

SKRIPSI

**PERENCANAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH KECAMATAN
LOURA KABUPATEN SUMBA BARAT DAYA – NTT**

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana**

Oleh :



NAMA : HABEL ROBINSON NATARA

NIM : 10.21.014

JURUSAN TEKNIK SIPIL - S1

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

MALANG

2018

SKRIPSI

**PERENCANAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH KECAMATAN
LOURA KABUPATEN SUMBA BARAT DAYA – NTT**

Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh :



NAMA : HABEL ROBINSON NATARA

NIM : 10.21.014

JURUSAN TEKNIK SIPIL - S1

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

MALANG

2018

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERENCANAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH KECAMATAN
LOURA KABUPATEN SUMBA BARAT DAYA – NTT**

Oleh :

HABEL ROBINSON NATARA

10.21.014

**Telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan
pada tanggal 07 Pebruari 2018**

Menyetujui :

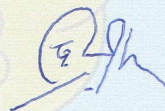
Dosen pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



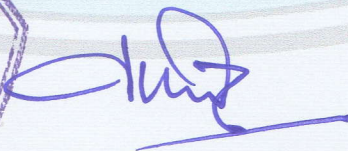
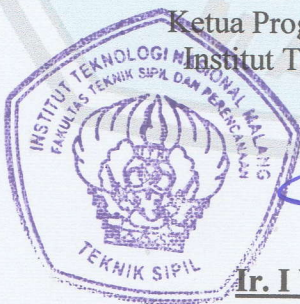
Dr. Ir. Kustamar, MT



Ir. Endro Yuwono, MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang



Ir. I Wayan Mundra, MT

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH KECAMATAN
LOURA KABUPATEN SUMBA BARAT DAYA – NTT

*Skripsi Ini Telah Dipertahankan Di Depan Dosen Penguji Ujian Skripsi
Jenang Strata (S-1) Pada Tanggal 07 Februari 2018 Dan Diterima Untuk
Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil S-1*

Disusun Oleh :

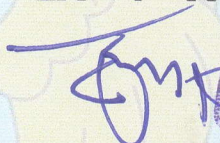
HABEL ROBINSON NATARA

10.21.014

Disahkan oleh :

Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1

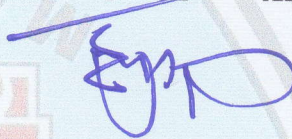
Ir. I Wayan Mundra, MT



Anggota penguji

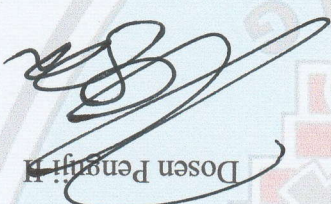
Dosen Penguji I

Ir. I Wayan Mundra, MT



Dosen Penguji II

Ir. H. Hirtianto, MT



Ir. Munasih, MT



Sekretaris Jurusan



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S – 1

KAMPUS I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341)551431 ex.230 Malang

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Habel Robinson Natara
Nim : 10. 21. 014
Jurusan : Teknik Sipil S – 1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul :

**PERENCANAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH KECAMATAN
LOURA KABUPATEN SUMBA BARAT DAYA – NTT**

Adalah benar – benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain kecuali disebut dari aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Malang, 21.9.2018

Yang membuat pernyataan

Habel Robinson Natara

ABSTRAKSI

Kebutuhan air bersih terus meningkat dengan jumlah penduduk yang terus bertambah. Meskipun ketersediaan air cukup memadai tetapi cara menyalurkan dari sumber air masih relative terbatas sehingga belum dapat memenuhi semua kebutuhan air. Untuk mrncapai keseimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air di masa mendatang, diperlukan upaya pembangunan prasarana untuk pemenuhan air baku yang baik.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kebutuhan air, ketersediaan sumber air, perencanaan pendukung seperti bak pelepas tekan, bak pelayanan umum, jaringn pipa distribusi dan rencana anggaran Kecamatan Loura, Kabupaten Sumba Barat Daya dengan bantuan Program *WaterCAD*. Dalam penelitian ini kebutuhan air dihitung berdasarkan jumlah biaya. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan penduduk di Kecamatan loura. Sumber air yang digunakan adalah Mata Air Lokorede, Mata Air Mataliku, Mata Air Karuni, dan Mata Air We'eloko. Jumlah ketersediaan air dihitung dengan Metode Geometrik, Metode Aritmatik dan Metode Potensial.

Sumber air baku yang dimanfaat adalah mata air dengan debit pengambilan 0.0223 m³/dtk. Hasil pengujian Lab dapat memenuhi persyaratan Permenkes RI No.416/1990.

Hasil simulasi kondisi eksisting dan kondisi pengembangan (tahun 2031) supaya produksi atau suplai air yang disuplaikan ke Kecamatan Loura dan kapasitas tandon yang tersedia cukup untuk memenuhi kebutuhan air pelanggan dan kontinuitas aliran 24 jam supaya sesuai dengan kriteria perencanaan pengembangan.

Kata kunci : Jumlah Penduduk, Kebutuhan air, Sistem penyediaan air, IPA.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR PUSTAKA	viii
BAB I :PENDAHULUAN	1
1.1.Latara Belakang.....	1
1.2.Identifikasi Masalah.....	2
1.3.Batasan Masalah.....	2
1.4.Kondisi Eksisting.....	3
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Penelitian Pendahuluan.....	7
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1.Kebutuhan Air Bersih.....	8
2.2.2. Proyeksi PertumbuhanJumlah Penduduk.....	10
2.2.3. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi.....	11
2.2.4. Kehilangan Air.....	12
2.2.5. Fluktuasi.....	13
2.2.6.Rencana Alokasi Air Bersih.....	13
2.2.7 Hidraulika AliranJaringan Pipa.....	13

2.2.8. Kehilangan Tinggi Tekan (<i>Head Loss</i>).....	17
2.2.9. Elemen Distribusi Air Bersih.....	20
2.2.10. Mekanisme Pengaliran Pipa.....	27
2.2.11. Simulasi Jaringan Pada Sistem Distribusi.....	29
2.2.12. Perencanaan Teknik Unit Distribusi.....	30
2.2.13. Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air bersih dengan Aplikasi Software.....	31
2.2.14. Tahapan-tahap dalam Penggunaan Program WaterCAD.....	32
2.2.15. Tahapan-tahap dalam Penggunaan Program <i>WaterCAD</i>	33
BAB III : METODE LOGI PENELITIAN	39
3.1. Metode Pengadaan Data.....	40
3.2. Metode Analisis.....	40
3.3. Langkah – langkah Studi.....	41
3.4. Ketersediaan Air di Kecamatan Loura.....	43
3.5. Diagram Alir.....	45
BAB IV : ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	46
4.1. Letak Batas Wilayah.....	46
4.2. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk.....	47
4.3. Proyeksi Jumlah Penduduk.....	49
4.4. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi Jumlah Penduduk.....	52
4.5. Analisa Debit.....	53
4.6. Kajian Kualitas Air.....	54
4.7. Proyeksi Kebutuhan Air.....	56
4.8. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih.....	58
4.9. Analisa Hidrolika Dalam Sistem Jaringan Pipa kondisi Eksisting.....	59
4.10. Kehilangan Tekanan.....	59

BAB V: PENUTUP	77
5.1. Kesimpulan.....	77
5.2. Saran-Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	79
DAFTAR TABEL	
Tabel 2.1 : Kategori Tingkat Pelayanan Air.....	9
Tabel 2.2 : Koefisien Kekasaran Pipa Menurut Hazen-Williams.....	18
Tabel 2.3 : Koefisien Kehilangan Tinggi Tekan Berdasarkan Perubahan Bentuk Pipa (K).....	20
Tabel 2.4 : Kriteria Pipa Distribusi.....	31
Tabel 4.1:Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kecamatan Loura Tahun 2011-2020.....	47
Tabel 4.2 : Perhitungan Pertumbuhan Penduduk Rata-rata.....	48
Tabel 4.3 : Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Loura Dengan Metode Geometrik.....	50
Tabel 4.4 : Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Loura Dengan Metode Aritmatik.....	51
Tabel 4.5 : Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Loura Dengan Metode Eksponensial.....	52
Tabel 4.6 : Proyeksi Jumlah Penduduk Tahun 2011-2020.....	53
Tabel 4.7 : Uji Kesesuaian Proyeksi Jumlah Penduduk.....	53
Tabel 4.8 : Hasil Analisa Kualitas Air.....	55
Tabel 4.9 : Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Tiap 20 Tahun.....	58
Tabel 4.10 : Hasil Simulasi Pada Jaringan Eksisting Pukul 00.00.....	66
Tabel 4.11 : Hasil Simulasi Pipa Pada Pukul 06.00.....	67
Tabel 4.12 : Analisis Data Simulasi Pada Pukul 00.00 WIB.....	68
Tabel 4.13 : Analisis Data Simulasi Pada Pukul 06.00 WIB.....	69
Tabel 4.14 : Hasil Simulasi <i>Junction</i> Pada Pukul 00.00 WIB.....	72

Tabel 4.15 : Hasil Simulasi <i>Junction</i> Pada Pukul 06.00 WIB.....	73
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 : Penampung Pusat Mata Air Lokorede.....	3
Gambar 1.2 : Sumber Mata Air Lokorede.....	3
Gambar 1.3 : Penampung Bak Vibe Untuk Pemakai.....	4
Gambar 1.4 : Penampung Bak Beton Untuk Pemakai.....	4
Gambar 1.5 : Mata Air Mataliku.....	5
Gambar 1.6 : Mata Air Karuni.....	5
Gambar 1.7 : Mata Air We'eloko.....	6
Gambar 2.1 : Grafik Fluktuasi Pemakaian Air bersih Harian	13
Gambar 2.2 : Diagram Energi dan Garis Tekanan.....	15
Gambar 2.3 : Aliran Dengan Penampang Pipa yang Berbeda.....	16
Gambar 2.4 : Persamaan Kontinuitas Pada Pipa Bercabang	17
Gambar 2.5 : Pressure Reducer Valve (PRV).....	24
Gambar 2.6 : Pressure Sustaining Valve (PSV).....	24
Gambar 2.7 : Hubungan Pipa Seri.....	28
Gambar 2.8 : Hubungan Pipa Paralel.....	29
Gambar 2.9 : Tampilan <i>Welcome Dialog</i> Pada <i>WaterCAD v8XM Edition</i>	33
Gambar 2.10 : Tampilan <i>Background Layers</i> Pada <i>WaterCAD v.8XM Edition</i>	34
Gambar 2.11 : Tampilan Pengisian Data Teknis <i>Junction</i> Pada <i>WaterCAD v 8XM</i>	36
Gambar 2.12 : Tampilan Pengisian Data Teknis Pipa Pada <i>WaterCAD v.8XM Edition</i>	37
Gambar 2.13 : Tampilan Pengisian Data Teknis Tandon.....	37
Gambar 2.14 : Tampilan Pengisian Data Teknis Reservoir Pada <i>WaterCAD</i>	38
Gambar 2.15 : Tampilan Hasil <i>Running (Calculate)</i>	39
Gambar 3.1 : Diagram Alir.....	45
Gambar 4.1 : Letak Wilayah Studi (Kecamatan Loura).....	46
Gambar 4.2 : Grafik Kebutuhan Air Bersih pada tahun 2012 – 2031.....	59
Gambar 4.3 : Tampilan Jaringan Pipa 3.....	60

Gambar 4.4 : Peta Jaringan Perencanaan Distribusi Air Bersih.....	62
Gambar 4.5 : Hasil <i>Running</i> Skema Jaringan Perpipaan.....	64
Gambar 4.6 : Pipa 2 Pada Skema Jaringan Perpipaan.....	65
Gambar 4.7 : Grafik Kecepatan Pada Pipa 3.....	66
Gambar 4.8 : Grafik <i>Headloss Gradient</i> Pada Pipa 3.....	67
Gambar 4.9 : <i>Junction</i> , Pipa, Tandon Pada Skema Jaringan Perpipaan.....	71
Gambar 4.10 : Grafik Fluktuasi Tekanan Pada <i>Junction</i> 6.....	72
Gambar 4.11 : Pipa 12 Pada Skema Jaringan Perpipaan.....	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan air oleh manusia tidak ada habisnya, terutama air bersih yang layak untuk keperluan rumah tangga seperti: mandi, memasak, bahkan yang paling penting adalah untuk minum. Hal ini bisa dirasakan pada beberapa tahun terakhir. Dimana sumber maupun tempat penampungan air sudah berkurang, seperti telaga yang berganti menjadi pemukiman, sumur bor yang airnya kering saat musim kemarau, maupun sungai-sungai yang tercemar oleh bahan kimia.

Hal ini pulalah yang dirasakan Masyarakat di Kecamatan Loura Kabupaten sumba Barat Daya. Dimana Masyarakat di Kecamatan Loura tersebut mengalami kesulitan mendapatkan air bersih yang layak untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, terlebih lagi saat musim kemarau. Hal ini disebabkan sungai yang mengalir disekitar Kecamatan Loura sudah tercemar oleh bahan kimia dari peptisida maupun zat-zat kimia lainnya yang berasal dari area sawah dan tambak warga sekitar. Sehingga tidak layak untuk digunakan untuk memenuhi kebutuhan setiap hari.

Selain dari sungai, masyarakat Kecamatan Loura juga menggunakan air sumur bor untuk memenuhi kebutuhan air bersihnya. Tetapi menurut beberapa ahli kesehatan, air yang bersumber dari sumur bor kurang sehat untuk digunakan. Hal ini disebabkan air sumur bor mengandung zat kapur, tanah lumpur, dan zat-zat lainnya. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih, warga menampung air hujan kedalam gentong maupun tempat penampungan air lainnya saat musim hujan tiba, dan apabila masih kurang, warga membeli air Tangki keliling yang dijual.

Dari hasil survey sebelumnya, berdasarkan hasil uji laboratorium sebenarnya sumber air permukaan (sungai) tersebut tidak layak untuk dipakai. Tetapi masyarakat Kecamatan Loura memakai air tersebut, karena belum ada sistem penyediaan air bersih. Dimana kurangnya perhatian dan ketegasan

PEMDA dan juga kurangnya kesadaran masyarakat menjaga dan memelihara lingkungan di Kecamatan Loura.

Saat ini penduduk Kecamatan Loura mengalami kesulitan air bersih, hal ini terutama dari segi kualitas air. Salah satu cara untuk memecahkan kendala kesulitan air bersih yang selalu dihadapi Kecamatan Loura ini adalah dengan jalan membuat sistem penyediaan air baru pada sumber air permukaan untuk memenuhi kebutuhan air bersih Kecamatan Loura. Diharapkan air dari sungai dikelola dengan baik sehingga dapat memenuhi standar air bersih yang berlaku.

1.2. Identifikasi Masalah

Beberapa permasalahan yang teridentifikasi :

1. Letak geografis Kecamatan Loura merupakan daerah pegunungan sehingga proses pengambilan air dengan teknologi sederhana masih sulit.
2. Air sungai kualitasnya tidak baik sehingga perlu pengolahan air untuk meningkatkan kualitas air.
3. Belum terpenuhi sistem kebutuhan air bersih sehingga perlu perencanaan :
 - Jaringan pipa transmisi
 - Sistem pengolahan air
 - Tandon
 - Jaringan pipa distribusi

1.3. Batasan Masalah

Maksud dari studi ini adalah merencanakan sistem distribusi air bersih di Kecamatan Loura dari segi teknik, sehingga penduduk dapat memperoleh air bersih dengan kualitas, kuantitas, dan kontinuitas yang memadai.

Tujuan dari kajian ini adalah :

1. Menentukan sumber-sumber alternatif potensial yang bisa dimanfaatkan untuk memenuhi kekurangan kebutuhan air bersih di Kecamatan Loura.
2. Merencanakan sistem produksi (Instalasi Pengalihan Air atau IPA) untuk mengolah air permukaan yaitu air sungai menjadi air bersih agar sesuai dengan standar air bersih, apabila hasil dari analisa nanti diidentifikasi sumber air bahan baku air bersih berasal dari air permukaan (sungai).

3. Merencanakan secara umum sistem penyediaan air bersih untuk memenuhi kebutuhan Kecamatan Loura meliputi jaringan pipa, transmisi dan reservoir.

1.4 Kondisi Eksisting



Gambar 1.1 Penampung Pusat Mata Air Lokorede



Gambar 1.2 Sumber Mata Air Lokorede



Gambar 1.3 Penampung Bak Viber Untuk Pemakai



Gambar 1.4 Penampung Bak Beton Untuk Pemakai



Gambar 1.5 Mata Air Mataliku



Gambar 1.6 Mata Air Karuni



Gambar 1.7 Mata Air We'eloko

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Pendahuluan

Program WaterCAD v.8 XM Edition sudah banyak diterapkan untuk analisa pengembangan jaringan distribusi air bersih. Sistem ini bertujuan untuk menganalisa sekaligus mensimulasikan suatu jaringan perpipaan. Dengan kata lain program WaterCAD v.8 XM Edition merupakan salah satu jenis program yang bertujuan untuk menganalisis sistim jaringan distribusi air pada satu kondisi waktu (kondisi permanen), menganalisis tahapan-tahapan atau periodisasi simulasi pada sistim 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) dan menganalisis kualitas air pada sistim jaringan distribusi air bersih dan menghitung konstruksi biaya dari sistim jaringan distribusi air bersih yang dibuat.

Menurut penelitian Hidayat dkk. (2014) program WaterCAD v.8 XM Edition sebelumnya telah dilakukan untuk mengetahui ketersediaan air sumber pada junction dan pipa sampai dengan tahun 2028 di kecamatan Kubu kabupaten Karangasem Bali. Perhitungan dilakukan dengan simulasi kondisi tidak permanen dengan kebutuhan air berubah sesuai dengan kebutuhan tiap jamnya. Hal ini berdasarkan kondisi tekanan, kecepatan dan headloss yang sudah sesuai dengan syarat perencanaan dan volume tandon yang mampu untuk memenuhi kebutuhan air bersih di daerah studi. Hasilnya kebutuhan air dengan menggunakan tandon mampu melayani penduduk sebesar 100% dengan total debit sebesar 5,46 liter/detik untuk daerah pelayanan Reservoir distribusi (RD) Baturinggit dan 18,38 liter/detik untuk daerah pelayanan RD Kubu dengan kehilangan air 15% akibat faktor teknis dan faktor non teknis mendekati nol.

Berdasarkan simulasi program WaterCAD v.8 XM Edition pada junction (titik simpul) Reservoir Distribusi Baturinggit tekanan tertinggi diperoleh pada jam 00.00 sebesar 14,96 BARS (152,59 mH₂O) dan tekanan terendah pada jam 07.00 sebesar 0,47 BARS (4,83 mH₂O), hasil ini sudah sesuai dengan SNI di mana batas tekanan antara 0-16 BARS (0 -163,2 mH₂O). Sedangkan pada jaringan Reservoir Distribusi Kubu tekanan tertinggi diperoleh pada jam 00.00 sebesar 15,52 BARS (158,22 mH₂O) dan tekanan terendah pada jam 07.00 sebesar 0,24 BARS (2,44 mH₂O), hasil ini sudah sesuai dengan SNI di mana batas tekanan antara 0 -16 BARS (0 -163,2 mH₂O). Sedangkan berdasarkan simulasi pada pipa Reservoir Distribusi Baturinggit kecepatan tertinggi diperoleh pada jam puncak yaitu jam 07.00 sebesar 1,04 m/detik dan kecepatan terendah pada jam 00.00 sebesar 0,19 m/detik. Pada jaringan Reservoir Distribusi Kubu kecepatan tertinggi diperoleh pada jam puncak yaitu jam 07.00 sebesar 1,020 m/detik dan kecepatan terendah pada jam 00.00 sebesar 0,060 m/detik.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan Air Kebutuhan air adalah sejumlah air yang digunakan untuk berbagai peruntukkan atau kegiatan masyarakat dalam wilayah tersebut. Dalam kasus ini kebutuhan air yang diperhitungkan yaitu kebutuhan air untuk peruntukan kegiatan rumah tangga (domestik), fasilitas umum meliputi perkantoran, pendidikan (non domestik), irigasi, peternakan, industri, serta untuk pemeliharaan/penggelontoran sungai. Menurut Dirjen Pekerjaan Umum Cipta Karya (1996), kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk yang ada di Kota Tambolaka dan mengalikannya dengan standar kebutuhan air (ditentukan berdasarkan jumlah penduduk dalam Kota Tambolaka), kemudian kebutuhan air perkotaan dapat diketahui dari perkalian prosentase standart kebutuhan air non domestik dengan kebutuhan air domestik yang telah diperhitungkan, dimana standart kebutuhan air non domestik untuk kota besar yaitu 40% dari kebutuhan air domestik.

