

SKRIPSI

**EVALUASI JARINGAN PERPIPAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH
DAERAH LAYANAN KAMELIMABU
KECAMATAN KATIKUTANA SELATAN
KABUPATEN SUMBA TENGAH**



Disusun oleh:

JEMRI IFENCE RADJA UDJU

08.23.008

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

2014



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

KONSENTRASI TEKNIK SUMBER DAYA AIR

Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **JEMRI IFENCE RADJA UDJU**

NIM : **08.23.008**

Program Studi : **TEKNIK SIPIL S-1 KONSENTRASI TEKNIK SDA**

Fakultas : **TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

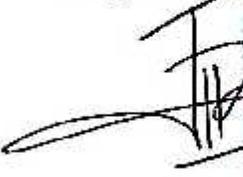
Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

“EVALUASI JARINGAN PERPIPAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DAERAH LAYANAN KAMELIMABU KECAMATAN KATIKUTANA SELATAN KABUPATEN SUMBA TENGAH” adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain kecuali disebut dari sumber aslinya yang tercantum dalam daftar pustaka.

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

Malang, September 2014

Yang membuat pernyataan,



(Jemri Ifence Radja Udju)

LEMBAR PENGESAHAN

**EVALUASI JARINGAN PERPIPAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH
DAERAH LAYANAN KAMELIMABU
KECAMATAN KATIKUTANA SELATAN
KABUPATEN SUMBA TENGAH**

Telah Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu
(S-1) Jurusan Teknik Sipil S-1 Konsentrasi Teknik Sumber Daya Air

Pada Hari : Kamis

Tanggal : 21 - Agustus - 2014

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

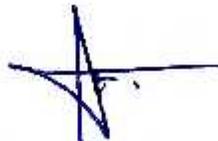
Disusun oleh:

JEMRI IFENCE RADJA UDJU

08.23.008

Disahkan Oleh :

Ketua



Ir. A. Agus Santosa, MT

Sekretaris



Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT

Anggota Penguji :

Penguji I



Ir. H. Hirijanto, MT

Penguji II



Ir. H. Edi Hargono D.P., MS

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
KONSENTRASI SUMBER DAYA AIR
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2014**

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

EVALUASI JARINGAN PERPIPAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DAERAH LAYANAN KAMELIMABU KECAMATAN KATIKUTANA SELATAN KABUPATEN SUMBA TENGAH

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

Disusun Oleh :

JEMRI IFENCE RADJA UDJU

08.23.008

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



Ir. Endro Yuwono, MT.

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Kustamar, MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



Ir. A. Agus Santosa, MT.

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

2014

Jemri I. Radja Udju. 2014. “Evaluasi Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Daerah Layanan Kamelimabu Kecamatan Katikutana Selatan Kabupaten Sumba Tengah”. Dosen Pembimbing I Ir. Endro Yuwono, MT., Dosen Pembimbing II Dr. Ir. Kustamar, MT.

ABSTRAKSI

Pertumbuhan dan perkembangan suatu daerah selalu diikuti oleh meningkatnya kebutuhan akan air bersih. Demikian pula dalam perkembangan Daerah Katikutana Selatan sebagai wilayah pemekaran dari Katikutana. Kecamatan Katikutana Selatan memiliki jaringan distribusi air bersih yang merupakan program swasembada yang dilakukan oleh Dinas PU Sumba Tengah. Dalam pengoperasiannya masih banyak penduduk yang belum terlayani sehingga perlu dilakukan evaluasi dan rencana pengembangan agar dapat menjangkau daerah layanan yang ada.

Tujuan dari studi ini adalah mengevaluasi serta merencanakan sistem jaringan distribusi khususnya jaringan perpipaan Kamelimabu ditinjau dari segi hidraulika dan sistem operasinya dengan penerapan pemodelan simulasi kondisi tidak permanen dengan menggunakan program WaterCad v6.5. Pengembangan jaringan distribusi Kamelimabu dimulai dengan memproyeksikan jumlah penduduk sesuai dengan proyeksi 10 tahun perncanaan.

Hasil proyeksi kebutuhan air pada tahun 2023 sebanyak 3480 jiwa dengan kebutuhan air total harian rerata sebanyak 2.489 ltr/dtk. Dari kebutuhan air tersebut direncanakan sistem jaringan distribusi yang baru dimana hasil simulasi didapatkan kondisi tekanan memenuhi syarat yaitu 10 mH₂O – 60 mH₂O.

Kata Kunci : Distribusi Air Bersih, Evaluasi dan Rencana Jaringan, Watercad.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAKSI.....	v
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Rumusan Masalah	4
1.5. Maksud	4
1.6. Gambaran Lokasi Studi.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Umum	7
2.2. Pertumbuhan Jumlah Penduduk	8
2.2.1. Metode Geometik	9
2.2.2. Metode Aritmatika	9
2.2.3. Metode Eksponensial	10
2.3. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi	10

2.4.	Kebutuhan Air Bersih	10
2.4.1.	Kebutuhan Air Standar Pedesaan	14
2.4.2.	Kebutuhan Air Standar Perkotaan	15
2.4.3.	Kehilangan atau Kebocoran Air	18
2.4.4.	Fluktuasi Kebutuhan Air	18
2.5.	Dasar –Dasar Hidrolika Perpipaan	20
2.5.1.	Sistem Pengaliran (Sistem Hidrolika)	20
2.5.2.	Prinsip Sistem Transmisi, Penyimpanan dan Distribusi Air	21
2.5.3.	Hukum Kontinuitas	23
2.5.4.	Hukum Bernoulli	25
2.5.5.	Kehilangan Tinggi Tekan (Head Loss)	28
2.5.5.1.	Kehilangan Tinggi Tekan Mayor	28
2.5.5.2.	Kehilangan Tinggi Tekan Minor	31
2.6.	Komponen-Komponen Pada Sistem Jaringan Air Bersih	33
2.6.1.	Jaringan Pipa Transmisi	33
2.6.2.	Jaringan Pipa Distribusi	35
2.6.3.	Pipa	41
2.6.4.	Fasilitas Penunjang	44
2.6.4.1.	Tandon	44
2.6.4.2.	Sambungan Antar Pipa	46
2.7.	Analisa Sistem Jaringan dengan Software WaterCad6.5	47
2.7.1.	Deskripsi Program WaterCad v.6.5	47
2.7.2.	Kegunaan dan kelebihan WaterCad v.6.5 Haestad	48
2.7.3.	Tahapan dalam Penggunaan Program Watercad V.6.5	49

BAB III METODOLOGI STUDI

3.1.	Lokasi Studi	55
3.2.	Studi Literatur	55
3.3.	Pengumpulan Data Variabel	55
3.4.	Metode Pengolahan Data	56

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1.	Data Jumlah Penduduk	59
4.2.	Laju Pertumbuhan Penduduk Rata-rata	59
4.3.	Proyeksi Jumlah Penduduk	60
4.3.1.	Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Metode Geometri	61
4.3.2.	Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Metode Aritmatik	62
4.3.3.	Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Metode Eksponensial	63
4.4.	Uji Kesesuaian Metode Proyeksi Jumlah Penduduk	66
4.5.	Proyeksi Kebutuhan Air Bersih	68
4.5.1.	Perhitungan Proyeksi Kebutuhan Air Bersih	69
4.5.2.	Fluktuasi Pemakaian atau Kebutuhan Air	71
4.5.3.	Kapasitas Tandon Kamelimabu	75
4.5.4.	Proyeksi Kebutuhan Air pada Tiap Simpul	75
4.6.	Evaluasi Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Tahun 2023	76
4.6.1.	Analisa Hidraulis dengan Watercad v6.5 Alternatif 1	78
4.6.2.	Analisa Hidraulis dengan Watercad v6.5 Alternatif 2	81
4.6.3.	Analisa Hidraulis dengan Watercad v6.5 Alternatif 3	84
4.6.7.	Rencana Anggaran Biaya Pipa	88

BAB V PENUTUP

1.	Kesimpulan	91
----	------------------	----

2. Saran92

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria dan Standar Kebutuhan Air Domestik	12
Tabel 2.2 Klasifikasi Kebutuhan Air Non Domestik	13
Tabel 2.3 Kebutuhan Air Standar Pedesaan	14
Tabel 2.4 Kriteria Perencanaan Sistem Air Bersih Pedesaan	15
Tabel 2.5 Kebutuhan Air Per Orang Per Hari Menurut Kategori Kota	16
Tabel 2.6 Kebutuhan Air Bersih Sesuai Penggunaan	17
Tabel 2.7 Nilai Koefisien Kekasaran Pipa menurut Darcy Weisbach	29
Tabel 2.8 Koefisien Gesekan Hazen Williams	30
Tabel 2.9 Koefisien Minor Loss Menurut Perubahan Bentuk Pipa	32
Tabel 2.10 Nilai K_b untuk berbagai jenis belokan.....	33
Tabel 2.11 Nilai K_v untuk berbagai jenis katup	33
Tabel 4.1 Jumlah penduduk menurut Kecamatan Katikutana Selatan	59
Tabel 4.2 Laju Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Katikutana Selatan	60
Tabel 4.3 Proyeksi Penduduk dengan Metode Geometrik	62
Tabel 4.4 Proyeksi Penduduk dengan Metode Aritmatik	63
Tabel 4.5 Proyeksi Penduduk dengan Metode Eksponensial	64
Tabel 4.6 Perhitungan Uji Kesesuaian Metode Geometrik Sp1	66
Tabel 4.7 Perhitungan Uji Kesesuaian Metode Aritmatik Sp1	67
Tabel 4.8 Perhitungan Uji Kesesuaian Metode Eksponensial Sp1	67
Tabel 4.9 Perhitungan Uji Kesesuaian Metode Geometrik Sp2	67
Tabel 4.10 Perhitungan Uji Kesesuaian Metode Aritmatik Sp2	68
Tabel 4.11 Perhitungan Uji Kesesuaian Metode Eksponensial Sp2	68
Tabel 4.12 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih Sp 1	(Lampiran)
Tabel 4.13 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih Sp 2	(Lampiran)

Tabel 4.14 Fluktuasi Kebutuhan Air, Suplai Air dan Komulatif Isi Tandon dalam Tahun 2014	72
Tabel 4.15 Fluktuasi Kebutuhan Air, Suplai Air dan Komulatif Isi Tandon dalam Tahun 2023	73
Tabel 4.16 Kebutuhan Air Pada Tiap Titik Simpul	76
Tabel 4.17 Kondisi Tekanan Pada Titik Simpul Pukul 07.00 (alternatif 1)	(Lampiran)
Tabel 4.18 Kondisi Tekanan Pada Titik Simpul Pukul 24.00 (alternatif 1)	(Lampiran)
Tabel 4.19 Kondisi Headloss Gradient Pada Pipa Pukul 07.00 (alternatif 1) ..	(Lampiran)
Tabel 4.20 Kondisi Headloss Gradient Pada Pipa Pukul 24.00 (alternatif 1) ..	(Lampiran)
Tabel 4.21 Kondisi Tekanan Pada Titik Simpul Pukul 07.00 (alternatif 2)	(Lampiran)
Tabel 4.22 Kondisi Tekanan Pada Titik Simpul Pukul 24.00 (alternatif 2)	(Lampiran)
Tabel 4.23 Kondisi Headloss Gradient Pada Pipa Pukul 07.00 (alternatif 2) ..	(Lampiran)
Tabel 4.24 Kondisi Headloss Gradient Pada Pipa Pukul 24.00 (alternatif 2) ...	(Lampiran)
Tabel 4.25 Kondisi Tekanan Pada Titik Simpul Pukul 07.00 (alternatif 3)	(Lampiran)
Tabel 4.26 Kondisi Tekanan Pada Titik Simpul Pukul 24.00 (alternatif 3)	(Lampiran)
Tabel 4.27 Kondisi Headloss Gradient Pada Pipa Pukul 07.00 (alternatif 3) ..	(Lampiran)
Tabel 4.28 Kondisi Headloss Gradient Pada Pipa Pukul 24.00 (alternatif 3) ..	(Lampiran)
Tabel 4.29 Perbandingan Tekanan Pada Junction Pukul 07.00	87
Tabel 4.30 Perbandingan Tekanan Pada Junction Pukul 24.00	87
Tabel 4.31 Diameter Pipa	88
Tabel 4.32 Biaya Pengeluaran Untuk Pembelian Pipa Alternatif 1	89
Tabel 4.33 Biaya Pengeluaran Untuk Pembelian Pipa Alternatif 2	89
Tabel 4.34 Biaya Pengeluaran Untuk Pembelian Pipa Alternatif 3	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Nusa Tenggara Timur	5
Gambar 1.2 Peta Administrasi Kecamatan Katikutana Selatan	6
Gambar 2.1 Aliran dalam Pipa Diameter Tetap	23
Gambar 2.2 Aliran dalam Pipa Tunggal Berubah Diamater	24
Gambar 2.3 Aliran dalam Pipa bercabang dua	25
Gambar 2.4 Gradien Hidrolika	27
Gambar 2.5 Distribusi Model Lingkaran	36
Gambar 2.6 Distribusi Model Cabang	38
Gambar 2.7 Jaring – Jaring Pipa	40
Gambar 2.8 Tampilan Pemilihan Rumus pada Watercad	49
Gambar 2.9 Tampilan Pengisian Besaran Skala	50
Gambar 2.10 Input Parameter Simulasi Kondisi Tidak Permanen	51
Gambar 2.11 Input Data Pipa	52
Gambar 2.12 Input Data Titik Simpul	52
Gambar 2.13 Input Data Tandon	53
Gambar 2.14 Input Data Sumber Air	53
Gambar 2.15 Input Data Pompa	54
Gambar 2.16 Input Data Katup	54
Gambar 4.1 Grafik Proyeksi Penduduk SP 1	74
Gambar 4.2 Grafik Proyeksi Penduduk SP 2	74
Gambar 4.3 Grafik Fluktuasi Kebutuhan Air Tahun 2014	72
Gambar 4.4 Grafik Fluktuasi Kebutuhan Air Tahun 2023	72
Gambar 4.5 – 4.10 Grafik Tekanan Tiap Titik Simpul	(Lampiran)

Gambar Skema Distribusi Jaringan Pipa(Lampiran)
Gambar Denah Tandon Distribusi Rencana(Lampiran)
Gambar Potongan 1-1 (Tandon)(Lampiran)
Gambar Potongan 2-2 (Tandon).....(Lampiran)

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan makhluk hidup yang harus terpenuhi saat diperlukan. Oleh karena itu ketersediaan air yang terjangkau dan berkelanjutan merupakan bagian terpenting bagi setiap individu. Besarnya kebutuhan air di setiap daerah berbeda-beda dan berubah-ubah yang dipengaruhi oleh iklim, kebijakan pengembangan daerah dan masalah lingkungan hidup.

Penyediaan air bersih dari sumber ke konsumen melalui beberapa cara yaitu langsung di tampung dari pipa transmisi menuju ke jaringan konsumen ataupun melalui reservoir dan kemudian dialirkan melalui jaringan distribusi sesuai dengan fungsi pokoknya yaitu menghantarkan air bersih keseluruh pelanggan dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas dan tekanan air. Namun pada kenyataannya sering kali air yang di konsumsi pelanggan berkurang ataupun tidak mengalir sama sekali. Permasalahan tersebut muncul ketika jaringan distribusi tidak dapat beroperasi dengan baik ataupun terjadi kerusakan pada beberapa bagian jaringan distribusi karena faktor teknis maupun non teknis.

Pada wilayah Kecamatan Katikutana Selatan sudah terdapat sistem penyediaan air bersih yang merupakan program swasembada yang di lakukan oleh Dinas PU Kabupaten Sumba Tengah.

Dalam pengoperasiannya sistem distribusi air bersih tersebut kurang efektif karena masih mengalami permasalahan seperti yang dipaparkan di atas. Sebagian masyarakat dari kecamatan tersebut sudah terlayani. Namun beberapa konsumen

pada desa tertentu yang merupakan bagian dari daerah layanan jaringan perpipaan Kamelimabu tidak mendapatkan pasokan air bersih. Pada jaringan distribusi air bersih Kamelimabu banyak sarana pendukung atau komponen jaringan yang kurang diperhatikan kondisinya misalnya pada jaringan pipa distribusinya yang kotor ataupun mengalami kerusakan sehingga tidak dapat beroperasi dengan maksimal.

Melihat dari latar belakang tersebut diperlukan upaya evaluasi pada sistem penyediaan air bersih dan memperbaiki sistem jaringan yang ada sehingga masalah-masalah yang berhubungan dengan distribusi air bersih dapat teratasi.

Dalam upaya pemanfaatan sumber air maka Departemen Pekerjaan Umum dalam hal ini Cipta Karya Kabupaten Sumba Tengah Kecamatan Katikutana Selatan memanfaatkan sumber air yang ada di Desa Konda Maloba Kecamatan Katikutana Selatan yaitu Sumber Kamelimabu (mata air) dengan kapasitas 3 lt/dtk.

1.2. Identifikasi Masalah

Jaringan perpipaan distribusi air bersih Kamelimabu merupakan program swasembada sehingga sistem pengelolaan air bersih masih dikelola Dinas PU Kabupaten Sumba Tengah.

Sistem distribusi air bersih di daerah layanan Kamelimabu Kecamatan Katikutana Selatan belum efektif karena masih ada beberapa permasalahan antara lain :

1. Kehilangan ataupun kebocoran air
2. Air tidak sampai pada konsumen yang jauh dari sumber air

3. Ada beberapa pelanggan yang masih belum mendapatkan jumlah air yang cukup sehingga masih perlu mengoperasikan pompa sumur rumah tangga miliknya
4. Masih sering terjadi gangguan air tidak mengalir sehingga untuk mendeteksi dan memperbaikinya memakan waktu yang relatif lama.
5. Kebiasaan masyarakat menggunakan air bersih untuk mengairi sawah, memandikan ternak dan lain-lain. Hal ini tentu bertolak belakang dengan tujuan awal dari program swasembada distribusi air bersih yang dilakukan oleh Dinas PU Kabupaten Sumba Tengah air tersebut dimanfaatkan untuk keperluan air bersih saja bukan untuk keperluan air irigasi.

Dari permasalahan distribusi air bersih yang telah dipaparkan diatas, perlu dilakukan evaluasi sistem penyediaan air bersih agar dalam penyaluran air ke konsumen menjadi optimal dan tekanan yang memuaskan serta kualitas yang baik dari sumber Kamelimabu.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam studi ini yaitu :

1. Daerah studi dibatasi Kecamatan Katikutana Selatan.
2. Memproyeksikan kebutuhan air bersih yang didasarkan pada proyeksi jumlah penduduk dan kebutuhan air standar pedesaan sampai dengan tahun 2023.
3. Perhitungan terhadap rencana penyediaan jaringan pipa distribusi meliputi: diameter pipa, jenis pipa, panjang pipa, kontrol terhadap tekanan yang terjadi di jaringan pipa distribusi.

4. Studi ini tidak membahas analisa kualitas air dan produktivitas pengolahan air.
5. Analisa jaringan perpipaan dilakukan dengan menggunakan paket program WaterCad v6.5.

1.4. Rumusan Masalah

Dari hasil identifikasi masalah dan batasan masalah maka permasalahan yang akan dibahas dalam studi adalah :

1. Berapakah jumlah penduduk dari hasil proyeksi penduduk daerah layanan Kamelimabu tahun 2013 sampai tahun 2023?
2. Berapa besar kebutuhan air bersih untuk daerah layanan Kamelimabu sampai tahun 2023?
3. Bagaimanakah kondisi hidrolis setiap alternatif pada sistem jaringan air bersih?
4. Alternatif manakah yang lebih efisien untuk diterapkan pada sistem jaringan air bersih kamelimabu?

1.5. Maksud Dan Tujuan

Maksud dari studi ini adalah kinerja mengevaluasi jaringan distribusi air bersih Kamelimabu dan merencanakan perbaikan pengembangan sistem jaringan distribusi untuk memenuhi kebutuhan air pada daerah tersebut dengan proyeksi pelayanan hingga tahun 2023 berdasarkan sumber potensi air yang ada.

