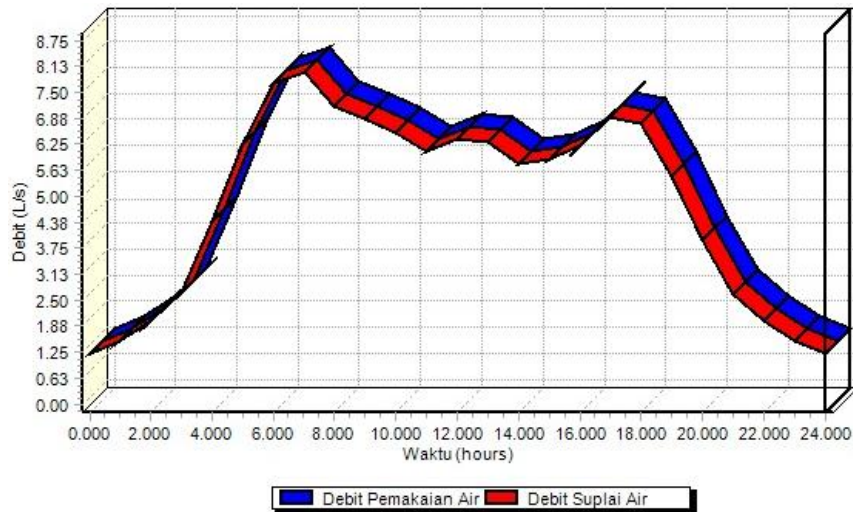
$$= 0,92 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$$

Dari hasil perhitungan sederhana tersebut dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang berarti (hampir sama), disimpulkan hasil simulasi telah sesuai.

4.2.3. Hasil Simulasi Dan Evaluasi Jaringan Pipa Rekomendasi Dengan Program *WaterCAD*



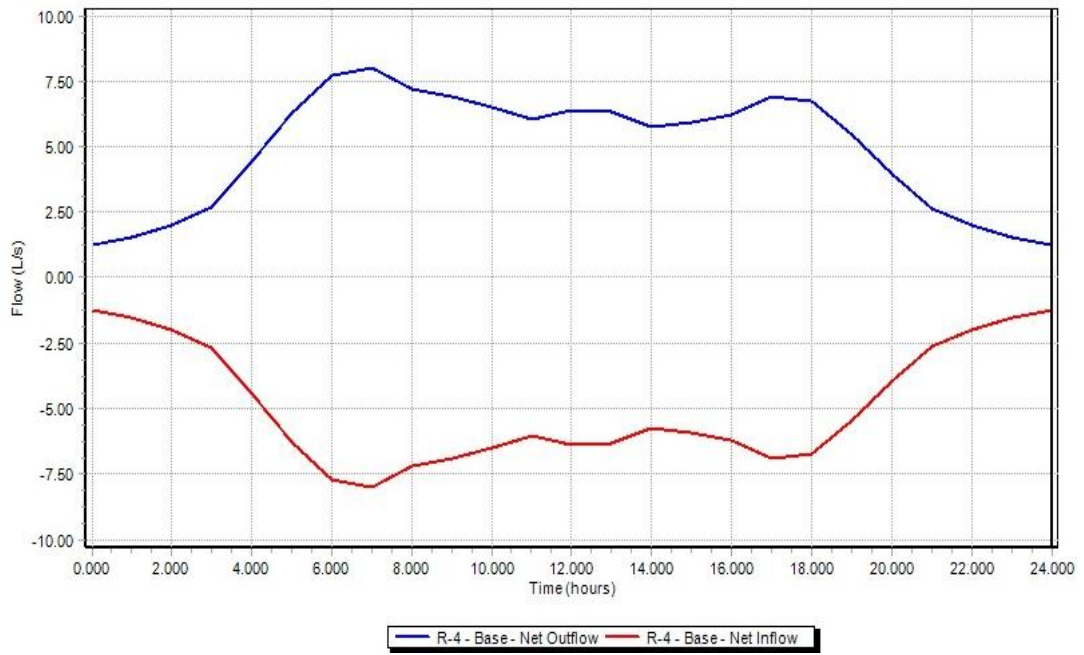
Gambar 4.7. Hasil *Running* Skema Jaringan Pipa Rekomendasi (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)



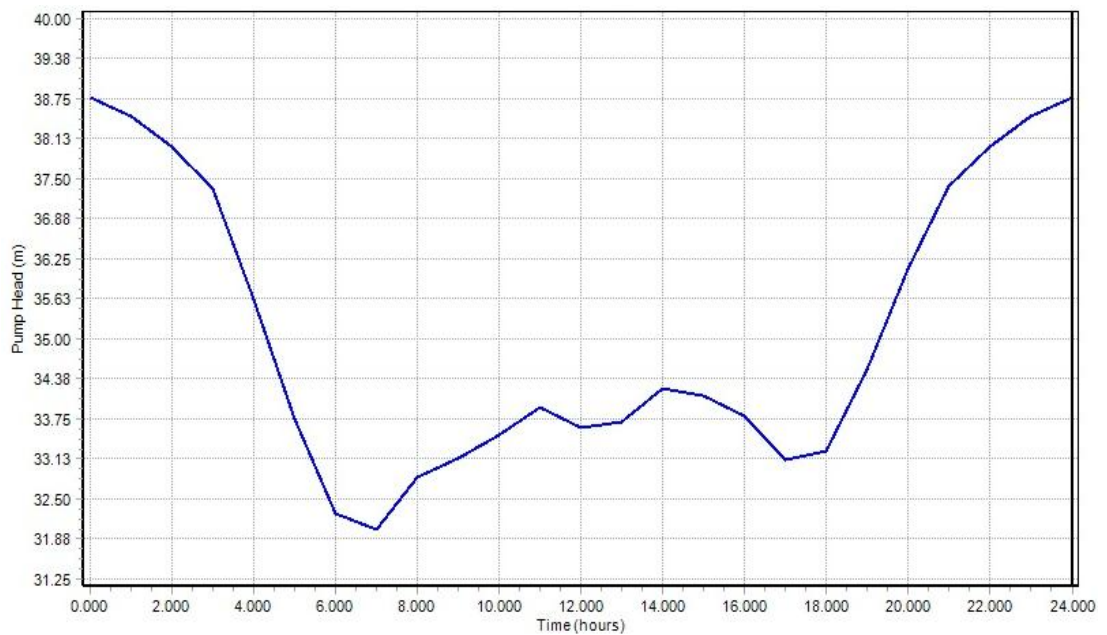
Gambar 4.8. Grafik Suplai Air dan Pemakaian Air Rekomendasi (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)

Tabel 4.13. Tabel Suplai Air dan Pemakaian Air Rekomendasi

Time (hours)	Balanced?	Flow Supplied (L/s)	Flow Demanded (L/s)
All Time Steps(24)	TRUE	4.86	4.86
0.000	TRUE	1.23	1.23
1.000	TRUE	1.52	1.52
2.000	TRUE	2.01	2.01
3.000	TRUE	2.68	2.68
4.000	TRUE	4.4	4.4
5.000	TRUE	6.27	6.27
6.000	TRUE	7.74	7.74
7.000	TRUE	7.99	7.99
8.000	TRUE	7.17	7.17
9.000	TRUE	6.88	6.88
10.000	TRUE	6.51	6.51
11.000	TRUE	6.07	6.07
12.000	TRUE	6.39	6.39
13.000	TRUE	6.31	6.31
14.000	TRUE	5.77	5.77
15.000	TRUE	5.9	5.9
16.000	TRUE	6.22	6.22
17.000	TRUE	6.9	6.9
18.000	TRUE	6.76	6.76
19.000	TRUE	5.48	5.48
20.000	TRUE	3.93	3.93
21.000	TRUE	2.63	2.63
22.000	TRUE	2.01	2.01
23.000	TRUE	1.52	1.52
24.000	TRUE	1.23	1.23



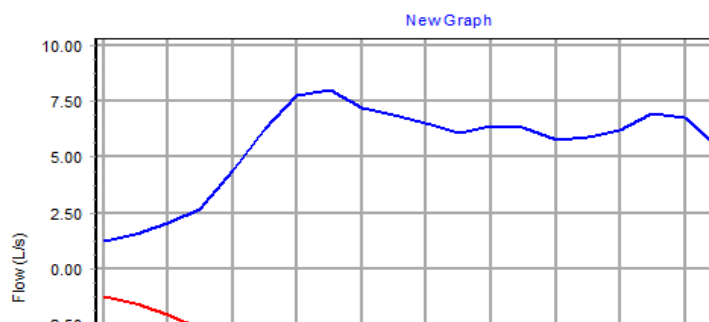
Gambar 4.9. Grafik Debit Reservoir Rekomendasi (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)



Gambar 4.10. Grafik Pump Head Rekomendasi (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)

Tabel 4.14. Tabel Reservoir Dan Pompa (Sumber :Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)

Time (hours)	Reservoir		Pompa
	Net Outflow (L/s)	Inflow (L/s)	Pump Head (m)
0	1.23	-1.23	38.77
1	1.52	-1.52	38.48
2	2.01	-2.01	37.99
3	2.68	-2.68	37.32
4	4.4	-4.4	35.6
5	6.27	-6.27	33.73
6	7.74	-7.74	32.26
7	7.99	-7.99	32.01
8	7.17	-7.17	32.83
9	6.88	-6.88	33.12
10	6.51	-6.51	33.49
11	6.07	-6.07	33.93
12	6.39	-6.39	33.61
13	6.31	-6.31	33.69
14	5.77	-5.77	34.23