Tabel 2.1 Kategori Tingkat Pelayanan Air Minum

No	Kategori	Jumlah Penduduk	Tingkat Pemakaian Air
1	Kota Metropolitan	> 1.000.000	120 lt/org/hari
2	Kota Besar	1.000.000	100 lt/org/hari
3	Kota Sedang	500.000	90 lt/org/hari
4	Kota Kecil	100.000	60 lt/org/hari
5	Kota Kecamatan	3.000 - 20.000	45 lt/org/hari

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih (1994 : 40)

Macam kebutuhan air bersih umumnya dibagi atas dua kelompok yaitu :

A. Domestik

Kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari.

Untuk menentukan kebutuhan air minum di suatu daerah/kawasan, maka diperlukan data pemakaian air yang dapat diterapkan untuk kota yang bersangkutan. Kebutuhan domestik akan air berbeda-beda dari satu kota ke kota yang lain, dipengaruhi :

1. Iklim

Kebutuhan air disaat cuaca atau suhu yang tinggi cenderung meningkat dibanding kebutuhan air ketika cuaca atau suhu relatif lebih rendah.

2. Karakteristik Penduduk

Penduduk yang berkarakter secara ekonomi kuat atau kaya maka penggunaan airnya jauh lebih besar dibandingkan dengan orang-orang yang kurang mampu secara ekonomi.

3. Permasalahan Lingkungan Hidup

Peningkatan permasalahan lingkungan hidup akhir-akhir ini mengakibatkan adanya penemuan-penemuan alat baru yang membuat penghematan penggunaan air sehingga jumlah kebutuhan akan air juga berubah

4. Harga Air

Dengan naiknya harga pemakaian air maka mendorong orang-orang untuk melakukan penghematan air.

5. Kualitas Air

Peningkatan kualitas air mendorong orang untuk meningkatkan pemakaiannya, tetapi sebaliknya penurunan kualitas air yang terjadi mengakibatkan keengganan orang untuk memakai air.

B. Non Domestik

Standar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih di luarkeperluan rumah tangga termasuk industri, komersial, dan sarana penunjang yang mencakup kebutuhan perkantoran, rumah ibadah, fasilitas kesehatan, dan fasilitaslainnya.

2.2.2 Proyeksi Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Agar dapat menentukan kebutuhan air bersih di masa mendatang perlu terlebih dahulu diperhatikan keadaan yang ada pada saat ini dan proyeksi jumlah penduduk di masa mendatang. Metode yang digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk di masa mendatang yaitu:

1. Metode Eksponensial

Proyeksi jumlah penduduk dengan metode eksponensial menggunakan persamaan berikut:(Muliakusumah, 2000:255).

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n} \quad (2 - 1)$$

Dengan :

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk (%)

n = periode tahun yang ditinjau (tahun)

e = bilangan logaritma natural (2,7182818)

2. Metode Geometrik

Untuk keperluan proyeksi penduduk, metode ini digunakan bila data jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu.

$$P_n = P_0(1+r)^n \quad (2 - 1)$$

Dengan :

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk tiap tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

3. Metode Aritmatik

Metode ini biasanya disebut juga dengan rata-rata hilang. Metode ini digunakan apabila data berkala menunjukkan jumlah penambahan yang relatif sama tiap tahun. Hal ini terjadi pada kota dengan luas wilayah yang kecil, tingkat pertumbuhan ekonomi kota rendah dan perkembangan kota tidak terlalu pesat

$$P_n = P_0(1+rn) \quad (2 - 3)$$

Dengan :

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk per tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2.2.3 Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

A. Standar deviasi

Standar deviasi dapat diartikan sebagai nilai atau standar yang menunjukkan besar jarak sebaran terhadap nilai rata-rata

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2 - 4)$$

dimana:

S = standar deviasi

X_i = nilai varian (penduduk proyeksi)

B. Koefisien Korelasi

Rumusan untuk menentukan besarnya koefisien korelasi adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (2 - 5)$$

Dengan :

r = koefisien korelasi

X = jumlah penduduk data (jiwa)

Y = jumlah penduduk hasil proyeksi (jiwa)

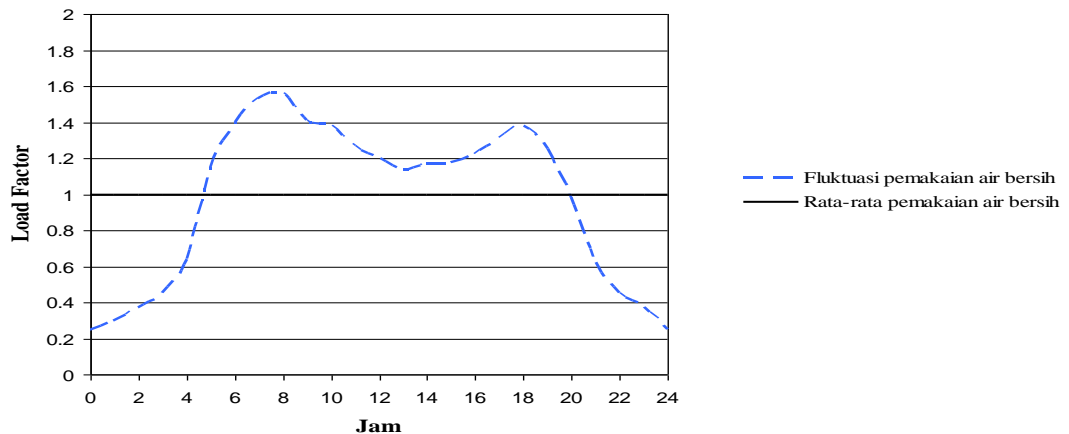
Pemilihan metode proyeksi yang akan disesuaikan dengan kriteria dapat dilakukan secara statistik yaitu dengan menggunakan rumus standar deviasi (SD) dan rumus koefisien korelasi (r). Penggunaan koefisien korelasi dimaksudkan untuk menunjukkan tingginya derajat hubungan antara dua variabel (x dan y), maka dari itu nilai koefisien korelasi harus mendekati 1, sedangkan standar deviasi digunakan untuk menghomogenkan data, maka dari itu nilai standar deviasi dipilih nilai yang paling kecil (Yusuf A, 2005).

2.2.4 Kehilangan Air

Kehilangan air pada umumnya disebabkan kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter. Kehilangan air pada pipa distribusi tidak termasuk dalam katagori pemakaian air, akan tetapi dalam perencanaannya besarnya angka kehilangan air harus diperhitungkan

2.2.5 Fluktuasi

Fluktuasi adalah prosentase pemakaian air pada tiap jam yang tergantung dari : aktivitas penduduk, adat istiadat atau kebiasaan penduduk serta pola tata kota. Sehingga kebutuhan air tiap waktu menjadi berubah/berfluktuasi.



Gambar 2.1 Grafik Fluktuasi Pemakaian Air bersih Harian

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih (1994 : 24)

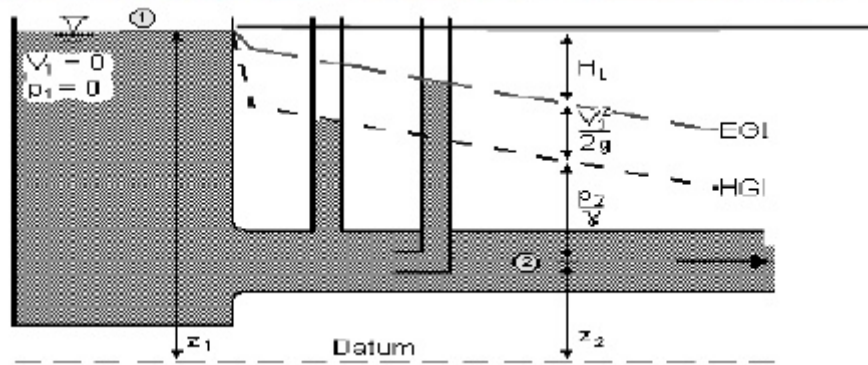
2.2.6 Rencana Alokasi Air Bersih

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Lampiran I, maka perencanaan kebutuhan air bersih dapat dihitung sebagai berikut:

2.2.7 Hidraulika Aliran Jaringan Pipa

A. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dalam pipa yang diijinkan adalah 0,3 – 6 m/det, dimana hal ini akan disesuaikan dengan kondisi setempat mengenai kemiringan lahan maupun adanya penambahan tekanan dari adanya pemompaan. Kecepatan tidak boleh terlalu kecil sebab dapat menyebabkan endapan dalam pipa tidak terdorong, selain itu juga diameter pipa jadi berkurang karena adanya endapan itu, dan itu akan membebani biaya perawatan. Sebaliknya, jika kecepatan aliran terlalu tinggi, maka akan berakibat korosi pada pipa dan juga menambah nilai *headloss* yang



Gambar 2.2 Diagram Energi dan Garis Tekanan

Sumber : (Haestad, 2002 : 267)

Hukum Kekekalan Bernoulli pada Gambar 2.3 dapat ditulis sebagai berikut

(Haestad, 2002 : 267) :

$$h_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_L$$

(2 – 9)

Dengan :

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

$$\frac{v_1^2}{2g}, \frac{v_2^2}{2g} = \text{tinggi energi di titik 1 dan 2 (m)}$$

$$P_1, P_2 = \text{tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m}^2\text{)}$$

$$\gamma_w = \text{berat jenis air (kg/m}^3\text{)}$$

$$v_1, v_2 = \text{kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/det)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (m/det}^2\text{)}$$

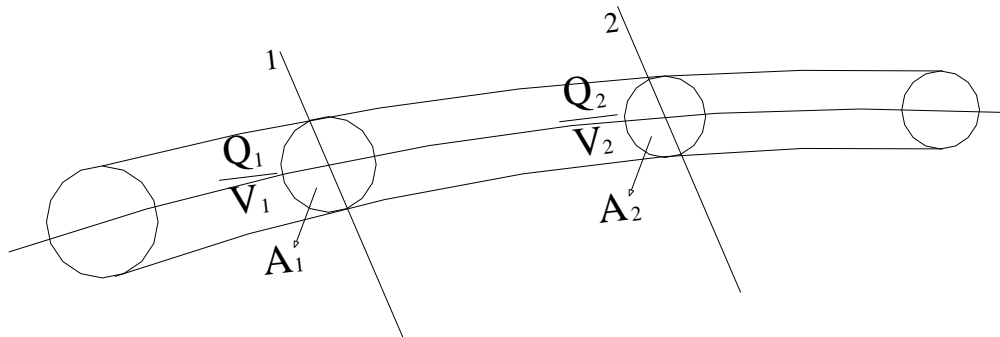
$$h_1, h_2 = \text{tinggi elevasi di titik 1 dan 2 dari garis yang ditinjau (m)}$$

$$h_L = \text{kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)}$$

Pada gambar di atas, terlihat garis yang menunjukkan besarnya tinggi tekan air pada titik tinjauan yang dinamakan garis gradien hidrolis atau garis kemiringan hidrolis. Jarak vertikal antara pipa dengan gradien hidrolis menunjukkan tekanan yang terjadi dalam pipa. Perbedaan ketinggian antara titik 1 dan 2 merupakan kehilangan energi yang terjadi sepanjang penampang 1 dan 2.

C. Hukum Kontinuitas

Air yang mengalir dalam suatu pipa secara terus menerus yang mempunyai luas penampang dan kecepatan akan memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya. Dalam persamaan hukum kontinuitas dinyatakan bahwa debit yang masuk ke dalam pipa sama dengan debit yang keluar.



Gambar 2.3 Aliran dengan Penampang Pipa yang Berbeda
Sumber : Triatmodjo (1996:137)

Sehingga dapat dituliskan persamaan:

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad (2 - 10)$$

atau,

$$Q = A \cdot V = \text{konstan} \quad (2 - 11)$$

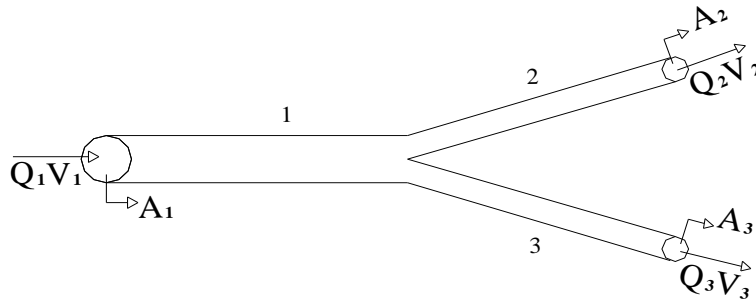
dengan :

Q_1, Q_2 = debit pada potongan 1 dan 2 (m^3/det)

V_1, V_2 = kecepatan pada potongan 1 dan 2 (m/det)

A_1, A_2 = luas penampang pada potongan 1 dan 2 (m^2)

Pada aliran percabangan pipa juga berlaku hukum kontinuitas dimana debit yang masuk pada suatu pipa sama dengan debit yang keluar pipa. Hal tersebut diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 2.4 Persamaan Kontinuitas pada Pipa Bercabang
Sumber Triatmodjo (1996 : 137)

Sedangkan hukum kontinuitas pada pipa bercabang dapat diuraikan sebagai berikut (Triatmodjo, 1996 : 137) :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

Atau

$$A_1 \cdot V_1 = (A_2 \cdot V_2) + (A_3 \cdot V_3) \quad (2 - 12)$$

dengan :

Q_1, Q_2, Q_3 = debit pada potongan 1, 2 dan 3 (m^3/det)

V_1, V_2, V_3 = kecepatan pada potongan 1, 2 dan 3 (m/det)

A_1, A_2, A_3 = luas penampang pada potongan 1, 2 dan 3 (m^2)

2.2.8 Kehilangan Tinggi Tekan (Head Loss)

A. Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (Major Losses)

Fluida yang mengalir di dalam pipa akan mengalami tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan. Tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan tenaga selama pengaliran (Triatmodjo 2003:25). Tegangan geser yang terjadi pada dinding pipa merupakan penyebab utama menurunnya garis energi pada suatu aliran (*major losses*) selain bergantung pada jenis pipa. Ada beberapa teori untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan mayor, tetapi dalam kajian ini digunakan persamaan *Hazen-Williams* sebagai berikut: (Haestad, 2001 : 278).

$$V = 0,85 \cdot C_{hw} \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54} \quad (2-13)$$

dimana :

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

- V = kecepatan pada pipa (m/det)
 0.85 = konstanta
 C_{hw} = koefisien kekasaran Hazen-Williams
 A = Luas penampang aliran (m^2)
 R = Jari-jari hidrolis (m)

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

 R = $D / 4$
 S = kemiringan garis energi (m/m)

$$= h_f / L$$

Untuk $Q = V / A$, didapat persamaan kehilangan tinggi tekan mayor menurut Hazen-Williams sebesar (Webber 1971 : 121) :

$$h_f = k.Q^{1.85} \quad (2-14)$$

$$k = \frac{10,7L}{C_{hw}^{1.85} . D^{4.87}} \quad (2-15)$$

Dengan :

- h_f = kehilangan tinggi tekan mayor (m) D = Diameter pipa (m)
 k = koefisien karakteristik pipa L = panjang pipa (m)
 Q = debit aliran pada pipa (m^3 /det)
 C_{hw} = koefisien kekasaran Hazen-Williams

Tabel 2.2 Koefisien Kekasaran Pipa Menurut Hazen-Williams

Jenis Pipa	Nilai Koefisien Hazen-Williams (C_{hw})
PVC	140 - 150
Pipa Asbes	120 - 150
Pipa berlapis semen	100 - 140
Pipa besi digalvani	100 - 120
Cast iron	90 - 125

Sumber : DPUD Jenderal Cipta Karya Direktorat Air Bersih (1987 : 8 dari 14)

B. Kehilangan Tinggi Tekan Minor (Minor Losses)

Faktor lain yang juga ikut menambah besarnya kehilangan tinggi tekan pada suatu aliran adalah kehilangan tinggi tekan minor. Kehilangan tinggi tekan minor ini disebabkan oleh adanya perubahan mendadak dari ukuran penampang pipa yang menyebabkan turbulensi, belokan-belokan, adanya katup dan berbagai jenis sambungan. Kehilangan tinggi tekan minor semakin besar bila terjadi perlambatan kecepatan aliran di dalam pipa dibandingkan peningkatan kecepatan akibat terjadi pusaran arus yang ditimbulkan oleh pemisahan aliran dari bidang batas pipa. Untuk jaringan pipa sederhana, kehilangan tinggi tekan minor ini tidak boleh diabaikan karena nilainya cukup berpengaruh. Namun untuk pipa-pipa yang panjang atau $L/D \gg 1000$, kehilangan tinggi tekan minor ini dapat diabaikan

Kehilangan energi ditempat-tempat tersebut disebut sebagai kehilangan energi minor. Tidak menutup kemungkinan kehilangan energi minor dapat berpengaruh lebih besar daripada mayor. Dengan demikian kehilangan energi minor juga harus diperhatikan dan dapat ditulis sebagai berikut (Triatmodjo, 2008: 109):

$$h_f = k \frac{Q}{2A^2 g} \quad (2 - 16)$$

Atau

$$h_f = k \frac{v^2}{2g} \quad (2 - 17)$$

dengan:

- h_f = kehilangan energi minor (m)
- v = kecepatan aliran (m/detik)
- g = percepatan gravitasi (m/detik²)
- k = koefisien kehilangan energi minor

Koefisien k sangat bervariasi tergantung dari bentuk fisik saluran, bisa dikarenakan belokan, pengecilan, katup, dan sebagainya. Oleh karena itu Triatmodjo (2008 : 110) sudah memberikan range dari setiap parameter k itu tentu saja angka yang ditunjukkan masih berupa pendekatan dikarenakan harga k masih bergantung juga dari bahan, umur, pembuatan fitting, dan faktor manusia.

Tabel 2.3 Koefisien Kehilangan Tinggi Tekan Berdasarkan Perubahan Bentuk Pipa (K)

Jenis Perubahan Bentuk Pipa	K	Jenis Perubahan Bentuk Pipa	K
Inlet		Belokan 90°	
<i>Bell mouth</i>	0,03 – 0,05	R/D = 4	0,16-0,18
<i>Rounded</i>	0,12-0,25	R/D = 2	0,19-0,25
<i>Sharp Edged</i>	0,50	R/D = 1	0,35-0,40
<i>Projecting</i>	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		

Sumber : Triatmodjo (2008 : 111)

2.2.9 Elemen pada jaringan distribusi Air Bersih

A. Pipa

Pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih, pipa merupakan komponen yang utama. Pipa ini berfungsi sebagai sarana untuk mengalirkan air dan sumber air ke tandon, maupun dari tandon ke konsumen. Pipa tersebut memiliki bentuk penampang lingkaran dengan diameter yang bermacam-macam. Pipa yang

umumnya dipakai untuk sistem jaringan distribusi air dibuat dari bahan-bahan seperti berikut ini :

1. Besi tuang (*cast iron*)

Pipa ini biasanya dicelupkan dalam senyawa bitumen untuk perlindungan terhadap karat. Panjang biasa dari suatu bagian pipa adalah 4m dan 6m. tekanan maksimum pipa sebesar 2500 kN/cm² (350 psi) dan umur pipa jika pada keadaan normal dapat mencapai 100 tahun. (Linsley, 1986 :297).