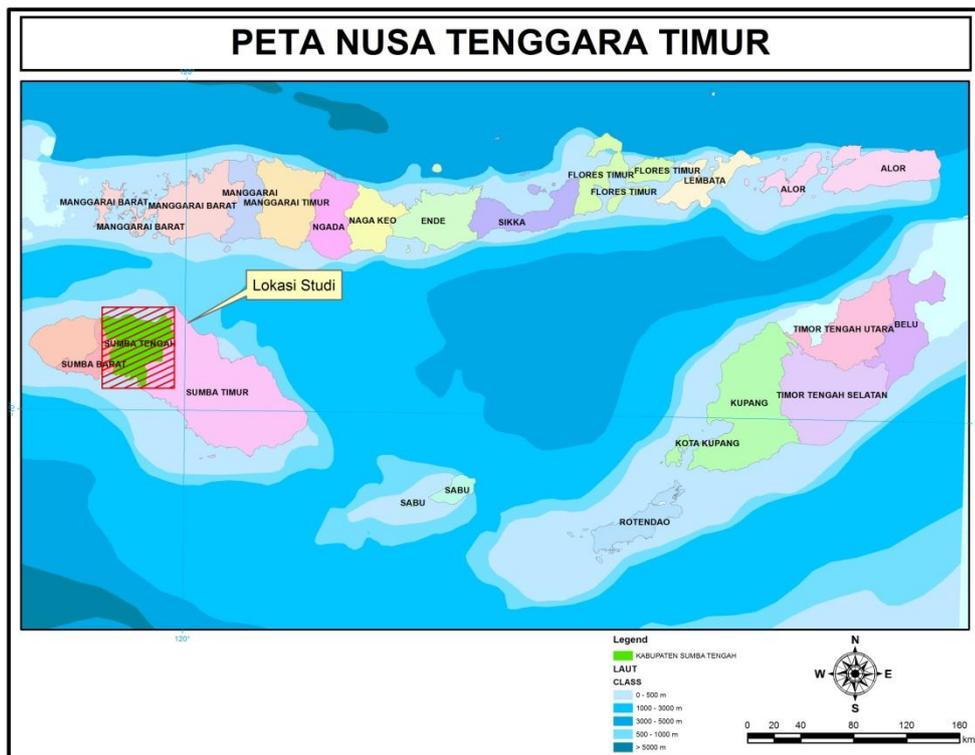
Tujuan dari studi ini adalah untuk memenuhi kebutuhan air bersih daerah tersebut secara berkelanjutan dengan simulasi menggunakan Watercad.

1.6. Gambaran Lokasi Studi

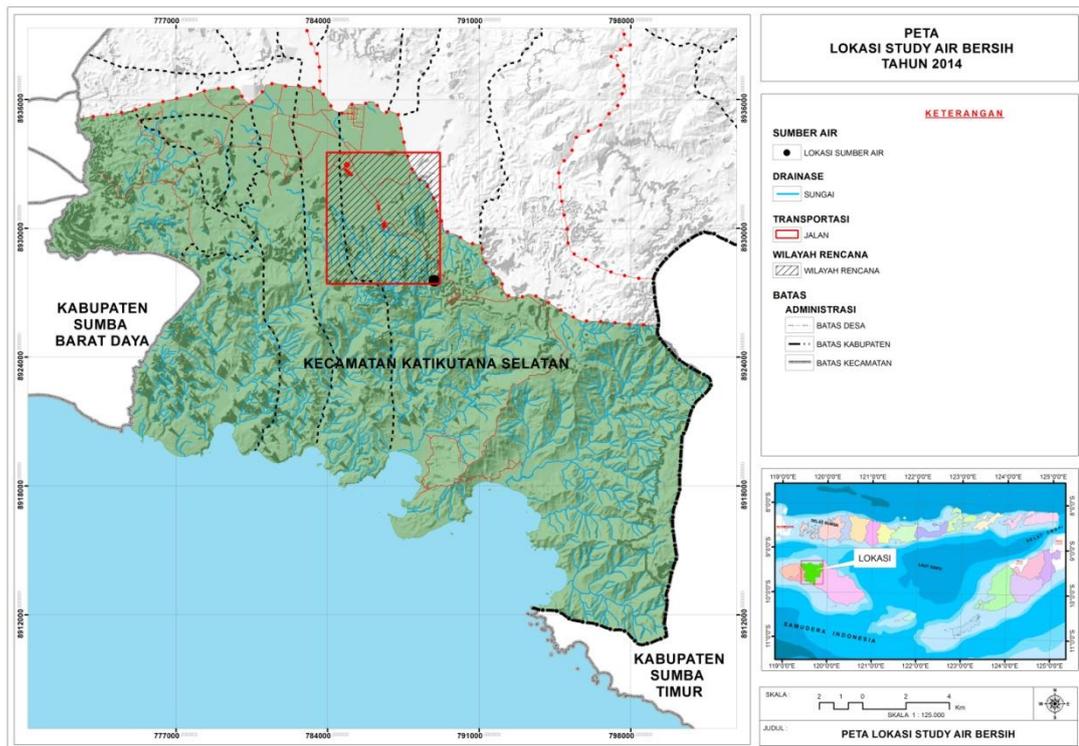
Kecamatan katikutana Selatan terletak di kabupaten Sumba Tengah propinsi Nusa Tenggara Timur, dengan posisi lintang berada padasecara geografis berada pada $119^{\circ} 24' 56,26''$ sampai dengan $120^{\circ} 50' 55,29''$ Bujur timur dan $9^{\circ} 20' 38,31''$ sampai dengan $9^{\circ} 50' 38,56''$ Lintang Selatan.

Batas-batas administrasi Kecamatan Katikutana Selatan adalah sebagai berikut:

- Sebelah utara : Kecamatan Katikutana
- Sebelah selatan : Samudra Indonesia
- Sebelah barat : Kabupaten Sumba Barat
- Sebelah timur : Kabupaten Sumba Timur



(Gambar 1.1 Peta Nusa Tenggara Timur)



(Gambar 1.2 Peta Kecamatan Katikutana Selatan)

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Umum

Jaringan distribusi air bersih merupakan suatu sistem yang terdiri dari elemen-elemen seperti pipa, tank, valve, dan segala perlengkapannya yang dihubungkan satu sama lain. Suatu penyediaan air bersih yang efektif merupakan bagian terpenting dalam mendesain suatu jaringan air bersih yang baru ataupun mengembangkan sistem yang sudah ada.

Mendesain suatu jaringan distribusi air merupakan pekerjaan yang cukup kompleks karena mencakup aspek hidraulik, kualitas dan instalasi-instalasi yang dapat diandalkan. Selain itu untuk mendesain jaringan air bersih yang efektif juga cukup rumit karena hubungan nonlinear antara aliran dan kehilangan tinggi tekan (*head loss*) serta adanya variable-variabel yang berbeda seperti ukuran pipa di pasaran.

Dalam mendesain jaringan air bersih banyak hal yang harus dipertimbangkan antara lain: minimalisasi biaya dengan memperhatikan aspek hidraulik terutama yang mencakup pemenuhan tinggi tekanan, tekanan minimum dan maksimum pada jaringan.

Berdasarkan uraian diatas dapat dikatakan bahwa problem desain jaringan distribusi air bersih yang optimal mempunyai banyak aspek yang harus dipertimbangkan seperti hidraulik, keersediaan material, kualitas air dan infrastruktur serta jaringan pipa.

2.2. Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk digunakan sebagai dasar untuk menghitung tingkat kebutuhan air bersih pada masa mendatang. Berdasarkan Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, proyeksi penduduk harus dilakukan untuk interval 5 tahun selama periode perencanaan. Laju pemakaian air harus diproyeksikan meningkat setiap interval 5 tahun selama periode perencanaan. Peningkatan ini berkaitan dengan peningkatan ekonomi dimana taraf hidup masyarakat diasumsikan meningkat. Selain pedoman atau petunjuk tersebut di atas, pedoman lain yang sering digunakan dalam perencanaan air bersih adalah *Millenium Development Goals* (MDGs).

Millennium Development Goals (MDGs) merupakan paradigma pembangunan global yang mempunyai 8 tujuan dengan 18 sasaran. Sasaran yang berkaitan dengan penyediaan air bersih adalah sasaran ke sepuluh, yaitu penurunan sebesar separuh proporsi penduduk yang tidak memiliki akses terhadap air minum yang aman serta fasilitas sanitasi dasar pada tahun 2015 (UNDP, 2004). Latar belakang sasaran ini adalah masih banyaknya penduduk dunia yang masih belum mempunyai akses terhadap air bersih.

Adapun metode-metode proyeksi penduduk yang sering digunakan dalam proyeksi jumlah penduduk antara lain. Metode Geometrik, Metode Aritmatik, dan Metode Eksponensial.

2.2.1. Metode Geometrik

Persamaan yang digunakan untuk memprediksi jumlah penduduk dengan metode Geometrik ialah (Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, 2002) :

$$P_n = P_o (1 + r)^n \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

P_n = jumlah penduduk setelah tahun ke-n (jiwa)

P_o = jumlah penduduk saat ini (jiwa)

r = angka pertumbuhan penduduk per tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2.2.2. Metode Aritmatika

Prediksi jumlah penduduk dengan metode ini didasarkan pada angka pertambahan penduduk per tahun. Rumusan yang digunakan adalah (Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, 2002) :

$$P_n = P_o (1 + r.n) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

P_n = jumlah penduduk setelah tahun ke-n (jiwa)

P_o = jumlah penduduk saat ini (jiwa)

r = angka pertumbuhan penduduk per tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2.2.3. Metode Eksponensial

Perkiraan jumlah penduduk berdasarkan metode Eksponensial dapat didekati dengan persamaan berikut (Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, 2002) :

$$P_n = P_0 e^{r \cdot n} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

P_n = jumlah penduduk setelah tahun ke-n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk saat ini (jiwa)

r = angka pertumbuhan penduduk per tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

e = bilangan logaritma natural (2,7182818)

2.3. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Untuk melakukan uji kesesuaian metode proyeksi jumlah penduduk, maka diproyeksikan terlebih dahulu dari tahun 2008-2011 dengan menggunakan metode Geometri, Aritmatika, Eksponensial. Setelah itu dilakukan perhitungan jumlah kuadrat terkecil untuk metode mana yang dipakai untuk perhitungan selanjutnya. Dengan perhitungan jumlah kuadrat terkecil sebagai berikut :

$$\sum = (X-Y)^2$$

Dimana : X = data dasar jumlah penduduk

Y = Data jumlah penduduk hasil proyeksi

2.4. Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih adalah jumlah air yang diperlukan secara wajar untuk keperluan pokok manusia (domestik) dan kegiatan-kegiatan lainnya yang

memerlukan air, meliputi sosial, perkantoran, pendidikan, niaga, fasilitas peribadatan dan sebagainya (non domestik). Beberapa faktor dominan yang mempengaruhi kebutuhan akan air bersih yakni : musim, ukuran kota, kondisi sosial ekonomi dan jenis penggunaan air pada daerah layanan.

Pada musim kemarau, kebutuhan akan air lebih banyak oleh karena meningkatnya suhu udara. Ukuran kota berhubungan erat dengan kebiasaan hidup dan tingkat ekonomi yang tentunya berpengaruh terhadap tinggi rendahnya kebutuhan akan air bersih. Daerah perdagangan, daerah industri dan daerah lainnya mempunyai kecenderungan yang berbeda dalam penggunaan air bersih.

Pada umumnya, penyediaan atau pelayanan air bersih dibedakan berdasarkan jenis kebutuhan air Domestik dan kebutuhan air Non Domestik.

❖ **Kebutuhan Air Domestik**

Kebutuhan domestik adalah kebutuhan air bersih yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan sambungan kran umum. Penggunaan air bersih oleh konsumen rumah tangga tidak hanya terbatas untuk memasak dan mandi saja, namun juga untuk hampir setiap aktivitas yang memerlukan air.

Tingkat kebutuhan air bersih untuk keperluan domestic antara satu wilayah dengan wilayah yang lain berbeda. Semakin besar suatu wilayah maka tingkat kebutuhan air bersihnya juga semakin modern sehingga penggunaan air nya semakin besar.

Tingkat kebutuhan air bersih untuk tipe sambungan rumah dapat dilihat pada Tabel 2.1. sedangkan jumlah jiwa untuk sambungan rumah adalah :

- 5 orang untuk kota metro sdan kota besar
- 6 orang untuk kota sesdang dsan kexcil
- 10 Orang untuk desa

Tabel 2.1 Kriteria dan Standar Kebutuhan Air Domestik

No	Uraian/ Kriteria	Kategori			
		Metro (> 1Juta jiwa)	Besar (500-1jt) jiwa	Sedang (100-500) jiwa	Kecil (20-100) jiwa
1	Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90
		Perpipaan 60	Perpipaan 60	Perpipaan 60	Perpipaan 50
		BJP 30	BJP 30	BJP 30	BJP 30
2	Konsumen SR (l/o/h)	190	170	150	130
3	Konsumen HU (l/o/h)	30	30	30	30
4	Jumlah Jiwa/ SR	5	5	6	6
5	Jumlah Jiwa/ HU	100	100	100	(100-200)
6	SR : HU (%)	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30
7	Kehilangan air (%)	(20-30)	(20-30)	(15-20)	(15-20)
8	Faktor max day	1,1	1,1	1,1	1,1
9	Faktor peak hour	1,5	1,5	1,5	1,5
10	Jam operasi	24	24	24	24

Sumber : Juknis SPAM Kimpraswil 1998

❖ Kebutuhan Air Non Domestik

Selain memenuhi kebutuhan domestik, perusahaan air minum biasanya juga melayani kebutuhan non domestik. Kebutuhan non domestik ini adalah kebutuhan air bersih selain untuk keperluan rumah tangga dan sambungan kran umum, seperti penyediaan air bersih untuk perkantoran, perdagangan dan industri serta fasilitas sosial seperti tempat ibadah, sekolah, hotel, rumah sakit, militer serta pelayanan jasa umum lainnya.

Tabel 2.2 Klasifikasi Kebutuhan Air Non Domestik

Parameter Kebutuhan Non Domestik	Kota Metro	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil
1. Industri (ltr/dtk/ha)				
- Berat	0.50 – 1.00			
- Sedang	0.25– 0.50			
- Ringan	0.15 – 0.25			
2. Komersil (ltr/dtk/ha)				
- Pasar (ltr/dtk)	0.1 – 1.00			
- Bioskop (lrr/kmr/hr)	15			
- Hotel (lt/kmr/hr)				
➤ Lokal	400			
➤ Internasional	1000			
3. Social dan Institusi :				
- Universitas(lt/sws/hr)	20	40 % dari Kebutuhan Domestik	30 % dari Kebutuhan Domestik	25% dari KEbutuhan Domestik
- Sekolah (lt/siswa/hr)	15			
- Mesjid (m ³ /hr/unit)	1-2			
- RS (lt/tmpat tidur/hr)				
➤ <100 tempat tidur	340			
➤ >100 tempat tidur	400-450			
- Puskesmas(m ³ /hr/unit)	1-2			
- Kantor (lt/det/hr)	0.01			
- Militer (m ³ /hr/unit)	10			
- Klinik kesehatan (lt/org/unit)	135			
4. Fasilitas Pendukung Kota				
- Taman (lt/m ² /hr)	14			
- Road Watering(lt/m ² /hr)	1.0 – 1.5			
- Sewer system/air kotor (lt/kapita/hr)	4.5			
5. Fasilitas transportasi :				
Yang Ada fasilitas Km Mandi (lt/kapita/hari) :				
- Stasiun Menengah	45			
- Stasiun Penghubung dan Mnengah	70			
- Terminal	45			
- Bandar Udara Lokal/Internasional	70			
Yang Tidak Ada Fasilitas Km.mandi (ltr/kapita/hr) :				
- Stasiun Menengah	23	40 % dari Kebutuhan Domestik	30 % dari Kebutuhan Domestik	25% dari KEbutuhan Domestik
- Stasiun Penghubung dan Mnengah	45			

- Terminal		45			
- Bandar Lokal/Internasional	Udara	70			

Sumber : Pedoman Kontruksi dan Bangunan, Departemen PU

2.4.1. Kebutuhan Air Standar Pedesaan

Jumlah air yang diperlukan untuk rumah tangga sehari - hari berubah - ubah, sehingga sulit diketahui secara tepat. Rerincian kebutuhan air untuk kebutuhan rumah tangga di pedesaan dapat diperinci seperti terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Kebutuhan Air Standar Pedesaan

NO.	KEBUTUHAN	JUMLAH
1.	Keperluan utama, meliputi : a) Air minum b) Air untuk masak c) Air untuk mencuci piring, bahan makanan dll.	5,0 - 10 ltr/or/hr.
2.	Keperluan sholat, peturasan dan pembersihan, meliputi : a) Wudhu (lima kali) b) Penggunaan kakus / wc c) Mandi d) Cuci pakaian Air	30 - 40 ltr/or/hr.
3.	Keperluan lainnya, meliputi : a) Mencuci lantai (rumah sedang) b) Industri kecil c) Dan Lain - lain	10 - 40 ltr/or/hr.
Jumlah		45 - 90 ltr/or/hr.

Sumber : Juklak - Operasional Tingkat Desa WSLIC-2

Untuk kemudahan perencanaan sistem penyediaan air bersih pedesaan di Indonesia, diperlukan suatu kesepakatan bersama atas dasar kriteria perencanaan yang telah ditetapkan dalam suatu buku Petunjuk Pelaksanaan Operasional Desa yang diterbitkan oleh program WSLIC-2 seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kriteria Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Perdesaan

NO.	KEBUTUHAN	KRITERIA	KETERANGAN
1.	Pemakaian air bersih rata - rata melalui Sambungan Rumah (SR)	60 liter/org/hari	
2.	Pemakaian air bersih rata - rata melalui Kran Umum (KU) / Hidran Umum (HU)	30 liter/org/hari	KU Tanpa bak penampung / HU dengan bak penampung
3.	Lingkup pelayanan (minimum)	80%	
4.	Perbandingan penduduk terlayani dengan Kran Umum / Hidran Umum dan penduduk terlayani dengan Sambungan Rumah	(50 : 50) atau (20 : 80)	Komposisi bergantung kepada masyarakat
5.	Alokasi air untuk kebutuhan Non Rumah Tangga	0%	Kebutuhan domestik
6.	Kehilangan air akibat kebocoran dan lain - lain (leakage)	20%	Kebutuhan Total
7.	Faktor harian maksimum	1,1	
8.	Faktor kebutuhan pada waktu jam puncak per hari (minimum)	1,5	
9.	1 Sambungan Rumah direncanakan untuk melayani	5 orang / unit	
10.	1 Kran Umum / Hidran Umum direncanakan untuk melayani	100 orang / unit	
11.	Periode perencanaan	15 th	
12.	Kapasitas Reservoir (minimum)	20%	Harian maksimal
13.	Jumlah jam pelayanan per hari	24 jam	Tergantung situasi terutama untuk sistem zoning.
14.	Tekanan kerja di jaringan distribusi Minimum Maksimum	10 mka 60 mka	

Sumber : Juklak - Operasional Tingkat Desa WSLIC-2

2.4.2. Kebutuhan Air Standar Perkotaan

Kebutuhan air untuk daerah perkotaan dibagi menjadi 5 kategori kota mulai dari kota metropolitan sampai dengan ibu kota kecamatan/desa yang akan ditampilkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Kebutuhan Air Per Orang Per Hari menurut Katagori Kota

Kategori Kota	Keterangan	Jumlah Penduduk (orang)	Kebutuhan Air Minum (Liter/orang/hari)
I	Kota Metropolitan	> 1 juta	190
II	Kota Besar	500.000 – 1 juta	170
III	Kota Sedang	100.000 – 500.000	150
IV	Kota Kecil	20.000 – 100.000	130
V	Kota Kecamatan	< 20.000	100

Sumber : PUSLITBANG Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002

Berdasarkan pada kelompok konsumsi air atau kebutuhan dasar untuk keperluan air bersih, dapat dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu:

- Penggunaan air untuk kebutuhan domestik
- Penggunaan air untuk kebutuhan non domestik

Besarnya kebutuhan air bersih untuk keperluan domestik, diperhitungkan berdasarkan prosentase jumlah penduduk yang akan dilayani dengan kriteria :

- Sambungan halaman (SH)

Kran disediakan hanya sampai halaman saja, dalam satu unit melayani 8 jiwa dengan pelayanan air 60 liter/jiwa/hari

- Sambungan umum (SU)

Berupa kran umum atau bak air yang dipakai bersama oleh sambungan rumah / bangunan (100 jiwa) dengan pelayanan 60 liter/jiwa/hari.

Sedangkan besarnya kebutuhan air bersih untuk keperluan non domestik, diperhitungkan berdasarkan proporsi antara jumlah pelanggan domestik dan komersial pada PDAM yang terdapat di tiap daerah perencanaan beserta tingkat konsumsi pelanggan baik domestik dan komersial.

Kebutuhan maksimum adalah kebutuhan air maksimum dalam satu harian yang diperhitungkan dan kebutuhan harian rata-rata dikalikan faktor maksimum antara 1,1.

Kebutuhan puncak adalah kebutuhan air pada saat jam puncak yaitu pagi dan sore hari yang diperhitungkan dan kebutuhan maksimum dikalikan faktor puncak antara 1,5 — 2,0.