Tabel 4.15. Hasil Simulasi Pipa Rekomendasi Jam 00:00 Dan Jam 07:00 (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Kontrol Q ≠ 0	Velocity (m/s)	Kontrol $0,3 \leq P \leq 4,5$	KETERANGAN
Pukul 00:00											
P-1	11.08	R-4	PMP-1	150	PVC	140	1.23	YA	0.07	TIDAK	PIPA BARU
P-2	14.68	PMP-1	J-1	150	PVC	140	1.23	YA	0.07	TIDAK	PIPA BARU
P-3	74.46	J-12	J-1	125	PVC	140	-0.63	YA	0.05	TIDAK	PIPA BARU
P-4	456.1	J-1	J-2	100	PVC	140	0.55	YA	0.07	TIDAK	PIPA BARU
P-5	168.71	J-2	J-4	100	PVC	140	0.51	YA	0.07	TIDAK	PIPA BARU
P-6	16.66	J-2	J-3	25	PVC	140	0.02	YA	0.05	TIDAK	PIPA BARU
P-7	98.9	J-12	J-13	25	PVC	140	0.05	YA	0.1	TIDAK	PIPA BARU
P-8	359.71	J-11	J-12	100	PVC	140	-0.42	YA	0.05	TIDAK	PIPA BARU
P-9	155.77	J-13	J-4	25	PVC	140	-0.02	YA	0.05	TIDAK	PIPA BARU
P-10	118.89	J-4	J-5	100	PVC	140	0.48	YA	0.06	TIDAK	PIPA BARU
P-11	433.65	J-10	J-11	50	PVC	140	-0.13	YA	0.06	TIDAK	PIPA BARU
P-12	258.28	J-13	J-11	25	PVC	140	-0.02	YA	0.05	TIDAK	PIPA BARU
P-13	51.49	J-5	J-6	25	PVC	140	0.03	YA	0.05	TIDAK	PIPA BARU
P-14	176.82	J-5	J-7	75	PVC	140	0.24	YA	0.06	TIDAK	PIPA BARU
P-15	158.89	J-10	J-9	25	PVC	140	0.05	YA	0.09	TIDAK	PIPA BARU
P-16	303.99	J-9	J-10	25	PVC	140	-0.03	YA	0.07	TIDAK	PIPA BARU
P-17	61.67	J-7	J-8	50	PVC	140	0.1	YA	0.05	TIDAK	PIPA BARU
P-18	193.29	J-7	J-9	25	PVC	140	0.05	YA	0.09	TIDAK	PIPA BARU
Pukul 07:00											
P-1	11.08	R-4	PMP-1	150	PVC	140	7.99	YA	0.45	YA	PIPA BARU
P-2	14.68	PMP-1	J-1	150	PVC	140	7.99	YA	0.45	YA	PIPA BARU
P-3	74.46	J-12	J-1	125	PVC	140	-4.07	YA	0.33	YA	PIPA BARU
P-4	456.1	J-1	J-2	100	PVC	140	3.56	YA	0.45	YA	PIPA BARU
P-5	168.71	J-2	J-4	100	PVC	140	3.32	YA	0.42	YA	PIPA BARU
P-6	16.66	J-2	J-3	25	PVC	140	0.15	YA	0.3	YA	PIPA BARU
P-7	98.9	J-12	J-13	25	PVC	140	0.31	YA	0.64	YA	PIPA BARU
P-8	359.71	J-11	J-12	100	PVC	140	-2.76	YA	0.35	YA	PIPA BARU
P-9	155.77	J-13	J-4	25	PVC	140	-0.15	YA	0.3	YA	PIPA BARU
P-10	118.89	J-4	J-5	100	PVC	140	3.12	YA	0.4	YA	PIPA BARU
P-11	433.65	J-10	J-11	50	PVC	140	-0.81	YA	0.41	YA	PIPA BARU
P-12	258.28	J-13	J-11	25	PVC	140	-0.16	YA	0.33	YA	PIPA BARU
P-13	51.49	J-5	J-6	25	PVC	140	0.16	YA	0.33	YA	PIPA BARU
P-14	176.82	J-5	J-7	75	PVC	140	1.58	YA	0.36	YA	PIPA BARU
P-15	158.89	J-10	J-9	25	PVC	140	0.3	YA	0.61	YA	PIPA BARU
P-16	303.99	J-9	J-10	25	PVC	140	-0.21	YA	0.43	YA	PIPA BARU
P-17	61.67	J-7	J-8	50	PVC	140	0.65	YA	0.33	YA	PIPA BARU
P-18	193.29	J-7	J-9	25	PVC	140	0.29	YA	0.6	YA	PIPA BARU

Hasil evaluasi jaringan rekomendasi yang dapat dilihat dari tabel pipa diatas dengan simulasi menggunakan program *waterCAD v 8mx*, sebagai berikut :

- Pada keterangan tabel “maksimum” adalah angka yang didapat pada kondisi jam puncak pemakaian air maksimum pukul 07:00 dan tabel “minimum” adalah kondisi jam rendah pemakaian air minimum pukul 00:00.
- Diameter pipa rekomendasi lebih kecil diameter pipa kondisi eksisting kecuali pada P-1 dan P-2 yang terhubung pada reservoir dan pompa memiliki diameter pipa rekomendasi lebih besar dari pipa eksisting.
- Angka debit ditunjukkan tabel *flow* pada jaringan pipa rekomendasi $Q \neq 0$ l/s menunjukkan pada masing-masing pipa terdapat aliran air.
- Kecepatan ditunjukkan pada tabel *Velocity*, pada ”tabel Velocity minimum” menunjukkan angka ” $0 \text{ m/s} < V < 0,3 \text{ m/s}$ ” hal ini dipengaruhi oleh beban pelanggan yang kecil pada jam 00:00, pada ”tabel Velocity maksimum” menunjukkan angka ” $0,3 \text{ m/s} \leq V < 4,5 \text{ m/s}$ ” hal ini dipengaruhi oleh beban pelanggan yang besar pada jam 07:00.
- Melihat dari hasil tabel simulasi jaringan pipa rekomendasi pada kondisi jam puncak yaitu pukul 07:00 dan menganalisa sesuai syarat kontinuitas $Q \neq 0$ l/s , $0,3 \text{ m/s} \leq V \leq 4,5 \text{ m/s}$, sehingga dapat disimpulkan jaringan pipa rekomendasi memenuhi syarat kontinuitas.
- Pada titik kritis P-11, P-15, P-16 menunjukkan angka kecepatan”tabel velocity” pada jam puncak pukul 07:00 yang masing-masing $V \geq 0,3$ l/s, sehingga dapat disimpulkan pada titik kritis telah memenuhi syarat kontinuitas kecepatan.

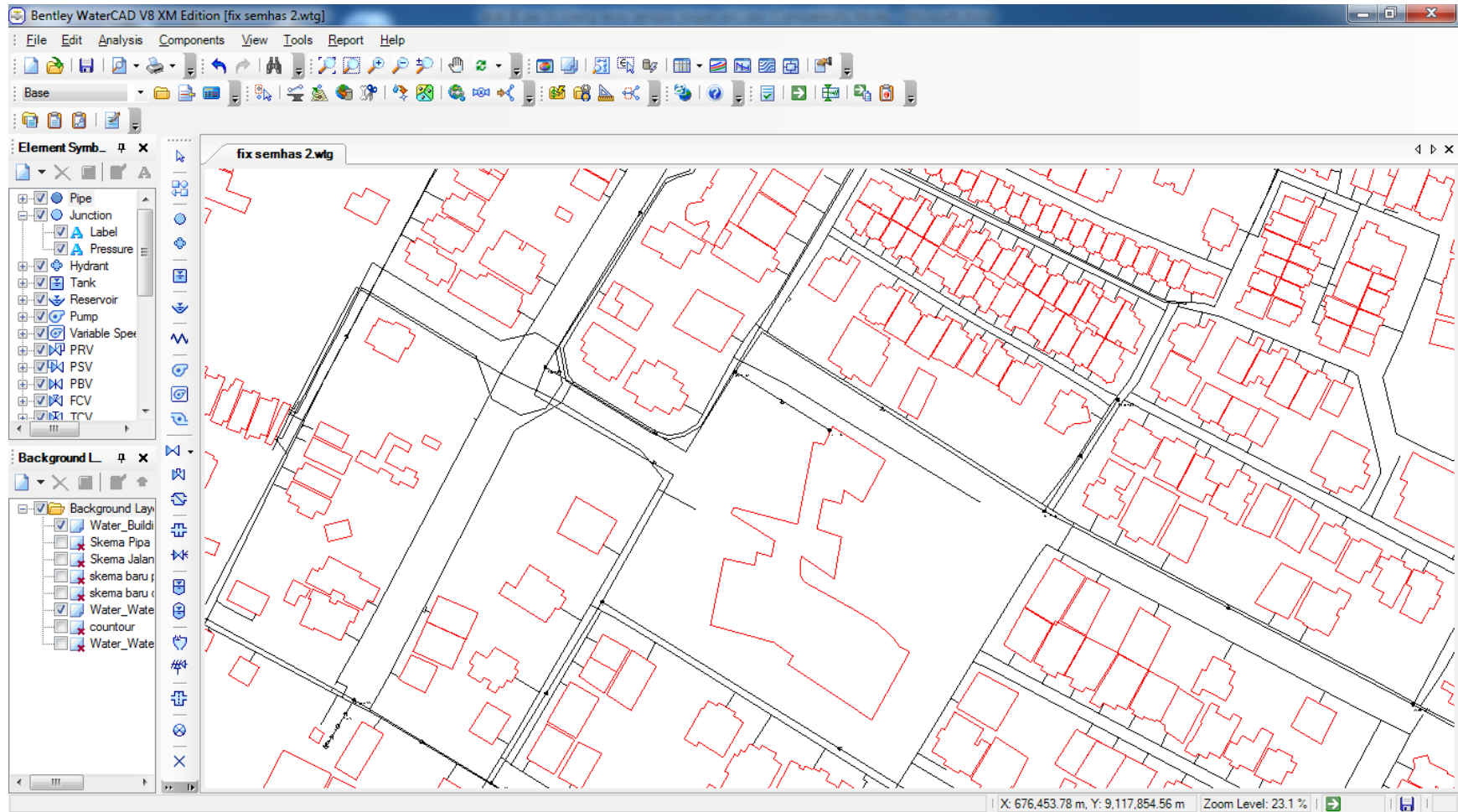
Tabel 4.16. Hasil Simulasi Titik Simpul Rekomendasi Jam 00:00 Dan Jam 07:00