Keuntungan pipa ini antara lain :

- Pipa cukup murah
- Pipa mudah disambung
- Pipa tahan karat

Kerugian dari pipa ini antara lain :

- Pipa berat sehingga biaya pengangkutan mahal
- Pipa keras sehingga mudah pecah
- Dibutuhkan tenaga ahli dalam penyambungan

2. Besi galvanis (*galvanized iron*)

Pipa jenis ini bahannya terbuat dari pipa baja yang dilapisi seng. Umur pipa pada keadaan normal bisa mencapai 40 tahun. Pipa berlapis seng digunakan secara luas untuk jaringan pelayanan yang kecil di dalam sistem distribusi (Linsley, 1986 : 297)

Keuntungan dari pipa ini antara lain :

- Harga murah dan banyak tersedia di pasaran
- Ringan sehingga mudah diangkut
- Pipa mudah disambung

Kerugian dari pipa ini adalah :

- Pipa mudah berkarat

3. Plastik (PVC)

Pipa ini lebih dikenal dengan sebutan PVC (*Poly Vinyl Chloride*) dan di pasaran mudah didapat dengan berbagai ukuran. Panjang pipa 4m-6m dengan

ukuran diameter pipa mulai 16 mm hingga 350 mm. umur pipa dapat mencapai 75 tahun. (Linsley, 1986 :301)

Keuntungan dari pipa ini adalah :

- Harga murah dan banyak tersedia di pasaran
- Ringan sehingga mudah diangkut
- Mudah dalam pemasangan dan penyambungan
- Pipa tahan karat

Kerugian dari pipa ini adalah :

- Pipa jenis ini mempunyai koefisien muai yang besar sehingga tidak tahanpanas
- Mudah bocor dan pecah

5. Pipa HDPE (*High Density Polyethylene*)

Pipa plastik bertekanan yang banyak digunakan untuk pipa air dan pipa gas. Disebut pipa plastik karena material HDPE berasal dari polymer minyak bumi. (<http://pipahdpehitam.blogspot.com>)

Keuntungan dari pipa ini adalah :

- Tersedia dalam berbagai ukuran panjang
- Tahan hingga 50 tahun pemakaian
- Aman bagi kesehatan karena bersifat “*Food Grade*”
- Tahan Karat

Kerugian dari pipa ini adalah :

- Diameter pipa maksimal 400 mm
- Tidak dapat digunakan untuk pipa transmisi dalam skala besar

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

1. Sambungan antar pipa

- Mangkok (*bell*) dan Lurus (*Spigol*)

Spigol dari suatu pipa dimasukkan ke dalam bell (*socket*) pipa lainnya untuk menghindari kebocoran.

- *Flange Joint*

Biasanya digunakan untuk pipa bertekanan tinggi, untuk sambungan yang dekat dengan pompa perlu disiapkan packing diantara flange untuk mencegah kebocoran.

- Belokan (*Bend/elbow*)

Digunakan untuk mengubah arah dari arah lurus dengan sudut perubahan standar yang merupakan sudut dari belokan tersebut. Besar belokan standar adalah $11\frac{1}{4}^{\circ}$, $22\frac{1}{2}^{\circ}$, 45° , dan 90° . bahan belokan itu biasanya sama dengan pipa.

- Perlengkapan *Tee*

Digunakan untuk menyambung pipa yang bercabang, misalnya sambungan pipa sekunder dipasang tegak lurus (90°) pada pipa primer sehingga sambungan akan terbentuk T.

- Perlengkapan “Y”

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

- *Increaser dan Reducer*

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

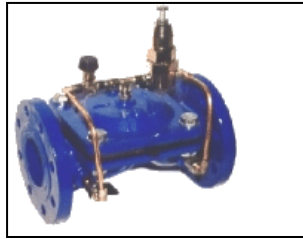
B. Meter air

Meter air digunakan untuk mengetahui debit atau jumlah aliran yang mengalir dalam pipa. Salah satu manfaat penggunaan meter air pada sistem jaringan penyediaan air bersih adalah untuk mengetahui jumlah air yang mengalir ke konsumen.

C. Katup

- *Pressure Reducer Valve (PRV)* atau katup penurun tekanan

Digunakan untuk menanggulangi tekanan yang terlalu besar di hilir katup dari nilai yang ditetapkan pada suatu titik khusus dalam jaringan pipa agar tidak merusak sistem. Jika tekanan di hilir naik melebihi nilai tekanan batas maka PRV akan menutup dan akan terbuka penuh bila tekanan di hulu lebih rendah dari nilai yang lebih rendah dari nilai yang telah ditetapkan pada katup tersebut.



Gambar 2.5 Pressure Reducer Valve (PRV)

Sumber: www.bimex.lu

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

Digunakan untuk mempertahankan tekanan yang ditetapkan pada titik khusus dalam jaringan pipa. PSV akan menutup apabila tekanan di hilir melebihi tekanan di hulu, dan akan terbuka penuh jika tekanan hilir lebih tinggi dari yang ditetapkan.



Gambar 2.6 Pressure Sustaining Valve (PSV)

Sumber: www.bimex.lu

D. Menara Air

Menara air merupakan komponen dari sistem jaringan distribusi air bersih yang memiliki fungsi menampung dan menyimpan air untuk digunakan pada kondisi tertentu. Pengisian tampungan menara air dilakukan apabila kebutuhan air bersih tidak mencapai puncak atau menurun. Disamping berfungsi untuk memenuhi fluktuasi permintaan pada keadaan darurat, menara air juga berfungsi meratakan tekanan untuk operasi.

E. 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 elevasinya tetap

F. Tandon

Secara umum tandon adalah tempat tampungan sementara air bersih dari sumber. Adapun fungsi yang sangat penting dari tandon diantaranya sebagai berikut:

- Menampung kelebihan air pada pemanfaatan atau pemakaian air
- Menyuplay air pada saat pemakaian puncak pada daerah pelayanan
- Menambah tekanan pada jaringan pipa
- Tempat pengendapan kotoran
- Tempat pembubuhan desinfektan

Volume jumlah dan lokasi tandon air disesuaikan dengan rencana daerah layanan sehingga pemenuhan kebutuhan air bersih dapat dipenuhi sepanjang waktu dan terdistribusi ke seluruh rencana daerah layanan. Sumber air untuk tandon air dapat berasal dari jaringan pipa air bersih yang diambil dari sumber air ataupun dari *supply* melalui jalan darat (truk tanki, dll).

Persyaratan yang harus dipenuhi baik untuk perencanaan tandon air maupun hydrant umum adalah: mudah dijangkau, terletak dekat/di pinggir jalan darat, terdistribusi merata untuk daerah layanan, dekat dengan pusat kegiatan, bebas dari gangguan dan lain-lain.

Elevasi pada tandon diidentifikasi sebagai elevasi dasar tandon. Elevasi muka air tandon adalah jarak vertikal dari dasar tandon muka air bebas, sehingga tekanannya lebih besar dari nol. Besarnya kapasitas tandon bergantung pada variasi kebutuhan air minimum, maksimum, kapasitas konstan pemompaan dan faktor kegunaan dari tandon tersebut. Rencana volume tandon ditentukan dengan memperhitungkan debit pada jam puncak dan perkiraan lama jam puncak.

$$\text{Volume} = \text{jumlah jam puncak dalam sehari} \times \text{debit jam puncak}$$

Untuk keamanan diberikan volume untuk ruang udara dalam tandon yang di ambil sebesar 10 % dari volume tandon. Kemudian volume tandon ditambah dengan volume udara dijadikan sebagai volume rencana dalam pembuatan tandon. Dengan demikian diperoleh dimensi tandon dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = T. L. P$$

(2 - 18)

dengan:

V = volume tandon (m³)

T = tinggi tandon (m)

L = lebar tandon (m)

P = panjang tandon (m)

Setiap tandon paling tidak memiliki perlengkapan sebagai berikut:

- a. Pipa air masuk (*inlet*) dan pipa air keluar (*outlet*).

Pipa air masuk berfungsi untuk mengalirkan air ke dalam tandon. Tandon biasanya mempunyai inlet dan outlet yang terpisah. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan sirkulasi aliran di dalam tandon sehingga air yang keluar mempunyai kualitas yang terjamin.

- b. Lubang inspeksi (*manhole*)

Setiap tandon harus dilengkapi dengan lubang inspeksi untuk memudahkan perawatan yang masuk ke dalam tandon tidak sulit.

- c. Tangga naik dan turun ke dalam bak

Tangga harus disiapkan untuk menjaga keamanan dan kemudahan akses ke beberapa bagian tandon.

- d. Pipa pelimpah untuk kelebihan air

Pipa pelimpah terutama digunakan pada saat pengukur ketinggian air dalam keadaan rusak. Ujung dari pipa peluap ini tidak boleh disambung langsung ke pipa buangan, harus ada celah udara yang cukup. Pada ujung pipa peluap juga harus dilengkapi dengan saringan serangga.

e. Pipa penguras

Pipa penguras dipakai untuk menguras tandon. Pada pipa ini dibuat pengamanan seperti pipa peluap.

f. Alat penunjuk level air

Alat penunjuk level air digunakan untuk menunjukkan tinggi rendahnya permukaan air.

g. Ventilasi udara

Ventilasi udara dipasang pada tandon untuk keluar masuknya udara pada saat air turun dan naik, juga harus dipasang saringan serangga.

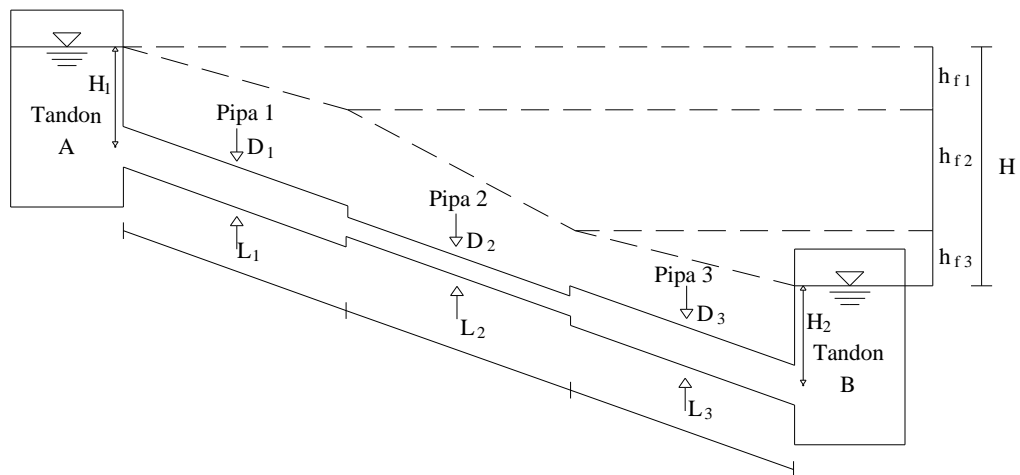
2.2.10 Mekanisme pengaliran dalam pipa

Sistem pemipaan berfungsi untuk mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain. Aliran terjadi karena adanya perbedaan tinggi tekanan di kedua tempat, yang bisa terjadi karena adanya perbedaan elevasi muka air atau karena digunakannya pompa. Beberapa contoh sistem pemipaan adalah pengaliran minyak antar kota/daerah, pipa pembawa dan pipa pesat dari waduk ke turbin pembangkit listrik tenaga air, jaringan air minum di perkotaan, dan sebagainya. (Triatmodjo, 1996:69)

Sistem pengaliran dalam pipa pada jaringan distribusi air bersih dapat dibagi menjadi dua yaitu hubungan seri dan hubungan paralel.

A. Pipa Sistem Seri

Pada hubungan seri, debit aliran di semua titik adalah sama sedangkan kehilangan tekanan di semua titik berbeda. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.7 Hubungan Pipa Seri
 Sumber : Triatmodjo (2003 :74)

Adapun persamaan kontinuitasnya dapat dituliskan sebagai berikut (Triatmodjo, 2003 : 74) :

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 \quad (2 - 19)$$

Sedangkan untuk total kehilangan tekanan pada pipa yang terpasang secara seri dirumuskan sebagai berikut (Triatmodjo, 1996 : 74) :

$$H = H_{f1} + H_{f2} + H_{f3} \quad (2 - 20)$$

dengan :

Q = total debit pada pipa yang terpasang secara seri (m^3/det)

Q_1, Q_2, Q_3 = debit pada tiap pipa (m^3/det)

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

H_{f1}, H_{f2}, H_{f3} = kehilangan tekan pada tiap pipa (m)

B. Sistem Paralel

Pada keadaan dimana aliran melalui dua atau lebih pipa dihubungkan secara paralel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8 maka persamaan kontinuitasnya dapat dituliskan sebagai berikut (Triatmodjo, 2003 : 78) :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (2-21)$$

Persamaan energi untuk pipa sambungan paralel :

$$H = H_{f1} = H_{f2} = H_{f3} \quad (2-22)$$

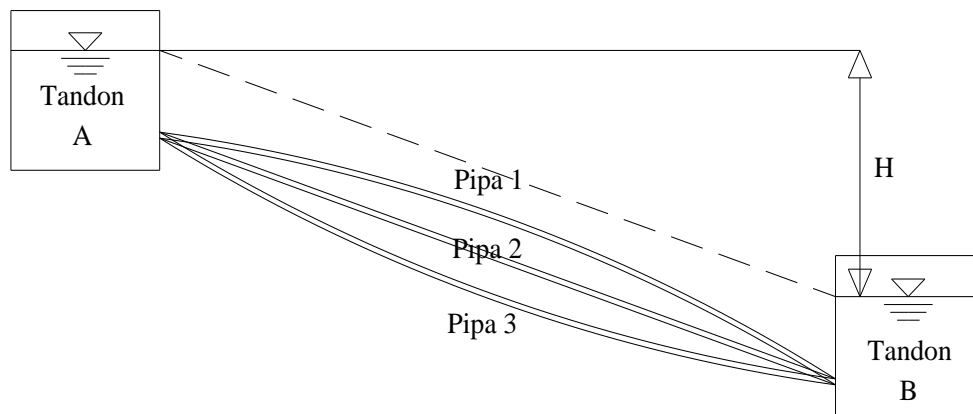
dengan :

Q = total debit pada pipa yang terpasang secara paralel (m^3/det)

Q_1, Q_2, Q_3 = debit pada tiap pipa (m^3/det)

H = total kehilangan tekan pada pipa yang terpasang secara paralel (m)

H_{f1}, H_{f2}, H_{f3} = kehilangan tekan pada tiap pipa (m)



Gambar 2.8 Hubungan Pipa Paralel
Sumber : Triatmodjo (2003 : 79)

2.2.11 Simulasi Aliran pada Sistem Jaringan Distribusi

Dalam kajian ini hanya dibahas analisa tekanan dan aliran di sistem jaringan distribusi pada kondisi tidak permanen.

A. Kondisi Permanen

Analisa pada kondisi permanen akan mengevaluasi kondisi aliran, tekanan dan kapasitas dari komponen sistem distribusi air bersih termasuk sistem pipa, penampungan dan sistem pompa pada corak permintaan tunggal. Simulasi ini dilakukan pada saat kondisi kritis pada harian maksimum, jam puncak, kebutuhan puncak dan pengisian tampungan sehingga memberikan suatu informasi dari kondisi jaringan pada waktu yang diberikan.

B. Kondisi tidak Permanen

Analisa pada kondisi tidak permanen akan mengevaluasi kondisi aliran, tekanan dan kapasitas dari komponen sistem distribusi air bersih termasuk sistem pipa, penampungan dan sistem pompa pada corak rangkaian permintaan serial dengan permintaan sistem berubah-ubah. Dalam simulasi ini terdapat beberapa parameter yang digunakan seperti : karakteristik tandon, kontrol operasi, pompa, durasi dan nilai tahap waktu, rasio dan faktor beban (*loading factor*). Beberapa kriteria dan asumsi yang digunakan yaitu : simulasi didasarkan pada perhitungan fluktuasi beban titik simpul sebagai akibat corak perubahan permintaan yang dilakukan pada kondisi normal dimana variasi kebutuhan titik simpul disebabkan oleh fluktuasi kebutuhan pelanggan tiap jam dengan durasi 24 jam.

2.2.12 Perencanaan Teknik Unit Distribusi

Dalam perencanaan jaringan distribusi, air yang dihasilkan dari instalasi pengelolaan air dapat ditampung dalam *reservoir* yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan antara produksi dengan kebutuhan, sebagai penyimpan kebutuhan air dalam kondisi darurat dan sebagai penyediaan kebutuhan air untuk keperluan instalasi. *Reservoir* dibangun dalam bentuk *reservoir* tanah yang umumnya untuk menampung produksi air dari sistem instalasi pengelolaan air, atau dalam bentuk menara air yang umumnya untuk mengantisipasi kebutuhan puncak pada daerah distribusi.

Ketentuan – ketentuan yang harus dipenuhi dalam perencanaan denah (*lay-out*) sistem distribusi adalah sebagai berikut :

- a) Denah (*lay-out*) sistem distribusi ditentukan berdasarkan keadaan topografi wilayah pelayanan dan lokasi instalasi pengelolaan air.
- b) Tipe sistem distribusi ditentukan berdasarkan keadaan topografi wilayah pelayanan
- c) Jika keadaan topografi tidak memungkinkan untuk sistem grafitasi seluruhnya, diusulkan kombinasi sistem grafitasi dan pompa. Jika semua wilayah pelayanan relatif datar, maka dapat digunakan sistem pemompaan langsung, kombinasi

dengan menggunakan menara air, atau penambahan pompa penguat (*Booster pump*).

- d) Jika terdapat perbedaan elevasi wilayah pelayanan terlalu besar atau lebih dari 40 m, wilayah pelayanan dibagi menjadi beberapa zona sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan tekanan minimum. Untuk mengatasi tekanan yang berlebihan dapat digunakan katup pelepas tekan (*Pressure Reducing Valve*). Untuk mengatasi kekurangan tekanan dapat digunakan pompa penguat.

Tabel 2.4 Kriteria Pipa Distribusi

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 b) Kecepatan Maksimum - Pipa PVC atau ACP - Pipa Baja atau DICP	V min V max V max	0,3 - 0,6 m/det 3,0 - 4,5 m/det 6,0 m/det
4	Tekanan air dalam pipa a) Tekanan Minimum b) Tekanan Maksimum - Pipa PVC atau ACP - Pipa Baja atau DICP - Pipa PE 100 - Pipa PE 80	h min h max h max h max h max	(0,5 - 1,0) atm, pada titik jangkauan pelayanan terjauh 6 - 8 atm 10 atm 12,4 Mpa 9,0 Mpa

Sumber : Peraturan Menteri PU No : 18/PRT/M/2007 (2007:55)

2.2.13 Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air bersih dengan Aplikasi Software

Analisis sistem jaringan distribusi air bersih merupakan suatu perencanaan yang rumit. Penyebab utama rumitnya analisis dikarenakan banyaknya jumlah proses *trial and error* yang harus dilakukan pada seluruh komponen yang ada pada sistem jaringan distribusi air bersih jaringan tersebut.

Pada saat ini program-program komputer di bidang perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih sudah demikian berkembang dan maju sehingga kerumitan dalam perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih dapat diatasi dengan menggunakan program tersebut. Proses *trial and error* dapat dilakukan

dalam waktu singkat dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil karena programlah yang akan menganalisisnya.

Beberapa program komputer di bidang rekayasa dan perencanaan sistim jaringan distribusi air bersih diantaranya adalah program *LOOPS*, *WADISO*, *EPANET 1.1*, *EPANET 2.0*, *WaterCAD*, dan *WaterNet*. Dalam studi ini digunakan program *WaterCAD v.8 XM Edition* karena program ini tergolong menganalisis sistem jaringan distribusi air bersih.