Selain itu jumlah kebutuhan air yang harus disediakan dihitung sesuai penggunaan seperti tabel berikut :

Tabel 2.6 Kebutuhan Air Bersih Sesuai Penggunaan

No.	Uraian	Satuan	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (jiwa) - (X 000)				
			> 1000	500-1000	100-500	20-100	< 20
1.	Rumah Tangga Konsumsi						
	- SR (RT)	l/o/h	170-190	150-170	130-150	100-130	90-100
	- Kran Umum	l/o/h	30	30	30	30	30
	- Non Domestik Terhadap Keb. RT.	%	35-40	30-35	25-30	20-25	10-20
2.	Kehilangan Air		15-20	15-20	15-20	15-20	15-20
3.	Faktor Hari Max. *)	%	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
4.	Faktor Jam Puncak *)		1,5-1,75	1,5-1,75	1,5-1,75	1,5-2,0	1,5-2,0
5.	Jumlah Jiwa						
	- 1 SR	Jiwa	6	6	6	6	6
	- 1 KU	Jiwa	100	100	100	100-200	100-200
6.	Sisa tekanan Min di titik kritis jar. Dist	Mka	20	20	15	10	10
7.	Jam Operasi	Jam	24	24	24	24	24
8.	Volume Reservoir	%	12-15	12-15	12-15	12-15	12-15
9.	SR : Ku	%	80:20	80:20	80:20	80:20	70:30

*) terhadap kebutuhan rata-rata harian

Sumber : Direktorat Air Bersih, PU. Cipta Karya Untuk kategori pedesaan, dapat dikorelasikan dengan jumlah penduduk di bawah 20.000 jiwa.

2.4.3. Kehilangan Air Atau Kebocoran Air

Secara umum, kehilangan air atau kebocoran yang terjadi pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih dapat dibedakan menjadi dua faktor yaitu :

- a) Kehilangan air akibat faktor teknis:
 - Adanya lubang pada pipa atau sambungannya
 - Pipa pada jaringan distribusi pecah
 - Pemasangan pipa yang kurang baik
- b) Kehilangan air akibat faktor non teknis:
 - Kesalahan pembacaan dan pencatatan meter air
 - Kesalahan pemindahan dan pembuatan rekening air

Kebocoran atau kehilangan air perlu dipertimbangkan dalam proyeksi kebutuhan air agar tidak mengurangi alokasi yang diperhitungkan. Kebocoran atau kehilangan air adalah 20 – 40 % dari kebutuhan domestik + kebutuhan non domestik. Kebocoran juga dapat diperhitungkan terhadap air yang dijual dibandingkan dengan air yang diproduksi.

2.4.4. Fluktuasi Kebutuhan Air

Besarnya pemakaian air oleh masyarakat pada system jaringan distribusi air bersih tidak berlangsung konstan tetapi terjadi fluktuasi antara jam yang satu dengan jam yang lain, begitu pula dengan hari yang satu dengan hari yang lain. Pada saat-saat tertentu terjadi peningkatan aktivitas penggunaan air sehingga memerlukan pemenuhan kebutuhan air bersih lebih banyak dari kondisi normal, sementara pada saat-saat tertentu juga tidak terdapat aktivitas yang memerlukan air. Fluktuasi yang terjadi tergantung pada ssuatu aktivitas penggunaan air dalam

keseharian masyarakat. Adapun kriteria tingkat kebutuhan air pada masyarakat dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Kebutuhan air rata-rata, yaitu penjumlahan kebutuhan total (domestik + non domestik) ditambah dengan kehilangan air
2. Kebutuhan harian maksimum, yaitu kebutuhan tertinggi pada hari tertentu selama satu tahun. Kebutuhan harian maksimum = kebutuhan air rata-rata x faktor harian maksimum. Faktor harian maksimum yaitu faktor dari debit terbesar yang mengalir dalam 1 hari selama 1 tahun. Kebutuhan air harian maksimum digunakan untuk merencanakan reservoir.
3. Kebutuhan air pada jam puncak, yaitu pemakaian air tertinggi pada jam-jam tertentu selama periode satu hari. Faktor fluktuasi sangat mempengaruhi besarnya dimensi pipa distribusi dalam sistem distribusi. Jam maksimum pada setiap kota selalu berbeda tergantung pada pola konsumsi masyarakatnya. Apabila suatu wilayah didominasi oleh pemukiman, maka faktor jam puncak akan semakin besar.

Berdasarkan variasi perubahan pemakaian air oleh konsumen dari waktu ke waktu secara periodik (fluktuasi), dapat ditentukan standart perencanaan yaitu berupa perkiraan faktor jam puncak dan harian maksimum sehingga dapat mengoptimalkan produksi air dan peningkatan pelayanan.

Menurut Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum (1994), besarnya faktor jam puncak adalah 1.56 sedangkan faktor harian maksimum adalah 1.1 Angka ini adalah berupa kriteria perencanaan yang dimaksudkan untuk

mempermudah dalam merencanakan jaringan distribusi air bersih yang diperoleh dari pendekatan empiris.

2.5. Dasar-Dasar Hidraulika Perpipaan

2.5.1. Sistem Pengaliran (Sistem Hidraulika)

Dalam suatu sistem jaringan air bersih, terdapat tiga macam sistem pengaliran atau sistem hidraulika yakni :

1. Sistem pengaliran gravitasi

Sistem ini digunakan apabila elevasi sumber air baku atau pengolahan berada jauh diatas elevasi daerah pelayanan dan sistem ini dapat memberikan energi potensial yang cukup tinggi pada daerah pelayanan terjauh.

2. Sistem pengaliran dengan pompa

Sistem pompa merupakan sistem pengaliran dengan memompakan air ke dalam jaringan distribusi. Sistem ini digunakan apabila elevasi antara sumber air atau instalasi pengolahan air terhadap reservoir distribusi tidak dapat memberikan tekanan yang cukup.

3. Sistem pengaliran kombinasi

Sistem ini menggunakan kombinasi antara sistem gravitasi dengan sistem pemompaan. Kombinasi yang lazim digunakan adalah sistem pemompaan untuk menaikkan air pada elevasi tertentu dimana ada reservoir atau ground reservoir untuk menampung air dalam jumlah tertentu untuk kemudian didistribusikan secara gravitasi ke daerah layanan.

2.5.2. Prinsip Sistem Transmisi, Penyimpanan dan Distribusi

Sistem yang menghubungkan sumber air dengan konsumen terdiri dari :

❖ **Transmisi**

Setelah dilakukan diinfeksi baik pada sumber maupun pada instalasi pengolahan air (IPA), air disalurkan ke reservoir pembagi yang kemudian menuju daerah distribusi atau pelanggan dengan cara melalui pipa transmisi. Sistem perpipaan ini mempunyai satu tujuan, yakni menyalurkan air dari bak penampung hasil pengolahan air menuju ke reservoir baik berbentuk ground reservoir atau berbentuk menara air.

Jika elevasi sumber air terletak diatas elevasi daerah distribusi, maka air dialirkan secara gravitasi. Sebaliknya, jika elevasi sumber air terletak dibawah daerah distribusi maka diperlukan sistem pemompaan.

❖ **Penyimpanan Air (Reservoir)**

Air tidak selalu dipakai pada tingkatan yang tetap setiap hari, tetapi berfluktuasi. Pada saat-saat tertentu pemakaian air meningkat, lebih banyak dari kondisi normal tetapi juga ada saat dimana pemakaian air dibawah kondisi normal. Dengan pemakaian air yang berfluktuasi ini diperlukan reservoir. Adapun fungsi reservoir adalah sebagai berikut :

1. Menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air yang berfluktuasi selama 24 jam. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian, maka untuk sementara kelebihan air disimpan dalam reservoir dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air

pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil dari pada jumlah pemakaian air.

2. Agar tekanan air pada jaringan pipa distribusi relatif stabil. Pada saat tekanan air pada jaringan pipa distribusi berkurang dan tekanan air ini akan naik kembali saat pemakaian air. Dengan menggunakan reservoir, maka dapat dihitung sedemikian rupa sehingga tekanan air maksimum dan minimum pada jaringan pipa distribusi masih memenuhi syarat. Dengan perhitungan ini maka dapat ditetapkan lokasi dan ketinggian reservoir terhadap daerah distribusi.
3. Sebagai tempat persediaan air pada keadaan darurat, yaitu saat terjadi kebakaran, pipa transmisi sedang diperbaiki.
4. Sebagai tempat pencampuran air dengan larutan kimia terutama disinfektan, sehingga pencampuran lebih merata. Disamping itu, dengan pencampuran lebih lama diharapkan sisa khlor yang berlebihan dapat dikurangi.
5. Sebagai tempat pengendapan pasir atau kotoran lain, yang mungkin masih terbawa air dari instalasi pengolahan atau dari sumur dalam.

❖ **Distribusi**

Sistem distribusi adalah bagian dari sistem penyediaan air bersih yang menyalurkan air ke konsumen. Sistem distribusi terdiri dari 2 bagian yaitu :

1. Pipa induk, untuk menyalurkan air ke seluruh daerah distribusi. Pipa induk terbagi menjadi 3 yaitu pipa primer, sekunder dan tersier. Pipa primer menyalurkan air dari pipa distribusi ke bagian besar pada daerah pelayanan; pipa sekunder menyalurkan air ke daerah yang lebih kecil ; pipa tersier

adalah pipa-pipa yang menyalurkan air ke rumah atau pelanggan. Besar ukuran pipa tergantung pada jumlah banyaknya kebutuhan air pada daerah distribusi

2. Pipa dinas adalah untuk membagi air kepada pelanggan.

2.5.3. Hukum Kontinuitas

Air yang mengalir sepanjang pipa yang mempunyai luas penampang $A \text{ m}^2$ dan kecepatan $V \text{ m/det}$ selalu memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya. Dengan kata lain, pada suatu aliran air di dalam pipa, jumlah air yang masuk sama dengan jumlah air yang keluar. Contoh berikut akan memberikan penjelasan tentang uraian tersebut.

1. Pipa tunggal dengan diameter tetap

Tidak ada air yang masuk dan keluar dari sistem kecuali melalui potongan 1 – 1 dan 2 – 2, maka jumlah air yang masuk melalui potongan 1– 1 (Q_1) harus sama dengan jumlah air yang keluar melalui potongan 2-2 (Q_2) atau $Q_1 = Q_2$, sehingga berlaku hukum kontinuitas :

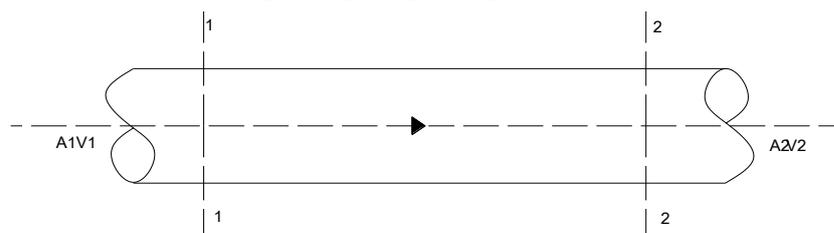
$$Q_1 = Q_2 \text{ atau } A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan :

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

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

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



2. Pipa tunggal berubah diameter

Jika tidak ada air yang masuk atau keluar dari sistem tersebut, kecuali melalui potongan 1 – 1 dan 2 – 2, maka :

$$Q_1 = Q_2 \text{ atau } A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan rumus :

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

A_1 tidak sama dengan A_2 dan V_1 tidak sama dengan V_2

Sehingga :

$$V_1 = \frac{A_2 \times V_2}{A_1} ; \quad V_2 = \frac{A_1 \times V_1}{A_2}$$

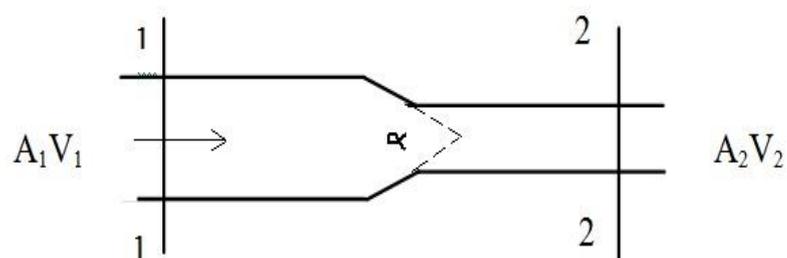
Dengan :

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

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

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

α = sudut belokan



Gambar 2.2. Aliran Dalam Pipa Tunggal Berubah Diameter

3. Pipa bercabang dua

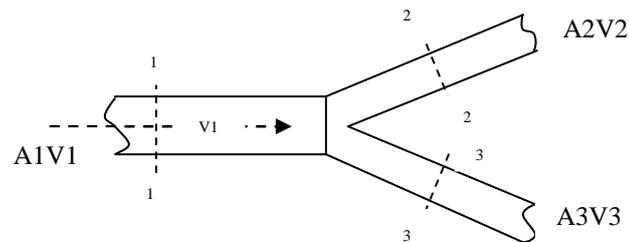
Pipa aliran percabangan pipa juga berlaku hukum kontinuitas dimana debit yang masuk pada suatu pipa sama dengan debit yang keluar pipa. Tidak ada air yang masuk atau keluar dari sistem kecuali melalui potongan 1 – 1, 2 – 2, dan 3 – 3, maka berlaku hukum kontinuitas :

$$\text{Rumus : } Q_1 = Q_2 + Q_3 \text{ atau } A_1 \times V_1 = (A_2 \times V_2) + (A_3 \times V_3) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan :

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

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



Gambar 2.3. Aliran Dalam Pipa Bercabang Dua

2.5.4. Hukum Bernoulli

Air di dalam pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi lebih besar menuju tempat yang memiliki tinggi energi lebih kecil. Aliran tersebut memiliki tiga macam energi yang bekerja di dalamnya yaitu :

1. Energi ketinggian (h), dengan :

h = ketinggian titik tersebut dari garis referensi yang ditinjau (m)

2. Energi kecepatan = $\frac{v^2}{2g}$, dengan :

v = kecepatan (m/det)

g = percepatan gravitasi (m/det²)

3. Energi tekanan = $\frac{p}{\gamma_w}$, dengan :

p = tekanan (kg/m²)

γ_w = berat jenis air (kg/m³)

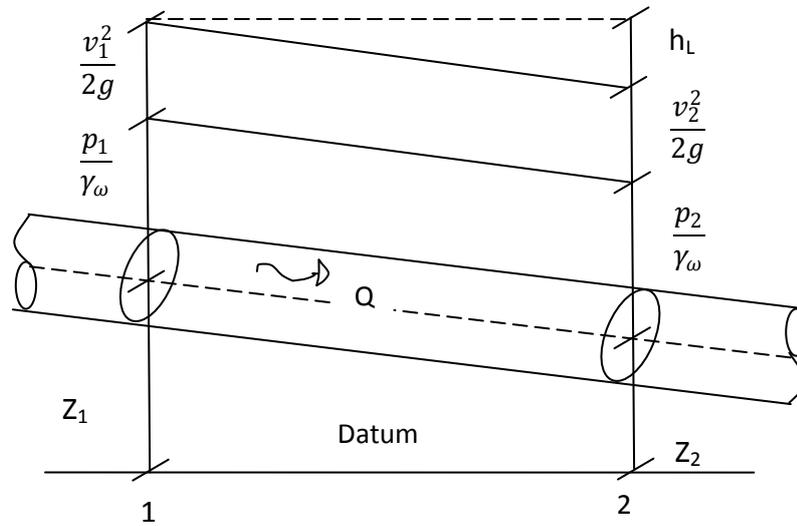
Persamaan Bernoulli menghubungkan antara tekanan, kecepatan, dan elevasi. Persamaan Bernoulli digunakan dalam perhitungan aliran fluida dengan menganggap fluida ideal dan fluida riil. Zat cair ideal (*invisid*) menganggap tidak ada gesekan baik antara partikel zat cair maupun antara zat cair dan dinding batas. Pada aliran zat cair ideal, garis tenaga mempunyai tinggi tetap yang menunjukkan jumlah dari tinggi elevasi, tinggi tekanan, dan tinggi kecepatan. Garis tekanan menunjukkan jumlah dari tinggi elevasi dan tinggi tekanan yang bisa naik atau turun pada arah aliran dan tergantung pada luas tampang aliran. Dengan demikian garis tenaga pada aliran zat cair ideal adalah konstan. Untuk zat cair riil (viskos) terjadi kehilangan tenaga karena adanya gesekan antara zat cair dan dinding batas atau karena adanya perubahan tampang lintang aliran. Kehilangan tenaga dinyatakan dalam tinggi zat cair. Karena adanya kehilangan tenaga akibat gesekan maka garis tenaga akan selalu menurun kearah aliran (Triadmodjo, 1993).

Persamaan Bernoulli antara dua tampang aliran adalah :

E_{Tot} = Energi ketinggian + Energi kecepatan + Energi tekanan

$$E_{Tot} = h + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma_w} \dots \dots \dots (2.8)$$

Persamaan tersebut dapat dijelaskan dengan gambar 2.4 di bawah ini :



Gambar 2.4. Gradien Hidrolika

Hukum kekekalan Bernoulli pada gambar di atas dapat ditulis sebagai berikut :

$$Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma_w} = Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma_w} \dots \dots \dots (2.9)$$

Bila pada persamaan kekekalan energi diperhitungkan kehilangan tinggi tekan, maka persamaan Bernoulli menjadi :

$$Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma_w} = Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma_w} + H_L \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan :

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

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

$$p_1, p_2 = \text{tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m}^2\text{)}$$

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

$$V_1, V_2 = \text{kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/det)}$$

g = percepatan gravitasi (m/det^2)

Z_1, Z_2 = tinggi elevasi di titik 1 dan 2 dari garis yang ditinjau (m)

H_L = kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

Pada gambar 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 energi yang terjadi sepanjang penampang 1 dan 2.

2.5.5. Kehilangan Tinggi Tekan (*Head Loss*)

Kehilangan tinggi tekan dalam pipa dapat dibedakan menjadi kehilangan tinggi tekan mayor (*major losses*) dan kehilangan tinggi tekan minor (*minor losses*).

2.5.5.1. Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (*Mayor Head Losses*)

Fluida yang mengalir di dalam pipa akan mengalami tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan karena adanya kekentalan. Tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan tenaga selama pengaliran (Triatmodjo, 1996). Air dalam pipa akan mengalami kehilangan energi karena gesekan sepanjang pipa disebut dengan “Mayor Head Loss”. Tegangan geser yang terjadi pada dinding pipa merupakan penyebab utama menurunnya garis energi pada suatu aliran (*major losses*) selain bergantung juga pada jenis pipa.

Persamaan yang sering digunakan untuk menentukan kehilangan tinggi energi adalah persamaan Henry Darcy dan Julius Weisbach. Formulanya adalah :

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan :

h_f = kehilangan tinggi akibat gesekan (m)

f = koefisien gesekan

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

V = kecepatan rerata (m/dt)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

Yang dimaksud dengan koefisien gesekan (f) yakni koefisien yang nilainya tergantung dari kekasaran pipa yang digunakan dalam temperatur air. Dengan bertambah kasarnya pipa, maka nilai koefisien gesekan pipa pun semakin besar. Sedangkan makin tinggi temperatur air maka makin kecil pula koefisien gesekan pipa. Besarnya faktor gesekan (f) ditentukan berdasarkan jenis alirannya apakah laminar dan turbulenta (tergantung pada bilangan Reynolds). Dikatakan laminar apabila $Re < 2000$, dan turbulenta apabila $Re > 4000$.

Nilai koefisien kekasaran pipa dapat dilihat pada tabel 2.7

Tabel 2.7. Nilai Koefisien Kekasaran Pipa menurut Darcy Weisbach

No	Jenis Pipa	Koefisien Gesekan Darcy (f)
1	PVC	0.02 – 0.03
2	Asbes	0.03 – 0.04
3	Lapisan semen	0.04 – 0.05
4	Pipa baja galvanis	0.05 – 0.06
5	Baja (steel)	0.06 – 0.07
6	Pipa besi (castiron)	0.07 – 0.08

Sumber : nilai koefisien gesekan Darcy-Weisbach dicantumkan dalam program WaterCad

Formula lain yang juga sering digunakan untuk menentukan kehilangan tekanan akibat gesekan air dengan dinding pipa adalah formula Hazen Williams.

$$H_L = \left[\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,86} \times L \dots \dots \dots (2.12)$$

Dengan :

- HL = kehilangan tinggi tekan (m)
- Q = debit aliran dalam pipa (m³/dtk)
- D = diameter pipa (m)
- L = panjang pipa (m)
- C = koefisien gesekan Hazen Williams

Nilai koefisien gesekan Hazen Williams dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.8. Koefisien Gesekan Hazen Williams (C_{hw})

No	Jenis Pipa	Nilai Koefisien Hazen-Williams (C_{hw})
1	Semen Asbes	140
2	Kuningan	135
3	Batu Bata	100
4	Besi Cor	130
5	Beton/ Beton Berlapis :	
	- Baja	140
	- Kayu	120
	- Cetak dengan adonan berputar	135
6	Tembaga	135
7	Besi Galvanis	120
8	Kaca	140
9	Timah	135
10	Plastik	150
11	Baja :	
	- Berlapis aspal cair	148
	- Lapisan baru	145
	- Baja dikeling	110
12	Kayu	120

Sumber : Headstad, *WaterCad User's Guide 2001*

2.5.5.2. 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 (Heastad dalam WaterCad user's guide, 2001). Untuk pipa-pipa yang panjang atau $L/D > 1000$, kehilangan tinggi tekan minor dapat diabaikan karena nilainya tidak signifikan terhadap kehilangan energi utama. Selain itu faktor pekerjaan manusia (man work) kadang amat berpengaruh terhadap nilai kehilangan tinggi tekan minor, terutama untuk berbagai macam sambungan (Triatmodjo).