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Kontrol $Q \neq 0$	Pressure (m H ₂ O)	Kontrol $5 \leq P \leq 80$
Pukul 00:00					
J-1	482.96	0.05	YA	40	YA
J-2	479.95	0.01	YA	43	YA
J-3	479.95	0.02	YA	43	YA
J-4	479.33	0.01	YA	43	YA
J-5	477.8	0.21	YA	45	YA
J-6	473.92	0.03	YA	49	YA
J-7	473.14	0.1	YA	49	YA
J-8	473.02	0.1	YA	49	YA
J-9	466.19	0.12	YA	56	YA
J-10	462.26	0.05	YA	60	YA
J-11	471.47	0.27	YA	51	YA
J-12	480.61	0.15	YA	42	YA
J-13	478.83	0.1	YA	44	YA
Pukul 07:00					
J-1	482.96	0.36	YA	33	YA
J-2	479.95	0.09	YA	35	YA
J-3	479.95	0.15	YA	35	YA
J-4	479.33	0.06	YA	35	YA
J-5	477.8	1.37	YA	36	YA
J-6	473.92	0.16	YA	40	YA
J-7	473.14	0.64	YA	41	YA
J-8	473.02	0.65	YA	41	YA
J-9	466.19	0.81	YA	44	YA
J-10	462.26	0.3	YA	51	YA
J-11	471.47	1.79	YA	44	YA
J-12	480.61	1	YA	35	YA
J-13	478.83	0.62	YA	35	YA

Hasil evaluasi jaringan rekomendasi yang dapat dilihat dari tabel titik simpul (*Junction*) diatas dengan simulasi menggunakan program *waterCAD v 8mx*, sebagai berikut :

- Pada keterangan tabel pukul 07:00 adalah angka yang didapat pada kondisi jam puncak pemakaian air maksimum dan tabel pukul 00:00 adalah kondisi jam rendah pemakaian air minimum

- Debit aliran pada tabel demand tidak ada yang menunjukkan angka = 0, sehingga dapat disimpulkan bahwa air masih mengalir di setiap pelanggan.
- Tekanan pada tabel *pressure* pada kondisi jam puncak dimana pemakaian air maksimum pukul 07:00 berbanding terbalik dengan tekanan pada jam rendah pukul 00:00 pemakaian air minimum.
- Tekanan minimum 33 mH₂O, sehingga dapat disimpulkan pada jaringan pipa memenuhi syarat tekanan minimum ≥ 5 mH₂O, tekanan maksimum 60 mH₂O, sehingga dapat disimpulkan pada jaringan pipa memenuhi syarat tekanan maksimum ≤ 80 mH₂O.
- Rekomendasi pada titik simpul J-6 mengganti beban demand yang awalnya hanya 30 m³/detik = 0,01 l/s naik menjadi 0,1 l/s. Hal ini dilakukan karena berdasarkan analisa pipa distribusi utama hanya melayani 1 demand, setelah ditinjau pada titik simpul J-6 adalah sarana fasilitas perumahan "Guest House Istana Dieng" yang beban demand nya melebihi rumah pribadi. Perubahan demand terlihat dari "tabel demand" J-6 eksisting dengan J-6 rekomendasi dan dapat ditinjau dari denah pada gambar 4.10.
- Pada titik kritis J-10 menunjukkan angka tekanan "tabel pressure" pada jam puncak pukul 07:00 yang masing-masing $P \geq 5$ mH₂O, sehingga dapat disimpulkan pada titik kritis telah memenuhi syarat kontinuitas tekanan.



Gambar 4.11. Denah Jaringan Pipa (Sumber : Program *WaterCAD v.8 MX Edition*)

4.3.Rencana Anggaran Biaya Pengadaan Rehabilitasi Jaringan Pipa

Distribusi Utama PDAM Layanan Istana Dieng

Dalam studi ini juga membahas tentang rencana anggaran biaya untuk melaksanakan rehabilitasi jaringan distribusi air bersih Di Kecamatan Pisang Candi Kota Malang. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya biaya yang di keluarkan. Daftar harga satuan pipa mengacu pada PDAM Kota Malang, sedangkan harga satuan pekerja mengacu pada analisa harga satuan yang dikeluarkan oleh Kementrian Pekerjaan Umum. Berikut perhitungan untuk rencana anggaran biaya.

Tabel 4.17. Ukuran Pipa Dan Harga Pipa 4 meter (Sumber : Hasil Perhitungan)

No	Nama Pipa	Panjang (m)	Diameter (mm)	Jumlah Pipa	Harga	
					Per Batang	Total
1	P-1	11.08	150	3	395,000.00	1,094,150.00
2	P-2	14.68	150	4	395,000.00	1,449,650.00
3	P-3	74.46	125	19	283,500.00	5,277,352.50
4	P-4	456.1	100	114	163,000.00	18,586,075.00
5	P-5	168.71	100	42	163,000.00	6,874,932.50
6	P-6	16.66	25	4	25,000.00	104,125.00
7	P-7	98.9	25	25	25,000.00	618,125.00
8	P-8	359.71	100	90	163,000.00	14,658,182.50
9	P-9	155.77	25	39	25,000.00	973,562.50
10	P-10	118.89	100	30	163,000.00	4,844,767.50
11	P-11	433.65	50	108	50,000.00	5,420,625.00
12	P-12	258.28	25	65	25,000.00	1,614,250.00
13	P-13	51.49	25	13	25,000.00	321,812.50
14	P-14	176.82	75	44	97,500.00	4,309,987.50
15	P-15	158.89	25	40	25,000.00	993,062.50
16	P-16	303.99	25	76	25,000.00	1,899,937.50
17	P-17	61.67	50	15	50,000.00	770,875.00
18	P-18	193.29	25	48	25,000.00	1,208,062.50
Jumlah		3113.04		778		71,019,535.00

Keterangan:

1. Jumlah pipa didapat dari panjang pipa dibagi 4 m
2. Harga pipa belum termasuk PPN 100 %

Tabel 4.18. Harga Pipa Berdasarkan Diameter Pipa (Sumber : Hasil Perhitungan)

No	Uraian Kegiatan	Volume	Harga	
			Satuan	Total
1	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 150 mm	7 bh	395,000.00	2,765,000.00
2	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 125 mm	19 bh	283,500.00	5,277,352.50
3	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 100 mm	276 bh	163,000.00	44,963,957.50
4	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 75 mm	44 bh	97,500.00	4,309,987.50
5	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 50 mm	124 bh	50,000.00	6,191,500.00
6	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 25 mm	309 bh	25,000.00	7,732,937.50
Jumlah				71,240,735.00

Tabel 4.19. Harga Satuan Sambungan Pipa (Sumber : Hasil Perhitungan)

No	Nama Barang		Diameter (mm)	Jumlah Pipa	Jumlah Valve	Harga	
						Per Batang	Total
1	Sambungan	Lurus Tee	150	7	6	81,620.00	489,720.00
				-	1	161,520.00	161,520.00
2	Sambungan	Lurus Socket	125 150 - 125	19	18	63,420.00	1,117,143.30
				-	2	37,315.00	74,630.00
3	Sambungan	Lurus	100	276	275	38,730.00	10,645,037.33
		Elbow 45°		-	8	20,250.00	162,000.00
		Elbow 90°		-	2	53,000.00	106,000.00
		Tee		-	4	64,110.00	256,440.00
		Socket		-	3	19,920.00	59,760.00
4	Sambungan	Socket	75 100 - 75 75 - 50	-	1	29,275.00	29,275.00
		Lurus		44	43	19,540.00	844,225.70
		Elbow 90°		-	1	25,875.00	25,875.00
		Socket		-	1	10,500.00	10,500.00
5	Sambungan	Tee	50	-	1	24,610.00	24,610.00
		Lurus		124	123	8,015.00	984,482.45
		Elbow 45°		-	4	4,025.00	16,100.00
		Socket		-	1	5,245.00	5,245.00
		Socket		-	3	9,005.00	27,015.00
6	Sambungan	Socket	25 75 - 25	-	3	3,335.00	10,005.00
		Lurus		309	308	2,060.00	635,134.05
		Elbow 45°		-	1	1,705.00	1,705.00
		Elbow 90°		-	4	2,615.00	10,460.00
		Socket		-	1	4885	4,885.00
	-	3	3880	11,640.00			
Jumlah						694,455.00	15,713,407.83

Tabel 4.20. Harga Sambungan Pipa Per-Diameter (Sumber : Hasil Perhitungan)