2.2.14 Tahapan-tahapan dalam Penggunaan Program WaterCAD v8 XM Edition

Program *WaterCAD v.8XM Edition* merupakan produksi dari *Bentley* dengan jumlah pipa yang mampu dianalisis yaitu lebih dari 250 buah pipa sesuai pemesanan spesifikasi program *WaterCAD v.8XM Edition* pada *Bentley*. Program ini dapat bekerja pada sistim *Windows 95*, *98* dan *2000* serta *Windows NT 4.0*. Program ini memiliki tampilan *interface* yang memudahkan pengguna untuk menyelesaikan lingkup perencanaan dan pengoptimalisasian sistim jaringan distribusi air bersih, seperti:

- menganalisis sistim jaringan distribusi air pada satu kondisi waktu (kondisi permanen).
- menganalisis tahapan-tahapan atau periodisasi simulasi pada sistim 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 sistim jaringan distribusi air bersih.
- menghitung konstruksi biaya dari sistim jaringan distribusi air bersih yang dibuat.

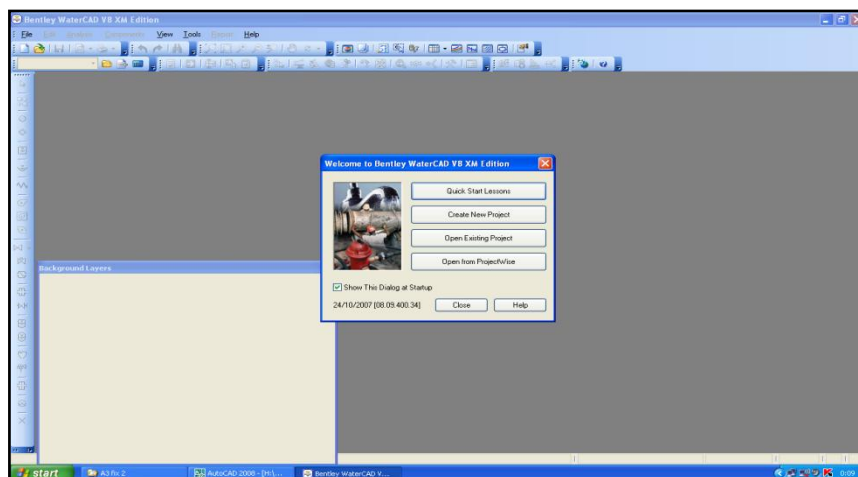
Adapun kelebihan program *WaterCAD v8XM Edition* dibandingkan dengan program lain adalah:

- Mendukung *GIS database connection* (Sistim Informasi Geografis) pada program *ArcView*, *ArcCAD*, *MapInfo* dan *AutoCAD* yang memudahkan untuk penggabungan model hidrolik *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* sehingga dapat mengubah *file* jaringan pipa program tersebut ke dalam bentuk *fileWaterCAD (.wtg)*

2.2.15. Tahapan-tahapan dalam Penggunaan Program *WaterCAD v8XM Edition*

A. Welcome Dialog

Pada setiap pembukaan awal program *WaterCAD v.8XM Edition*, akan diperlihatkan sebuah *dialog box* yang disebut *Welcome Dialog*. Kotak tersebut memuat *Quick Start Lesson*, *Create New Project*, *Open Existing Project* serta *Open from Project Wise* seperti terlihat pada gambar di bawah. Melalui *Welcome Dialog* ini pengguna dapat langsung mengakses ke bagian lain untuk menjalankan program ini.



Gambar 2.9 Tampilan *Welcome Dialog* Pada *WaterCAD v8XM Edition*
Sumber : *Bentley Program WaterCAD v.8 XM Edition*

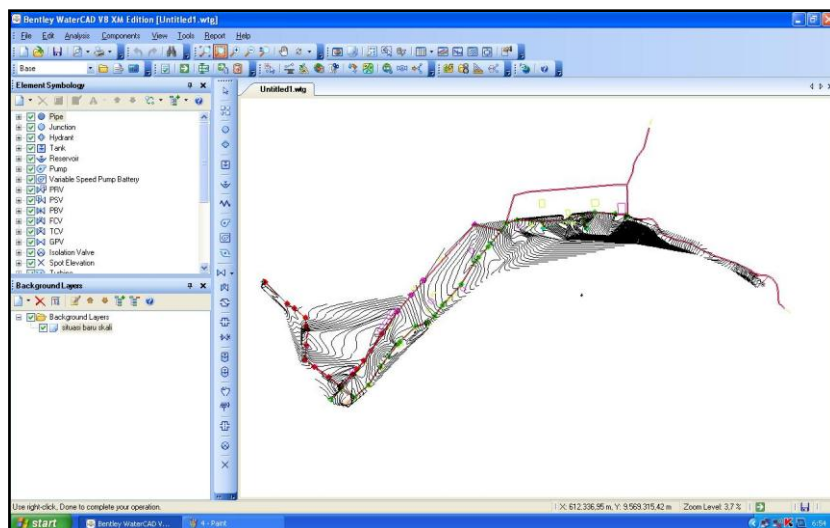
Quick Start Lesson, digunakan untuk mempelajari program dengan melihat contoh jaringan yang telah disediakan. *WaterCAD v.8XM Edition* akan menuntun

kita memahami cara menggunakan program ini. Untuk membuka *Quick Start Leason* dilakukan dengan cara klik 2 kali kotak *Quick Start Leason*. Dan *Create New Project* digunakan untuk membuat lembar kerja baru.

B. Pembuatan Lembar Kerja

Pembuatan lembar kerja baru atau *Create New Project* pada program *WaterCAD v8XM Edition* ini dapat dilakukan dengan cara klik 2 kali *Create New Project* pada *Welcome Dialog*. Setelah masuk ke dalam lembar kerja baru tampilkan *Background Layers* dengan cara mengklik kanan *Background Layers – New – File* dan pilih file *DXF*. Setelah file dxf terpilih masuk dalam *DXF Properties* dan unit diganti dalam m (meter). Setelah itu klik OK dan *Zoom Extents*.

Setelah *Background Layers* muncul dalam tampilan maka perencanaan atau penggambaran jaringan bisa dilakukan.



Gambar 2.10 Tampilan *Background Layers* Pada *WaterCAD v.8XM Edition*
Sumber : *Bentley Program WaterCAD v.8 XM Edition*

Setelah penggambaran jaringan dilakukan adalah pengisian data-data teknis dan pemodelan komponen-komponen sistim jaringan distribusi air bersih yang akan dipakai dalam penggambaran yang memudahkan untuk pengecekan.

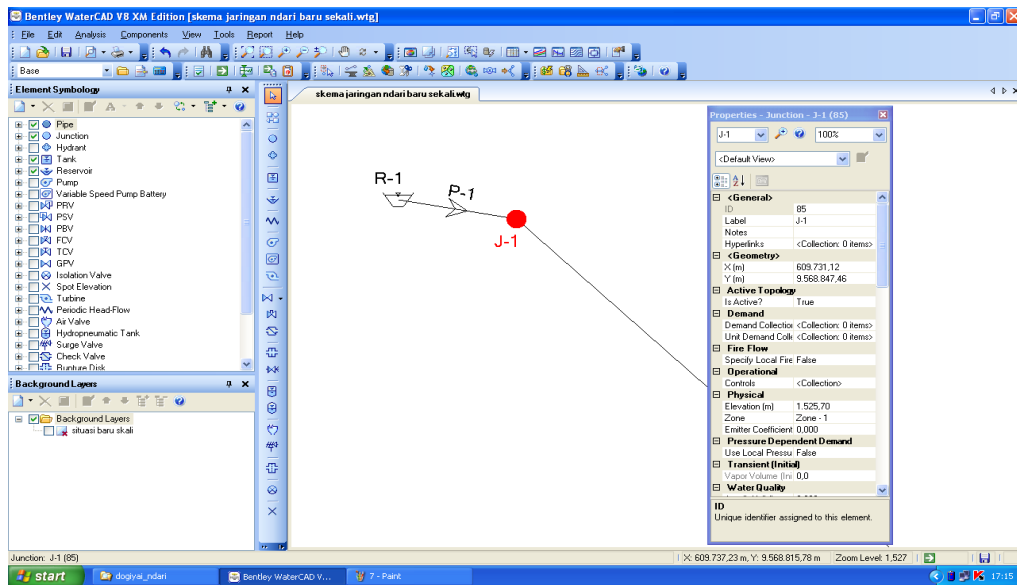
Komponen tersebut terdiri dari *reservoir*, pipa, titik simpul (*junction*), tandon, dan lain-lain

C. Pemodelan Komponen-Komponen Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

Dalam *WaterCADv.8XM Edition*, komponen-komponen sistem jaringan distribusi air bersih seperti titik reservoir, pipa, titik simpul (*junction*), tandon tersebut dimodelkan sedemikian rupa sehingga mendekati kinerja komponen tersebut di lapangan. Untuk keperluan pemodelan, *WaterCADv.8XM Edition* 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 bersih dengan benar, perancang harus mengetahui cara memodelkan komponen tersebut dalam *WaterCADv.8XM Edition*. Adapun jenis-jenis pemodelan komponen sistem jaringan distribusi air bersih dalam *WaterCADv.8XM Edition* adalah sebagai berikut:

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

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



Gambar 2.11 Tampilan Pengisian Data Teknis Junction Pada *WaterCAD v 8XM Edition*

Sumber : *Bentley Program WaterCAD v.8 XM Edition*

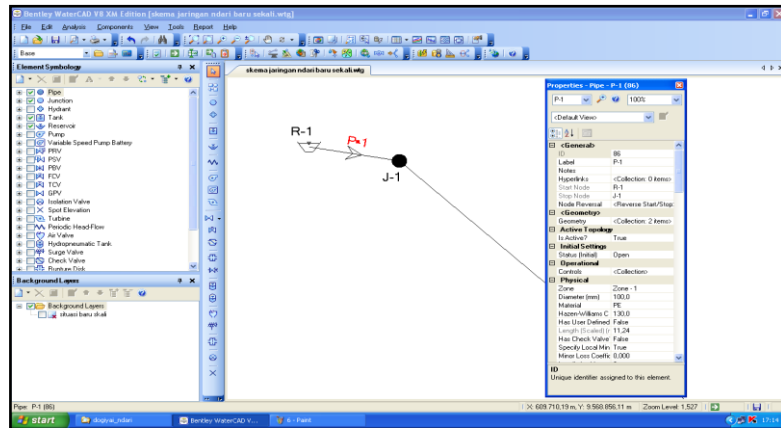
2. Pemodelan kebutuhan air bersih

Kebutuhan air bersih 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 v.8XM Edition* 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.

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 v.8XM Edition* 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. Apabila diatur secara skalatis, maka ukuran panjang pipa secara otomatis berubah sesuai dengan perbandingan skala

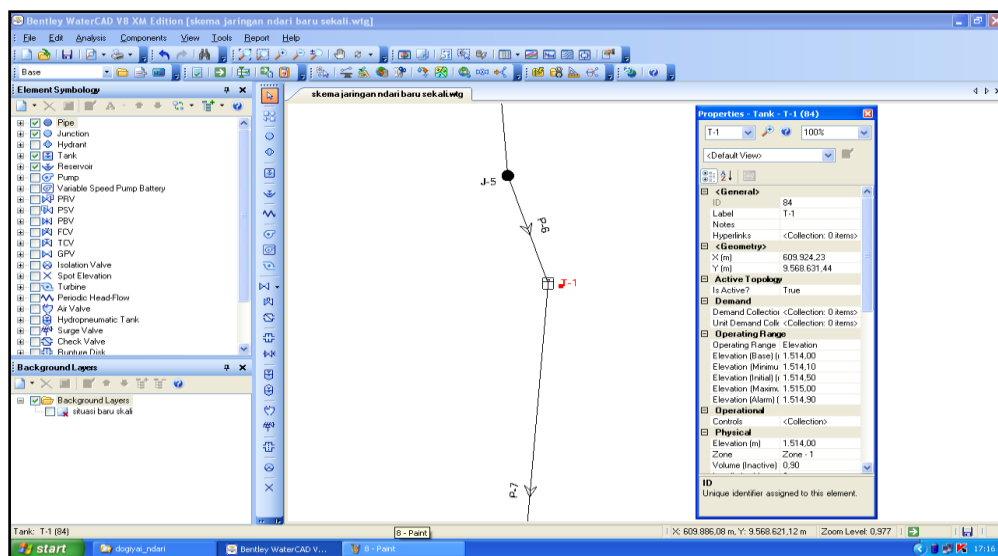
ukuran yang dipakai. Sedangkan dalam pengaturan skematis, panjang pipa dapat diatur tanpa memperhatikan panjang pipa di layar komputer.



Gambar 2.12 Tampilan Pengisian Data Teknis Pipa Pada *WaterCAD v.8 XM Edition*
 Sumber : *Bentley Program WaterCAD v.8 XM Edition*

4. Pemodelan tandon

Untuk pemodelan tandon diperlukan beberapa data yaitu ukuran bentuk dan elevasi tandon. Data elevasi yang dibutuhkan oleh tandon meliputi tiga macam yaitu elevasi maksimum, elevasi minimum dan elevasi awal kerja (*initial elevation*) dimana elevasi awal kerja harus berada pada kisaran elevasi minimum dan elevasi maksimum.

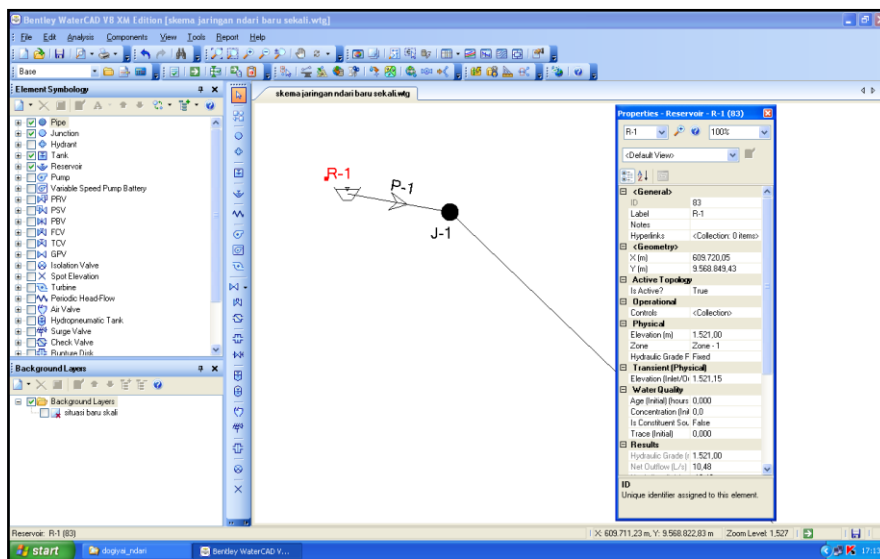


Gambar 2.13 Tampilan Pengisian Data Teknis Tandon Pada *WaterCAD v 8XM Edition*

Sumber : *Bentley Program WaterCAD v.8 XM Edition*

5. Pemodelan mata air

Pada program *WaterCAD v.8XM Edition*, *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.

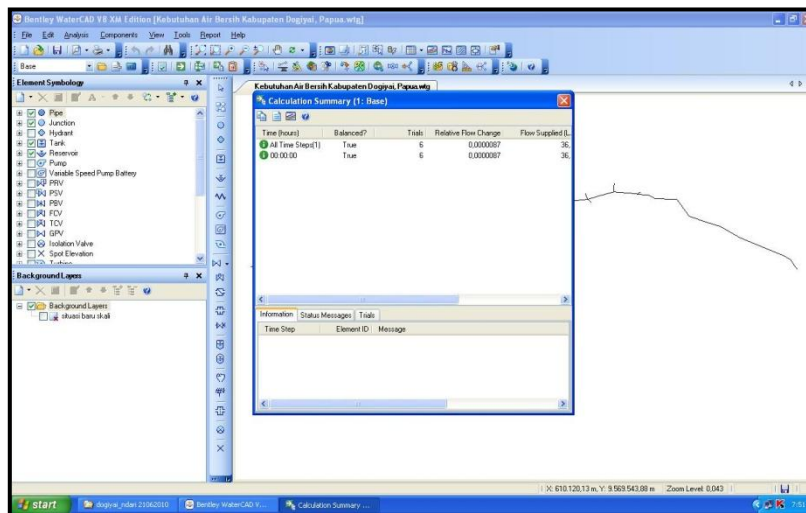


Gambar 2.14 Tampilan Pengisian Data Teknis Reservoir Pada *WaterCAD v 8XM Edition*

Sumber : *Bentley Program WaterCAD v.8 XM Edition*

D. Perhitungan dan Analisis Sistem Jaringan Distribusi Air bersih

Setelah jaringan tergambar dan semua komponen tertata sesuai dengan yang diinginkan, maka untuk menganalisis sistem jaringan tersebut dilakukanlah *running (calculate)*.



Gambar 2.15 Tampilan Hasil *Running (Calculate)* pada WaterCAD v 8XM Edition
 Sumber : Bentley Program WaterCAD v.8 XM Edition

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Pengadaan Data

Pengadaan data adalah hasil pengumpulan data dengan menyelidiki benda-benda tertulis seperti buku, majalah, dokumen, peraturan-peraturan, notulen rapat, catatan harian dan sebagainya.

1. Data Sekunder

Data sekunder adalah data-data yang diperoleh dari instansi-instansi terkait penelitian ini. Pengumpulan data yang dimaksud adalah menghimpun data-data sekunder yang meliputi data-data dan informasi sebagai berikut:

- a. Data kependudukan dan sosial ekonomi.
- b. Data sumber air baku yang akan digunakan meliputi kualitas, kuantitas, dan kontinuitas, serta pemanfaatan saat ini.
- c. Peta lokasi air baku dan lokasi penempatan sistem penyediaan air bersih rencana.
- d. Peta topografi lokasi sekitar sistem penyediaan air bersih rencana.
- e. Data curah hujan.

2. Data Primer

Data primer yang diambil meliputi data mengenai keadaan sosial masyarakat dan data kondisi lapangan melalui pendokumentasian. Dengan adanya analisa mengenai keadaan sosial masyarakat ini dapat dilihat kemampuan serta kemauan masyarakat untuk menunjang perancangan sistem penyediaan air bersih.

3.2. Metode Analisis

Analisis data adalah upaya atau cara untuk mengolah data menjadi informasi sehingga karakteristik data tersebut bisa dipahami dan bermanfaat untuk solusi permasalahan, terutama masalah yang berkaitan dengan penelitian. Atau definisi lain dari analisis data yaitu kegiatan yang dilakukan untuk menubah data

hasil dari penelitian menjadi informasi yang nantinya bisa di pergunakan dalam mengambil kesimpulan.

Adapun tujuan dari analisis data ialah untuk mendeskripsikan data sehingga bisa di pahami, lalu untuk membuat kesimpulan atau menarik kesimpulan mengenai karakteristik populasi berdasarkan data yang didapatkan dari sampel, biasanya ini dibuat berdasarkan pendugaan dan pengujian hipotesis.

1. Analisis Daerah Pelayanan

Analisis daerah layanan meliputi analisis kondisi Kecamatan Loura, Kabupaten Sumba Barat Daya pada umumnya dan daerah yang perlu penyediaan air baku. Dasar pertimbangan penentuan prioritas daerah perencanaan antara lain:

- a. Menentukan sumber-sumber alternatif potensial
- b. Merencanakan sistem produksi (Instalasi Pengalihan Air atau IPA) untuk mengolah air permukaan yaitu air sungai menjadi air bersih.
- c. Merencanakan secara umum sistem penyediaan air bersih.

2. Analisis Sumber Air Baku

Pemilihan sumber air baku berguna untuk menentukan sumber air baku, bagi sistem penyediaan air bersih rencana. Pemilihan alternatif air baku dilakukan berdasarkan analisis kuantitas atau ketersediaan sumber air baku, sehingga dapat diketahui apakah kuantitas atau ketersediaan air baku masih mencukupi bila diambil untuk keperluan penyediaan air bersih. Dasar dalam perhitungan ketersediaan air baku adalah:

- a. Debit atau volume maksimum dan minimum air baku selama beberapatahun terakhir.
- b. Pemanfaatan sumber air baku.