Kehilangan tinggi minor (Minor Head Loss) yang terjadi pada suatu system perpipaan yang penting diketahui adalah:

1. Kehilangan tinggi akibat pembesaran / pengecilan

Persamaan pendekatan untuk menentukan kehilangan tinggi pada kasus ini adalah:

$$h_d = \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dengan :

h_d = kehilangan akibat pembesaran / pengecilan (m)

k = koefisien kehilangan tinggi tekan minor (Tabel 2.7)

V = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/dtk)

g = percepatan gravitasi (m/dtk²)

Tabel 2.9. Koefisien Minor Losses Menurut Jenis Perubahan Bentuk Pipa

Perubahan Bentuk Pipa	k	Perubahan Bentuk Pipa	k
Awal masuk pipa		Belokan halus 90°	
Bell mouth	0,30 – 0,05	Radius Belokan/D = 4	0,16 – 0,18
Rounded	0,12 – 0,25	Radius Belokan/D = 2	0,19 – 0,25
Shard edge	0,50	Radius Belokan/D = 1	0,35 – 0,40
Projecting	0,80		
Pengecilan mendadak		Belokan tiba-tiba (mitered)	0,05
D ₂ /D ₁ = 0,80	0,18	Δ = 15°	0,10
D ₂ /D ₁ = 0,50	0,37	Δ = 30°	0,20
D ₂ /D ₁ = 0,20	0,49	Δ = 45°	0,35
Pengecilan mengerucut		Δ = 60°	0,80
D ₂ /D ₁ = 0,80	0,05	Δ = 90°	
D ₂ /D ₁ = 0,50	0,07		
D ₂ /D ₁ = 0,20	0,08	T (Tee)	
Pembesaran mendadak		Aliran searah	0,30 – 0,40
D ₂ /D ₁ = 0,80	0,16	Aliran bercabang	0,75 – 0,18
D ₂ /D ₁ = 0,50	0,57	Persilangan	
D ₂ /D ₁ = 0,20	0,92	Aliran searah	0,50
Pembesaran mengerucut		Aliran bercabang	0,75
D ₂ /D ₁ = 0,80	0,03	45° Wye	
D ₂ /D ₁ = 0,50	0,08	Aliran searah	0,30
D ₂ /D ₁ = 0,20	0,13	Aliran bercabang	0,50

Sumber : Heastad, *WaterCad User's Guide 2001*: 293

2. Kehilangan tinggi akibat belokan

Kehilangan tenaga / tinggi yang terjadi akibat belokan tergantung pada sudut belokan pipa. Rumus kehilangan tenaga akibat belokan pipa yaitu:

$$h_b = k_b \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan :

h_b = kehilangan akibat belokan (m)

k_b = koefisien kehilangan tenaga pada belokan

V = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/dtk)

g = percepatan gravitasi (m/dtk²)

Tabel 2.10. Nilai K_b untuk berbagai jenis belokan

No	Jenis Belokan	Nilai K_b
1	Short-radius below	0.9
2	Medium-radius	0.8
3	below	0.6
4	Long-radius below 45° below	0.4

Sumber : Panduan Epanet 2 User Manual

3. Kehilangan tinggi akibat katup

Katup pada instalasi pipa digunakan untuk mengontrol debit aliran.

Kehilangan tinggi pada katup biasanya terjadi pada saat katup dibuka penuh.

Tabel 2.11. Nilai K_v untuk berbagai jenis katup

No	Jenis Katup	Nilai K_v (Terbuka Penuh)
1	Gate Valves	0,2
2	Check Valves	2,5
3	Globe Valves	10,0
4	Rotary Valves	10,0

Sumber : Panduan Epanet 2 User Manual

2.6. Komponen-Komponen Pada Sistem Jaringan Air Bersih

Komponen-komponen yang ada dalam suatu rangkaian sistem jaringan air bersih yang terdiri dari pipa dan sambungannya, katup, pompa dan tandon (reservoir) dimana semuanya bekerja dengan baik. Jika salah satu dari komponen tersebut tidak berfungsi, maka dampaknya adalah berkurangnya bahkan terhentinya kinerja dan efisiensi dari sistem tersebut.

2.6.1. Jaringan Pipa Transmisi

Jaringan transmisi adalah merupakan jaringan pipa yang dipergunakan untuk mengalirkan air dari bangunan penyadap ke bangunan pengolahan langsung ke reservoir (tandon). Dalam perencanaan pipa transmisi, yang perlu diperhatikan

adalah jalur yang dilalui pipa keadaan topografi, rintangan, dan pemilihan jalur terpendek. Guna menjamin kelancaran aliran di jaringan pipa transmisi perlu di pasang perlengkapan operasional sebagai berikut :

❖ Katup (Valve)

Aliran air yang baik didalam pipa sangat ditunjang oleh katup yang bekerja pada sambungan antar pipa. Berbagai jenis katup memiliki fungsi yang berbeda yang penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi lapangan agar suatu rangkaian pipa berfungsi dengan baik. Beberapa macam katup dalam rangkaian jaringan pipa adalah (*Haested, 2001: 277*) :

a. Flow Control Valve (FCV)

Digunakan untuk membatasi aliran pada nilai tertentu yang melalui katup ari hulu ke hilir. Hal ini dimaksudkan untuk membatasi permintaan maksimum pada suatu titik agar tidak mempengaruhi kinerja dan kapasitas sistem.

b. Pressure Reducer Valve (PRV)

Digunakan untuk menanggulangi tekanan yang terlalu besar di hilir katup dari nilai yang ditetapkan agar tidak merusak sistem. Jika tekanan naik hingga melebihi nilai batas, maka PRV akan menutup dan akan terbuka penuh apabila tekanan di hulu lebih rendah dari nilai yang ditetapkan pada katup itu.

c. Pressure Sustaining Valve (PSV)

Digunakan untuk menanggulangi penurunan secara drastis pada tekanan hulu dari nilai yang telah ditetapkan. Jika tekanan di hulu lebih rendah dari batas minimumnya, maka katup akan menutup.

d. Pressure Breaker Valve (PBV)

Digunakan untuk memberikan tekanan tambahan pada tekanan yang menurun di katup. Disamping itu, katup jenis ini juga dapat memberikan tambahan tekanan pada aliran yang berbalik arah (karena tekanan di hilir lebih tinggi dari tekanan di hulu) sehingga tekanan di hilir lebih rendah dari tekanan di hulu.

e. Throttle Control Valve (TCV)

Katup jenis ini digunakan untuk mengontrol minor losses yang berubah setiap waktu.

2.6.2. Jaringan Pipa Distribusi

Jaringan pipa distribusi adalah jaringan pipa yang menghantarkan air bersih dari reservoir (tandon) menuju daerah pelayanan (rumah konsumen) dengan tekanan air yang cukup sesuai yang diperlukan konsumen. Perencanaan suatu sistem distribusi air menurut adanya peta detail dari wilayah bersangkutan, yang memuat garis-garis kontur serta jaringan jalan. Jaringan pipa distribusi mempunyai beberapa kriteria perencanaan yaitu :

1. Jumlah penduduk dan sosial ekonomi

Keadaan penduduk suatu daerah perencanaan, baik jumlah, pendapatan dan perkembangannya akan menentukan presentase pelayanan dan jumlah pemakaian rata-rata yang nantinya akan menentukan jumlah dan ukuran pipa terpasang.

2. Topografi

Pada keadaan topografi yang berbukit-bukit, tidak mungkin menyediakan distribusi air dengan tekanan yang cukup tinggi untuk pelanggan yang berada pada zona yang lebih tinggi.

3. Pemilihan jalur pipa

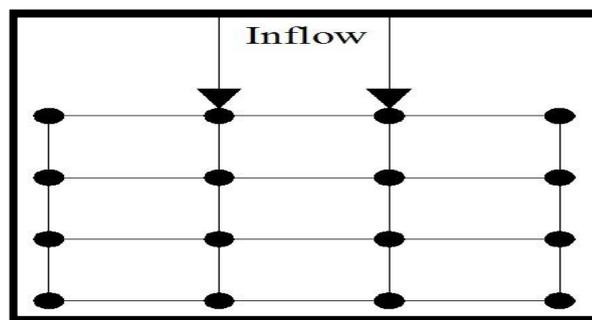
Pemilihan jalur pipa dimaksudkan untuk :

- a) Mempermudah pemasangan sambungan rumah (house connection)
- b) Mempermudah pelaksanaan instalasi pipa
- c) Mempermudah petugas dalam pemeriksaan kondisi pipa dan perlengkapan pipa yang terpasang
- d) Meminimalkan rintangan yang mungkin ada

Sedangkan sistem jaringan pipa distribusinya pada dasarnya terdapat beberapa cara atau metode antara lain :

1. Distribusi Model Lingkaran (Loop)

Merupakan sistem yang mempunyai lebih dari satu arah pengaliran, dimana tidak terdapat titik mati. Pada sistem melingkar ini, pipa-pipa membentuk lingkaran yang dihubungkan satu dengan yang lainnya.

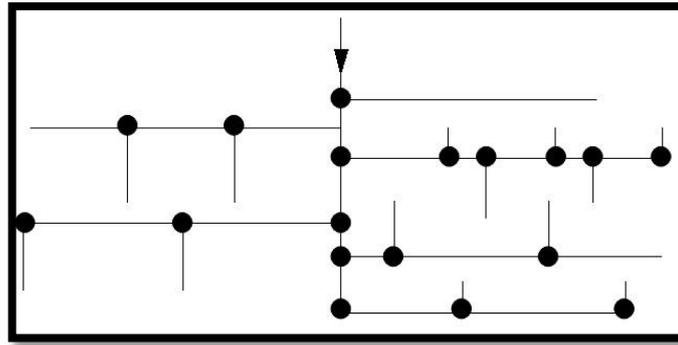


Gambar 2.5 Distribusi Model Lingkaran

- ❖ Keuntungannya :
 - a) Bila ada kerusakan, misalnya pipa pecah di suatu tempat, maka kerusakan tersebut di lokalisir dan hanya sebagian kecil dari daerah distribusi yang terganggu
 - b) Tidak ada kotoran yang mengendap sehingga tak diperlukan kontruksi pembuang lumpur
 - c) Tekanan air dapat dikatakan merata sehingga distribusi air minum dapat merata pula
- ❖ Kerugiannya :
 - a) Pipa harus melingkar, jadi akan panjang dan diameternya pun harus besar
 - b) Tekanan dalam pipa rendah. Tekanan rendah antara lain kurang memuaskan untuk pemadaman kebakaran
 - c) Bila terjadi kebakaran di suatu tempat, maka air tidak dapat “dikerahkan” ke kran kebakaran yang letaknya terdekat dengan tempat yang sedang terjadi kebakaran, kecuali bila pemadaman diperlengkapi dengan pompa yang biasanya dibawah oleh mobil kebakaran.

2. Distribusi Model Cabang

Sistem cabang terdiri dari pipa utama yang disambungkan lagi dengan pipa cabang lainnya sampai pada konsumen.



Gambar 2.6 Distribusi Model Cabang

- ❖ Keuntungannya :
 - a) Kotoran- kotoran dapat mengendap dan terkumpul di ujung-ujung/akhir pipa cabang dimana endapan ini dapat dibuang
 - b) Pipa-pipa distribusi dapat lebih pendek
 - c) Tekanan air lebih tinggi
 - d) Bila terjadi kebakaran di suatu daerah, maka air dapat dikerahkan ke tempat tersebut dengan jalan menutup kran-kran penutup pada cabang-cabang pipa yang tak ada kebakaran. Bila pemadaman dilakukan dengan bantuan pompa karena tekanan air tinggi, maka dapat menunjang bekerjanya pompa.

- ❖ Kerugiannya
 - a) Bila terjadi kerusakan pada pipa, maka daerah dibawahnya tak mendapat air
 - b) Ada tambahan konstruksi kran-kran pembuang endapan pada ujung-ujung akhir pipa cabang.

Untuk mempelajari aliran-aliran dalam suatu jaringan pipa, satu metode yang banyak digunakan pada analisis jaringan pipa tertutup adalah metode “KESEIMBANGAN TINGGI” atau dikenal dengan metode “HARDY CROSS”.

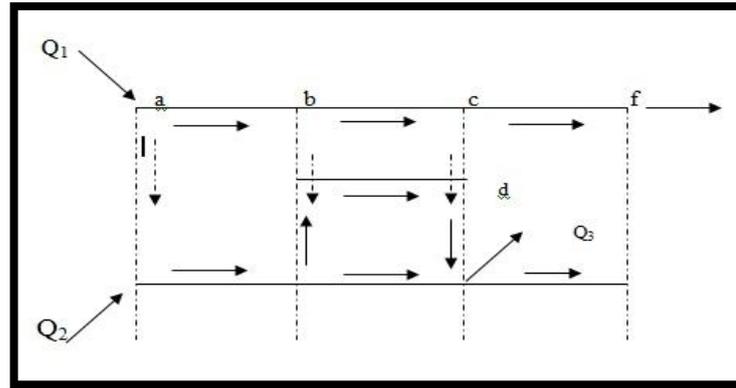
❖ **METODE HARDY CROSS** (*Dwi Priyantoro, 1997:77*)

Cara penyelesaian yang telah dikembangkan oleh professor Hardy Cross, terdiri dari memisahkan aliran-aliran di seluruh jaringannya, dan kemudian ,menyeimbangkan penurunan-penurunan head yang telah hilang (*Herman Widodo Sasmito, 1985:131*).

Dalam bagian ini hanya akan dijelaskan penggunaan metode Hardy-Cross dengan persamaan kehilangan tinggi menurut Darcy-Weishbach.

Persyaratan yang perlu diingat dalam jaring-jaring pipa adalah :

1. Pada setiap titik pertemuan ΣQ yang masuk harus sama dengan ΣQ yang keluar (Hukum Kontinuitas).
2. Setiap pipa harus memenuhi rumus Darcy-Weishbach, yaitu hubungan tertentu antara h_f dan Q (bila sifat-sifat pipa tertentu).
3. Jumlah aljabar kehilangan tinggi tiap-tiap pipa dalam jaringan yang tertutup harus = 0 ($\Sigma h_f = 0$).



Gambar 2.7 Jaring-Jaring Pipa

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \text{ atau } h_f = \frac{8f}{\pi^2 g} \frac{LQ^2}{D^5}$$

Secara umum dapat ditulis :

$$\Sigma h_f = \Sigma kQ^n \dots\dots\dots(2.15)$$

dengan :

$$k = \frac{8f}{\pi^2 g} \frac{LQ^2}{D^5} = \text{koefisien yang tetap untuk pengaliran turbulen sempurna.}$$

$n = 2$ (nilai praktis).

Langkah-langkah Penyelesaian : (Dwi Priyantoro;1997;77)

1. Pilih pembagian debit melalui tiap-tiap pipa (Q_0) hingga tetap memenuhi syarat kontinuitas.
2. Pada tiap-tiap pipa dihitung $h_f = kQ^n$, kemudian dihitung jumlah kehilangan tinggi tenaga disetiap sekeliling jarring, yaitu $\Sigma h_f = 0$.
3. Hitung nilai $\Sigma |nkQ^{n-1}|$ untuk tiap-tiap jaring (semua bertanda positif).

4. Di setiap jarring dilakukan koreksi debit (ΔQ) agar h_f dalam jarring seimbang dengan persamaan :

$$Q = \frac{\sum kQ^n}{\sum |nkQ^{n-1}|} \dots\dots\dots(2.16)$$

5. Dengan debit yang telah dikoreksi sebesar $Q = Q_0 + \Delta Q_1$, maka langkah (1) sampai (4) diulang hingga $\Delta Q \approx 0$.

Keterangan : Q = debit sebenarnya

Q_0 = debit pemisalan

ΔQ = debit koreksi

6. Dalam setiap jarring, mulailah arah aliran searah dengan jarum jam.
7. Jika sebuah pipa menyusun 2 buah jarring, maka koreksi debit (ΔQ) untuk pipa tersebut terdiri dari 2 buah ΔQ yang diperoleh dari 2 jarring tersebut.

2.6.3. Pipa

Pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih, pipa merupakan komponen yang utama. Pipa ini berfungsi sebagai sarana untuk mengalirkan air dari sumber air ke tandon maupun dari tandon ke konsumen. Oleh karena itu, pemilihan jenis pipa haruslah dilakukan dengan tepat guna mendapatkan suatu jaringan air bersih yang efisien atau optimal.

Beberapa jenis pipa yang digunakan dalam suatu jaringan air bersih antara lain :

1. Pipa Besi Tuang (*Cast Iron Pipe*)

Pipa ini biasanya dicelupkan dalam senyawa bitumen untuk perlindungan terhadap karat. Panjang biasa dari suatu bagian pipa adalah 4 m dan 6 m. Tekanan

maksimum pipa sebesar 2500 kN/cm^2 (350 psi) dan umur pipa jika pada keadaan normal dapat mencapai 100 tahun (*Linsley, 1989:297*).

Keuntungan dari pipa ini adalah :

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

Kerugian dari pipa ini adalah :

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

2. Pipa Baja Galvanis (*Galvanized Iron*)

Pipa jenis ini bahannya terbuat dari baja yang dilapisi seng. Umur pipa pada keadaan normal bisa mencapai 40 tahun. Dipasaran umum terdapat 3 (tiga) kelas dalam ketebalannya. Untuk air minum biasanya yang dipilih adalah kelas medium karena punya ketebalan yang cukup sehingga memudahkan pembuatan drat sedangkan sifat-sifat khusus yang dimiliki antara lain :

- Mudah pengerjaan atau pemasangannya
- Tahan karat
- Kuat atau tahan terhadap tekanan baik dari dalam maupun luar hingga 50 kg/cm^2
- Ukuran dipasaran mulai dari 0,10 mm – 0,15 mm, dengan ketebalan 1,8 mm – 5,4 mm
- Disediakan aksesoris yang bermacam-macam sesuai kebutuhan.

3. Pipa Baja Las Spiral (*Steel*)

Pipa baja las spiral terbuat dari plat baja dalam bentuk gulungan, setelah gulungan plat dibuka diteruskan pembentukkan menjadi spiral dengan pengelasan.

Sedangkan sifat-sifat khusus yang dimiliki antara lain:

- Kekuatan 10 -25% lebih tinggi dari pipa lurus
- Penyambungannya mudah cukup dengan las
- Cocok untuk dipilih pada diameter besar misalnya $>\phi$ 400 mm. Sedangkan dipasaran yang tersedia ukuran ϕ 4” s/d ϕ 80”, tebal 4 mm s/d 20 mm dan panjang 6 m -12 m, untuk ukuran yang lain maka harus pesan terlebih dahulu.

4. Pipa Asbes Semen

Pipa asbes semen dibuat dari tiga bahan baku dasar yaitu asbes, semen portland dan silica. Serabut-serabut asbes diolah dan dicampuri dan kemudian ditambahkan kedalam dasar semen silica yang halus. Sifat-sifat khusus yang dimiliki antara lain:

- Tahan terhadap korosi
- Penyambungannya dan las cukup mudah
- Cocok untuk dipilih pada diameter 200 mm – 400 mm. Sedangkan dipasaran yang tersedia ukuran ϕ 80 mm s/d ϕ 600 mm, tebal 9,8 mm – 6,19.

5. Pipa PVC (Poly Vinyl Chlorida)

Bahan dasar PVC adalah *chloride* dan *acetylene* dari kalsium klorida dan *Ethelene* dari Petrolina. Dengan mesin hot mixer dan *pipe extruder* yang modern dapat dihasilkan produk pipa yang mempunyai sifat-sifat khusus seperti berikut :

- Berat ringan dan tahan korosi
- Permukaan licin
- Memiliki fleksibilitas/elastisitas yang tinggi
- Harga lebih murah
- Dilengkapi dengan aksesoris yang sangat bervariasi bentuknya sehingga memudahkan penggunaan atau pemasangannya
- Dipasaran tersedia ukuran ϕ 16 mm s/d ϕ 630 mm, tebal 0,5 mm – 30 mm, panjang 4 m – 6 m dan memiliki kekuatan 5 kg/cm² – 12 kg/cm².

6. Pipa PE (*Poly Ethylene Pipang*)

Terbuat dari modifikasi resmi Polythylene yang secara khusus dipilih untuk menghasilkan pipa bermutu tinggi tahan terhadap tekanan dan retak. Untuk pipa air dibuat standart warna hitam. Sedangkan sifat-sifat khusus yang dimiliki antara lain yaitu :

- Tahan terhadap benturan dan korosi
- Mudah pemasangannya dan bisa dibelok-belokkan ringan dan lentur
- Disediakan aksesoris sesuai kebutuhan
- Sedangkan dipasaran yang tersedia ukuran 0,16 mm – 0,4 mm, tebal 2,7 mm – 36,3 mm

2.6.4. Fasilitas Penunjang

2.6.4.1. Tandon (Reservoir)

Tandon merupakan komponen dari sistem jaringan air bersih yang memiliki fungsi untuk menampung dan menyimpang air untuk digunakan pada kondisi

tertentu. Pengisian tampungan tandon dilakukan apabila kebutuhan air bersih tidak mencapai puncak atau dibagi antara keduanya apabila kapasitas debitnya mencukupi.