No	Uraian Kegiatan	Volume	Harga
1	Sambungan Ø 150 mm	7 bh	651,240.00
2	Sambungan Ø 125 mm	20 bh	1,191,773.30
3	Sambungan Ø 100 mm	293 bh	11,258,512.33
4	Sambungan Ø 75 mm	46 bh	905,210.70
5	Sambungan Ø 50 mm	134 bh	1,042,847.45
6	Sambungan Ø 25 mm	317 bh	663,824.05
		Jumlah	15,713,407.83

Tabel 4.21. Galian tanah keras sedalam 1 m (Sumber : Hasil Perhitungan)

JENIS PEKERJAAN : Galian tanah keras sedalam 1 m
 SATUAN PEMBAYARAN : m³

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	GALIAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0.625	52,000.00	32,500.00
2	Mandor Lapangan	Oh	0.063	75,000.00	4,687.50
				Jumlah	37,187.50
				Dibulatkan	37,200.00

Tabel 4.22. Urugan Tanah Kembali & Pemadatan (Sumber : Hasil Perhitungan)

JENIS PEKERJAAN : Urugan Tanah Kembali & Pemadatan /m³
 SATUAN PEMBAYARAN : m³

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	URUGAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0.192	52,000.00	9,984.00
2	Mandor Lapangan	Oh	0.019	75,000.00	1,425.00
3	Tanah Urug	m ³	1.200	60,000.00	72,000.00
				Jumlah	83,409.00
B	PEMADATAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0.500	52,500.00	26,250.00
2	Mandor Lapangan	Oh	0.050	75,000.00	3,750.00
3	Alat Pemadat	jam	0.200	495,000.00	99,000.00
				Jumlah	129,000.00
				Total	212,409.00
				Dibulatkan	212,400.00

Tabel 4.23. Pemasangan paving /m² (Sumber : Hasil Perhitungan)

JENIS PEKERJAAN : Pemasangan paving /m²
 SATUAN PEMBAYARAN : m²

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PAVING				
1	Pekerja	Oh	0.625	52,000.00	32,500.00
2	Mandor Lapangan	Oh	0.063	75,000.00	4,687.50
3	Pasir merah	:m ²	0.500	80,000.00	40,000.00
				Jumlah	77,187.50
A	PEMADATAN PAVING				
1	Pekerja	Oh	0.500	52,500.00	26,250.00
2	Mandor Lapangan	Oh	0.050	75,000.00	3,750.00
3	Alat Pematat	jam	0.200	495,000.00	99,000.00
				Jumlah	129,000.00
				Total	206,187.50
				Dibulatkan	206,200.00

Tabel 4.24. Pemasangan Pipa PVC Ø 25 mm (Sumber : Hasil Perhitungan)

JENIS PEKERJAAN : Pemasangan Pipa PVC Ø 25 mm
 SATUAN PEMBAYARAN : Unit

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0.405	52,000.00	21,060.00
2	Tukang Pipa	Oh	0.675	60,000.00	40,500.00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0.068	75,000.00	5,100.00
4	Mandor	Oh	0.021	75,000.00	1,575.00
				Jumlah	68,235.00
B	BAHAN				
1	PVC Ø 1" Tipe AW	m	1.200	25,000.00	30,000.00
				Jumlah	30,000.00
				Total	98,235.00
				Dibulatkan	98,200.00

Tabel 4.25. Pemasangan Pipa PVC Ø 50 mm (Sumber : Hasil Perhitungan)

JENIS PEKERJAAN : Pemasangan Pipa PVC Ø 50 mm
 SATUAN PEMBAYARAN : Unit

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0.405	52,000.00	21,060.00
2	Tukang Pipa	Oh	0.675	60,000.00	40,500.00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0.068	75,000.00	5,100.00
4	Mandor	Oh	0.021	75,000.00	1,575.00
				Jumlah	68,235.00
B	BAHAN				
1	PVC Ø 2" Tipe AW	m	1.200	50,000.00	60,000.00
				Jumlah	60,000.00
				Total	128,235.00
				Dibulatkan	128,200.00

Tabel 4.26. Pemasangan Pipa PVC Ø 75 mm (Sumber : Hasil Perhitungan)

JENIS PEKERJAAN : Pemasangan Pipa PVC Ø 75 mm
 SATUAN PEMBAYARAN : Unit

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0.405	52,000.00	21,060.00
2	Tukang Pipa	Oh	0.675	60,000.00	40,500.00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0.068	75,000.00	5,100.00
4	Mandor	Oh	0.021	75,000.00	1,575.00
				Jumlah	68,235.00
B	BAHAN				
1	PVC Ø 3" Tipe AW	m	1.200	97,500.00	117,000.00
				Jumlah	117,000.00
				Total	185,235.00
				Dibulatkan	185,200.00

Tabel 4.27. Pemasangan Pipa PVC Ø 100 mm (Sumber : Hasil Perhitungan)

JENIS PEKERJAAN : Pemasangan Pipa PVC Ø 100 mm
 SATUAN PEMBAYARAN : Unit

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0.405	52,000.00	21,060.00
2	Tukang Pipa	Oh	0.675	60,000.00	40,500.00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0.068	75,000.00	5,100.00
4	Mandor	Oh	0.021	75,000.00	1,575.00
				Jumlah	68,235.00
B	BAHAN				
1	PVC Ø 4" Tipe AW	m	1.200	163,000.00	195,600.00
				Jumlah	195,600.00
				Total	263,835.00
				Dibulatkan	263,800.00

Tabel 4.28. Pemasangan Pipa PVC Ø 125 mm (Sumber : Hasil Perhitungan)

JENIS PEKERJAAN : Pemasangan Pipa PVC Ø 125 mm
 SATUAN PEMBAYARAN : Unit

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0.567	52,000.00	29,484.00
2	Tukang Pipa	Oh	0.945	60,000.00	56,700.00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0.095	75,000.00	7,125.00
4	Mandor	Oh	0.029	75,000.00	2,175.00
				Jumlah	95,484.00
B	BAHAN				
1	PVC Ø 5" Tipe AW	m	1.200	283,500.00	340,200.00
				Jumlah	340,200.00
				Total	435,684.00
				Dibulatkan	435,700.00

Tabel 4.29. Pemasangan Pipa PVC Ø 150 mm (Sumber : Hasil Perhitungan)

JENIS PEKERJAAN : Pemasangan Pipa PVC Ø 150 mm
 SATUAN PEMBAYARAN : Unit

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
	1 Pekerja Biasa	Oh	0.729	52,000.00	37,908.00
	2 Tukang Pipa	Oh	1.215	60,000.00	72,900.00
	3 Kepala Tukang Pipa	Oh	0.122	75,000.00	9,135.00
	4 Mandor	Oh	0.037	75,000.00	2,767.50
				Jumlah	122,710.50
B	BAHAN				
	1 PVC Ø 6" Tipe AW	m	1.200	395,000.00	474,000.00
				Jumlah	474,000.00
				Total	596,710.50
				Dibulatkan	596,700.00

Tabel 4.30. Rincian Rencana Anggaran Biaya (Sumber : Hasil Perhitungan)

No	Uraian Kegiatan	Volume		Harga	
				Satuan	Total
I	Pekerjaan Galian Tanah				
	1 Galian Tanah Keras	3113.04	m3	37,200.00	115,805,088.00
				Jumlah	115,805,088.00
II	Pekerjaan Urugan Tanah & Pematatan				
	1 Urugan Tanah Kembali	3113.04	m3	83,409.00	259,655,553.36
	2 Pematatan Tanah Urug	3113.04	m3	129,000.00	401,582,160.00
				Jumlah	661,237,713.36
III	Pekerjaan Pemasangan Paving				
	1 Pemasangan Paving	3113.04	m3	77,187.50	80,300.54
	2 Pematatan Paving	3113.04	m3	129,000.00	401,582,160.00
				Jumlah	401,662,460.54
IV	Sambungan Pipa				
	1 Sambungan Ø 150 mm	7	bh	-	651,240.00
	2 Sambungan Ø 125 mm	20	bh	-	1,191,773.30
	3 Sambungan Ø 100 mm	293	bh	-	11,258,512.33
	4 Sambungan Ø 75 mm	46	bh	-	905,210.70
	5 Sambungan Ø 50 mm	134	bh	-	1,042,847.45
	6 Sambungan Ø 25 mm	317	bh	-	663,824.05
				Jumlah	15,713,407.83
V	Pemasangan Pipa				
	1 Pemasangan Pipa PVC AW Ø 150 mm	7	bh	596,700.00	4,176,900.00
	2 Pemasangan Pipa PVC AW Ø 125 mm	19	bh	435,700.00	8,110,555.50
	3 Pemasangan Pipa PVC AW Ø 100 mm	276	bh	263,800.00	72,769,889.50
	4 Pemasangan Pipa PVC AW Ø 75 mm	44	bh	185,200.00	8,186,766.00
	5 Pemasangan Pipa PVC AW Ø 50 mm	124	bh	128,200.00	15,875,006.00
	6 Pemasangan Pipa PVC AW Ø 25 mm	309	bh	98,200.00	30,374,978.50
				Jumlah	139,494,095.50

Total biaya yang diperlukan untuk melakukan rehabilitasi dan pengembangan jaringan distribusi air bersih pada Kecamatan Pisang Candi kota Malang. Berikut perhitungannya.