3.3. Langkah-langkah Studi

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan maka diperlukan suatu langkah pengerjaan secara sistematis. Adapun langkah-langkah pengerjaan studi:

1. Melakukan pengumpulan data-data sekunder berupa data teknis dan data pendukung lainnya yang digunakan dalam analisa sistem jaringan distribusi air bersih.

2. Mengelolah data jumlah penduduk dan jumlah layanan .
3. Menghitung besar kebutuhan air bersih.
4. Melakukan perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih.
5. Menghitung besarnya pembagian beban pada tiap titik simpul.
6. Evaluasi hasil analisis jaringan distribusi air bersih pada kondisi eksisting.
7. Melakukan simulasi pengembangan jaringan distribusi air bersih dengan menggunakan program *WaterCAD v.8XM Edition*.
8. Pembuatan kesimpulan dan saran.

Untuk simulasi sistem jaringan distribusi air bersih pada *WaterCAD v.8XM Edition* diperlukan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Membuka dan memberi nama file baru sistem jaringan distribusi air bersih dalam format *WaterCAD* (xxx.wtg).
2. Mengisi tahap pembuatan file baru dengan cara:
 - a. Memilih Satuan yang digunakan dalam sistem operasi program. Satuan yang disediakan oleh *WaterCAD v.8XM Edition* yaitu Satuan Internasional (SI).
 - b. Memilih rumus kehilangan tinggi tekan. Program *WaterCAD v.8XM Edition* menyediakan beberapa pilihan rumus kehilangan tinggi tekan menggunakan *Hazen-Williams*.
 - c. Penggambaran pipa dapat secara *Schalatic* (sebenarnya sesuai dengan skala).
3. Menggambar sistem jaringan distribusi air bersih dengan memodelkan atau memberi notasikan komponen seperti reservoir, titik simpul, pipa dan katup.
4. Melakukan simulasi sistem jaringan distribusi air bersih serta menganalisa hasil yang diperoleh (*report*) dan apabila hasil yang didapat tidak sesuai maka dapat dilakukan perbaikan pada komponen sistem jaringan distriusi air bersih hingga didapatkan hasil yang sesuai.

Parameter yang diperlukan pada simulasi kondisi tidak permanen pada program *WaterCAD v.8XM Edition* adalah:

1. *Start Time*, waktu yang digunakan untuk memulai melakukan simulasi.

2. *Duration*, sistem akan disimulasikan selama 24 jam.
3. *Hydraulic Time Step*, tahapan waktu untuk simulasi adalah 24 jam dengan interval 1 jam.

Komponen-komponen jaringan distribusi air bersih mempunyai beberapa kata kunci dalam pemrogramannya, yaitu:

1. *Pressure Pipe*, data pipa, nomer titik, titik simpul awal dan akhir, panjang, diameter, koefisien kekasaran serta bahan pipa.
2. *Pressure Junction*, titik simpul, nomer titik, elevasidebit kebutuhan.
3. *Tank*, data tandon, nomer identitas, elevasi dasar, dimensi tandon, elevasi HWL dan LWL.
4. *Reservoir*, data sumber, elevasi, diasumsikan konstan.
5. *Pump*, data pompa, elevasi, tinggi tekan, kapasitas pompa, nomer titik simpul awal dan akhir.
6. *Valve*, data katup, diameter, jenis, koefisien kekasaran, nomer titik simpul awal dan akhir.
7. *Compute*, melakukan proses simulasi.
8. *Report*, hasil dari simulasi, titik simpul, pipa.

Berikut akan disajikan bagan proses simulasi sistem jaringan distribusi air bersih dengan program *WaterCAD v.8 XM Edition*

3.4. Ketersediaan Air di Kecamatan Loura

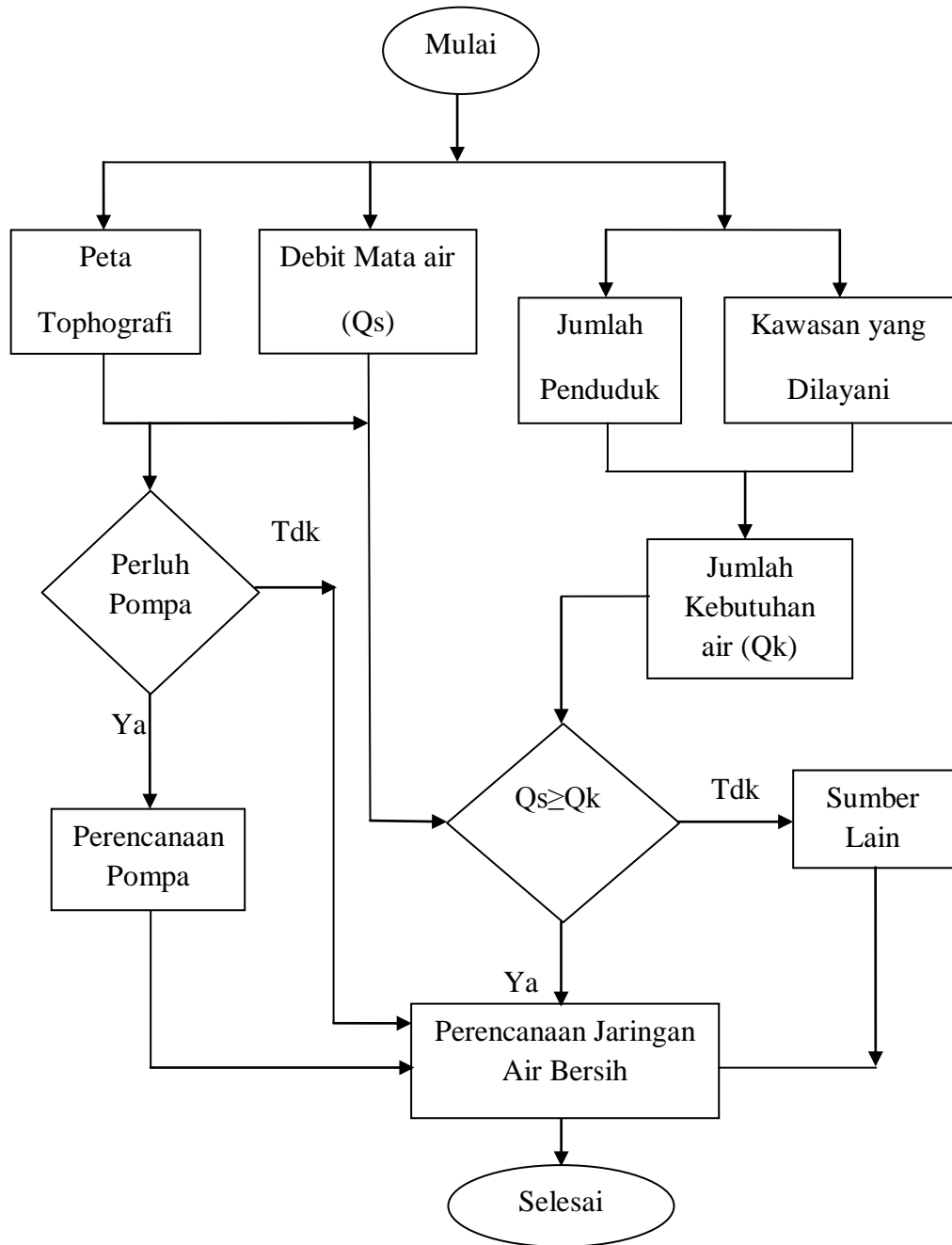
a. Sumber Air Bersih

Sumber – sumber air yang digunakan oleh warga Kec. Loura selama ini untuk melayani kebutuhan sehari – hari masyarakat dalam bercocok tanam, mencuci, mandi, minum dan memberi makan serta minum hewan ternak. Untuk warga Kec. Loura masih mengandalkan empat sumber mata air dengan debit yang ada, untuk Mata Air Lokerede debit 68,8 liter/detik, Mata Air Mataliku debit sebesar 12,10 liter/detik, Mata Air Karuni debit sebesar 2,60 liter/detik, Mata Air Weeloko debit sebesar 1,6 liter/detik.

b. Debit Tandon

Tandon yang digunakan untuk Kecamatan Loura sendiri menggunakan tandon dari sumber Mata Air Lokerede dengan debit sebesar 4,5 liter/detik dengan Volume tandon sebesar 400 m³.

3.5. Diagram Alir



Gambar 3.1 Bagan Alir

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Letak Dan Batas Wilayah

Kecamatan Loura adalah sebuah Kecamatan di Kabupaten Sumba Barat Daya Kota Tambolaka Nusa Tenggara Timur. Kecamatan ini merupakan pintu masuk utama dari dan keluar di Sumba Barat Daya.

Berdasarkan rencana tata ruang wilayah Kecamatan Loura merupakan pusat pengembangan pariwisata dan pendidikan. Luas wilayah Kecamatan Loura sebesar 144,80 km² dengan jumlah penduduk sebesar 17.643 jiwa, serta kepadatan 116 jiwa/km².

Adapun batas administrative dari Kecamatan Loura adalah :

- Sebelah Utara : Selat Sumba
- Sebelah Selatan : Kec. Wewewa Barat dan Wewewa Timur
- Sebelah Barat : Kec. Wewewa Barat
- Sebelah Timur : Kec. Wewewa Utara



Gambar 4.1 Letak Wilayah Studi (Kecamatan Loura)

Sumber : BPS Kabupaten Sumba Barat Daya

4.2 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk merupakan dasar dari analisa kebutuhan air bersih. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah penduduk antara lain metode Geometrik, Aritmatik dan Eksponensial. Pada studi ini sesuai dengan data yang diperoleh bahwa jumlah penduduk Kecamatan Loura pada tahun 2011 - 2020 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kecamatan Loura Tahun 2011-2020

Tahun	Jumlah penduduk	Pertumbuhan penduduk	
		Jiwa	%
2011	4050		
2012	4262	212	5.235
2013	4450	188	4.411
2014	4521	71	1.596
2015	4622	101	2.234
2016	4971	349	7.551
2017	5050	79	1.589
2018	5120	70	1.386
2019	5223	103	2.012
2020	5340	117	2.240
Rerata		143.333	3.139

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.1. Laju Pertumbuhan Penduduk Rata-rata

Laju pertumbuhan Kecamatan Loura dihitung berdasarkan jumlah penduduk yang telah ada dari tahun 2011-2020. Karena pada studi ini dilakukan perencanaan menghitung kebutuhan air yang diperlukan oleh penduduk Kecamatan Loura, maka perhitungan laju penduduk dilakukan meninjau pertumbuhan penduduk Kecamatan Loura yang ada.

Berikut akan disajikan contoh perhitungan laju pertumbuhan penduduk yang terjadi tiap tahun di Kecamatan Loura.

Diketahui :

- Jumlah penduduk tahun 2020 = $P_0 = 5340$ jiwa
- Jumlah penduduk tahun 2021 = $P_n = 6803$ jiwa
- Jangka waktu (n) = 1 tahun
- Laju pertumbuhan penduduk (r) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :
Rumus perhitungan geometri : $P_n = P_0 (1 + r)^n$

$$\text{Sehingga : } r = \frac{\ln\left(\frac{P_n}{P_0}\right)}{1} \times 100\% = \frac{\ln(5340/6803)}{1} \times 100\% = 2.71828\%$$

Dari perhitungan diperoleh nilai $r = 2.71828\%$

Tabel 4.2 Perhitungan Pertumbuhan Penduduk Rata-rata

Tahun	Jumlah penduduk	Pertumbuhan penduduk	
		Jiwa	%
2011	4050		
2012	4262	212	5.235
2013	4450	188	4.411
2014	4521	71	1.596
2015	4622	101	2.234
2016	4971	349	7.551
2017	5050	79	1.589
2018	5120	70	1.386
2019	5223	103	2.012
2020	5340	117	2.240
Rerata		143.333	3.139

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3. Proyeksi Jumlah Penduduk

Pembuatan bangunan sedap guna memenuhi kebutuhan air baku direncanakan mampu melayani kebutuhan air bersih penduduk sampai dengan tahun 2031, sehingga sebagai dasar perencanaan digunakan jumlah penduduk pada tahun 2020.

Untuk memproyeksikan penduduk pada tahun yang akan datang digunakan 3 metode, yaitu : Metode Geometrik, Metode Aritmatik, dan Metode Eksponensial. Seperti yang dijelaskan pada landasan teori. Atas dasar perhitungan laju rata-rata yang terjadi yakni r sebesar 0.03139242% maka dapat dilakukan perhitungan proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Loura sampai tahun yang telah direncanakan.

Diketahui :

- Jangka waktu tahun data (n) = 1
- Jumlah penduduk akhir tahun data (P_0) = 5340
- Angka pertumbuhan penduduk (r) diperoleh sebesar = 2.240 %

4.3.1. Proyeksi Jumlah penduduk Dengan Metode Geometrik

Maka proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2020 dan tahun yang akan datang (P_n) dengan menggunakan rumus metode geometrik adalah :

$$P_n = P_0(1 + r)^n.$$

$$\text{Penyelesaian : } P_n = P_0 (1+r)^n$$

$$P_{2016} = P_{2011} / (1 + 1.313924196)^5 = 5340 / 1.362195219$$

$$= 3920.142961$$

**Tabel 4.3 Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Loura
Dengan Metode Geometrik**

Tahun	Jumlah penduduk Asli	Geometrik
2011	4050	4575
2012	4262	4719
2013	4450	4867
2014	4521	5020
2015	4622	5177
2016	4971	4575
2017	5050	4719
2018	5120	4867
2019	5223	5020
2020	5340	5177
Jumlah	39297	39423

Sumber ;Hasil Perhitungan

4.3.2. Proyeksi Jumlah Penduduk Dengan Metode Aritmatik

Maka proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2021 dan tahun yang akan datang (P_n) dengan menggunakan rumus metode Aritmatik adalah :

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_o (1+r.n) \\
 P_{2016} &= P_{2011} (1 + 0,02376 \times 5) \\
 P_{2016} &= P_{2011} / (1+ 0,02376 \times 5) \\
 &= 18.494 / 1,1188 \\
 &= 7061.406008
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.4 Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Loura
Dengan Metode Aritmatik**

Tahun	Jumlah penduduk asli	Aritmatik
2011	4050	4575
2012	4262	4719
2013	4450	4867
2014	4521	5020
2015	4622	5177
2016	4971	4575
2017	5050	4719
2018	5120	4867
2019	5223	5020
2020	5340	5177
jumlah	39297	48717

Sumber ;Hasil Perhitungan

4.3.3. Proyeksi Jumlah Penduduk Dengan Metode Eksponensial

Maka proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2021 dan tahun yang akan datang (P_n) dengan menggunakan metode Eksponensial adalah :

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_0 \cdot e^{r \cdot n} \\
 P_{2016} &= P_{2011} / (2,71828)^{0,02376 \times 5} \\
 &= 18.494 / 1,1261 \\
 &= 1.522753508
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.5 Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Loura
Dengan Metode Eksponensial**

Tahun	Jumlah penduduk asli	Aritmatik
2011	4050	4616
2012	4262	4744
2013	4450	4880
2014	4521	5025
2015	4622	5177
2016	4971	4616
2017	5050	4744
2018	5120	4880
2019	5223	5025
2020	5340	5177
Jumlah	39297	39525

Sumber ;Hasil Perhitungan

4.4. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk melakukan kesesuaian metode proyeksi jumlah penduduk, maka diproyeksikan terlebih dahulu dari tahun 2011-2031 dengan menggunakan Metode Geometrik, Aritmatik, dan Eksponensial (lihat tabel 4.6). setelah itu baru dilakukan perhitungan koefesien korelasi untuk menentukan metode mana yang dipakai proyeksi tahun-tahun selanjutnya (tahun 2011 - 2031). Hasil perhitungan nilai koefesien korelasi disajikan pada tabel 4.7.

Dari hasil perhitungan koefesien korelasi pada tiga metode tersebut, diperoleh hasil bahwa metode yang dipilih untuk proyeksi jumlah penduduk pada daerah pelayanan Kecamatan Loura hingga tahun 2031 adalah Metode Eksponensial karena metode ini mendekati data perhitungan penduduk sesungguhnya dan memiliki koefesien korelasi tersebut yang mendekati +1.

Tabel 4.6 Proyeksi Jumlah Penduduk Tahun 2011 - 2020

Tahun	Jumlah penduduk asli	Jumlah penduduk (metode)		
		Aritmatik	Geometrik	Ekspensial
2011	4050	4616	4575	4423
2012	4262	4744	4719	4564
2013	4450	4880	4867	4860
2014	4521	5025	5020	5015
2015	4622	5177	5177	5175
2016	4971	4616	4575	4423
2017	5050	4744	4719	4564
2018	5120	4880	4867	4860
2019	5223	5025	5020	5015
2020	5340	5177	5177	5175
jumlah	21905	48884	48717	48075

Sumber ;Hasil Perhitungan

Tabel 4.7 Uji Kesesuaian Proyeksi Jumlah Penduduk

No.	Uji kesesuaian	Metode		
		Geometric	Aritmatik	Ekspensial
1	Standar deviasi	346.244	323.075	426.870
2	Koefisien korelasi	0.9778	0.9785	0.9699

Sumber ;Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan uji kesesuaian metode proyeksi jumlah penduduk menunjukan koefisien korelasi metode aritmatik sebesar **0.9785** sedangkan dengan metode ekspensial **0.9699** dengan metode geometrik **0.9778**. Sehingga metode yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan proyeksi penduduk daerah pelayanan Kecamatan Loura tahun 2011 – 2031 yaitu dengan menggunakan metode Aritmatik karena lebih mendekati angka +1 dibandingkan metode yang lain.

4.5. Analisa Debit

Analisa debit sungai $64.584 \text{ m}^2 / \text{dtk}$, dari hasil tersebut sehingga direncanakan produksi bangunan pengambilan $0.0223 \text{ m}^2 / \text{dtk}$.

4.6. Kajian Kualitas Air

Sebelum memulai merencanakan instalasi pengolahan air, terlebih dahulu harus dianalisis kondisi air yang akan di olah. Untuk keperluan apa dan bahan apa yang terkandung di dalamnya.

Kualitas air baku yang akan di olah nantinya sangat mempengaruhi pemilihan proses pengolahan yang akan dilakukan. Di samping itu juga akan turut menentukan besarnya investasi pada proses pengolahan. Dengan kata lain, bahwa semakin buruk kualitas air baku, maka semakin besar investasi dan semakin mahal pula harga air bersih.

Untuk itu dilakukan serangkaian percobaan dilaboratorium untuk menguji kualitas air baku untuk selanjutnya dibandingkan dengan standar Depkes RI No.416/MENKES/PER/IX/1990 dan berdasarkan data-data tersebut dan hasil pemeriksaan laboratorium tentang kualitas air baku, baik secara fisik, kimia, maupun bakteriologinya dapat di indikasikan bahwa kualitas air permukaan cukup baik, warna tidak keruh, tidak berbau, tidak mengandung besi dan lain-lain.

Hasil dari pengujian sungai yang dilakukan oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I menyatakan kesimpulan dari pengujian dapat memenuhi persyaratan PERMENKES RI No.416/1990.