Perencanaan suatu tandon perlu mempertimbangkan aspek kontinuitas dan kuantitas. Letak tandon sebaiknya berada pada ketinggian 60-130 ft di atas zona pelayanan terendah. Bila beda tinggi lebih kecil dari 60 ft maka akan menimbulkan tekanan yang rendah. Sebaliknya bila lebih dari 130 ft akan menimbulkan tekanan yang sangat besar. Kapasitas tampungan dari sebuah tandon nantinya harus mampu untuk melayani areal pelayanan dan mampu beroperasi sesuai rencana, seiring dengan meningkatnya kebutuhan air bersih setiap tahunnya.

Besarnya kapasitas tandon tergantung pada variasi kebutuhan air minimum, maksimum, kapasitas konstan pemompaan dan faktor kegunaan dari tandon tersebut.

Berdasarkan keadaan topografinya, tandon dapat dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Ground reservoir, merupakan jenis reservoir yang terletak di bawah permukaan tanah.
2. Elevated reservoir, adalah reservoir yang diletakkan pada ketinggian tertentu.

Adapun untuk menghitung volume tandon yang diperlukan dalam sistem jaringan distribusi air bersih dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = 0,13 * Q * T \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan :

V = volume tandon yang diperlukan

0,13 = koefisien penggali

Q = kebutuhan harian maksimum (lt/dtk)

T = waktu dalam 1 hari

Setiap tandon paling tidak memiliki perlengkapan sebagai berikut :

- a) Pipa air masuk (*inlet*) dan pipa air keluar (*outlet*)
- b) Lubang inspeksi (*manhole*)
- c) Tangga naik dan turun ke dalam bak
- d) Pipa pelimpah untuk kelebihan air
- e) Pipa penguras
- f) Alat penunjuk level air
- g) Ventilasi udara

2.6.4.2. Sambungan Antar Pipa

Untuk menggabungkan pipa yang satu dengan yang lain maka diperlukan suatu sambungan pipa, baik pipa yang berdiameter sama atau berbeda, belokan pada pipa dan penggabungan dua pipa yang berbeda jenis. Sambungan pada pipa antara lain :

- a) Mangkok (*bell*) dan lurus (*spingot*)
- b) Sambungan mekanik
- c) Sambungan dorong (*push on joint*)
- d) Sambungan *flens*

Sambungan tersebut dipakai sesuai kebutuhan dan kondisi lapangan. Pada saat pemasangan pipa ditambah dengan perlengkapan sambungan yaitu :

1. Belokan (Bend)

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.

2. Perlengkapan “T”

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

3. Perlengkapan “Y”

Untuk pipa sekunder yang dipasang pada pipa primer dengan sudut 45° .

2.7. Analisa Sistem Jaringan Air Bersih dengan Program *WaterCad v 6.5*

2.7.1. Deskripsi Program *WaterCad v 6.5*

Dalam merencanakan sistem jaringan air bersih membutuhkan banyaknya jumlah trial and error yang harus dilakukan pada seluruh komponen yang ada pada sistem jaringan distribusi, sehingga memerlukan program yang menolong untuk melakukannya.

Haestad Methods telah meluncurkan program *WaterCad* untuk menolong bidang modelling distribusi air bersih. Program *WaterCad v 6.5* merupakan program education produksi dari Haestad tahun 2002 dengan jumlah pipa yang

mampu dianalisis yaitu 25 buah pipa sesuai pemesanan spesifikasi program WaterCad dengan Haestad dan bisa di upgrade jumlah pipanya secara online.

2.7.2. Kegunaan dan kelebihan WaterCad v 6.5 Haestad

Kegunaan-kegunaan *WaterCad v 6.5* adalah sebagai berikut :

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

Adapun kelebihan-kelebihan dari program *WaterCad v 6.5* dibandingkan dengan program lain adalah :

- Program ini dapat bekerja pada sistem *windows 98, windows NT 4.0* dan 2000 serta XP
- Mendukung *GIS database connection* pada program *ArcView, ArcInfo, ArcCad, MapInfo* dan *AutoCad* yang memudahkan untuk penggabungan model hidraulik *waterCad (shared)* dengan database utama pada program tersebut.

- Mendukung program *Microsoft Office*, *Microsoft Excel* dan *Microsoft Access* untuk sharing data pada file *WaterCad*
- Mendukung program *Epanet* dan *Kypipe* sehingga dapat mengubah file jaringan pipa program tersebut ke dalam bentuk file *WaterCad* (wcd).

2.7.3. Tahapan Dalam Penggunaan Program *WaterCad* V 6.5

Langkah-langkah yang diperlukan untuk melakukan simulasi sistem jaringan distribusi air bersih pada *WaterCad* v 6.5 adalah sebagai berikut :

1. Buka dan beri nama file baru sistem distribusi air bersih dalam format *WaterCad* (xxx.wcd).

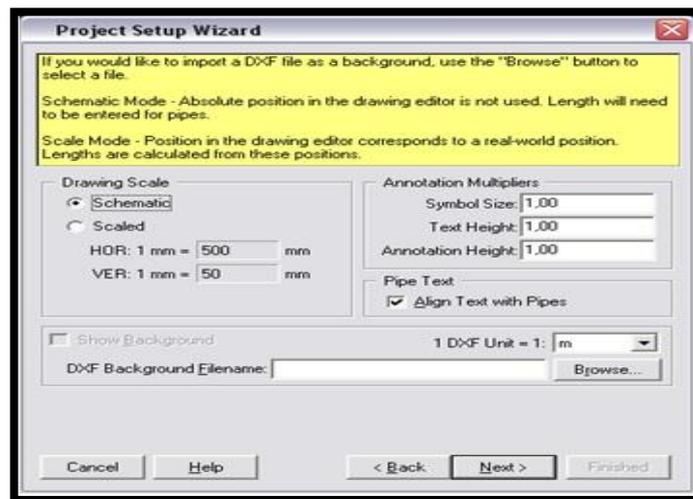


Sumber : Uses manual *WaterCad* v.6.5

Gambar 2.8 Tampilan Pemilihan Rumus

2. Mengisi tahap pembuatan file baru :
 - Memilih satuan yang akan digunakan. Satuan yang disediakan oleh *WaterCad* v 6.5 yaitu : Satuan US dan Satuan Internasional (SI). Simulasi ini menggunakan Satuan Internasional karena lebih banyak digunakan.

- Memilih rumus kehilangan tinggi tekan. Program ini menyediakan beberapa metode rumus kehilangan tinggi tekan diantaranya : Darcy-Weisbach, Hazen-Williams dan Manning.
- Penggambaran pipa dapat secara Schematic (skema) dan Schematic (sebenarnya sesuai dengan skala). Kajian ini dipilih metode penggambaran pipa secara schematic.



Sumber : User Manual WaterCad v 6.5

Gambar 2.9 Tampilan Pengisian Besaran Skala

3. Menggambar sistem jaringan distribusi air bersih dengan memodelkan atau memberi notasi komponen sistem jaringan distribusi air bersih, yaitu pipa, titik simpul, reservoir, tandon, dan pompa dengan data-data yang telah terkumpul.
4. Mrnggambar lengkap beserta komponennya yang telah dibuat pada *WaterCad v 6.5* kemudian disimpan setelah latar belakang (*background*) peta dihilangkan.

5. Melakukan simulasi sistem jaringan distribusi air bersih serta menganalisis hasil yang diperoleh (*report*) dan apabila hasil yang didapatkan tidak sesuai maka akan dilakukan perbaikan pada komponen sistem jaringan distribusi air bersih tersebut hingga didapat hasil yang sesuai.

Parameter yang diperlukan pada simulasi kondisi tidak permanen pada program WaterCad v 6.5 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-an.

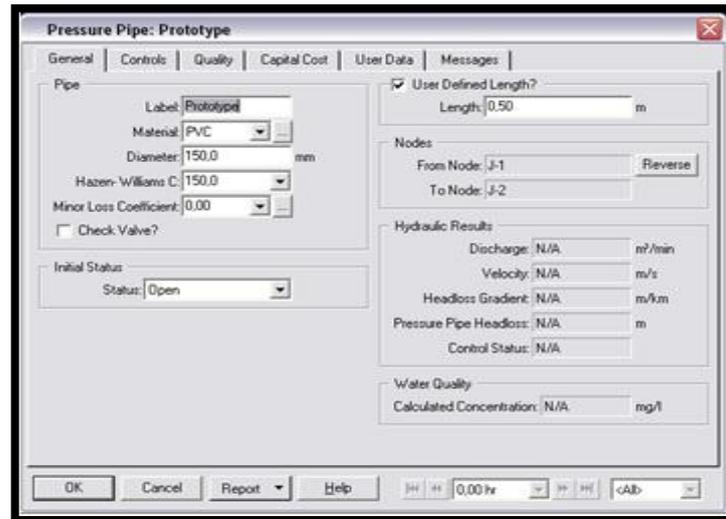


Sumber : User Manual WaterCad v.6.5

Gambar 2.10 Input Parameter Simulasi Kondisi Tidak Permanen

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

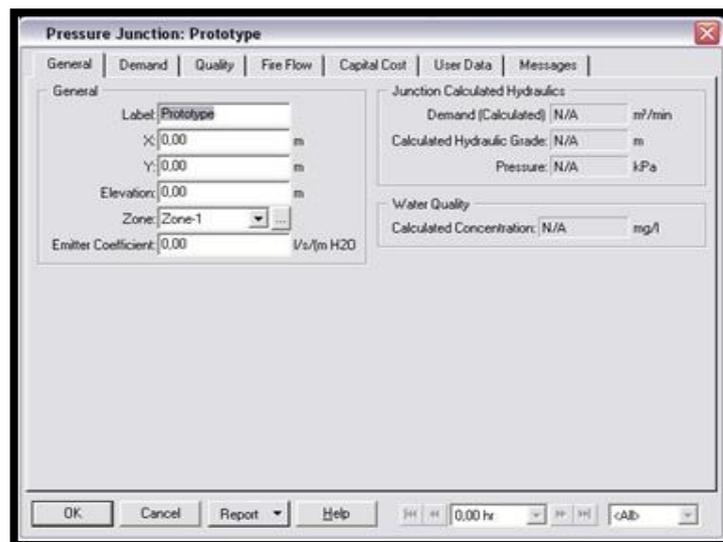
1. *Pressure Pipe* ; data pipa, nomor titik-titik simpul awal dan akhir, panjang, diameter, koefisien kekasaran, bahan pipa.



Sumber : User Manual WaterCad v 6.5

Gambar 2.11 Input Data Pipa

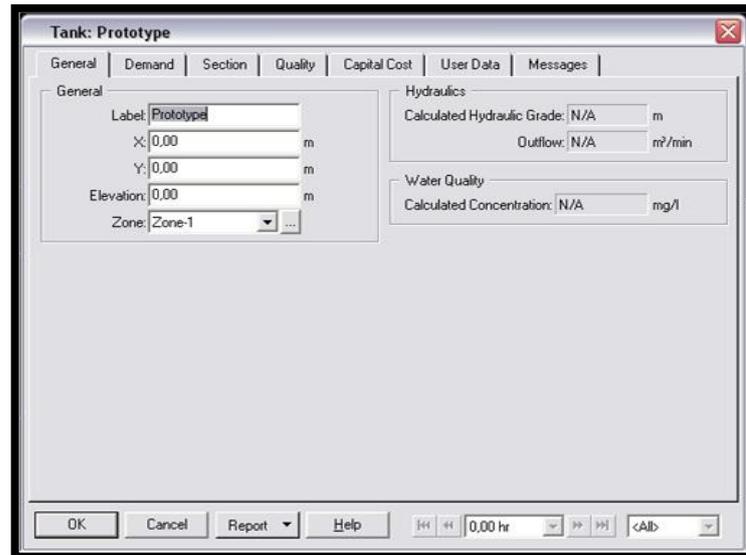
2. *Pressure Junction* ; titik simpul, nomor titik, elevasi, debit kebutuhan.



Sumber : User Manual WaterCad v 6.5

Gambar 2.12 Input Data Titik Simpul

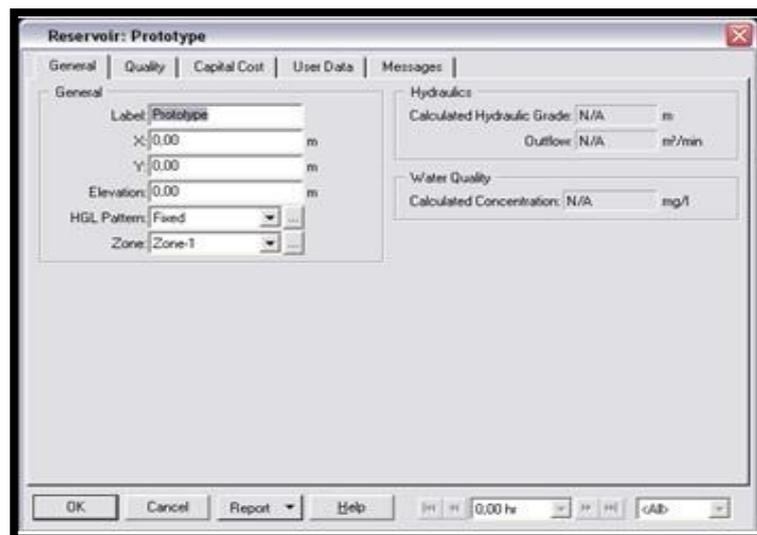
3. *Tank* ; data tandon, nomor identitas, elevasi dasar, elevasi HWL, dan LWL, dimensi tandon.



Sumber : User Manual WaterCad v.6.5

Gambar 2.13 Input Data Tandon

4. *Reservoir* ; data sumber, elevasi, diasumsikan konstan.



Sumber : User Manual WaterCad v 6.5

Gambar 2.14 Input Data Sumber Air

5. *Pump* ; data pompa, elevasi, tinggi tekan, kapasitas pompa, nomor titik simpul awal dan akhir.

Sumber : User Manual WaterCad v 6.5

Gambar 2.15 Input Data Pompa

6. *Valve* ; data katup, nomor titik simpul awal dan akhir, diameter, jenis, koefisien kekasaran.

Sumber : User Manual WaterCad v 6.5

Gambar 2.16 Input Data Katup

BAB III METODOLOGI STUDI

3.1. Lokasi Studi

Dalam hal ini penulis mengambil lokasi di Desa Kondamaloba Kecamatan Katikutana Selatan Kabupaten Sumba Tengah Nusa Tenggara Timur.

3.2. Studi Literatur

Dimana penulis mencari materi dan buku yang berhubungan dengan studi kajian yang dikerjakan demi kesempurnaan laporan.

3.3. Pengumpulan Data Variabel

Untuk mengkaji studi ini diperlukan tahap penelitian yaitu dengan melakukan pengumpulan data-data teknis dan data pendukung serta survey lapangan. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam studi ini adalah:

1. Data ketersediaan air

Data ini dibutuhkan untuk mengetahui kemampuan sumber air dalam menyediakan total kapasitas kebutuhan air bersih yang direncanakan.

2. Data jumlah penduduk

Data ini sangat diperlukan dalam proses perhitungan jumlah penduduk yang akan dilayani kebutuhan air bersihnya dan tingkat pelayanan yang harus dipenuhi.

3. Data Reservoir

Data ini digunakan untuk mengetahui kapasitas yang dapat ditampung reservoir apabila terjadi pengisian air. Data ini berupa elevasi dasar reservoir, tinggi, serta kapasitas tampungan.

4. Peta jaringan pipa

Peta dibutuhkan untuk mengetahui kondisi dan keadaan jaringan distribusi yang sudah ada dan yang akan kita rencanakan termasuk ukuran dan jenis pipa transmisi dan distribusi.

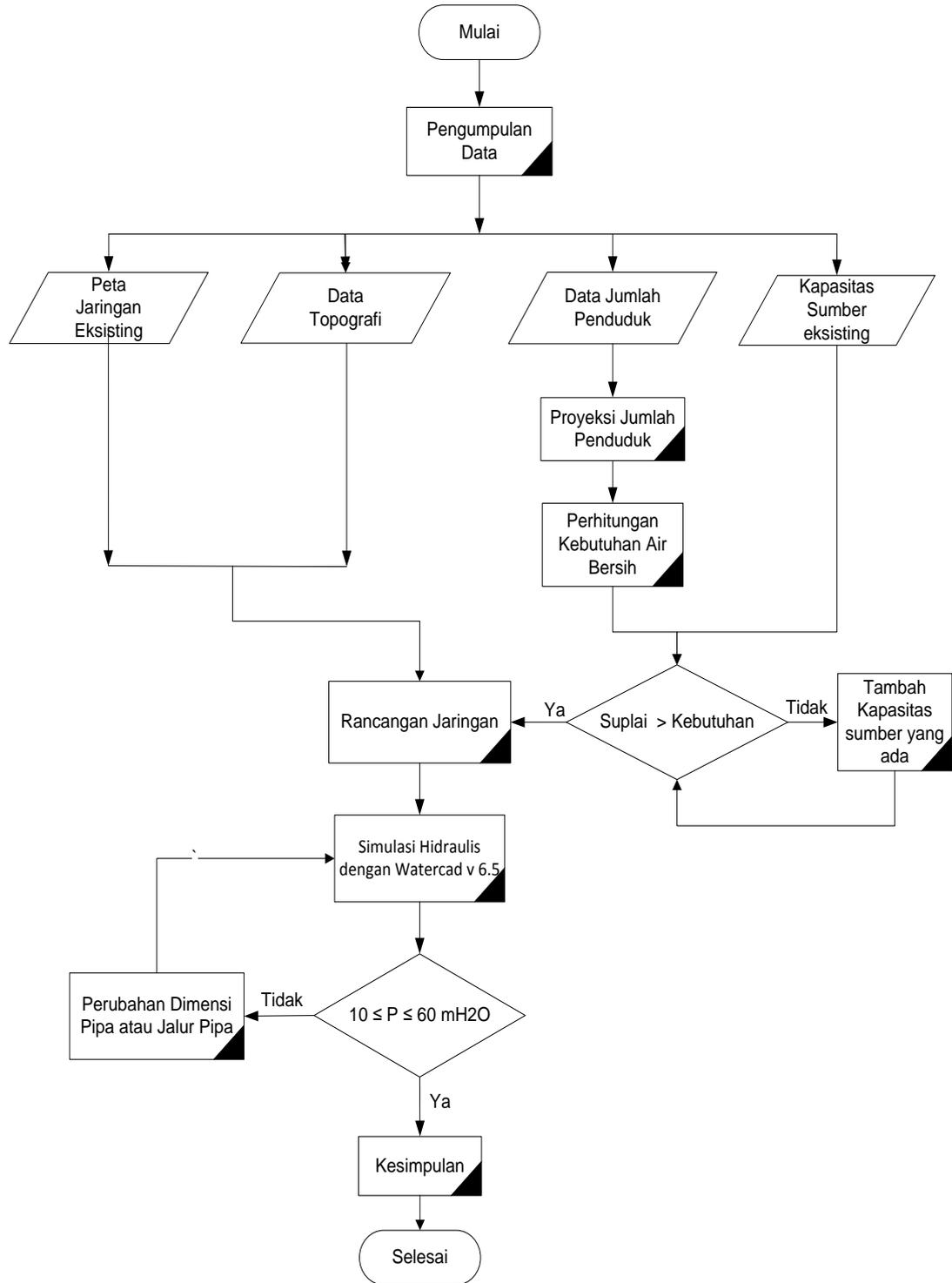
3.4. Metode Pengolahan Data

Data-data yang dikumpulkan yaitu data topografi, peta jaringan eksisting, jumlah penduduk, kapasitas dan sumber eksisting. Data-data tersebut diolah menjadi rancangan jaringan air bersih dan dimasukkan dalam simulasi hidrolis dengan menggunakan program WaterCad v6.5. Perencanaan pipa utama berdasarkan proyeksi 10 tahun perencanaan. Dalam simulasi tersebut dapat dianalisa tekanan dan dimensi pipa dalam beberapa alternatif. Alternatif yang ada didasarkan pada perbedaan dimensi pipa.

Proses Pengolahan data meliputi:

1. Proyeksi Jumlah penduduk hingga tahun 2023 dengan 3 metode yaitu metode Geometrik, Aritmatik, dan Eksponensial.
2. Menentukan metode yang akan digunakan untuk perhitungan kebutuhan air bersih dengan uji kesesuaian.
3. Perhitungan kebutuhan air bersih hingga 10 tahun.

4. Perhitungan fluktuasi pemakaian air sehingga didapat kumulatif kapasitas tandon
5. Perencanaan layout sistem jaringan distribusi air bersih tahun 2023.
6. Melakukan simulasi pada rencana sistem penyediaan air bersih dengan paket program *Watercad V 6.5*.