Tabel 4.31. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (Sumber : Hasil Perhitungan)

No	Uraian Kegiatan	Jumlah Harga
I	Pekerjaan Galian Tanah	115,805,088.00
II	Pekerjaan Urugan Tanah & Pematatan	661,237,713.36
III	Pekerjaan Pemasangan Paving	401,662,460.54
IV	Sambungan Pipa	15,713,407.83
V	Pemasangan Pipa	139,494,095.50
	Jumlah	1,333,912,765.23
	PPN 10%	133,391,276.52
	Jumlah + PPN 10%	1,467,304,041.75
	Dibulatkan	1,467,304,000.00
Terbilang : Satu Milyar Empat Ratus Enam Puluh Tujuh Juta Tiga Ratus Empat Ribu Rupiah		

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan memakai asumsi PDAM kota Malang, pemakaian air maksimum pelanggan pada jam puncak $30 \text{ m}^3/\text{bulan}/\text{rumah}$, diketahui jumlah pelanggan pada Zona layanan Istana Dieng I sebanyak 428 SR, maka disimpulkan total konsumsi air maksimum pelanggan sebanyak $18.330 \text{ m}^3/\text{bulan} = 7 \text{ lt}/\text{dt}$, Debit reservoir Istana Dieng diketahui $14,89 \text{ lt}/\text{dt}$, dapat disimpulkan bahwa suplai air Istana Dieng sangat mencukupi dari jumlah pelanggan.
2. Hasil analisa jaringan perpipaan yang dilakukan dengan program *waterCAD v.8 XM Edition* sebagai berikut:
 - Debit minimum pada pukul 00:00 $0,003 \text{ lt}/\text{dt}$ dan debit minimum pada titik kritis P-11 = $0,13 \text{ lt}/\text{dt}$, P-15 = $0,05 \text{ lt}/\text{dt}$, P-16 $0,03$
 - Pressure pada jam puncak pukul 07.00 WIB berkisar antara $33 \text{ mH}_2\text{O} - 37 \text{ mH}_2\text{O}$. Velocity atau kecepatan pada pukul 07.00 WIB $0,003 - 1,54 \text{ m}/\text{detik}$

hasil evaluasi menunjukkan bahwa permasalahan di jaringan pipa distribusi utama Zona Istana Dieng pada kecepatan $< 0,3$ m/dt, disebabkan *over* spesifikasi jaringan pipa yang diameter pipa distribusi terlalu besar, sedangkan jumlah pelanggan sedikit yang dimungkinkan karena pada zona layanan ini berada pada kawasan elite yang luas rumahnya sangat besar sehingga pertumbuhan penduduknya lambat.

3. Karena permasalahan utama pada kecepatan dan berdasarkan evaluasi pada poin 1, poin 2 dan dikarenakan pada zona layanan Istana Dieng 1 tidak dimungkinkan penambahan jumlah pelanggan yang besar maka rekomendasinya adalah pengecilan diameter pipa untuk mendapatkan kecepatan memenuhi kriteria $0,3 \text{ m/dt} \leq V \leq 4,5 \text{ m/dt}$. Rekomendasi ini juga dimaksudkan untuk menambah masa aktif reservoir, yang mana pada saat ini debit air tanah makin sedikit dan sumber air semakin langka. Berikut ini daftar pipa yang direncanakan untuk pergantian beserta rekomendasi diameter pada pipa

Tabel 5.1. Tabel Pipa Rekomendasi

Label	Diameter (mm)	Material	Velocity (pkl 07:00) (m/s)	Kontrol $0,3 \leq P \leq 4,5$
P-1	150	PVC	0.33	YA
P-2	150	PVC	0.33	YA
P-3	150	PVC	0.33	YA
P-4	100	PVC	0.45	YA
P-5	100	PVC	0.42	YA
P-6	25	PVC	0.3	YA
P-7	25	PVC	0.64	YA
P-8	100	PVC	0.35	YA
P-9	25	PVC	0.3	YA
P-10	100	PVC	0.4	YA
P-11	50	PVC	0.41	YA
P-12	25	PVC	0.33	YA
P-13	25	PVC	0.33	YA
P-14	75	PVC	0.36	YA
P-15	25	PVC	0.61	YA
P-16	25	PVC	0.43	YA
P-17	50	PVC	0.33	YA
P-18	25	PVC	0.6	YA

4. Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk rekomendasi jaringan distribusi air bersih zona layanan secara keseluruhan membutuhkan biaya sebesar Rp. 1.467.394.000,00 (Satu Miliar Empat Ratus Enam Puluh Tujuh Juta Tiga Ratus Empat Ribu Rupiah).
5. Untuk efisiensi dan efektivitas keadaan debit suplai eksisting yang sangat besar dibandingkan total konsumsi pelanggan zona layanan Istana Dieng I maka debit suplai sisa dapat di alihkan ke zona layanan Istana Dieng II dan zona layanan Istana Dieng III.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang baik dalam suatu perencanaan sistem jaringan pipa, maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Ketersediaan data yang ada sangat membantu dalam perencanaan sistem distribusi jaringan pipa.
2. Adanya kerjasama antara pihak yang bertanggung jawab serta penduduk sekitar untuk menjaga kelestarian sumber air dan fasilitas yang ada untuk menjaga kontinuitas dan kualitas mata air tersebut.
3. Sejalan dengan semakin pesatnya perkembangan penduduk di Kota Malang, khususnya PDAM Kota Malang secepatnya agar mencari alternatif sumber-sumber air baru.
4. Jika biaya explorasi reservoir baru lebih mahal dari anggaran biaya penggantian diameter pipa baru pada laporan ini, dapat menggunakan rekomendasi dari laporan skripsi ini untuk memperkecil diameter pipa pada zona layanan Istana Dieng 1.
5. Untuk efisiensi dan efektivitas keadaan debit suplai eksisting yang sangat besar dibandingkan total konsumsi pelanggan zona layanan Istana Dieng I maka debit suplai sisa dapat dialihkan ke zona layanan Istana Dieng II dan zona layanan Istana Dieng III.

Current Time: 0.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.05	40
17991	J-2	479.95	0.01	43
17993	J-3	479.95	0.02	43
17995	J-4	479.33	0.01	43
17997	J-5	477.8	0.21	45
17999	J-6	473.92	0.03	49
18001	J-7	473.14	0.1	49
18003	J-8	473.02	0.1	49
18005	J-9	466.19	0.12	56
18007	J-10	462.26	0.05	60
18019	J-11	471.47	0.27	51
18021	J-12	480.61	0.15	42
18023	J-13	478.83	0.1	44

Current Time: 2.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.09	39
17991	J-2	479.95	0.02	42
17993	J-3	479.95	0.04	42
17995	J-4	479.33	0.01	42
17997	J-5	477.8	0.35	44
17999	J-6	473.92	0.04	48
18001	J-7	473.14	0.16	48
18003	J-8	473.02	0.16	49
18005	J-9	466.19	0.2	55
18007	J-10	462.26	0.08	59
18019	J-11	471.47	0.45	50
18021	J-12	480.61	0.25	41
18023	J-13	478.83	0.16	43

Current Time: 3.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.12	38
17991	J-2	479.95	0.03	41
17993	J-3	479.95	0.05	41
17995	J-4	479.33	0.02	42
17997	J-5	477.8	0.46	43
17999	J-6	473.92	0.05	47
18001	J-7	473.14	0.21	48
18003	J-8	473.02	0.22	48
18005	J-9	466.19	0.27	54
18007	J-10	462.26	0.1	58
18019	J-11	471.47	0.6	50
18021	J-12	480.61	0.33	41
18023	J-13	478.83	0.21	42

Current Time: 4.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.2	36
17991	J-2	479.95	0.05	39
17993	J-3	479.95	0.08	39
17995	J-4	479.33	0.03	40
17997	J-5	477.8	0.76	41
17999	J-6	473.92	0.09	45
18001	J-7	473.14	0.35	46
18003	J-8	473.02	0.36	46
18005	J-9	466.19	0.44	51
18007	J-10	462.26	0.17	56
18019	J-11	471.47	0.98	48
18021	J-12	480.61	0.55	39
18023	J-13	478.83	0.34	40

Current Time: 5.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.28	35
17991	J-2	479.95	0.07	37
17993	J-3	479.95	0.11	37
17995	J-4	479.33	0.04	37
17997	J-5	477.8	1.08	39
17999	J-6	473.92	0.13	42
18001	J-7	473.14	0.5	43
18003	J-8	473.02	0.51	43
18005	J-9	466.19	0.63	47
18007	J-10	462.26	0.24	54
18019	J-11	471.47	1.4	46
18021	J-12	480.61	0.78	37
18023	J-13	478.83	0.48	37

Current Time: 6.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.35	33
17991	J-2	479.95	0.09	35
17993	J-3	479.95	0.14	35
17995	J-4	479.33	0.06	35
17997	J-5	477.8	1.33	37
17999	J-6	473.92	0.16	40
18001	J-7	473.14	0.62	41
18003	J-8	473.02	0.63	41
18005	J-9	466.19	0.78	44
18007	J-10	462.26	0.29	51
18019	J-11	471.47	1.73	44
18021	J-12	480.61	0.97	35
18023	J-13	478.83	0.6	35

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.36	33
17991	J-2	479.95	0.09	35
17993	J-3	479.95	0.15	35
17995	J-4	479.33	0.06	35
17997	J-5	477.8	1.37	36
17999	J-6	473.92	0.16	40
18001	J-7	473.14	0.64	41
18003	J-8	473.02	0.65	40
18005	J-9	466.19	0.81	44
18007	J-10	462.26	0.3	51
18019	J-11	471.47	1.79	44
18021	J-12	480.61	1	35
18023	J-13	478.83	0.62	35

Current Time: 8.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.32	34
17991	J-2	479.95	0.08	36
17993	J-3	479.95	0.13	36
17995	J-4	479.33	0.05	36
17997	J-5	477.8	1.23	37
17999	J-6	473.92	0.15	41
18001	J-7	473.14	0.57	42
18003	J-8	473.02	0.58	42
18005	J-9	466.19	0.73	45
18007	J-10	462.26	0.27	52
18019	J-11	471.47	1.6	45
18021	J-12	480.61	0.89	36
18023	J-13	478.83	0.55	36