Tabel 4.8 Hasil Analisa Kualitas Air

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku Mutu	Keterangan
<i>Air Bersih Kecamatan Loura</i>					
1	Temperatur	°C	24.3	3.5 °C	-
2	pH	-	7.0	6.5-9.0	-
3	Kekeruhan	NTU	12.4		-
4	Bau**)	-	Tidak berbau	Tidak berbau	-
5	Rasa **)	-	Tidak berbau	Tidak berbau	-
6	KmNO ₄	Mg/L	0.6	10	-
7	TDS	Mg/L	270.6	1500	-
8	Fluorida	Mg/L	0.521	1.5	-
9	Klorida	Mg/L	6.9	600	-
10	Nitrat (NO ₃ -N)	Mg/L	3.011	10	-
11	Sulfat SO ₄	Mg/L	19.138	400	-
12	Kesadahan total	Mg/L	161.2	500	-
13	Nitrit (NO ₂ N)	Mg/L	0.0030	1	-
14	Deterjen	Mg/L	0.098	0.5	-
15	Sianida	Mg/L	0.001	0.1	-
16	Crom ⁺⁶	Mg/L	<0.004	0.05	-
17	Warna	Pt.CO	1.989	0.005	-
18	Arsen	Mg/L	tt***)	1	-
19	Kadmium	Mg/L	Tt	0.001	MDL = 0.0425
20	Besi	Mg/L	Tt	0.5	MDL = 0.0014
21	Raksa	Mg/L	Tt	0.05	MDL = 0
22	Mangan	Mg/L	Tt	1	MDL = 0.0015
23	Timbal	Mg/L	Tt	0.05	-
24	Selenium	Mg/L	Tt	0.01	MDL = 0.0344
25	Seng	Mg/L	Tt	15	MDL = 0.0013
26	Total Coliform	MPN/100ml	4	10	-

❖ Standar baku mutu sesuai dengan :

Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416/MENKES/IX/1990 tentang syarat-syarat Pengawasan Air Bersih.

❖ ***) = tidak termasuk ruang lingkup akreditasi

❖ **)tt = tidak terdeteksi.

Kesimpulan : Pengujian Lab dapat memenuhi persyaratan Permenkes RI No.416/1990.

4.7. Proyeksi Kebutuhan Air

Dalam studi ini rencana sistem penyediaan air bersih di daerah pelayanan Kecamatan Loura hanya sampai pada pipa utama. Kebutuhan air yang di hitung adalah perhitungan kebutuhan domestik di dasarkan pada jumlah penduduk serta prediksinya sampai tahun perencanaan.

Kebutuhan non domestik dalam hal ini untuk kegiatan masyarakat dalam bidang-bidang usaha komersial, maupun industri. Perhitungannya berdasarkan jumlah serta tingkat kebutuhan air masyarakat untuk usaha tersebut. Untuk tingkat pemakaian air bersih secara umum ditentukan berdasarkan kebutuhan manusia untuk kebutuhan sehari-hari. Menurut Bank Dunia, kebutuhan manusia akan air dimulai dengan kebutuhan untuk air minum sampai pada kebutuhan untuk sanitasi. Kebutuhan air rata-rata untuk Kecamatan Loura direncanakan 100 ltr/org/hari. 10 ltr air minum, 15 ltr air masak, 15 ltr air mandi, 15 untuk cuci pakaian, 15 ltr untuk pembersihan rumah tangga, 15 ltr kebersihan rumah tangga lainnya, 15 ltr kebutuhan untuk sanitasi.

4.8 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Perhitungan kebutuhan air bersih wilayah studi dapat dianalisa sebagai berikut.

1. Parameter yang ditetapkan

Parameter ini merupakan tetapan dan merupakan data untuk dasar perhitungan.

a. Faktor pemakaian:

- kebutuhan harian maksimum = 1,15
- kebutuhan jam puncak = 1,56

b. Tingkat kehilangan air akibat kebocoran sebesar 15%

c. Kebutuhan domestik di daerah pelayanan adalah 100 liter/jiwa/hari. Nilai ini diambil berdasarkan Tabel 2.1 untuk Kota dengan penduduk 1.000.000 jiwa.

d. Kebutuhan non domestik

Pada kebutuhan non domestik tidak adanya sarana yang menjadi pelanggan PDAM Kota Tambolaka.

2. Jumlah penduduk dan tingkat pelayanan. Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2021 adalah 6803
 - a. jiwa penduduk
 - b. Tingkat pelayanan 100%
Persentase ini didasarkan pada kemampuan debit yang tersedia.
 - c. Jumlah penduduk berdasarkan tingkat pelayanan
 $= 100\% \times 6803 = 7615$ jiwa penduduk
3. Kebutuhan air bersih
 - a. Kebutuhan domestik
 $= \text{jumlah penduduk terlayani} \times \text{kebutuhan air bersih daerah layanan}$

$$= \frac{7615 \times 100}{86400}$$

$$= 1,322 \text{ lt/det}$$
 - b. Kebutuhan non domestik
 $= 15\% \times \text{kebutuhan domestik}$
 $= 0,15 \times 10,592$
 $= 1,589 \text{ lt/det}$
 - c. Kehilangan air akibat kebocoran
 $= 15\% \times (\text{kebutuhan domestik} + \text{kebutuhan non domestik})$
 $= 0,15 \times (10,592 + 1,589)$
 $= 14,008 \text{ lt/det}$
 - d. Kebutuhan air rata-rata (dengan kebocoran 15%)
 $= \text{kebutuhan domestik} + \text{kebutuhan non domestik} + \text{kehilangan air akibat kebocoran}$
 $= 10,592 + 1,589 + 14,008$
 $= 16,110 \text{ lt/det}$
 - e. Kebutuhan harian maksimum
 $= \text{kebutuhan air rata-rata} \times 1,15$

$$= 41,763 \times 1,15$$

$$= 48,027 \text{ lt/det}$$

f. Kebutuhan jam puncak

$$= \text{kebutuhan air rata-rata} \times 1,56$$

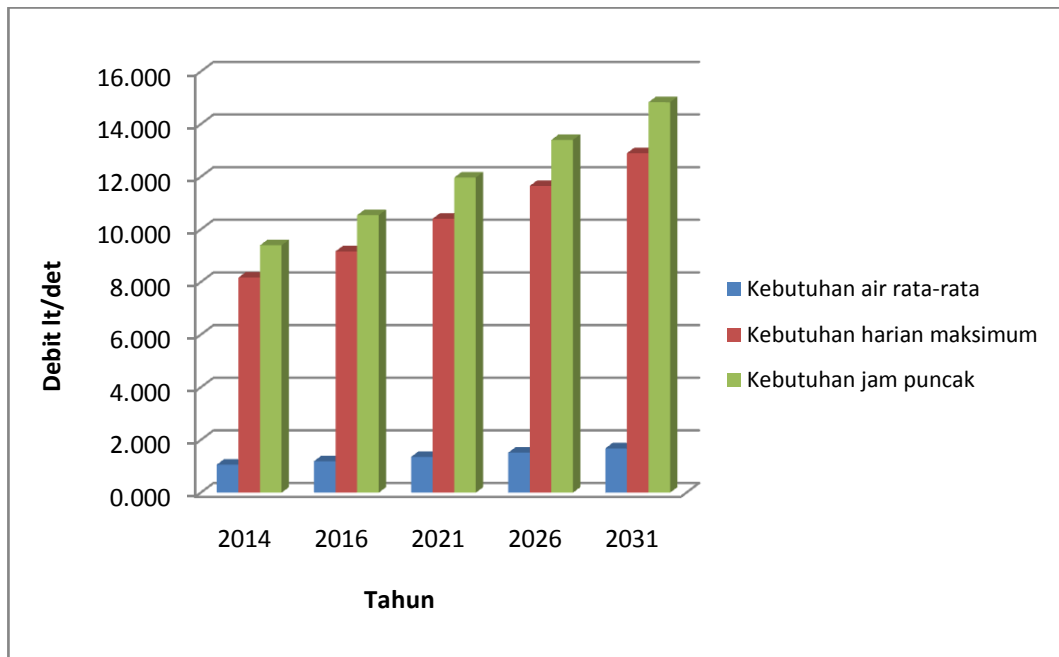
$$= 48,027 \times 1,56$$

$$= 26.22 \text{ lt/det}$$

Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan air bersih akan tersajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.9. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Tiap 20 Tahun

No	Uraian	Satuan	Tahun				
			2014	2016	2021	2026	2031
1	Jumlah penduduk	jiwa	5340	5990	6803	7615	8428
2	Jumlah jiwa/rumah	jiwa	5	5	5	5	5
3	Tingkat pelayanan	%	100	100	100	100	100
4	Jumlah penduduk berdasarkan tingkat pelayanan	jiwa	5340	5990	6803	7615	8428
5	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/jiwa/hari	100	100	100	100	100
6	Kebutuhan air domestik	lt/dtk	6.181	6.933	7.874	8.814	9.755
7	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan domestik)	lt/dtk	0.927	1.040	1.181	1.322	1.463
8	Kebutuhan total (domestik + non domestik x 15%)	lt/dtk	1.066	1.196	1.358	1.520	1.683
9	Kebutuhan air bersih rata-rata (dengan kebocoran 15%)	lt/dtk	8.174	9.169	10.413	11.657	12.901
10	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air baku	lt/dtk	9.400	10.544	11.975	13.405	14.836
11	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air baku	lt/dtk	12.751	14.304	16.244	18.185	20.125



Gambar 4.2 Grafik Kebutuhan Air Bersih pada tahun 2014 - 2031

Sumber: Hasil perhitungan

Untuk proyeksi hingga tahun 2031 dengan menggunakan rumus yang sama seperti langkah-langkah di atas.

4.9. Analisa Hidrolika Dalam Sistem Jaringan Pipa Kondisi Eksisting

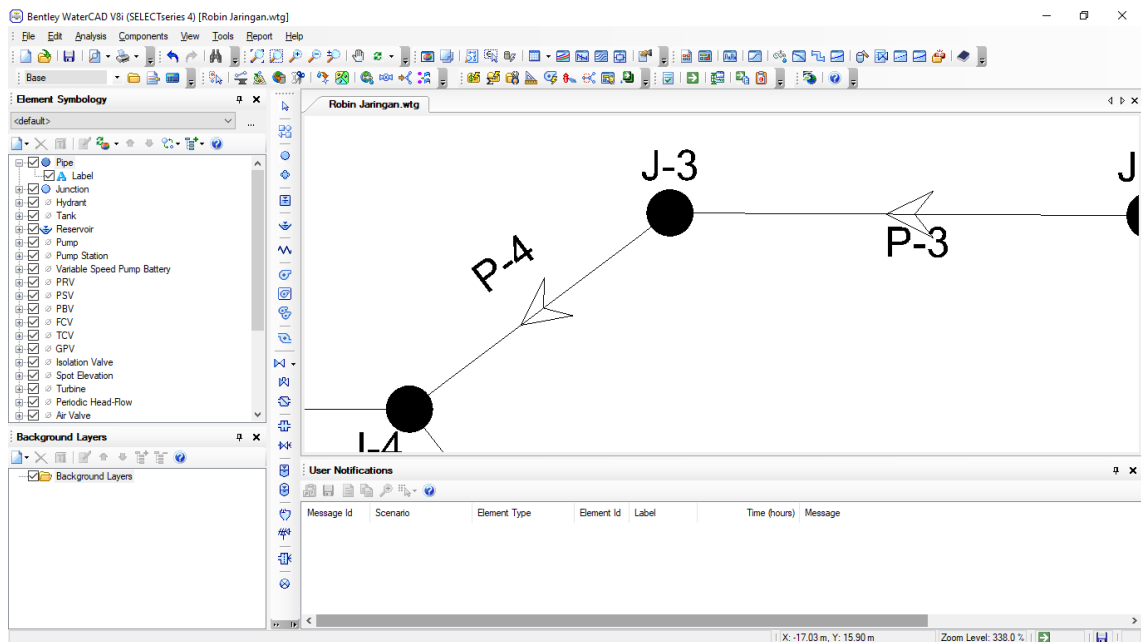
Analisis hidrolika dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran didalam pipa, tetapi sebagai contoh perhitungan maka hanya salah satu pipa saja yang digunakan yaitu pipa pada area perencanaan.

4.10. Kehilangan Tekanan (*Head Losses*)

Secara umum didalam suatu instalasi jaringan pipa dikenal dua macam kehilangan energi yaitu :

4.10.1. Kehilangan tinggi tekan mayor

Kehilangan tinggi tekan pada pipa akibat gesekan (*major losses*), dapat dihitung dengan persamaan (2-15) dan (2-16). Pada studi ini didesain menggunakan perencanaan sesuai dengan data berikut.yang menggunakan contoh perhitungan pada pipa 2.



Gambar 4.3 Tampilan Jaringan Pipa 3

Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*

- Debit (Q) = $0,45 \text{ m}^3/\text{det}$
- Panjang pipa (L) = 34m
- Koefisien kekasaran pipa (Chw) = 150 (pipa PVC)
- Diameter pipa (D) = 130 m

Dari data tersebut sehingga didapatkan,

$$k = \frac{10,67 \cdot L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

$$k = \frac{10,67 \cdot (34)}{150^{1,85} \cdot 0,150^{4,87}}$$

$$k = \mathbf{3.322300}$$

sehingga dari nilai tersebut, dengan menggunakan persamaan (2-28) didapatkan kehilangan tinggi tekan mayor sebagai berikut.

- $h_f = k \cdot Q^{1,85}$

$$h_f = (3.322300) \cdot 0,005^{1,85}$$

$$h_f = 99.98\text{m}$$

4.10.2. Kehilangan tinggi tekan minor

Dalam menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan minor dapat menggunakan persamaan (2-30) sebagai berikut.

$$h_{Lm} = k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Pada studi ini kehilangan tinggi tekan minor disebabkan oleh 3 (tiga) faktor, yaitu: pada *inlet*, belokan, dan pada *outlet*. Direncanakan menggunakan pipa sesuai dengan data perencanaan sebagai berikut.

- Debit (Q) 0,45 m³/det
- Diameter pipa (D) = 0,130 m

Koefisien kehilangan tinggi tekan minor disesuaikan dengan bentuk pipa

- $A = \frac{1}{4}(3,14 \times 0,130^2)$

$$A = 0,017 \text{ m}^2$$

- $v = \frac{0,005}{2,025}$

$$v = 0,2 \text{ m/det}$$

Sehingga dengan g sebesar 9,81 m/det² didapatkan:

- a. pipa *inlet*, dengan k = 0,05 (*bell mounth*)

$$h_{Lm} = 0,5 \times \left(\frac{89,5814^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$h_{lm} = \mathbf{155.2447232 \text{ m}}$$

- b. akibat belokan, dengan k = 0,8 (belokan 90⁰)

$$h_{Lm} = 0,35 \times \left(\frac{89,5814^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$h_{lm} = \mathbf{7451.746714 \text{ m}}$$

- c. pipa *outlet*, k = 1 (ujung keluar pipa)

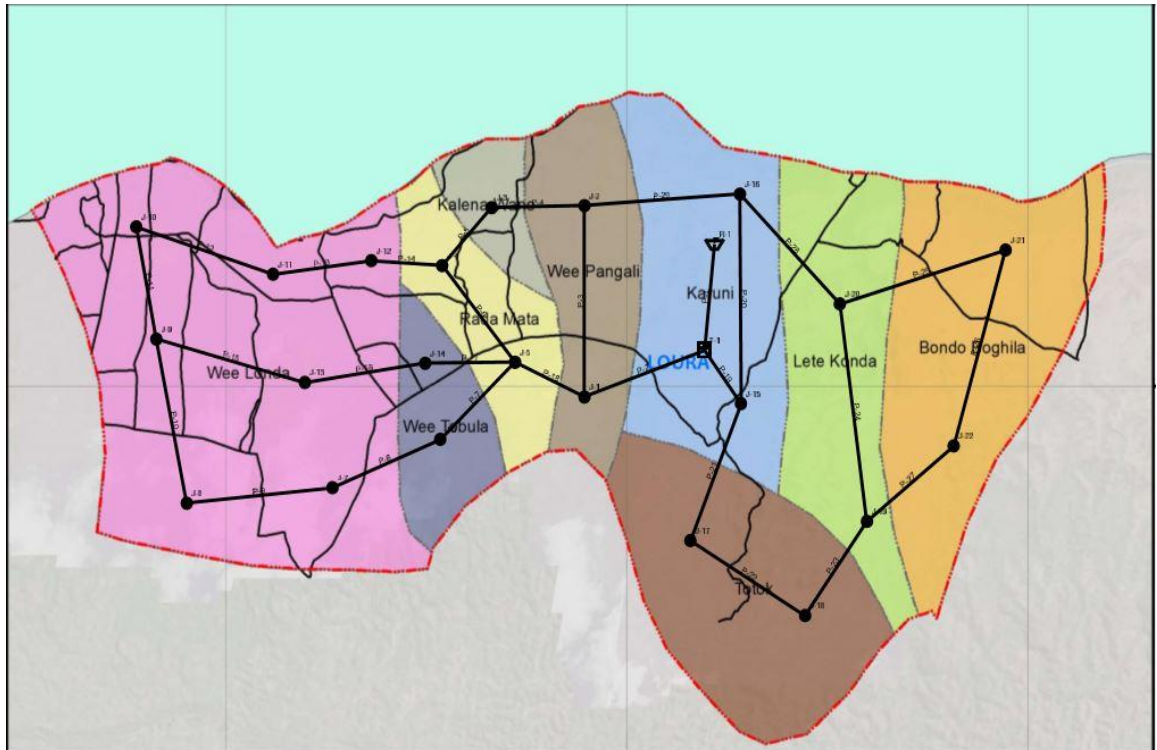
$$h_{Lm} = 1 \times \left(\frac{89,5814^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$h_{lm} = \mathbf{3104.894464 \text{ m}}$$

Didapatkan total kehilangan tinggi tekan (*minor losses*) sebesar **10711.8859 m**.

4.10.3 Peta Jaringan Pipa Perencanaan

Pada peta jaringan perencanaan distribusi air bersih untuk titik simpulnya diperoleh 27 titik simpul (*Junction*).



Gambar 4.4 Peta Jaringan Perencanaan Distribusi Air Bersih

4.10.4 Simulasi Jaringan Perpipaan

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 tandon, pipa dan *junction*. Pengaliran air distribusi dari tandon ke daerah layanan (*junction*) dilakukan secara gravitasi. 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.

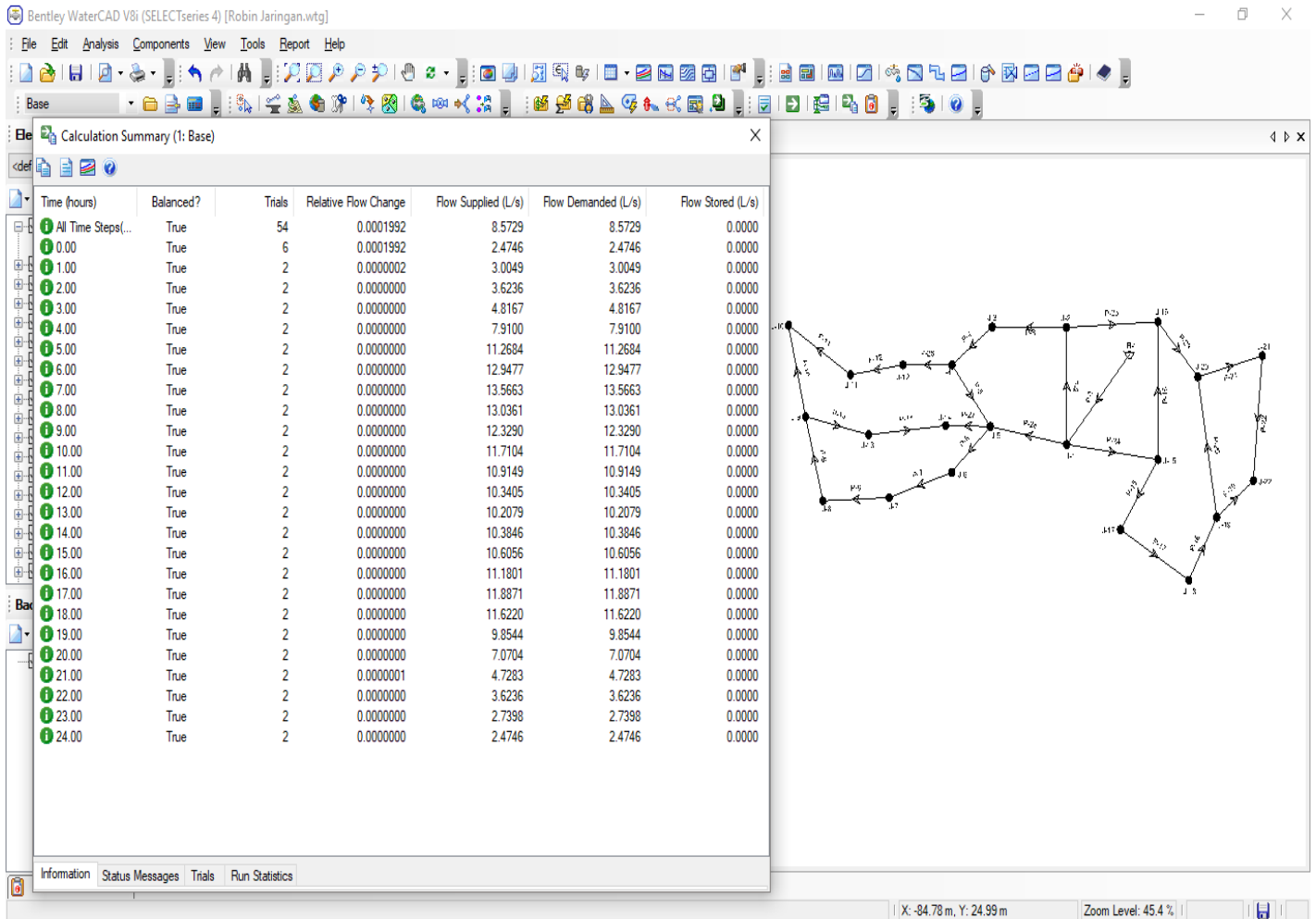
Pada Gambar 4.4 merupakan skema jaringan perpipaan pada kondisi eksisting. Dan pada jaringan perpipaan tersebut dapat dikatakan memenuhi syarat jika memenuhi kondisi berikut.