Kerangka Berpikir

Gambar 3.1 Kerangka Berpikir

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Jumlah Penduduk

Dalam menghitung kebutuhan air baku diperlukan data jumlah penduduk layanan yang menjadi pengguna layanan/konsumen. Data jumlah penduduk Kecamatan Katikutana Selatan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.1 Jumlah Penduduk Kecamatan Katikutana Selatan
Tahun 2010-2013**

Satuan pemukiman	Jumlah penduduk			
	2010	2011	2012	2013
SP 1	1335	1351	1389	1405
SP2	1486	1521	1542	1565

Sumber : Katikutana Selatan Dalam Angka 2010 - 2013

4.2 Laju Pertumbuhan Penduduk Rata-rata

Laju pertumbuhan penduduk digunakan untuk meninjau pertumbuhan penduduk suatu daerah yang akan digunakan untuk perencanaan kebutuhan air. Laju pertumbuhan penduduk Kecamatan Katikutana Selatan berdasarkan jumlah penduduk yang telah ada dari tahun 2010 - 2013.

Contoh perhitungan laju pertumbuhan penduduk di Kecamatan Katikutana Selatan Satuan Pemukiman 1 yaitu sebagai berikut :

Diketahui :

- ✓ Jumlah penduduk tahun 2010 = 1335 jiwa
- ✓ Jumlah penduduk tahun 2011 = 1351 jiwa
- ✓ Jangka waktu (n) = 1 tahun

- ✓ Laju pertumbuhan penduduk (r) dapat dihitung dengan menggunakan rumus contohnya rumus Geometri yaitu : $P_n = P_o (1 + r)^n$, sehingga

$$r = \left[\frac{\ln(P_n/P_o)}{1} \right] \times 100\% = \left[\frac{\ln(1335/1351)}{1} \right] \times 100\% = 1.19 \%$$

Jadi dari perhitungan diperoleh laju pertumbuhan penduduk (r) = 1.19 %

Berikut adalah hasil perhitungan laju pertumbuhan penduduk Kecamatan Katikutana Selatan :

Tabel 4.2 Laju Pertumbuhan Kecamatan Katikutana Selatan

SATUAN PEMUKIMAN 1						
TAHUN	PENDUDUK JIWA	SELISIH	LAJU PERTUMBUHAN	METODE		
				GEOMETRIS	EKSPONENSIAL	ARITMATIKA
2010	1335	0		1335.227422	1335.227441	1335.227422
2011	1351	16	0.011913767	1335.454882	1335.454921	1335.454843
2012	1389	38	0.027739005	1335.682381	1335.68244	1335.682265
2013	1405	16	0.011453239	1335.909919	1335.909997	1335.909687
PERTUMBUHAN RERATA			0.017035337			
SATUAN PEMUKIMAN 2						
TAHUN	PENDUDUK JIWA	SELISIH	LAJU PERTUMBUHAN	METODE		
				GEOMETRIS	EKSPONENSIAL	ARITMATIKA
2019	1554.864618	0		1335	1335	1335
2020	1581.35226	26.487643	0.016891863	1335	1335	1335
2021	1608.291129	26.938869	0.016891863	1335	1335	1335
2022	1635.68891	27.397781	0.016891863	1335	1335	1335
PERTUMBUHAN RERATA			0.016891863			

Sumber : Katikutana Selatan Dalam Angka Dan Hasil Perhitungan

4.3 Proyeksi Jumlah Penduduk

Dalam merencanakan kebutuhan air bersih penduduk 10 tahun kedepan dibutuhkan data penduduk 10 tahun yang akan datang. Dalam memproyeksikan jumlah penduduk digunakan 3 metode yaitu metode geometri, aritmatik, dan eksponensial.

4.3.1. Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Metode Geometrik

Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2014 dan tahun yang akan datang (P_n) dengan menggunakan rumus metode Geometri adalah sebagai berikut :

Contoh perhitungan proyeksi penduduk Kecamatan Katikutana Selatan Satuan Pemukiman 1 tahun 2014 dan tahun 2023 :

- ✓ Jumlah penduduk akhir tahun data (P_0) = 1405 jiwa
- ✓ Angka laju pertumbuhan rerata (r) = 0.017
- ✓ Jangka waktu tahun data (n) = 1 dan 10 tahun

Penyelesaian :

1. Untuk tahun 2014

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

$$P_n = 1405 (1 + 0.017)^1$$

$$P_n = 1428.935 \text{ jiwa}$$

2. Untuk tahun 2023

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

$$P_n = 1405 (1 + 0.017)^{10}$$

$$P_n = 1663.553 \text{ jiwa}$$

Hasil perhitungan proyeksi penduduk dengan metode Geometrik selanjutnya dapat dilihat di tabel 4.3 dibawah ini :

Tabel 4.3 Proyeksi Penduduk dengan Metode Geometrik

NO	TAHUN	PROYEKSI PENDUDUK	
		KECAMATAN KATIKUTANA SELATAN	
		SP1	SP2
1	2014	1428.935	1592.021
2	2015	1453.277	1619.509
3	2016	1478.034	1647.471
4	2017	1503.213	1675.917
5	2018	1528.821	1704.853
6	2019	1554.865	1734.289
7	2020	1581.352	1764.233
8	2021	1608.291	1794.694
9	2022	1635.689	1825.681
10	2023	1663.553	1857.203

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.2. Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Metode Aritmatika

Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2014 dan tahun yang akan datang (P_n) dengan menggunakan rumus metode Aritmatika adalah sebagai berikut :

Contoh perhitungan proyeksi penduduk Kecamatan Katikutana Selatan Satuan Pemukiman 1 tahun 2014 dan tahun 2023 :

- ✓ Jumlah penduduk akhir tahun data (P_0) = 1405 jiwa
- ✓ Angka laju pertumbuhan rerata penduduk (r) = 0.017
- ✓ Jangka waktu tahun data (n) = 1 dan 10 tahun

Penyelesaian :

1. Untuk tahun 2014

$$P_n = P_0 (1 + r \cdot n)$$

$$P_n = 1405 (1 + 0.017 \cdot 1)$$

$$P_n = 1428.935 \text{ jiwa}$$

2. Untuk tahun 2023

$$P_n = P_o (1 + r \cdot n)$$

$$P_n = 1405 (1 + 0.017 \cdot 10)$$

$$P_n = 1644.346 \text{ jiwa}$$

Hasil perhitungan proyeksi penduduk dengan metode Aritmatika selanjutnya dapat dilihat di tabel 4.4 dibawah ini :

Tabel 4.4 Proyeksi Penduduk dengan Metode Aritmatik

NO	TAHUN	PROYEKSI PENDUDUK KECAMATAN KETIKUKAN SELATAN	
		SP 1	SP 2
		1	2014
2	2015	1452.869	1619.042
3	2016	1476.804	1646.064
4	2017	1500.739	1673.085
5	2018	1524.673	1700.106
6	2019	1548.608	1727.127
7	2020	1572.543	1754.149
8	2021	1596.477	1781.170
9	2022	1620.412	1808.191
10	2023	1644.346	1835.212

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.3. Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Metode Eksponensial

Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2014 dan tahun yang akan datang (P_n) dengan menggunakan rumus metode Eksponensial adalah sebagai berikut :

Contoh perhitungan proyeksi penduduk Kecamatan Katikutana Selatan tahun 2014 dan tahun 2023 :

- ✓ Jumlah penduduk akhir tahun data (P_o) = 1405 jiwa
- ✓ Angka laju pertumbuhan rerata penduduk (r) = 0.017
- ✓ Jangka waktu tahun data (n) = 1 dan 10 tahun

Penyelesaian :

1. Untuk tahun 2013

$$P_n = P_o \cdot e^{r \cdot n}$$

$$P_n = 1405 \times 2,7183^{0,017 \times 1}$$

$$P_n = 1429.140 \text{ jiwa}$$

2. Untuk tahun 2023

$$P_n = P_o \cdot e^{r \cdot n}$$

$$P_n = 1405 \times 2,7183^{0,017 \times 10}$$

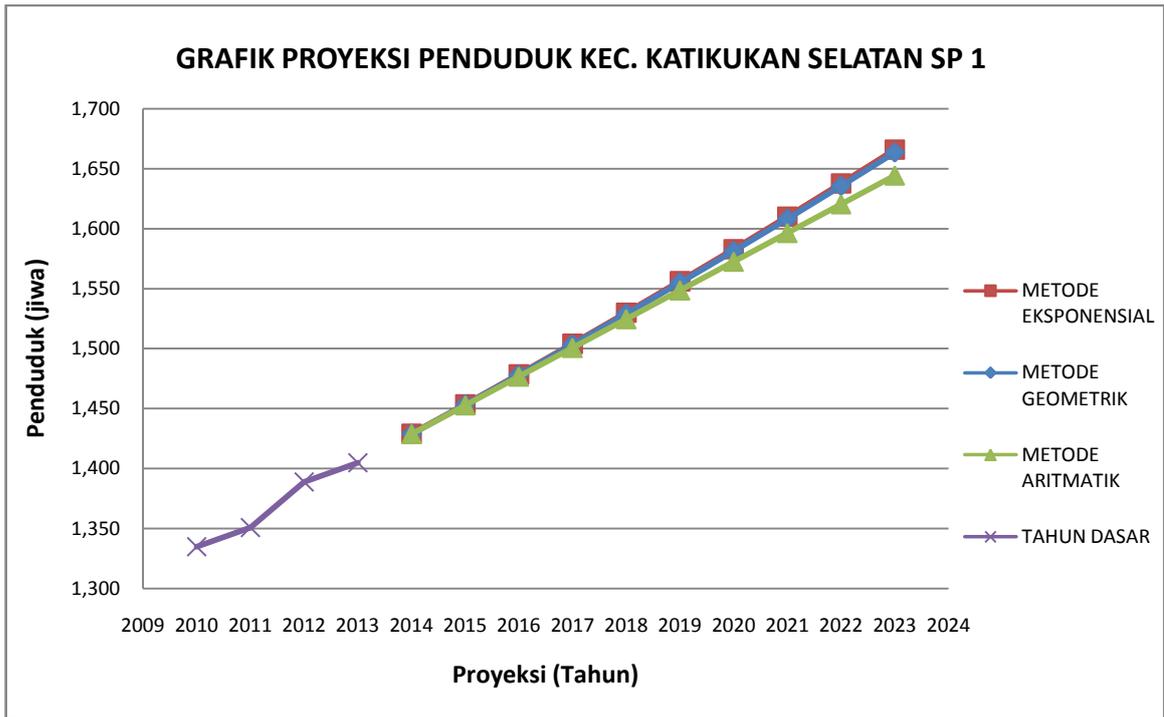
$$P_n = 1665.942 \text{ jiwa}$$

Hasil perhitungan proyeksi penduduk dengan metode Eksponensial selanjutnya dapat dilihat di tabel 4.5 dibawah ini :

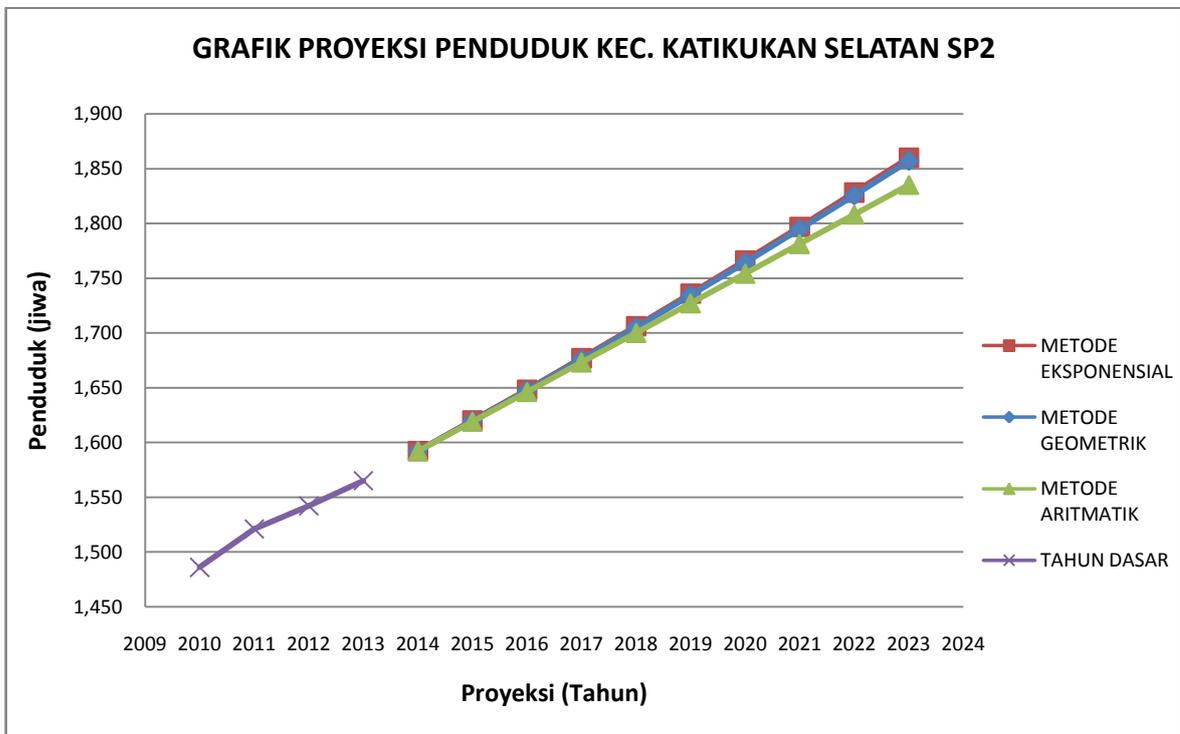
Tabel 4.5 Proyeksi Penduduk dengan Metode Eksponensial

NO	TAHUN	PROYEKSI PENDUDUK KECAMATAN KETIKUKAN SELATAN	
		SP 1	SP 2
1	2014	1429.140	1592.256
2	2015	1453.694	1619.986
3	2016	1478.670	1648.200
4	2017	1504.076	1676.905
5	2018	1529.918	1706.109
6	2019	1556.204	1735.823
7	2020	1582.941	1766.054
8	2021	1610.138	1796.811
9	2022	1637.802	1828.104
10	2023	1665.942	1859.942

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.1 Grafik Proyeksi Penduduk Kecamatan Katikukana Selatan SP 1



Gambar 4.2 Grafik Proyeksi Penduduk Kecamatan Katikukana Selatan SP 2

4.4 Uji Kesesuaian Metode Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk melakukan uji kesesuaian metode proyeksi jumlah penduduk, maka diproyeksikan terlebih dahulu dari tahun 2010-2013 dengan menggunakan metode Geometri, Aritmatika, Eksponensial. Setelah itu dilakukan perhitungan koefisien korelasi untuk menentukan perhitungan mana yang digunakan pada perhitungan selanjutnya. Dengan perhitungan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)^{0.5} - \{n * \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}^{0.5}}$$

Dari perhitungan tersebut, diperoleh hasil bawah metode Aritmatika memiliki koefisien korelasi terbesar dan mendekati +1. Dengan demikian metode ini dipilih untuk proyeksi kebutuhan air pada Kecamatan Katikutana Selatan SP 1 dan SP 2 sampai tahun 2023.

Perhitungan uji kesesuaian dapat dilihat pada tabel 4.6 - 4.11

Tabel 4.6 Uji Kesesuaian Metode Geometrik SP 1

No	Tahun	Jumlah Penduduk	n	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	2010	1335	4	1335	1335.227422	1782528.608	1782225	1782832.3
2	2011	1351		1351	1335.454882	1804199.546	1825201	1783439.7
3	2012	1389		1389	1335.682381	1855262.828	1929321	1784047.4
4	2013	1405		1405	1335.909919	1876953.437	1974025	1784655.3
		Jumlah		5480	5342.274605	7318944.419	7510772	7134974.7
		r		-0.016225355				

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.7 Uji Kesesuaian Metode Aritmatika SP 1

No	Tahun	Jumlah Penduduk	n	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	2010	1335	4	1335	1335.227422	1782528.608	1782225	1782832.3
2	2011	1351		1351	1335.454843	1804199.494	1825201	1783439.6
3	2012	1389		1389	1335.682265	1855262.666	1929321	1784047.1
4	2013	1405		1405	1335.909687	1876953.11	1974025	1784654.7
		Jumlah		5480	5342.274217	7318943.878	7510772	7134973.7
		r				-0.01621983		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.8 Uji Kesesuaian Metode Eksponensial SP 1

No	Tahun	Jumlah Penduduk	n	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	2010	1335	4	1335	1335.227441	1782528.634	1782225	1782832.3
2	2011	1351		1351	1335.454921	1804199.598	1825201	1783439.8
3	2012	1389		1389	1335.68244	1855262.909	1929321	1784047.6
4	2013	1405		1405	1335.909997	1876953.546	1974025	1784655.5
		jumlah		5480	5342.274799	7318944.687	7510772	7134975.3
		r				-0.016226737		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.9 Uji Kesesuaian Metode Geometrik SP 2

No	Tahun	Jumlah Penduduk	n	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	2010	1486	4	1486	1486.256572	2208577.266	2208196	2208958.598
2	2011	1521		1521	1486.513189	2260986.56	2313441	2209721.46
3	2012	1542		1542	1486.769849	2292599.108	2377764	2210484.585
4	2013	1565		1565	1487.026554	2327196.558	2449225	2211247.974
		Jumlah		6114	5946.566165	9089359.492	9348626	8840412.617
		r				-0.017087744		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.10 Uji Kesesuaian Metode Aritmatika SP 2

No	Tahun	Jumlah Penduduk	n	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	2010	1486	4	1486	1486.256572	2208577.266	2208196	2208958.598
2	2011	1521		1521	1486.513144	2260986.492	2313441	2209721.328
3	2012	1542		1542	1486.769716	2292598.903	2377764	2210484.19
4	2013	1565		1565	1487.026289	2327196.142	2449225	2211247.183
		Jumlah		6114	5946.565722	9089358.803	9348626	8840411.299
		r				-0.017081983		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.11 Uji Kesesuaian Metode Eksponensial SP 2

No	Tahun	Jumlah Penduduk	n	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	2010	1486	4	1486	1486.256594	2208577.299	2208196	2208958.664
2	2011	1521		1521	1486.513233	2260986.627	2313441	2209721.592
3	2012	1542		1542	1486.769916	2292599.21	2377764	2210484.783
4	2013	1565		1565	1487.026643	2327196.696	2449225	2211248.237
		jumlah		6114	5946.566386	9089359.833	9348626	8840413.276
		r				-0.017089219		

Sumber : Hasil Perhitungan

4.5 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Dalam studi ini, kajian pengembangan system distribusi air bersih di daerah layanan Mata Air Kamelimabu Desa Konda Maloba Kecamatan Katikutana Selatan Kabupaten Sumba Tengah hanya mencakup 2 Kawasan Pemukiman. Kebutuhan air yang dihitung meliputi :

- Perhitungan air domestik didasarkan pada proyeksi jumlah penduduk tahun perencanaan maka dapat dikategorikan pedesaan dengan kebutuhan air bersih 60 ltr/org/hari. Jumlah jiwa per rumah atau per sambungan (SR) rata-rata sebanyak 5 jiwa. (*Juklak - Operasional Tingkat Desa WSLIC-2*)

- Kebutuhan air non domestik sebesar 0% dari kebutuhan domestik untuk kategori pedesaan. (*Juklak - Operasional Tingkat Desa WSLIC-2*)
- Kemungkinan kebocoran sebesar 20% - 30%
- Tingkat pelayanan sambungan rumah (SR) untuk tahun 2023 di Kecamatan Katikutana direncanakan mencapai 80%.
- Faktor harian maksimum sebesar 1.1 dan besarnya faktor jam puncak adalah 1.56 (sub 2.4.4).

4.5.1. Perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih

Berikut adalah perhitungan kebutuhan air bersih pada Kecamatan Katikutana Selatan Satuan Pemukiman 1 (SP 1)

1. Jumlah Penduduk tahun 2014 = 1429 jiwa (Proyeksi Kecamatan Katikutana Selatan).
2. Jumlah SR = jumlah penduduk / 5
= 1429/ 5
= 285.8 unit
3. Persentase layanan tahun 2014 direncanakan sebesar 25%, sehingga jumlah penduduk yang dilayanani adalah :
= *jumlah penduduk* * 25%
= 1429* 0,25
= 357.25 jiwa

4. Target pelayanan air bersih pada tahun 2023

$$= \frac{\text{Target \% proyeksi layanan 2023} - \text{\% target 2013}}{\text{jumlah tahun proyeksi} - 1}$$

$$= \frac{80\% - 25\%}{9} = 6,11 \%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka target persentase layanan tiap tahun ditetapkan sebesar 6,11 % sehingga tahun 2023 target persentase proyeksi layanan tercapai.