Current Time: 9.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.31	34
17991	J-2	479.95	0.08	36
17993	J-3	479.95	0.13	36
17995	J-4	479.33	0.05	36
17997	J-5	477.8	1.18	38
17999	J-6	473.92	0.14	41
18001	J-7	473.14	0.55	42
18003	J-8	473.02	0.56	42
18005	J-9	466.19	0.7	46
18007	J-10	462.26	0.26	53
18019	J-11	471.47	1.54	45
18021	J-12	480.61	0.86	36
18023	J-13	478.83	0.53	36

Current Time: 10.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.29	34
17991	J-2	479.95	0.08	37
17993	J-3	479.95	0.12	37
17995	J-4	479.33	0.05	37
17997	J-5	477.8	1.12	38
17999	J-6	473.92	0.13	42
18001	J-7	473.14	0.52	43
18003	J-8	473.02	0.53	43
18005	J-9	466.19	0.66	47
18007	J-10	462.26	0.25	53
18019	J-11	471.47	1.46	45
18021	J-12	480.61	0.81	37
18023	J-13	478.83	0.5	37

Current Time: 11.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.27	35
17991	J-2	479.95	0.07	37
17993	J-3	479.95	0.11	37
17995	J-4	479.33	0.04	38
17997	J-5	477.8	1.04	39
17999	J-6	473.92	0.12	43
18001	J-7	473.14	0.49	43
18003	J-8	473.02	0.49	43
18005	J-9	466.19	0.61	48
18007	J-10	462.26	0.23	54
18019	J-11	471.47	1.36	46
18021	J-12	480.61	0.76	37
18023	J-13	478.83	0.47	37

Current Time: 12.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.29	34
17991	J-2	479.95	0.08	37
17993	J-3	479.95	0.12	37
17995	J-4	479.33	0.05	37
17997	J-5	477.8	1.1	38
17999	J-6	473.92	0.13	42
18001	J-7	473.14	0.51	43
18003	J-8	473.02	0.52	43
18005	J-9	466.19	0.65	47
18007	J-10	462.26	0.24	53
18019	J-11	471.47	1.43	46
18021	J-12	480.61	0.8	37
18023	J-13	478.83	0.49	37

Current Time: 13.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.28	35
17991	J-2	479.95	0.07	37
17993	J-3	479.95	0.12	37
17995	J-4	479.33	0.04	37
17997	J-5	477.8	1.08	39
17999	J-6	473.92	0.13	42
18001	J-7	473.14	0.51	43
18003	J-8	473.02	0.51	43
18005	J-9	466.19	0.64	47
18007	J-10	462.26	0.24	53
18019	J-11	471.47	1.41	46
18021	J-12	480.61	0.79	37
18023	J-13	478.83	0.49	37

Current Time: 14.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.26	35
17991	J-2	479.95	0.07	37
17993	J-3	479.95	0.11	37
17995	J-4	479.33	0.04	38
17997	J-5	477.8	0.99	39
17999	J-6	473.92	0.12	43
18001	J-7	473.14	0.46	44
18003	J-8	473.02	0.47	44
18005	J-9	466.19	0.58	48
18007	J-10	462.26	0.22	54
18019	J-11	471.47	1.29	46
18021	J-12	480.61	0.72	37
18023	J-13	478.83	0.45	38

Current Time: 15.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.26	35
17991	J-2	479.95	0.07	37
17993	J-3	479.95	0.11	37
17995	J-4	479.33	0.04	38
17997	J-5	477.8	1.01	39
17999	J-6	473.92	0.12	43
18001	J-7	473.14	0.47	44
18003	J-8	473.02	0.48	44
18005	J-9	466.19	0.6	48
18007	J-10	462.26	0.22	54
18019	J-11	471.47	1.32	46
18021	J-12	480.61	0.74	37
18023	J-13	478.83	0.46	38

Current Time: 16.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.28	35
17991	J-2	479.95	0.07	37
17993	J-3	479.95	0.11	37
17995	J-4	479.33	0.04	37
17997	J-5	477.8	1.07	39
17999	J-6	473.92	0.13	42
18001	J-7	473.14	0.5	43
18003	J-8	473.02	0.51	43
18005	J-9	466.19	0.63	48
18007	J-10	462.26	0.23	54
18019	J-11	471.47	1.39	46
18021	J-12	480.61	0.78	37
18023	J-13	478.83	0.48	37

Current Time: 17.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.31	34
17991	J-2	479.95	0.08	36
17993	J-3	479.95	0.13	36
17995	J-4	479.33	0.05	36
17997	J-5	477.8	1.19	38
17999	J-6	473.92	0.14	41
18001	J-7	473.14	0.55	42
18003	J-8	473.02	0.56	42
18005	J-9	466.19	0.7	46
18007	J-10	462.26	0.26	53
18019	J-11	471.47	1.54	45
18021	J-12	480.61	0.86	36
18023	J-13	478.83	0.53	36

Current Time: 18.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.3	34
17991	J-2	479.95	0.08	36
17993	J-3	479.95	0.12	36
17995	J-4	479.33	0.05	37
17997	J-5	477.8	1.16	38
17999	J-6	473.92	0.14	42
18001	J-7	473.14	0.54	42
18003	J-8	473.02	0.55	42
18005	J-9	466.19	0.68	46
18007	J-10	462.26	0.25	53
18019	J-11	471.47	1.51	45
18021	J-12	480.61	0.84	36
18023	J-13	478.83	0.52	36

Current Time: 19.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.25	35
17991	J-2	479.95	0.06	38
17993	J-3	479.95	0.1	38
17995	J-4	479.33	0.04	38
17997	J-5	477.8	0.94	40
17999	J-6	473.92	0.11	43
18001	J-7	473.14	0.44	44
18003	J-8	473.02	0.45	44
18005	J-9	466.19	0.55	49
18007	J-10	462.26	0.21	55
18019	J-11	471.47	1.23	47
18021	J-12	480.61	0.68	38
18023	J-13	478.83	0.42	38

Current Time: 20.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.18	37
17991	J-2	479.95	0.05	40
17993	J-3	479.95	0.07	40
17995	J-4	479.33	0.03	40
17997	J-5	477.8	0.68	42
17999	J-6	473.92	0.08	45
18001	J-7	473.14	0.31	46
18003	J-8	473.02	0.32	46
18005	J-9	466.19	0.4	52
18007	J-10	462.26	0.15	57
18019	J-11	471.47	0.88	48
18021	J-12	480.61	0.49	39
18023	J-13	478.83	0.3	40

Current Time: 21.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.12	38
17991	J-2	479.95	0.03	41
17993	J-3	479.95	0.05	41
17995	J-4	479.33	0.02	42
17997	J-5	477.8	0.45	43
17999	J-6	473.92	0.05	47
18001	J-7	473.14	0.21	48
18003	J-8	473.02	0.21	48
18005	J-9	466.19	0.27	54
18007	J-10	462.26	0.1	59
18019	J-11	471.47	0.59	50
18021	J-12	480.61	0.33	41
18023	J-13	478.83	0.2	42

Current Time: 22.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.09	39
17991	J-2	479.95	0.02	42
17993	J-3	479.95	0.04	42
17995	J-4	479.33	0.01	42
17997	J-5	477.8	0.35	44
17999	J-6	473.92	0.04	48
18001	J-7	473.14	0.16	48
18003	J-8	473.02	0.16	49
18005	J-9	466.19	0.2	55
18007	J-10	462.26	0.08	59
18019	J-11	471.47	0.45	50
18021	J-12	480.61	0.25	41
18023	J-13	478.83	0.16	43

Current Time: 23.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.07	39
17991	J-2	479.95	0.02	42
17993	J-3	479.95	0.03	42
17995	J-4	479.33	0.01	43
17997	J-5	477.8	0.26	44
17999	J-6	473.92	0.03	48
18001	J-7	473.14	0.12	49
18003	J-8	473.02	0.12	49
18005	J-9	466.19	0.15	56
18007	J-10	462.26	0.06	60
18019	J-11	471.47	0.34	51
18021	J-12	480.61	0.19	42
18023	J-13	478.83	0.12	43

Current Time: 24.000 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
17989	J-1	482.96	0.05	40
17991	J-2	479.95	0.01	43
17993	J-3	479.95	0.02	43
17995	J-4	479.33	0.01	43
17997	J-5	477.8	0.21	45
17999	J-6	473.92	0.03	49
18001	J-7	473.14	0.1	49
18003	J-8	473.02	0.1	49
18005	J-9	466.19	0.12	56
18007	J-10	462.26	0.05	60
18019	J-11	471.47	0.27	51
18021	J-12	480.61	0.15	42
18023	J-13	478.83	0.1	44

Current Time: 0.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.02	0.05
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	0.51	0.07
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	0.48	0.06
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.03	0.05
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	0.24	0.06
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.1	0.05
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.05	0.09
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.03	0.07
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.05	0.09
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.13	0.06
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-0.42	0.05
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.05	0.1
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.02	0.05
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.02	0.05
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-0.63	0.05
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	0.55	0.07
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	1.23	0.07
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	1.23	0.07

Current Time: 1.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.03	0.06
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	0.63	0.08
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	0.59	0.08
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.03	0.06
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	0.3	0.07
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.12	0.06
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.06	0.11
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.04	0.08
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.06	0.12
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.16	0.08
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-0.53	0.07
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.06	0.12
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.03	0.06
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.03	0.06
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-0.78	0.06
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	0.68	0.09
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	1.52	0.09
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	1.52	0.09