- Tekanan sisa di tiap-tiap titik simpul (*junction*) minimum 1-8 atm.
- Kecepatan dalam pipa yang ideal 0,3 – 4,5 m/det.
- Kemiringan garis hidrolis (*headloss gradient*) tidak lebih dari 15 m/km.

1. Hasil simulasi pada pipa

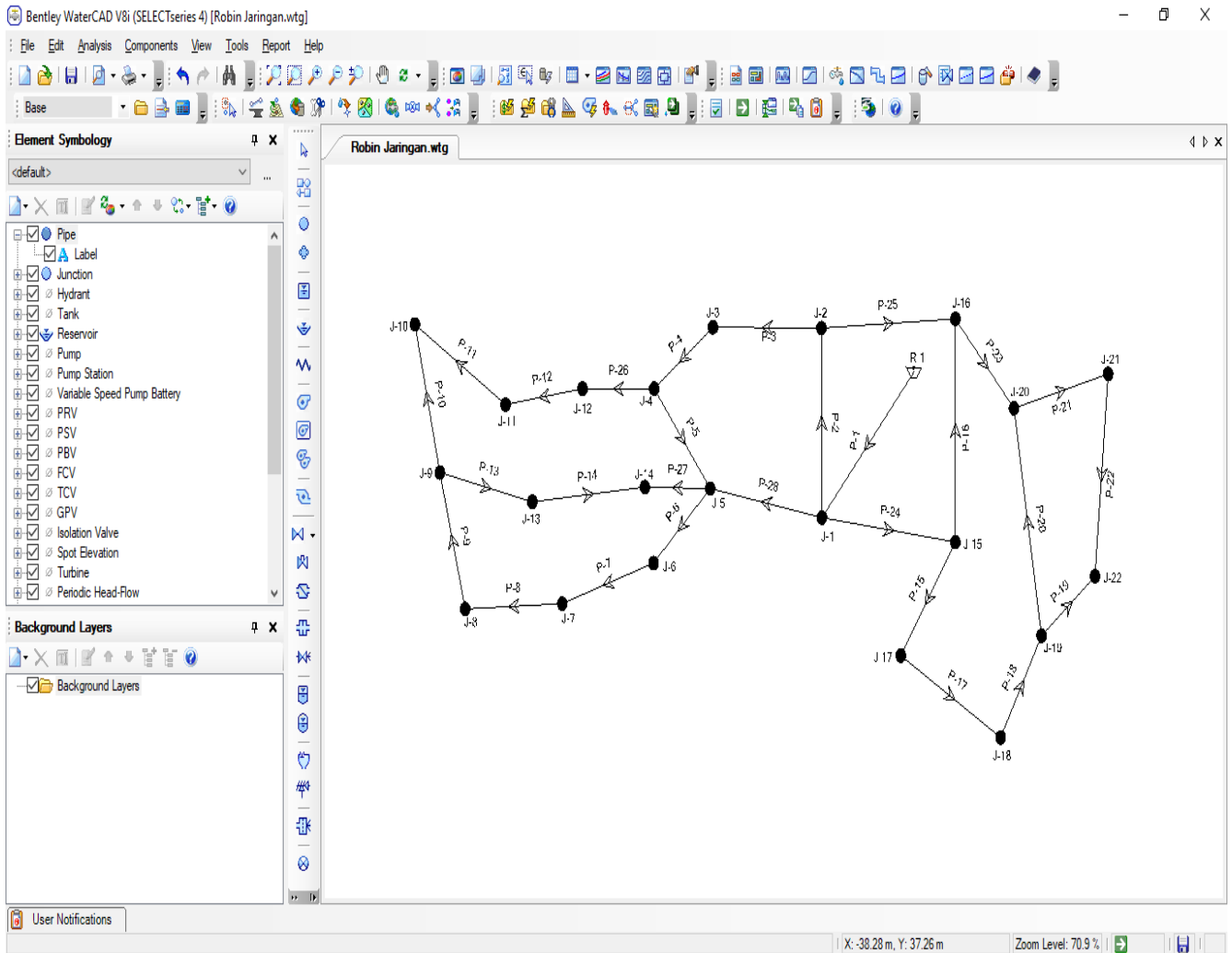
Diameter pipa Eksisting menyesuaikan dengan data yang tersedia. Berikut merupakan perencanaan jenis pipa dan diameternya.

- Menggunakan pipa PVC untuk jaringan distribusi
- Diameter pipa PVC pada saluran primer adalah 16 – 7 Dim.
- Diameter pipa untuk saluran sekunder 4 – 6 Dim
- Diameter pipa yang digunakan hanya untuk memenuhi kebutuhan dari yang direncanakan, sifatnya bisa berubah tergantung kondisi di lapangan.



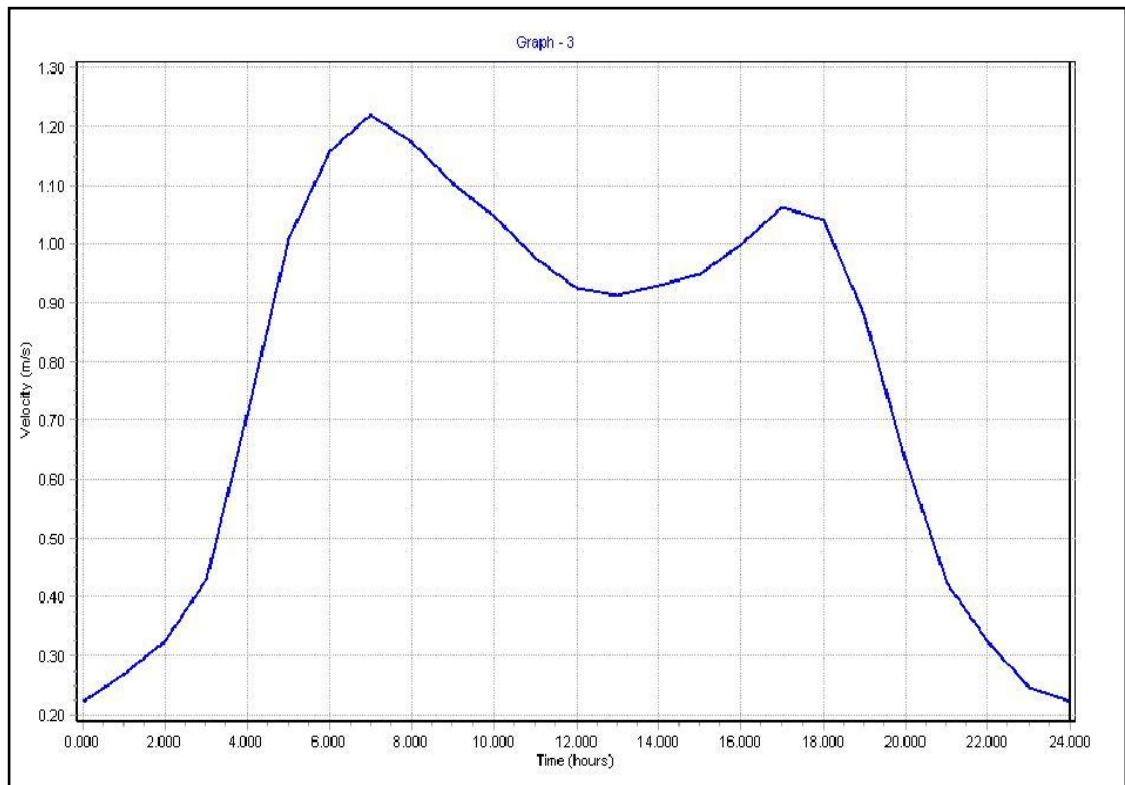
Gambar 4.5 Hasil *Running* Skema Jaringan Perpipaan

Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*



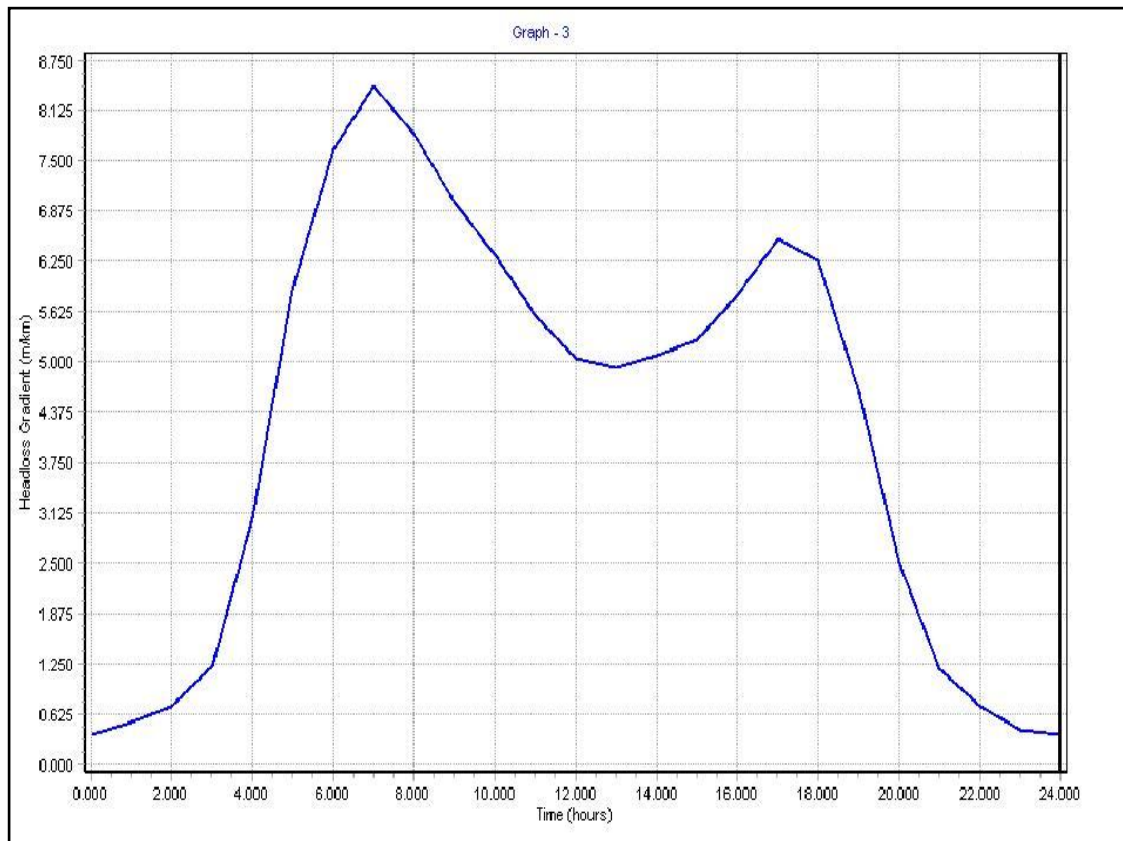
Gambar 4.6 Pipa 2 Pada Skema Jaringan Perpipaan

Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*



Gambar 4.7 Grafik Kecepatan Pada Pipa 3

Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*



Gambar 4.8 Grafik *Headloss Gradient* Pada Pipa 3

Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *waterCAD v.8XM Edition* pada kondisi tersebut dapat disimpulkan berikut.

- Kecepatan yang terjadi pada simulasi jaringan perpipaan berkisar antara 0,28 m/detik sampai dengan 1,87 m/det. Kecepatan tertinggi terjadi pada pukul 06.00 WIB sebesar 1,87m/det dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 00.00 WIB sebesar 0,28 m/det.
- *Headloss gradient* pada kondisi jam minimum dan jam puncak tetap memenuhi kriteria yang ditentukan, yaitu berada pada level 1,45 m/km (pukul 00.00 WIB) sampai dengan 193,97 m/km (pukul 06.00 WIB).
- Pada pukul 00.00 WIB ada kecepatan pada beberapa pipa yang tidak memenuhi syarat karena kecepatan kurang dari 0,3 m/det. Akan tetapi hal tersebut masih bisa ditoleransi mengingat pada pukul tersebut mayoritas penduduk tidak melakukan aktivitas.

Hasil simulasi pipa kondisi eksisting pada jam minimum (pukul 00.00 WIB) dan jam puncak (pukul 06.00 WIB) dapat diketahui pada tabel berikut.

Label	Panjang pipa (m)	Awal titik simpul	Akhir titik simpul	Diameter (m)	Jenis pipa	Koefisien Hazen Williams	Kecepatan (m/det)	Kontrol ($0,3 \leq V \leq 4,5$)	Kemiringan garis hidrolis (m/km)	Kontrol ($0 \leq hf \leq 15$)
P-1	24.91	R-1	J-1	0.08	PVC	150	0.97	Ya	0.31	Ya
P-2	24.38	J-1	J-2	0.07	PVC	150	1.06	Ya	0.42	Ya
P-3	19.38	J-2	J-3	0.07	PVC	150	1.16	Ya	0.35	Ya
P-4	13.16	J-3	J-4	0.07	PVC	150	1.25	Ya	0.36	Ya
P-5	16.29	J-4	J-5	0.05	PVC	150	1.35	Ya	0.28	Ya
P-6	13.94	J-5	J-6	0.04	PVC	150	0.02	Tidak	0.40	Ya
P-7	17.14	J-4	J-7	0.04	PVC	150	0.02	Tidak	0.57	Ya
P-8	17.36	J-2	J-8	0.02	PVC	150	1.64	Ya	0.46	Ya
P-9	18.14	J-1	J-9	0.02	PVC	150	1.73	Ya	0.48	Ya

Tabel 4.10 Hasil Simulasi Pipa Pada Pukul 00.00 WIB

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.11. Hasil Simulasi Pipa Pada Pukul 06.00 WIB

Label	Panjang pipa (m)	Awal titik simpul	Akhir titik simpul	Diameter (m)	Jenis pipa	Koefisien Hazen Williams	Kecepatan (m/det)	Kontrol ($0,3 \leq V \leq 4,5$)	Kemiringan garis hidrolis (m/km)	Kontrol ($0 \leq hf \leq 15$)
P-1	24.91	R-1	J-1	0.08	PVC	150	0.97	Ya	33.09	Tidak
P-2	24.38	J-1	J-2	0.07	PVC	150	1.06	Ya	36.27	Tidak
P-3	19.38	J-2	J-3	0.07	PVC	150	1.16	Ya	31.13	Tidak
P-4	13.16	J-3	J-4	0.07	PVC	150	1.25	Ya	33.12	Tidak
P-5	16.29	J-4	J-5	0.05	PVC	150	1.35	Ya	58.33	Tidak
P-6	13.94	J-5	J-6	0.04	PVC	150	1.32	Ya	58.08	Tidak
P-7	17.14	J-4	J-7	0.04	PVC	150	1.45	Ya	60.94	Tidak
P-8	17.36	J-2	J-8	0.02	PVC	150	1.64	Ya	193.97	Tidak
P-9	18.14	J-1	J-9	0.02	PVC	150	1.73	Ya	152.94	Tidak

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.12. Analisis Data Simulasi Pada Pukul 00.00 WIB

No	Label	Kecepatan (m/det)	Kontrol ($0,3 \leq V \leq 4,5$)	Alasan	Solusi
1	P-1	0.97	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
2	P-2	1.06	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
3	P-3	1.16	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
4	P-4	1.25	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
5	P-5	1.35	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
6	P-6	0.02	Tidak	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
7	P-7	0.02	Tidak	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
8	P-8	1.64	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
9	P-9	1.73	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–

Sumber : Hasil perhitungan

No	Label	Kecepatan (m/det)	Kontrol ($0,3 \leq V \leq 4,5$)	Alasan	Solusi
1	P-1	0.97	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
2	P-2	1.06	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
3	P-3	1.16	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
4	P-4	1.25	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
5	P-5	1.35	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
6	P-6	0.02	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
7	P-7	0.02	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
8	P-8	1.64	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
9	P-9	1.73	Ya	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–

Tabel 4.13. Analisis Data Simulasi Pada Pukul 06.00 WIB

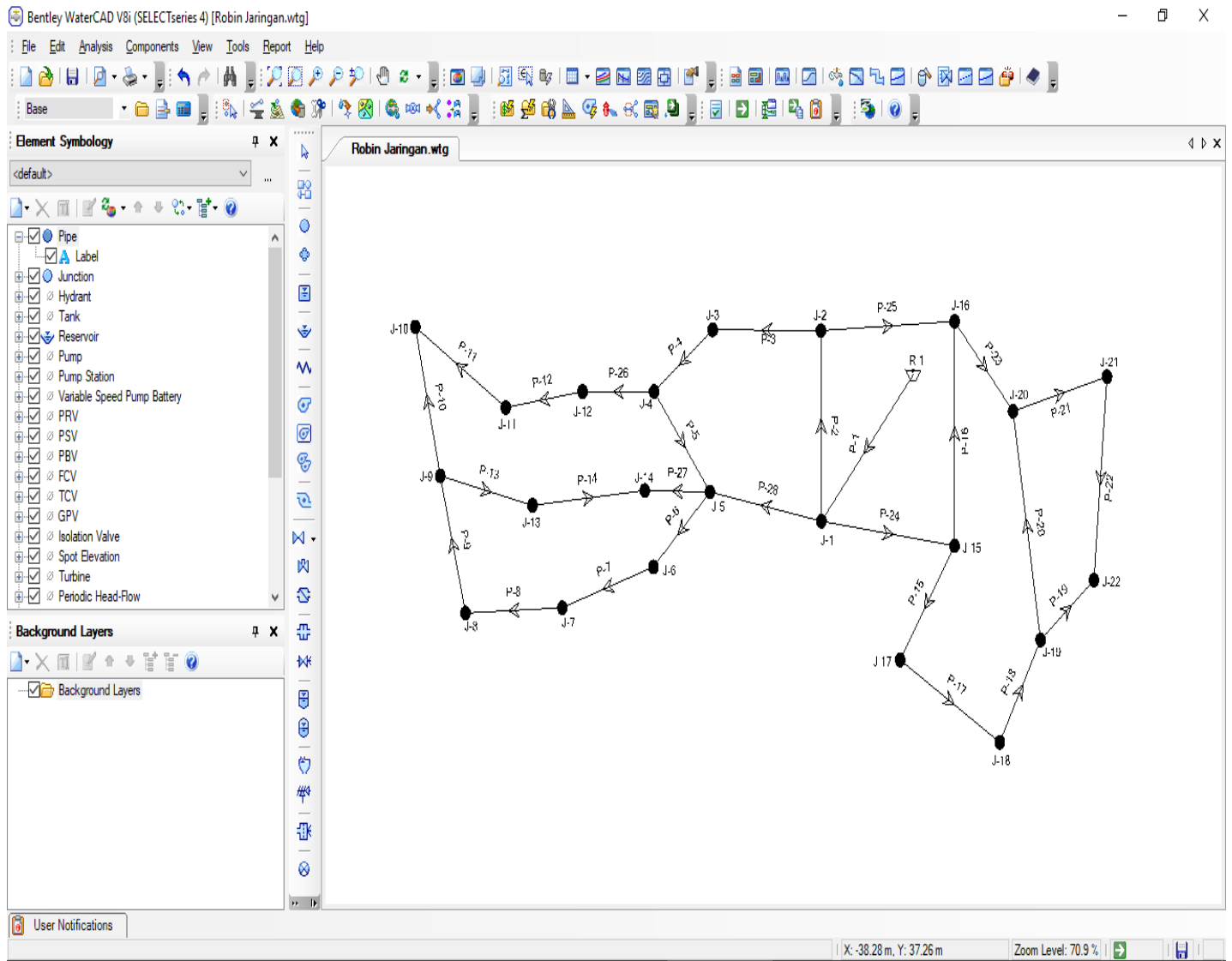
Hasil simulasi diatas menunjukkan bahwa beberapa aliran di dalam pipa sebagian tidak berjalan dengan baik karena kecepatan alirannya kurang dari 0,3 m/det , hal itu terjadi pada pukul 00.00 WIB dan pada pukul 06.00 WIB, sehingga diperlukan perencanaan ulang dengan cara mengganti diameter pipa sehingga memenuhi syarat – syarat dalam perencanaan jaringan perpipaan

2. Hasil simulasi pada *junction*

Tekanan sisa pada titik simpul merupakan selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul tersebut. Letak dan besarnya kebutuhan air tiap *junction* ditentukan sebagai berikut.