5. Kebutuhan air domestik (Qd) tahun 2014 Kecamatan Katikutana Selatan

$$\begin{aligned} Q_d &= \text{jumlah penduduk} * \text{kebutuhan air} * (\text{presentase}/100) \\ &= 1429 \text{ jiwa} * 60 \text{ ltr/org/hr} * (25/100) \\ &= 21434.020 \text{ ltr/hr} \end{aligned}$$

6. Kebutuhan non domestik (Qnd)

$$\begin{aligned} Q_{nd} &= 0\% * Q_d \\ &= 0 * 21434.0120 \text{ ltr/hr} \\ &= 0 \text{ ltr/hr} \end{aligned}$$

7. Kebutuhan sosial (Qs)

$$\begin{aligned} Q_s &= 3\% * Q_d \\ &= 0,03 * 21434.0120 \text{ ltr/hr} \\ &= 643.021 \text{ ltr/hr} \end{aligned}$$

8. Total kebutuhan air

$$\begin{aligned} Q &= Q_d + Q_{nd} + Q_s \\ &= 21434.0120 + 0 + 643.021 \\ &= 22077.040 \text{ ltr/hr} \end{aligned}$$

9. Total kebutuhan harian rerata dengan tingkat kehilangan air 20%

$$\begin{aligned}Q_r &= \text{total kebutuhan} + (\text{kebutuhan total} * 20\%) \\&= 22077.040 + (22077.040 * 0.2) \\&= 26492.448 \text{ ltr/hr}\end{aligned}$$

10. Kebutuhan air harian maksimum (Q_{\max})

$$\begin{aligned}Q_{\max} &= 1,1 * Q_r \\&= 1,1 * 26492.448 \text{ ltr/hr} \\&= 29141.693 \text{ ltr/hr} = 0.337 \text{ ltr/dt}\end{aligned}$$

11. Kebutuhan air jam puncak (Q_{peak})

$$\begin{aligned}Q_{\text{peak}} &= 1.56 * Q_r \\&= 1.56 * 26492.448 \text{ ltr/hr} \\&= 41328.22 \text{ ltr/hr} = 0.478 \text{ ltr /dt}\end{aligned}$$

Untuk proyeksi kebutuhan air bersih hingga tahun 2023 dan kebutuhan air bersih pada SP 2 dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13 (*Lampiran*)

4.5.2. Fluktuasi Pemakaian / Kebutuhan Air

Menurut perhitungan kebutuhan air yang dilakukan didapat perhitungan fluktuasi kebutuhan air daerah layanan Kamelimabu tahun 2023 adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan air pada pagi hari (pukul 07.00)

$$\begin{aligned}&= \frac{156}{100} * \text{Kebutuhan air rerata per jam} \\&= 1,56 * 2.3337 \text{ m}^3/\text{jam} \\&= 3.6406 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

2. Kebutuhan air pada siang hari (pukul 12.00)

$$= \frac{127}{100} * 2.3337 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 3.2205 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. Kebutuhan air pada sore hari (pukul 17.00)

$$= \frac{122}{100} * 2.3337 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 2.8471 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4. Kebutuhan air pada malam hari (pukul 24.00)

$$= \frac{37}{100} * 2.3337 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0.8635 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Fluktuasi kebutuhan air dan suplai air dalam sehari di daerah layanan

Kamelimabu dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.14 Fluktuasi Kebutuhan Air, Suplai Air dan Komulatif Isi Tandon dalam Tahun 2014

Waktu	Suplai air m ³ /Jam	Load Faktor	Kebutuhan air m ³ /Jam	Selisih	Komulatif Isi Tandon m ³ /Jam
20.00-21.00	2.3337	0.98	2.2870	0.0467	0.0467
21.00-22.00	2.3337	0.62	1.4469	0.8868	0.9335
22.00-23.00	2.3337	0.45	1.0502	1.2835	2.2170
23.00-24.00	2.3337	0.37	0.8635	1.4702	3.6872
24.00-01.00	2.3337	0.25	0.5834	1.7503	5.4375
01.00-02.00	2.3337	0.3	0.7001	1.6336	7.0711
02.00-03.00	2.3337	0.37	0.8635	1.4702	8.5413
03.00-04.00	2.3337	0.45	1.0502	1.2835	9.8248
04.00-05.00	2.3337	0.64	1.4936	0.8401	10.6650
05.00-06.00	2.3337	1.15	2.6837	-0.3501	10.3149
06.00-07.00	2.3337	1.56	3.6406	-1.3069	9.0080
07.00-08.00	2.3337	1.53	3.5705	-1.2369	7.7712
08.00-09.00	2.3337	1.41	3.2905	-0.9568	6.8144
09.00-10.00	2.3337	1.4	3.2672	-0.9335	5.8809
10.00-11.00	2.3337	1.38	3.2205	-0.8868	4.9941
11.00-12.00	2.3337	1.27	2.9638	-0.6301	4.3640
12.00-13.00	2.3337	1.2	2.8004	-0.4667	3.8973

Waktu	Suplai air m3/Jam	Load Faktor	Kebutuhan air m3/Jam	Selisih	Kumulatif Isi Tandon m3/Jam
13.00-14.00	2.3337	1.14	2.6604	-0.3267	3.5705
14.00-15.00	2.3337	1.17	2.7304	-0.3967	3.1738
15.00-16.00	2.3337	1.18	2.7538	-0.4201	2.7538
16.00-17.00	2.3337	1.22	2.8471	-0.5134	2.2403
17.00-18.00	2.3337	1.31	3.0571	-0.7234	1.5169
18.00-19.00	2.3337	1.38	3.2205	-0.8868	0.6301
19.00-20.00	2.3337	1.25	2.9171	-0.5834	0.0467

Sumber : Hasil Perhitungan

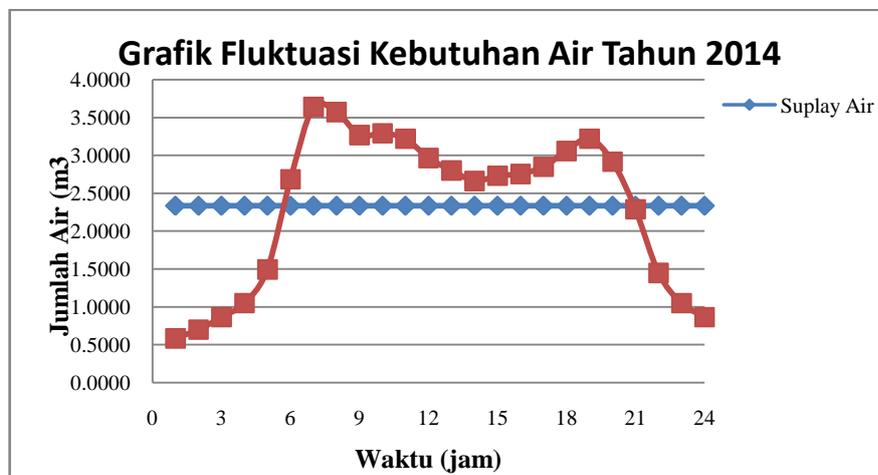
Tabel 4.15 Fluktuasi Kebutuhan Air, Suplai Air dan Kumulatif Isi Tandon dalam Tahun 2023

Waktu	Suplai air m3/Jam	Load Faktor	Kebutuhan air m3/Jam	Selisih	Kumulatif Isi Tandon m3/Jam
20.00-21.00	8.9599	0.98	8.7807	0.1792	0.1792
21.00-22.00	8.9599	0.62	5.5551	3.4047	3.5839
22.00-23.00	8.9599	0.45	4.0319	4.9279	8.5119
23.00-24.00	8.9599	0.37	3.3151	5.6447	14.1566
24.00-01.00	8.9599	0.25	2.2400	6.7199	20.8765
01.00-02.00	8.9599	0.3	2.6880	6.2719	27.1484
02.00-03.00	8.9599	0.37	3.3151	5.6447	32.7931
03.00-04.00	8.9599	0.45	4.0319	4.9279	37.7210
04.00-05.00	8.9599	0.64	5.7343	3.2256	41.9466
05.00-06.00	8.9599	1.15	10.3038	-1.3440	39.6026
06.00-07.00	8.9599	1.56	13.9774	-5.0175	34.5851
07.00-08.00	8.9599	1.53	13.7086	-4.7487	29.8363
08.00-09.00	8.9599	1.41	12.6334	-3.6735	26.1628
09.00-10.00	8.9599	1.4	12.5438	-3.5839	22.5789
10.00-11.00	8.9599	1.38	12.3646	-3.4047	19.1741
11.00-12.00	8.9599	1.27	11.3790	-2.4192	16.7549
12.00-13.00	8.9599	1.2	10.7518	-1.7920	14.9630
13.00-14.00	8.9599	1.14	10.2142	-1.2544	13.7086
14.00-15.00	8.9599	1.17	10.4830	-1.5232	12.1854
15.00-16.00	8.9599	1.18	10.5726	-1.6128	10.5726
16.00-17.00	8.9599	1.22	10.9310	-1.9712	8.6015
17.00-18.00	8.9599	1.31	11.7374	-2.7776	5.8239
18.00-19.00	8.9599	1.38	12.3646	-3.4047	2.4192
19.00-20.00	8.9599	1.25	11.1998	-2.2400	0.1792

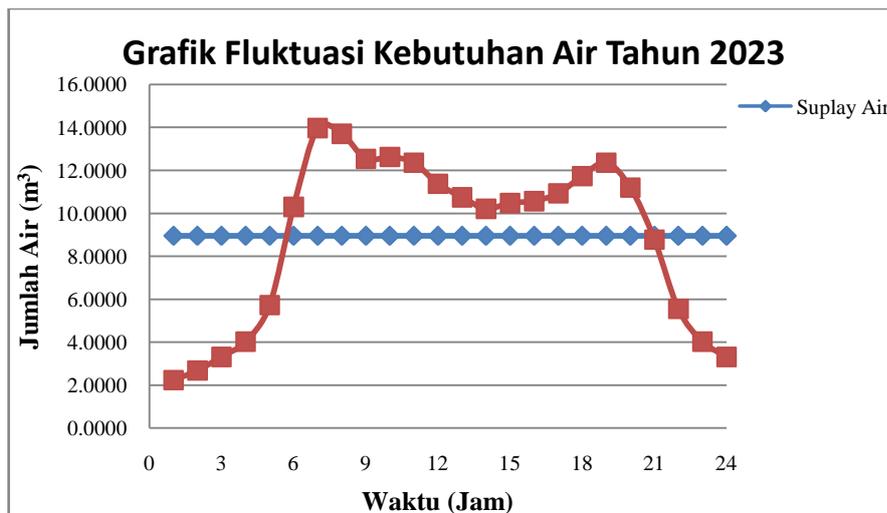
Sumber : Hasil Perhitungan

Pada fluktuasi kebutuhan air tersebut *Load Factor* atau faktor pengali sangat berpengaruh pada kebutuhan air tiap jam. Dimana faktor pengali tersebut berdasarkan pola pemakaian air penduduk yang berbeda – beda. Sedangkan untuk kapasitas sumber kamelimabu dianggap mencukupi karena lebih besar dari suplai air ($10.8 > 8.96 \text{ m}^3/\text{jam}$).

Berdasarkan tabel diatas dapat digambarkan dalam grafik fluktuasi konsumsi pelanggan terhadap waktu dalam sehari pada Gambar dibawah ini :



Gambar 4.3 Grafik Fluktuasi Kebutuhan Air Pada Tahun 2014



Gambar 4.4 Grafik Fluktuasi Kebutuhan Air Pada Tahun 2023

Dari grafik diatas dapat dijelaskan beberapa hal yaitu :

- Pada pukul 00.00 s/d 07.00 kebutuhan air cenderung meningkat
- Pada pukul 08.00 s/d 14.00 kebutuhan air cenderung menurun
- Pada pukul 15.00 s/d 19.00 kebutuhan air cenderung meningkat
- Pada pukul 20.00 s/d 24.00 kebutuhan air cenderung menurun
- Sedangkan suplai air yang didistribusikan relatif konstan

4.5.3. Kapasitas Tandon Daerah Layanan Kamelimabu

Kapasitas tandon didasarkan pada fluktuasi kebutuhan air daerah layanan yang ada, sehingga semakin besar konsumsi air maka semakin besar pula kapasitas reservoir atau tandon yang ada.

Kapasitas tandon bagi daerah layanan Kamelimabu untuk tahun 2014 sampai 2023 dapat dicari/ ditetapkan seperti hasil perhitungan pada tabel 4.14 – 4.15. Pada hasil perhitungan kumulatif isi tandon terlihat angka tertinggi pada tahun 2010 adalah $10.6650 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan pada tahun 2029 adalah $41.9466 \text{ m}^3/\text{jam}$. Dari hasil kumulatif volume tandon tersebut maka, perlu dibangun tandon untuk menampung air sesuai dengan yang dibutuhkan yaitu 42 m^3 . Untuk dimensi tandon direncanakan berbentuk persegi empat dengan dimensi Panjang 4m, Lebar 3.5m, Tinggi 3m.

4.5.4. Kebutuhan Air Tiap Titik Simpul

Pada setiap titik simpul (*Junction*) mempunyai kebutuhan air yang berbeda-beda, sehingga memberi pengaruh pada pola aliran jaringan distribusi yang ada.

Berikut ini adalah langkah-langkah dan asumsi yang diambil dalam menghitung kebutuhan air rata-rata di tiap titik simpul yaitu sebagai berikut :

1. Kebutuhan air bersih hanya dihitung pada titik simpul pada pipa utama
2. Nilai kebutuhan air setiap titik simpul berdasarkan total kebutuhan air pada jam puncak

kebutuhan air tiap titik simpul selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.16 dibawah :

Tabel 4.16 Kebutuhan Air Pada Titik Simpul

junction awal	junction akhir	no pipa	Zona	kebutuhan air (l/dt)	panjang pipa (m)	jumlah panjang (m)	kebutuhan air tiap titik simpul (l/dt)
t	J-1	P-2	SP 2	1.31269	178.31	1755.64	0.13
J-1	J-2	P-3	SP 2	1.31269	170.99	1755.64	0.13
J-1	J-7	P-8	SP 2	1.31269	274.32	1755.64	0.21
J-2	J-3	P-4	SP 2	1.31269	220.98	1755.64	0.17
J-2	J-6	P-7	SP 2	1.31269	223.72	1755.64	0.17
J-3	J-4	P-5	SP 2	1.31269	351.43	1755.64	0.26
J-4	J-5	P-6	SP 2	1.31269	335.89	1755.64	0.25
t	J-8	P-9	SP 1	1.17616	3074.50	3968.48	0.91
J-8	J-9	P-10	SP 1	1.17616	106.07	3968.48	0.03
J-9	J-10	P-11	SP 1	1.17616	267.92	3968.48	0.08
J-10	J-11	P-12	SP 1	1.17616	120.09	3968.48	0.04
J-11	J-12	P-13	SP 1	1.17616	176.48	3968.48	0.05
J-11	J-13	P-14	SP 1	1.17616	119.79	3968.48	0.04
J-12	J-14	P-15	SP 1	1.17616	103.63	3968.48	0.03

Sumber : Hasil Perhitungan

4.6 Evaluasi Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Tahun 2023

Pada sistem jaringan air bersih di daerah layanan Kamelimabu menggunakan sistem gravitasi. Sistem jaringan ini sesuai dengan kondisi topografi yang memiliki beda elevasi yang cukup tinggi. Dan untuk memenuhi kriteria perencanaan distribusi. Menurut DPU Ditjen Cipta Karya (1987:128),

tekanan sisa pada titik simpul (*Junction*) berkisar 10-60 mH₂O untuk pipa PVC dan untuk kehilangan tinggi tekan diijinkan berkisar 0-15 m/km.

Sistem jaringan air bersih ini menggunakan pipa jenis pipa PVC dengan Hazen-Williams $C = 150$. Sedangkan diameter pipa yang digunakan bervariasi.

Perencanaan pokok yang dilakukan sebagai berikut :

- Perencanaan jaringan pipa utama baru menyambung pipa transmisi. Dimana jalur pipa dirubah mendekati jalan agar mempermudah pemasangan dan perbaikan apabila terjadi kerusakan.
- Agar kebutuhan air dapat terlayani pada jam – jam puncak maka direncanakan tendon untuk menampung air ketika pemakaian relatif kecil sehingga dapat digunakan pada jam - jam puncak.
- Pengembangan jaringan distribusi air bersih ini dibagi menjadi 3 alternatif. Alternatif – alternatif tersebut dibedakan pada diameter pipa dan tekanan yang dihasilkan
- Simulasi hidrolis menggunakan program watercad dilakukan dengan analisa *Extended Period* yaitu simulasi dalam kondisi waktu yang berbeda – beda.

Hasil simulasi dapat ditampilkan dalam bentuk tabel maupun grafik pada tiap – tiap elemen. Pada studi ini hasil simulasi hanya akan ditampilkan pada kondisi jam puncak dan jam minimum. Sebagai bahasan dipakai pukul 07.00 dan pukul 24.00. dimana pada pukul 07.00 merupakan permintaan kebutuhan air paling tinggi, Sedangkan pada pukul 24.00 permintaan kebutuhan air dinilai paling rendah atau relatif minimum.

4.6.1. Analisa Hidraulis Dengan Program Watercad v6.5 Alternatif 1

Analisa hidraulis alternatif I, sistem distribusi air bersih di daerah layanan Kamelimabu dapat ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Tabel yang ditampilkan berdasarkan perhitungan titik simpul (*junction*) berupa *demand* (*Base flow*), elevasi dan tekanan pada pipa (*pressure*). Pada alternatif ini terdapat 14 *junction* yang memiliki perbedaan pada diameter. Adapun jumlah pipa sebanyak 15 buah yang terdiri dari 14 pipa distribusi dan 1 transmisi, sedangkan jenis pipa yang digunakan adalah jenis yang sama (PVC).

Beberapa hasil simulasi yang didapat yaitu :

- Pada hasil simulasi didapatkan tekanan terbesar pada jam puncak (07.00) terdapat pada *junction* 13 (J-13) yaitu 44.01 mH₂O. sedangkan tekanan terkecil terdapat pada *junction* 2 (J-2) yaitu 22.3 mH₂O.
- Pada hasil simulasi didapatkan tekanan terbesar pada jam minimum (24.00) terdapat pada *junction* 13 (J-13) yaitu 53.12 mH₂O. sedangkan tekanan terkecil terdapat pada *junction* 2 (J-2) yaitu 23.31 mH₂O.
- Hasil perencanaan diameter yang ada bervariasi, antara 2 in, 2.5 in, dan 3 in. Dengan hasil perhitungan *Headloss Gradient* yang paling tinggi pada jam puncak yaitu pada pipa distribusi 1 (P-1) sebesar $14.12 < 15$ m/km. sedangkan pada jam minimum yaitu pada pipa distribusi 1 (P-1) $14.12 < 15$ m/km

Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.17 – Tabel 4.20 dan Gambar 4.5 -4.6 (*lampiran*).

4.6.2. Analisa Hidraulis Dengan Program Watercad v6.5 Alternatif 2

Analisa hidraulis alternatif II, sistem distribusi air bersih di daerah layanan Kamelimabu dapat ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Tabel yang ditampilkan berdasarkan perhitungan titik simpul (*junction*) berupa *demand* (*Base flow*), elevasi dan tekanan pada pipa (*pressure*). Pada alternatif ini terdapat 14 *junction* yang memiliki perbedaan pada diameter. Adapun jumlah pipa sebanyak 15 buah yang terdiri dari 14 pipa distribusi dan 1 transmisi, sedangkan jenis pipa yang digunakan adalah jenis yang sama (PVC).

Beberapa hasil simulasi yang didapat yaitu :

- Pada hasil simulasi didapatkan tekanan terbesar pada jam puncak (07.00) terdapat pada *junction* 13 (J-13) yaitu 44.01 mH₂O. sedangkan tekanan terkecil terdapat pada *junction* 2 (J-2) yaitu 21.45 mH₂O.
- Pada hasil simulasi didapatkan tekanan terbesar pada jam minimum (24.00) terdapat pada *junction* 13 (J13) yaitu 52.8 mH₂O. sedangkan tekanan terkecil terdapat pada *junction* 2 (J-2) yaitu 22.88 mH₂O.
- Hasil perencanaan diameter yang ada bervariasi, antara 1.5 in, 2 in dan 2.5 in. Dengan hasil perhitungan *Headloss Gradient* yang paling tinggi pada jam puncak yaitu pada pipa distribusi 1 (P-1) sebesar $14.12 < 15$ m/km. sedangkan pada jam minimum yaitu pada pipa distribusi 1 (P-1) $14.12 < 15$ m/km

Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.21 – Tabel 4.24 dan Gambar 4.7 – 4.8 (*lampiran*).

4.6.3. Analisa Hidraulis Dengan Program Watercad v6.5 Alternatif 3

Analisa hidraulis alternatif III, sistem distribusi air bersih di daerah layanan Kamelimabu dapat ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Tabel yang ditampilkan berdasarkan perhitungan titik simpul (*junction*) berupa *demand* (*Base flow*), elevasi dan tekanan pada pipa (*pressure*). Pada alternatif ini terdapat 14 *junction* yang memiliki perbedaan pada diameter. Adapun jumlah pipa sebanyak 15 buah yang terdiri dari 14 pipa distribusi dan 1 transmisi, sedangkan jenis pipa yang digunakan adalah jenis yang sama (PVC).