Current Time: 2.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.04	0.08
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	0.84	0.11
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	0.79	0.1
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.04	0.08
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	0.4	0.09
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.16	0.08
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.07	0.15
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.05	0.11
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.08	0.15
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.21	0.1
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-0.7	0.09
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.08	0.16
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.04	0.08
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.04	0.07
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-1.03	0.08
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	0.9	0.11
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	2.01	0.11
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	2.01	0.11

Current Time: 3.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.05	0.1
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	1.11	0.14
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	1.05	0.13
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.05	0.11
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	0.53	0.12
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.22	0.11
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.1	0.2
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.07	0.15
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.1	0.21
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.27	0.14
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-0.93	0.12
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.1	0.21
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.05	0.11
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.05	0.1
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-1.36	0.11
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	1.19	0.15
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	2.68	0.15
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	2.68	0.15

Current Time: 4.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.08	0.16
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	1.83	0.23
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	1.72	0.22
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.09	0.18
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	0.87	0.2
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.36	0.18
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.16	0.33
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.12	0.24
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.17	0.34
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.45	0.23
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-1.52	0.19
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.17	0.35
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.09	0.18
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.08	0.16
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-2.24	0.18
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	1.96	0.25
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	4.4	0.25
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	4.4	0.25

Current Time: 5.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.11	0.23
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.6	0.33
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.45	0.31
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.13	0.26
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.24	0.28
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.51	0.26
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.23	0.47
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.17	0.34
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.24	0.48
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.64	0.33
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-2.17	0.28
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.24	0.5
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.13	0.26
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.11	0.23
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-3.19	0.26
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	2.79	0.36
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	6.27	0.35
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	6.27	0.35

Current Time: 8.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.13	0.27
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.98	0.38
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.8	0.36
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.15	0.3
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.42	0.32
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.58	0.3
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.26	0.54
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.19	0.39
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.27	0.55
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.73	0.37
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-2.48	0.32
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.28	0.57
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.14	0.29
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.13	0.27
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-3.66	0.3
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	3.2	0.41
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	7.17	0.41
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	7.17	0.41

Current Time: 9.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.13	0.26
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.86	0.36
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.68	0.34
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.14	0.29
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.36	0.31
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.56	0.29
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.25	0.52
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.18	0.37
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.26	0.53
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.7	0.36
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-2.38	0.3
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.27	0.55
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.14	0.28
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.13	0.26
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-3.5	0.29
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	3.07	0.39
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	6.88	0.39
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	6.88	0.39

Current Time: 10.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.12	0.24
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.71	0.34
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.54	0.32
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.13	0.27
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.29	0.29
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.53	0.27
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.24	0.49
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.17	0.35
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.25	0.5
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.66	0.34
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-2.25	0.29
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.25	0.52
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.13	0.27
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.12	0.24
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-3.32	0.27
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	2.9	0.37
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	6.51	0.37
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	6.51	0.37

Current Time: 11.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.11	0.23
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.52	0.32
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.37	0.3
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.12	0.25
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.2	0.27
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.49	0.25
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.22	0.45
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.16	0.33
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.23	0.47
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.62	0.32
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-2.1	0.27
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.24	0.48
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.12	0.25
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.11	0.23
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-3.09	0.25
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	2.71	0.34
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	6.07	0.34
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	6.07	0.34

Current Time: 12.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.12	0.24
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.66	0.34
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.49	0.32
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.13	0.26
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.27	0.29
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.52	0.26
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.24	0.48
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.17	0.35
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.24	0.49
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.65	0.33
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-2.21	0.28
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.25	0.51
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.13	0.26
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.12	0.24
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-3.25	0.27
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	2.85	0.36
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	6.39	0.36
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	6.39	0.36

Current Time: 13.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.12	0.24
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.62	0.33
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.46	0.31
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.13	0.26
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.25	0.28
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.51	0.26
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.23	0.47
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.17	0.34
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.24	0.49
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.64	0.33
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-2.18	0.28
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.25	0.5
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.13	0.26
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.12	0.23
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-3.22	0.26
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	2.81	0.36
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	6.31	0.36
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	6.31	0.36

Current Time: 14.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.11	0.22
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.4	0.31
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.25	0.29
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.12	0.24
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.14	0.26
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.47	0.24
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.21	0.43
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.15	0.31
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.22	0.44
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.59	0.3
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-2	0.25
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.23	0.46
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.12	0.24
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.11	0.21
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-2.94	0.24
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	2.57	0.33
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	5.77	0.33
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	5.77	0.33

Current Time: 15.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.11	0.22
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.45	0.31
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.3	0.29
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.12	0.24
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.17	0.26
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.48	0.24
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.22	0.44
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.16	0.32
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.22	0.45
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.6	0.31
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-2.04	0.26
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.23	0.47
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.12	0.24
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.11	0.22
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-3	0.24
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	2.63	0.33
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	5.9	0.33
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	5.9	0.33

Current Time: 16.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.11	0.23
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.58	0.33
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.43	0.31
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.13	0.26
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.23	0.28
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.51	0.26
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.23	0.47
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.17	0.34
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.23	0.48
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.63	0.32
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-2.15	0.27
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.24	0.49
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.12	0.25
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.11	0.23
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-3.17	0.26
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	2.77	0.35
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	6.22	0.35
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	6.22	0.35

Current Time: 17.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.13	0.26
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.87	0.37
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.69	0.34
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.14	0.29
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.37	0.31
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.56	0.29
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.25	0.52
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.18	0.37
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.26	0.53
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.7	0.36
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-2.39	0.3
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.27	0.55
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.14	0.28
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.13	0.26
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-3.52	0.29
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	3.08	0.39
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	6.9	0.39
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	6.9	0.39

Current Time: 18.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.12	0.25
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.81	0.36
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.64	0.34
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.14	0.28
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.34	0.3
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.55	0.28
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.25	0.51
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.18	0.37
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.26	0.52
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.69	0.35
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-2.34	0.3
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.26	0.54
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.14	0.28
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.12	0.25
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-3.44	0.28
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	3.01	0.38
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	6.76	0.38
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	6.76	0.38

Current Time: 19.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.1	0.2
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	2.28	0.29
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	2.14	0.27
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.11	0.23
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	1.09	0.25
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.45	0.23
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.2	0.41
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.15	0.3
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.21	0.42
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.56	0.28
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-1.89	0.24
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.21	0.44
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.11	0.22
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.1	0.2
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-2.79	0.23
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	2.44	0.31
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	5.48	0.31
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	5.48	0.31

Current Time: 20.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.07	0.15
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	1.63	0.21
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	1.53	0.2
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.08	0.16
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	0.78	0.18
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.32	0.16
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.14	0.29
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.1	0.21
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.15	0.3
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.4	0.2
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-1.36	0.17
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.15	0.31
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.08	0.16
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.07	0.15
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-2	0.16
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	1.75	0.22
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	3.93	0.22
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	3.93	0.22

Current Time: 21.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.05	0.1
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	1.09	0.14
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	1.03	0.13
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.05	0.11
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	0.52	0.12
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.21	0.11
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.1	0.2
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.07	0.14
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.1	0.2
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.27	0.14
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-0.91	0.12
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.1	0.21
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.05	0.11
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.05	0.1
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-1.34	0.11
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	1.17	0.15
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	2.63	0.15
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	2.63	0.15

Current Time: 22.000 hours

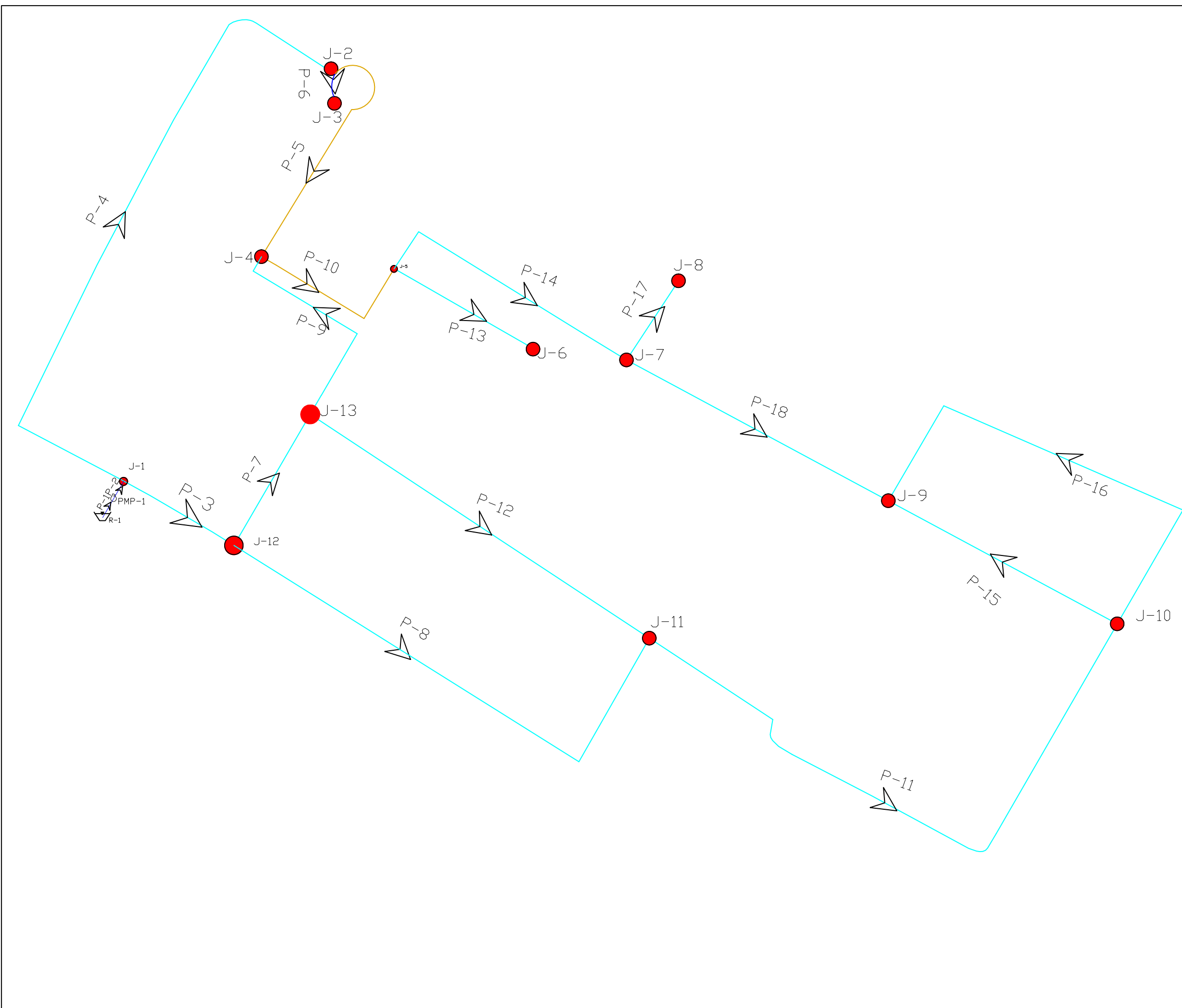
Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.04	0.08
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	0.84	0.11
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	0.79	0.1
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.04	0.08
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	0.4	0.09
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.16	0.08
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.07	0.15
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.05	0.11
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.08	0.15
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.21	0.1
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-0.7	0.09
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.08	0.16
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.04	0.08
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.04	0.07
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-1.03	0.08
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	0.9	0.11
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	2.01	0.11
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	2.01	0.11