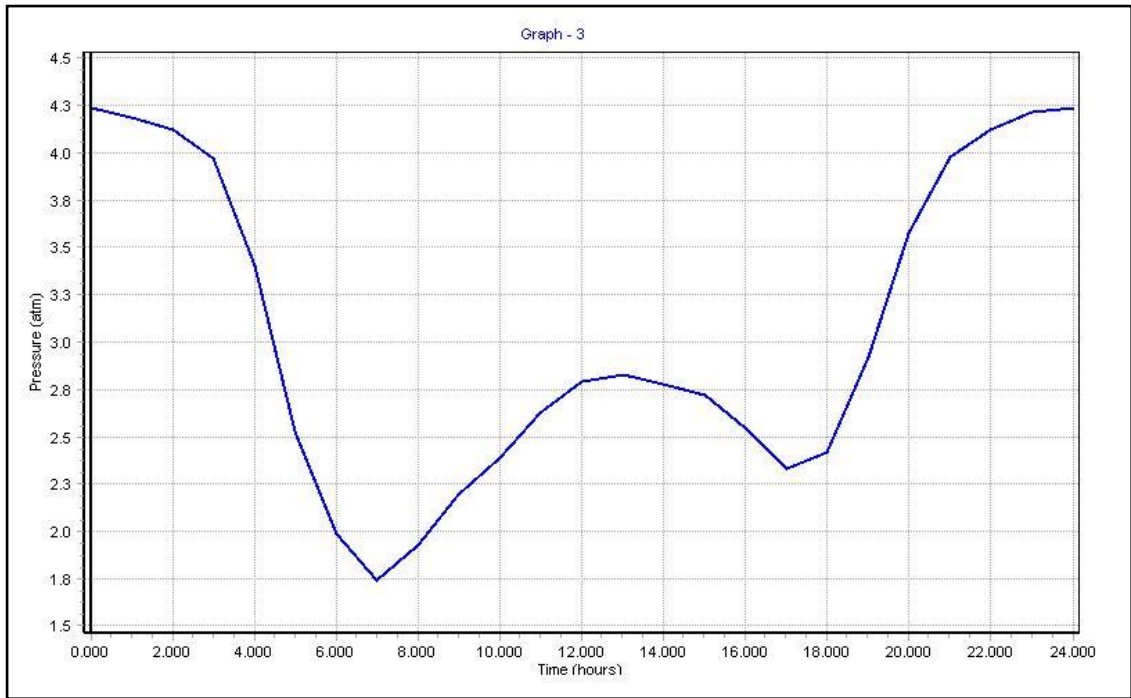
- Daerah layanan dibagi menjadi 7(tujuh) daerah layanan dan tiap daerah layanan diwakili oleh satu *junction*.
- Besarnya kebutuhan ditentukan berdasarkan pelanggan yang ada.
- Dapat direncanakan *junction* pembagi yang berfungsi membagi air pada percabangan. Sehingga kebutuhan airnya adalah 0 lt/det.

Pada studi ini direncanakan pemakaian tipikal dengan dasar perhitungan kebutuhan air tiap *junction* adalah luas daerah layanan. Berikut merupakan hasil simulasi dari titik simpul (*junction*).



Gambar 4.9 Junction, Pipa, Tandon Pada Skema Jaringan Perpipaan

Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*



Gambar 4.10 Grafik Fluktuasi Tekanan Pada *Junction 6*

Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*

Tabel 4.14. Hasil Simulasi *Junction* Pada Pukul 00.00 WIB

No	Label	Elevasi (m)	Kebutuhan (lt/det)	Tekanan (atm)	Kontrol ($1 \leq p \leq 8$)
1	J-1	90.00	0.00	0.93	Ya
2	J-2	89.00	0.00	1.00	Ya
3	J-3	88.00	0.66	1.07	Ya
4	J-4	87.00	0.22	1.11	Ya
5	J-5	86.00	0.67	1.17	Ya
6	J-6	85.00	0.22	1.22	Ya
7	J-7	84.00	0.22	1.25	Ya
8	J-8	83.00	0.44	1.25	Ya
9	J-9	82.00	0.22	1.26	Ya

Sumber : Hasil perhitungan

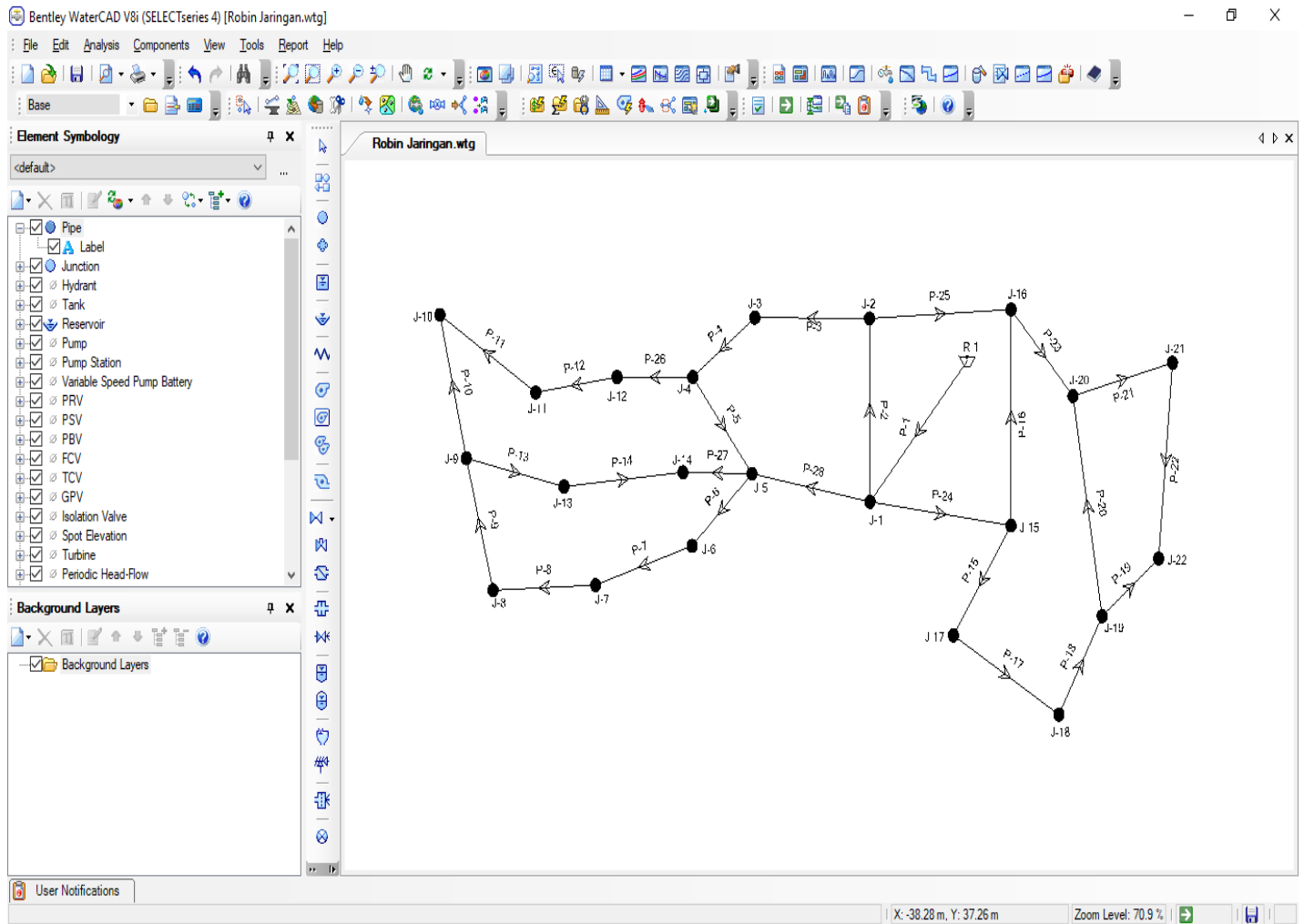
Tabel 4.15. Hasil Simulasi *Junction* Pada Pukul 06.00 WIB

No	Label	Elevasi (m)	Kebutuhan (lt/det)	Tekanan (atm)	Kontrol ($1 \leq p \leq 8$)
1	J-1	90.00	0.00	3.27	Ya
2	J-2	89.00	0.00	3.06	Ya
3	J-3	88.00	0.00	2.53	Ya
4	J-4	87.00	0.00	2.08	Ya
5	J-5	86.00	0.00	1.88	Ya
6	J-6	85.00	1.76	0.45	Tidak
7	J-7	84.00	1.68	0.72	Tidak
8	J-8	83.00	0.59	1.83	Ya
9	J-9	82.00	0.59	1.74	Ya

Sumber : Hasil perhitungan

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *waterCAD v.8XM Edition* pada kondisi tersebut dapat disimpulkan berikut.

- Contoh titik simpul J-6 (titik simpul terjauh) diperoleh tekanan sisa sesuai dengan kriteria. Tekanan maksimum terjadi saat kebutuhan air minimum yaitu pukul 00.00 WIB sebesar 3,38 atm. Sedangkan tekanan minimum terjadi pada saat jam puncak yaitu pukul 06.00 WIB sebesar 0,45 atm.
- Dari keseluruhan titik simpul pada kondisi eksisting, semua belum memenuhi syarat dan sesuai dengan ketentuan yang diterapkan yang mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Tahun 2007.
- Tekanan rendah dimulai pada saat kebutuhan akan air meningkat yaitu pada pukul 00.00-06.00 WIB. Tekanan naik saat kebutuhan air mulai menurun yaitu pada pukul 06.00-12.00 WIB. Kemudian tekanan kembali rendah dan naik seperti pada siklus yang ditunjukkan koefisien faktor pengali (*load factor*) terhadap kebutuhan air baku. Kondisi ini juga terjadi pada semua titik simpul (*junction*) yang ada.



Gambar 4.11 Pipa 12 Pada Skema Jaringan Perpipaan

Sumber: Program *WaterCAD v.8 XM Edition*

Untuk melakukan kalibrasi simulasi hidrolika dapat digunakan perhitungan sederhana berikut.

Data Pipa-5 hasil *Running WaterCAD v.8 XM Edition* (Pukul 06.00 WIB)

- Panjang pipa : 763,210 m
- Diameter : 6 inchi = 0,125 m
- Material : PVC
- Koef. Hazen W : 150
- Debit : 12,3 liter/det = $12,3 \times 10^{-3}$ m/det

- Kecepatan : 1,010 m/det
- *Headloss gradient* : 7,320 m/km

Rumus Hazen-Williams

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

Sehingga didapatkan :

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

$$= \frac{0,125}{4} = 0,03125 \text{ m}$$

- $$S = \frac{hf}{L} = 0,00732 \text{ m/m}$$

$$= 0,00732 \times 763,210$$

$$hf = 5,589 \text{ m}$$

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

$$= 0,85 \cdot 150 \cdot 0,03125^{0,63} \cdot 0,00732^{0,54}$$

$$= 1,010 \text{ m/det}$$

- $$Q = V \cdot A$$

$$= V \cdot A \text{ dimana } A = 12,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$= 12,4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$$

dengan menggunakan rumus $k = \frac{10,67 \cdot L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}}$ didapatkan:

- $$k = \frac{10,67 \cdot 763,210}{150^{1,85} \cdot 0,125^{4,87}}$$

$$= 19190,570$$

- $$h_f = k \cdot Q^{1,85}$$

$$= 19190,570 \cdot (12,3 \times 10^{-3})^{1,85}$$

$$= 5,574 \text{ m}$$

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

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Sumber air baku yang dimanfaatkan adalah mata air dengan debit pengambilan 0.0223 m³/dtk.

Hasil pengujian Lab dapat memenuhi persyaratan Permenkes RI No.416/1990.

Hasil simulasi kondisi eksisting dan kondisi pengembangan (tahun 2031) supaya produksi atau suplai air yang disuplaikan ke Kecamatan Loura dan kapasitas tandon yang tersedia cukup untuk memenuhi kebutuhan air pelanggan dan kontinuitas aliran 24 jam dan supaya sesuai dengan kriteria perencanaan pengembangan adalah dengan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- ✓ Standar kebutuhan air 100 ltr/org/hari
- ✓ Target kehilangan air maksimal 30 %
- ✓ Produksi atau suplai air yang dibutuhkan untuk saat ini hanya. Ltr/dtk.
- ✓ Produksi atau suplai air maksimal tahun 2021 adalah 16.19 ltr/dtk.
- ✓ Kapasitas maksimal tandon tahun 2021 adalah 176.25 ltr/dtk.

Hasil simulasi kondisi pemanen *WaterCad v.4.5* menunjukkan bahwa proses running telah menunjukkan warna hijau berarti proses simulasi telah berhasil dan menunjukkan kontinuitas aliran selama 24 jam hingga pada lokasi atau daerah terjauh dari tandon. Hasil simulasi dengan program *WaterCad v.4.5* untuk kondisi pengembangan tahun 2021 pukul 07.00 dari satu alternatif di dapatkan tekanan sisa terkecil sebesar 11 mH₂O dan tekanan sisa terbesar sebesar 16 mH₂O. sedangkan untuk *Headloss Gradient* terkecil pada semua pipa sebesar 0,010 m/km dan terbesar sebesar 1.657 m/km. berarti secara umum seluruh komponen sistem jaringan distribusi yang direncanakan dengan satu alternatif sesuai dengan kriteria perencanaan.

2. Dalam studi ini direncanakan dengan satu alternatif dan digunakan sebagai alternatif pilihan untuk pengembangan jaringan distribusi zona pelayanan Kecamatan Loura.

3. Perencanaan ini hanya merencanakan satu IPA yaitu IPA Kecamatan Loura yang memanfaatkan mata air dengan hasil produksi/suplai 16.19 ltr/dtk.

5.2. Saran –Saran

- Diperlukan adanya penelitian secara dini bagi mahasiswa mengenai aplikasi *software WaterCad* sehingga nantinya dalam lakukan permodelan sistem jaringan distribusi di dapatkan hasil yang baik.
- Merencanakan secara umum sistem penyediaan air bersih untuk memenuhi kebutuhan Kecamatan Loura meliputi jaringan pipa, transmisi dan reservoir.
- Agar mahasiswa dapat memahami proses pendistribusian air bersih secara menyeluruh dan mampu meningkatkan kinerja PDAM Kota Tambolaka khususnya di Kec. Loura

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. **Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 2007, tentang Organisasi Perangkat Daerah**. Jakarta.
- Bentley Methods. 2007. **User's Guide WaterCAD v8 for Windows WATERBUY CT**. USA: Bentley. Press
- DPU Ditjen Cipta Karya. 1987. Buku Utama Sistem Jaringan Pipa. **Diktat Kursus Perpipaan Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya Direktorat Air Bersih**. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Air Bersih.
- DPU Ditjen Cipta Karya. 1994. **Pedoman Kebijakan Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT)**.
- Hidayat, Muhammad Alvan, Mohammad Taufiq, and Ery Suhartanto. 2014. **Studi Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Untuk Kecamatan Kubu Kabupaten Karangasem**. Jurnal Teknik Universitas Brawijaya. Universitas Brawijaya.
- Linsley Ray K., 1986. **Teknik Sumber Daya Air Jilid 2**. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Muliakusumah, Sutarsih. 2000. **Proyeksi Penduduk**. Jakarta: Fakultas Ekonomi UI.
- Priyantoro, Dwi. 1991. **Hidraulika Saluran Tertutup**. Malang: Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- Triatmojo, B. 1996. **Hidraulika I**, Fakultas Teknik Universitas Gajahmada. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2003. **Hidraulika II**. Yogyakarta : Penerbit Beta Offset
- Triatmodjo, B. (2008). **Hidraulika II**. Yogyakarta: Beta Offset.
- Webber, N. B. 1971. **Fluid Mechanics For Civil Engineering**, S. I. Edition. London:Chapman and Hall Ltd.
- Yusuf, A. Muri. (2005). **Metodologi Penelitian**. Padang : UNP Press.
- www. Bimex.lu

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2007. **Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 2007, tentang**

Organisasi Perangkat Daerah.Jakarta.

Bentley Methods. 2007. **User's Guide WaterCAD v8 for Windows**

WATERBUY CT. USA: Bentley. Press

DPU Ditjen Cipta Karya. 1987. Buku Utama Sistem Jaringan Pipa. **Diktat Kursus**

Perpipaan Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya

Direktorat Air Bersih. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat

Jenderal Cipta Karya, Direktorat Air Bersih.

DPU Ditjen Cipta Karya. 1994. **Pedoman Kebijakan Program Pembangunan**

Prasarana Kota Terpadu (P3KT).

Hidayat, Muhammad Alvan, Mohammad Taufiq, and Ery Suhartanto. 2014. **Studi**

Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Untuk Kecamatan Kubu

Kabupaten Karangasem. Jurnal Teknik Universitas Brawijaya. Universitas

Brawijaya.

Linsley Ray K., 1986. **Teknik Sumber Daya Air Jilid 2**. Penerbit Erlangga.

Jakarta

Muliakusumah, Sutarsih. 2000. *Proyeksi Penduduk*. Jakarta: Fakultas Ekonomi UI.

Priyantoro, Dwi. 1991. **Hidraulika Saluran Tertutup**. Malang: Jurusan Pengairan

Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Triatmojo, B. 1996. **Hidraulika I**, Fakultas Teknik Universitas

Gajahmada. Yogyakarta.

Triatmodjo, Bambang. 2003. **Hidraulika II**. Yogyakarta : Penerbit Beta Offset

Triatmodjo, B. (2008). **Hidraulika II**. Yogyakarta: Beta Offset.

Webber, N. B. 1971. **Fluid Mechanics For Civil Engineering**, S. I. Edition.

London:Chapman and Hall Ltd.

Yusuf, A. Muri. (2005). **Metodologi Penelitian**. Padang : UNP Press.

[www. Bimex.lu](http://www.Bimex.lu)