Current Time: 23.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.03	0.06
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	0.63	0.08
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	0.59	0.08
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.03	0.06
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	0.3	0.07
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.12	0.06
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.06	0.11
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.04	0.08
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.06	0.12
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.16	0.08
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-0.53	0.07
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.06	0.12
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.03	0.06
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.03	0.06
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-0.78	0.06
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	0.68	0.09
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	1.52	0.09
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	1.52	0.09

Current Time: 24.000 hours

Label	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-6	J-2	J-3	PVC	140	16.66	25	0.02	0.05
P-5	J-2	J-4	PVC	140	168.71	100	0.51	0.07
P-10	J-4	J-5	PVC	140	118.89	100	0.48	0.06
P-13	J-5	J-6	PVC	140	51.49	25	0.03	0.05
P-14	J-5	J-7	PVC	140	176.82	75	0.24	0.06
P-17	J-7	J-8	PVC	140	61.67	50	0.1	0.05
P-18	J-7	J-9	PVC	140	193.29	25	0.05	0.09
P-16	J-9	J-10	PVC	140	303.99	25	-0.03	0.07
P-15	J-10	J-9	PVC	140	158.89	25	0.05	0.09
P-11	J-10	J-11	PVC	140	433.65	50	-0.13	0.06
P-8	J-11	J-12	PVC	140	359.71	100	-0.42	0.05
P-7	J-12	J-13	PVC	140	98.9	25	0.05	0.1
P-12	J-13	J-11	PVC	140	258.28	25	-0.02	0.05
P-9	J-13	J-4	PVC	140	155.77	25	-0.02	0.05
P-3	J-12	J-1	PVC	140	74.46	125	-0.63	0.05
P-4	J-1	J-2	PVC	140	456.1	100	0.55	0.07
P-1	R-4	PMP-1	PVC	140	11.08	150	1.23	0.07
P-2	PMP-1	J-1	PVC	140	14.68	150	1.23	0.07



LEGENDA :

- pipa d 100 mm (Pipa Distribusi)
- pipa d 150 mm (Pipa Distribusi)
- Pipa d 200 mm (Pipa Distribusi)

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SUMBERDAYA AIR**

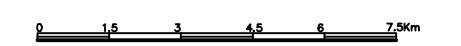
Judul Skripsi :

EVALUASI DAN REKOMENDASI SISTEM JARINGAN
PIPA DISTRIBUSI UTAMA PDAM KOTA MALANG
ZONA LAYANAN ISTANA DIENG 1

Judul Gambar :

Skema Jaringan Pipa Distribusi Utama Air Bersih
Pada Kondisi Eksisting

Skala :



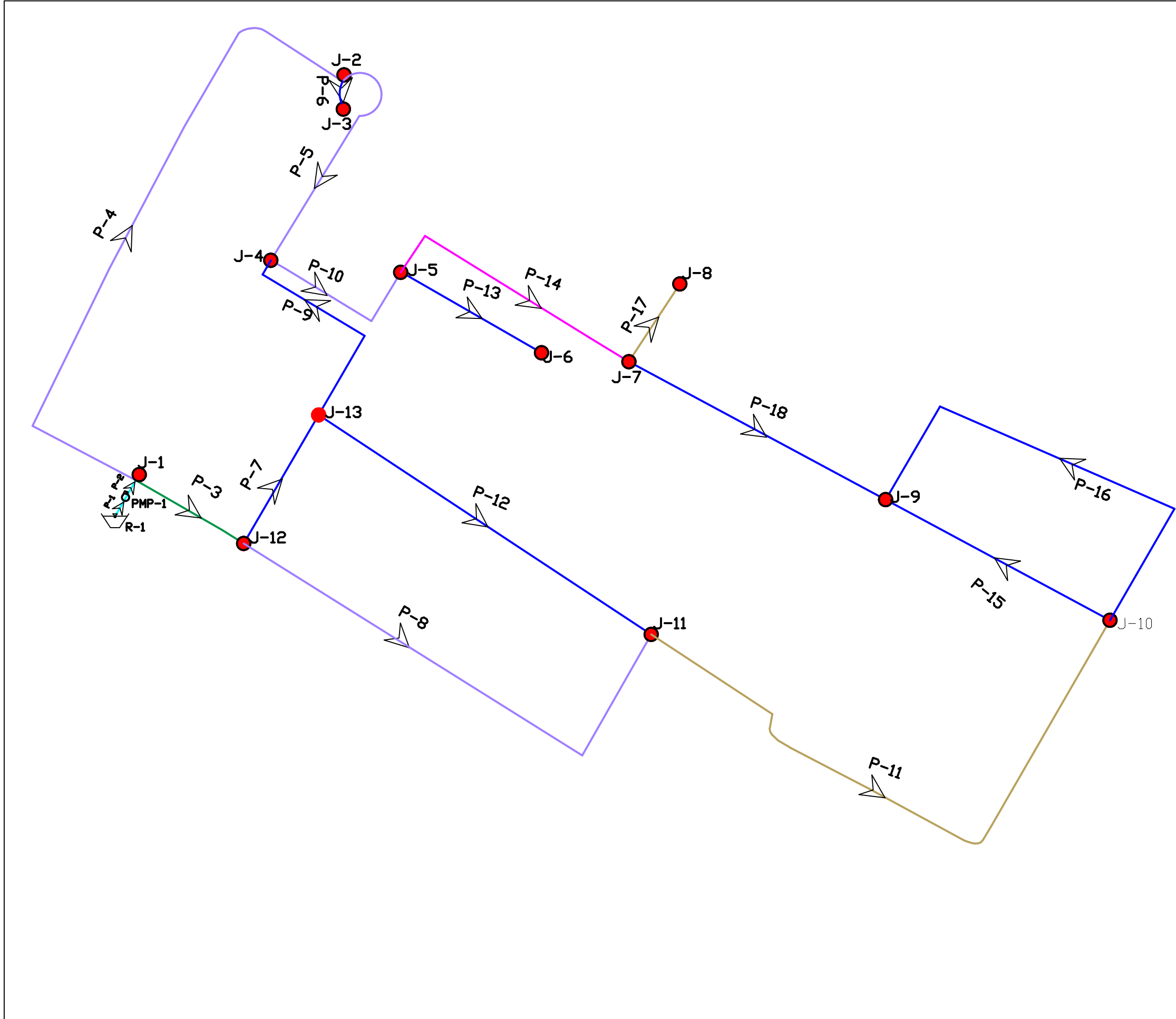
Digambar Oleh :

SINGGIH GILANG MAHARDIKA (1321910)

Dosen Pembimbing :

1. Ir. I Wayan Mundra ,MT

2. Ir. H Hirijanto ,MT



LEGENDA :

- pipa d 150 mm (Pipa Distribusi)
- pipa d 125 mm (Pipa Distribusi)
- pipa d 100 mm (Pipa Distribusi)
- Pipa d 75 mm (Pipa Distribusi)
- Pipa d 50 mm (Pipa Distribusi)
- Pipa d 25 mm (Pipa Distribusi)

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SUMBERDAYA AIR**

Judul Skripsi :
EVALUASI DAN REKOMENDASI SISTEM JARINGAN
PIPA DISTRIBUSI UTAMA PDAM KOTA MALANG
ZONA LAYANAN ISTANA DIENG I

Judul Gambar :
Skema Jaringan Pipa Distribusi Utama Air Bersih
Pada Rekomendasi

Skala :

Digambar Oleh :
SINGGIH GILANG MAHARDIKA (1321910)

Dosen Pembimbing :
1. Ir. I Wayan Mundra ,MT

2. Ir. H Hirijanto ,MT