Beberapa hasil simulasi yang didapat yaitu :

- Pada hasil simulasi didapatkan tekanan terbesar pada jam puncak (07.00) terdapat pada *junction* 13 (J-13) yaitu 43.5 mH₂O. sedangkan tekanan terkecil terdapat pada *junction* 2 (J-2) yaitu 21.45 mH₂O.
- Pada hasil simulasi didapatkan tekanan terbesar pada jam minimum (24.00) terdapat pada *junction* 13 (J-13) yaitu 53.06 mH₂O. sedangkan tekanan terkecil terdapat pada *junction* 2 (J-2) yaitu 23.21 mH₂O.
- Hasil perencanaan diameter yang ada bervariasi, antara 1.5 in, 2 in, 2.5 in dan 3 in. Dengan hasil perhitungan *Headloss Gradient* yang paling tinggi pada jam puncak yaitu pada pipa distribusi 1 (P-1) sebesar $14.12 < 15$ m/km. sedangkan pada jam minimum yaitu pada pipa distribusi 1 (P-1) $14.12 < 15$ m/km.

Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.25 – Tabel 4.28 dan Gambar 4.9 – 4.10 (*lampiran*).

Hasil analisa hidraulis menggunakan program watercad v6.5 pada ketiga alternatif menghasilkan tekanan yang berbeda – beda pada setiap elemen namun tetap memenuhi standar tekanan yaitu berkisar 10-60 mH₂O untuk pipa PVC. Untuk perbandingan tekanan setiap alternatif dapat dilihat pada tabel 4.29 dan 4.30 dibawah ini.

Tabel 4.29. Perbandingan Tekanan pada Junction Pukul 07.00

Junction	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
J-1	22.73	22.73	22.73
J-2	22.3	21.45	21.45
J-3	34.01	32.65	32.65
J-4	36.76	34.92	32.69
J-5	38.57	36.16	33.93
J-6	32.65	32.46	32.46
J-7	32.17	30.99	30.99
J-8	39.26	39.26	39.26
J-9	40.19	40.19	40.19
J-10	42.05	42.05	41.63
J-11	42.02	42.02	41.51
J-12	38.02	38.02	37.47
J-13	44.01	44.01	43.5
J-14	43.01	43	42.46

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.30 Perbandingan Tekanan pada Junction Pukul 24.00

Junction	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
J-1	23.36	23.04	23.36
J-2	23.31	22.88	23.21
J-3	35.25	34.76	35.09
J-4	38.22	37.67	37.72
J-5	40.19	39.57	39.62
J-6	33.34	32.99	33.31

Junction	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
J-7	33.28	32.81	33.13
J-8	48.16	47.84	48.16
J-9	49.15	48.82	49.15
J-10	51.13	50.8	51.08
J-11	51.12	50.8	51.06
J-12	47.13	46.81	47.06
J-13	53.12	52.8	53.06
J-14	52.12	51.8	52.05

Sumber : Hasil Perhitungan

4.7 Rencana Anggaran Biaya Pipa

Dari tiga alternatif tersebut akan dipilih satu alternatif. Dimana pemilihan alternatif tersebut berdasarkan tekanan biaya pengeluaran pembelian pipa atau harga rupiah termurah. Sehingga perlu dilakukan perhitungan terhadap pengeluaran biaya pengeluaran pembelian pipa yang dapat dilihat pada tabel 4.29 – 4.33 dibawah ini:

Tabel 4.31. Diameter Pipa (in)

No Pipa	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
P-1	3	2.5	3
P-2	2.5	2.5	2.5
P-3	2.5	2	2
P-4	2.5	2	2
P-5	2.5	2	1.5
P-6	2	1.5	1.5
P-7	2	1.5	1.5
P-8	2	1.5	1.5
P-9	2.5	2.5	2.5
P-10	2	2	2
P-11	2	2	1.5
P-12	2	2	1.5
P-13	2	2	1.5
P-14	2	1.5	1.5
P-15	2	1.5	1.5

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.32 Biaya Pengeluaran Untuk Pembelian Pipa Alternatif 1

No	Uraian	Satuan	Diameter Pipa (in)			
			Ø 1.5'	Ø 2'	Ø 2.5'	Ø 3'
1	Panjang Pipa	Meter	-	1728	3996	4001
2	Jumlah Pipa	Btg (@6m)	-	288	666	667
3	Harga Pipa/m	Rp	28,600	45,250	51,150	91,550
4	Harga Pipa/btg	Rp	171,600	271,500	306,900	549,300
5	Total Harga Pipa	Rp	-	78,187,928	204,407,165	366,291,550
6	Total Biaya	Rp	648,887,000			

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.33 Biaya Pengeluaran Untuk Pembelian Pipa Alternatif 2

No	Uraian	Satuan	Diameter Pipa (in)			
			Ø 1.5'	Ø 2'	Ø 2.5'	Ø 3'
1	Panjang Pipa	Meter	1057	1414	7254	-
2	Jumlah Pipa	Btg (@6m)	176	236	1209	-
3	Harga Satuan Pipa/m	Rp	28,600	45,250	51,150	91,550
4	Harga Satuan Pipa/btg	Rp	171,600	271,500	306,900	549,300
5	Total Harga Pipa	Rp	30,240,210	63,981,690	371,054,376	-
6	Total Biaya	Rp	465,276,000			

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.34 Biaya Pengeluaran Untuk Pembelian Pipa Alternatif 3

No	Uraian	Satuan	Diameter Pipa (in)			
			Ø 1.5'	Ø 2'	Ø 2.5'	Ø 3'
1	Panjang Pipa	Meter	1973	498	3253	4000
2	Jumlah Pipa	Btg (@6m)	329	83	542	667
3	Harga Pipa/m	Rp	28,600	45,250	51,150	91,550
4	Harga Pipa/btg	Rp	171,600	271,500	306,900	549,300
5	Total Harga Pipa	Rp	56,435,522	22,536,310	166,382,255	366,200,000
6	Total Biaya	Rp	611,554,000			

Sumber : Hasil Perhitungan

pada tabel diatas dapat dilihat bahwa alternatif yang memiliki biaya yang relatif murah adalah pada alternatif II dimana biaya yang dibutuhkan untuk pembelian pipa adalah sebesar Rp. 465,276,000 (Empat ratus enam puluh lima juta dua ratus tujuh puluh enam ribu rupiah) dengan diameter pipa transmisi yang digunakan adalah 2.5 in dengan panjang pipa bervariasi dan pipa distribusi digunakan diameter 2.5 in, 2 in, dan 1,5 in dengan panjang pipa bervariasi antar titik simpul.

Besarnya tekanan yang terjadi pada titik simpil bervariasi yaitu 52.8 mH₂O yang merupakan tekanan maksimum pada pukul 24.00 dan tekanan minimum sebesar 21.45 mH₂O pada pukul 07.00 dengan demikian tekanan yang ada sesuai dengan standar tekanan air untuk pipa PVC yaitu 10 – 60 mH₂O (DPU Ditjen Cipta Karya (1987:128)).

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pada studi ini didapat beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Hasil proyeksi penduduk untuk daerah layanan Kamelimabu pada tahun 2023 berdasarkan metode aritmatika yaitu 1645 jiwa pada Satuan Pemukiman 1 dan 1836 pada Satuan Pemukiman 2.
2. Hasil perhitungan kebutuhan air pada tahun 2023 yaitu :
 - Satuan Pemukiman 1 (SP1) : Total Kebutuhan harian rerata adalah 1.290 lt/dtk, kebutuhan maksimum 1.419 lt/dtk, dan kebutuhan total pada jam puncak adalah 2.012 lt/dtk
 - Satuan Pemukiman 2 (SP2) : Total Kebutuhan harian rerata adalah 1.441 lt/dtk, kebutuhan maksimum 1.585 lt/dtk, dan kebutuhan total pada jam puncak adalah 2.247 lt/dtk
3. Dari simulasi untuk pengembangan sistem jaringan distribusi air bersih Kamelimabu pada alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3 didapatkan kondisi hidrolis memenuhi standar tekanan yaitu 10-60 mH₂O untuk pipa PVC.
4. Pada sistem jaringan distribusi air bersih Kamelimabu dapat diterapkan alternatif II karena memiliki biaya pembelian pipa yang lebih murah yaitu Rp. 465,276,000 (Empat ratus enam puluh lima juta dua ratus tujuh puluh enam ribu rupiah)

5.2. Saran

Dalam Studi ini ada beberapa saran yang dapat direkomendasikan yaitu sebagai berikut :

1. Dalam sebuah pengembangan sistem distribusi yang baru baiknya diperhatikan setiap perbedaan elevasi rencana pada tiap simpulnya karena akan berpengaruh besar pada tekanan pipa yang dihasilkan.
2. Pada pengembangan suatu sistem jaringan air bersih Kamelimabu kedepan dapat mengadakan perhitungan untuk penambahan kapasitas tampungan sehingga dapat memenuhi kebutuhan air kedepan.
3. Untuk rencana pengembangan 15 sampai 20 tahun harus mencari sumber air baru. Hal ini di karenakan potensi sumber air Kamelimabu hanya dapat melayani kebutuhan penduduk sampai tahun 2027
4. Bagi mahasiswa yang mau merencanakan sistem jaringan air bersih dapat menggunakan program WaterCad karena memiliki berbagai manfaat dalam penggunaannya. Dan perlu pembelajaran lebih baik lagi dalam penggunaan program waterCad.

Tabel 4.12 Kebutuhan Air Bersih Kecamatan Katikutana Selatan SP 1 Sampai Dengan Tahun 2023

NO	URAIAN	SATUAN	Tahun						
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Jumlah Penduduk	Jiwa	1428.935	1452.869	1476.804	1500.739	1524.673	1548.608	1572.543
2	Prosentase Pelayanan Penduduk	%	25.00	31.11	37.22	43.33	49.44	55.56	61.67
3	Kebutuhan Air	lt/org/hr	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
4	Kebutuhan Domestik (Qd)	lt/hr	21434.020	27120.227	32981.955	39019.203	45231.973	51620.263	58184.074
5	Kebutuhan Non Domestik (Qnd)	lt/hr	0	0	0	0	0	0	0
6	Kebutuhan Sosial (Qs)	lt/hr	643.021	813.607	989.459	1170.576	1356.959	1548.608	1745.522
7	Total kebutuhan (Q	lt/hr	22077.040	27933.834	33971.413	40189.780	46588.932	53168.871	59929.596
8	Faktor Kehilangan	%	20.00	20.56	21.11	21.67	22.22	22.78	23.33
		lt/hr	4415.408	5741.955	7171.743	8707.786	10353.096	12110.687	13983.572
9	Total Kebutuhan Harian Rerata	lt/hr	26492.448	33675.788	41143.156	48897.565	56942.028	65279.558	73913.169
		lt/dt	0.307	0.390	0.476	0.566	0.659	0.756	0.855
10	Faktor Kebutuhan Harian Maksimum		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
11	Total Kebutuhan Harian Maksimum (Qmax)	lt/dt	0.337	0.429	0.524	0.623	0.725	0.831	0.941
		lt/hr	29141.693	37043.367	45257.472	53787.322	62636.231	71807.514	81304.485
12	Faktor Kebutuhan Jam Puncak		1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56
13	Total Kebutuhan Pada Jam Puncak (Qpeak)	lt/dt	0.478	0.608	0.743	0.883	1.028	1.179	1.335

Sumber : Hasil Perhitungan

(Lanjutan)

NO	URAIAN	SATUAN	Tahun							
			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
1	Jumlah Penduduk	Jiwa	1596.477	1620.412	1644.346	1668.281	1692.216	1716.150	1740.085	1764.020
2	Prosentase Pelayanan Penduduk	%	67.78	73.89	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
3	Kebutuhan Air	lt/org/hr	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
4	Kebutuhan Domestik (Qd)	lt/hr	64923.406	71838.258	78928.631	80077.494	81226.358	82375.221	83524.084	84672.947
5	Kebutuhan Non Domestik (Qnd)	lt/hr	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Kebutuhan Sosial (Qs)	lt/hr	1947.702	2155.148	2367.859	2402.325	2436.791	2471.257	2505.723	2540.188
7	Total kebutuhan (Q	lt/hr	66871.108	73993.406	81296.490	82479.819	83663.148	84846.477	86029.806	87213.135
8	Faktor Kehilangan	%	23.89	24.44	25.00	25.56	26.11	26.67	27.22	27.78
		lt/hr	15974.765	18087.277	20324.123	21078.176	21845.378	22625.727	23419.225	24225.871
9	Total Kebutuhan Harian Rerata	lt/hr	82845.872	92080.683	101620.613	103557.995	105508.526	107472.205	109449.031	111439.006
		lt/dt	0.959	1.066	1.176	1.199	1.221	1.244	1.267	1.290
10	Faktor Kebutuhan Harian Maksimum		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
11	Total Kebutuhan Harian Maksimum (Qmax)	lt/dt	1.055	1.172	1.294	1.318	1.343	1.368	1.393	1.419
		lt/hr	91130.460	101288.751	111782.674	113913.795	116059.378	118219.425	120393.934	122582.907
12	Faktor Kebutuhan Jam Puncak		1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56
13	Total Kebutuhan Pada Jam Puncak (Qpeak)	lt/dt	1.496	1.663	1.835	1.870	1.905	1.940	1.976	2.012

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.13 Kebutuhan Air Bersih Kecamatan Katikutana Selatan SP 2 Sampai Dengan Tahun 2023

NO	URAIAN	SATUAN	Tahun						
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Jumlah Penduduk	Jiwa	1592.021	1619.042	1646.064	1673.085	1700.106	1727.127	1754.149
2	Prosentase Pelayanan Penduduk	%	25.00	31.11	37.22	43.33	49.44	55.56	61.67
3	Kebutuhan Air	lt/org/hr	60.00	60	60	60	60	60	60
4	Kebutuhan Domestik (Qd)	lt/hr	23,880.32	30222.126	36762.089	43500.208	50436.482	57570.912	64903.498
5	Kebutuhan Non Domestik (Qnd)	lt/hr	0.00	0	0	0	0	0	0
6	Kebutuhan Sosial (Qs)	lt/hr	716.41	906.664	1102.863	1305.006	1513.094	1727.127	1947.105
7	Total kebutuhan (Q)	lt/hr	24,596.73	31128.790	37864.951	44805.214	51949.576	59298.039	66850.603
8	Faktor Kehilangan	%	20.00	20.56	21.11	21.67	22.22	22.78	23.33
		lt/hr	4919.346	6398.696	7993.712	9707.796	11544.350	13506.776	15598.474
9	Total Kebutuhan Harian Rerata	lt/hr	29516.074	37527.485	45858.663	54513.010	63493.927	72804.815	82449.076
		lt/dt	0.342	0.434	0.531	0.631	0.735	0.843	0.954
10	Faktor Kebutuhan Harian Maksimum		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
11	Total Kebutuhan Harian Maksimum (Qmax)	lt/dt	0.376	0.478	0.584	0.694	0.808	0.927	1.050
		lt/hr	32467.681	41280.234	50444.530	59964.311	69843.319	80085.296	90693.984
12	Faktor Kebutuhan Jam Puncak		1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56
13	Total Kebutuhan Pada Jam Puncak (Qpeak)	lt/dt	0.533	0.678	0.828	0.984	1.146	1.315	1.489

Sumber : Hasil Perhitungan

(Lanjutan)

NO	URAIAN	SATUAN	Tahun							
			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
1	Jumlah Penduduk	Jiwa	1781.170	1808.191	1835.212	1862.233	1889.255	1916.276	1943.297	1970.318
2	Prosentase Pelayanan Penduduk	%	67.78	73.89	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
3	Kebutuhan Air	lt/org/hr	60	60	60	60	60	60	60	60
4	Kebutuhan Domestik (Qd)	lt/hr	72434.239	80163.136	88090.189	89387.207	90684.226	91981.245	93278.264	94575.283
5	Kebutuhan Non Domestik (Qnd)	lt/hr	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Kebutuhan Sosial (Qs)	lt/hr	2173.027	2404.894	2642.706	2681.616	2720.527	2759.437	2798.348	2837.258
7	Total kebutuhan (Q	lt/hr	74607.266	82568.030	90732.894	92068.824	93404.753	94740.683	96076.612	97412.541
8	Faktor Kehilangan	%	23.89	24.44	25.00	25.56	26.11	26.67	27.22	27.78
		lt/hr	17822.847	20183.296	22683.224	23528.699	24389.019	25264.182	26154.189	27059.039
9	Total Kebutuhan Harian Rerata	lt/hr	92430.113	102751.326	113416.118	115597.523	117793.772	120004.864	122230.801	124471.581
		lt/dt	1.070	1.189	1.313	1.338	1.363	1.389	1.415	1.441
10	Faktor Kebutuhan Harian Maksimum		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
11	Total Kebutuhan Harian Maksimum (Qmax)	lt/dt	1.177	1.308	1.444	1.472	1.500	1.528	1.556	1.585
		lt/hr	101673.124	113026.459	124757.730	127157.275	129573.149	132005.351	134453.881	136918.739
12	Faktor Kebutuhan Jam Puncak		1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56
13	Total Kebutuhan Pada Jam Puncak (Qpeak)	lt/dt	1.669	1.855	2.048	2.087	2.127	2.167	2.207	2.247

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan : dari tabel 4.11 dan 4.12 di ketahui total $Q_{max} SP 1 + SP 2$ adalah 2.737736 lt/dtk. Untuk perencanaan 10 tahun kedepan (tahun 2023) dianggap mencukupi karena lebih kecil dari kapasitas sumber yang digunakan yaitu 3 lt/dtk. Sedangkan untuk perencanaan 15 tahun kedepan (tahun 2028) kapasitas sumber tidak mencukupi ($3.0035 > 3$ lt/dtk) sehingga dibutuhkan penambahan kapasitas atau sumber air yang lain.

Tabel 4.17 Kondisi Tekanan Pada Titik Simpul Pukul 07.00 (alternatif 1)

Label	Zone	Type	Base Flow (l/s)	Pattern	Demand (Calculated) (l/s)	Calculated Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H ₂ O)	Elevation (m)
J-1	sp2	Demand	0.13	fluktuasi	0.15	482.77	22.73	460
J-2	sp2	Demand	0.13	fluktuasi	0.15	482.34	22.3	460
J-3	sp2	Demand	0.17	fluktuasi	0.2	482.08	34.01	448
J-4	sp2	Demand	0.26	fluktuasi	0.3	481.83	36.76	445
J-5	sp2	Demand	0.25	fluktuasi	0.29	481.65	38.57	443
J-6	sp2	Demand	0.17	fluktuasi	0.2	482.71	32.65	450
J-7	sp2	Demand	0.21	fluktuasi	0.24	482.23	32.17	450
J-8	sp1	Demand	0.91	fluktuasi	1.05	473.34	39.26	434
J-9	sp1	Demand	0.03	fluktuasi	0.03	473.27	40.19	433
J-10	sp1	Demand	0.08	fluktuasi	0.09	473.13	42.05	431
J-11	sp1	Demand	0.04	fluktuasi	0.05	473.11	42.02	431
J-12	sp1	Demand	0.05	fluktuasi	0.06	473.09	38.02	435
J-13	sp1	Demand	0.04	fluktuasi	0.05	473.1	44.01	429
J-14	sp1	Demand	0.03	fluktuasi	0.03	473.09	43.01	430

Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Tabel 4.18 Kondisi Tekanan Pada Titik Simpul Pukul 24.00 (alternatif 1)

Label	Zone	Type	Base Flow (l/s)	Pattern	Demand (Calculated) (l/s)	Calculated Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	Elevation (m)
J-1	sp2	Demand	0.13	fluktuasi	0.05	483.41	23.36	460
J-2	sp2	Demand	0.13	fluktuasi	0.05	483.36	23.31	460
J-3	sp2	Demand	0.17	fluktuasi	0.06	483.33	35.25	448
J-4	sp2	Demand	0.26	fluktuasi	0.1	483.3	38.22	445
J-5	sp2	Demand	0.25	fluktuasi	0.09	483.27	40.19	443
J-6	sp2	Demand	0.17	fluktuasi	0.06	483.4	33.34	450
J-7	sp2	Demand	0.21	fluktuasi	0.08	483.34	33.28	450
J-8	sp1	Demand	0.91	fluktuasi	0.34	482.26	48.16	434
J-9	sp1	Demand	0.03	fluktuasi	0.01	482.25	49.15	433
J-10	sp1	Demand	0.08	fluktuasi	0.03	482.23	51.13	431
J-11	sp1	Demand	0.04	fluktuasi	0.01	482.23	51.12	431
J-12	sp1	Demand	0.05	fluktuasi	0.02	482.23	47.13	435
J-13	sp1	Demand	0.04	fluktuasi	0.01	482.23	53.12	429
J-14	sp1	Demand	0.03	fluktuasi	0.01	482.23	52.12	430

Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Tabel 4.19 Kondisi Headloss Gradient Pada Pipa Pukul 07.00 (alternatif 1)

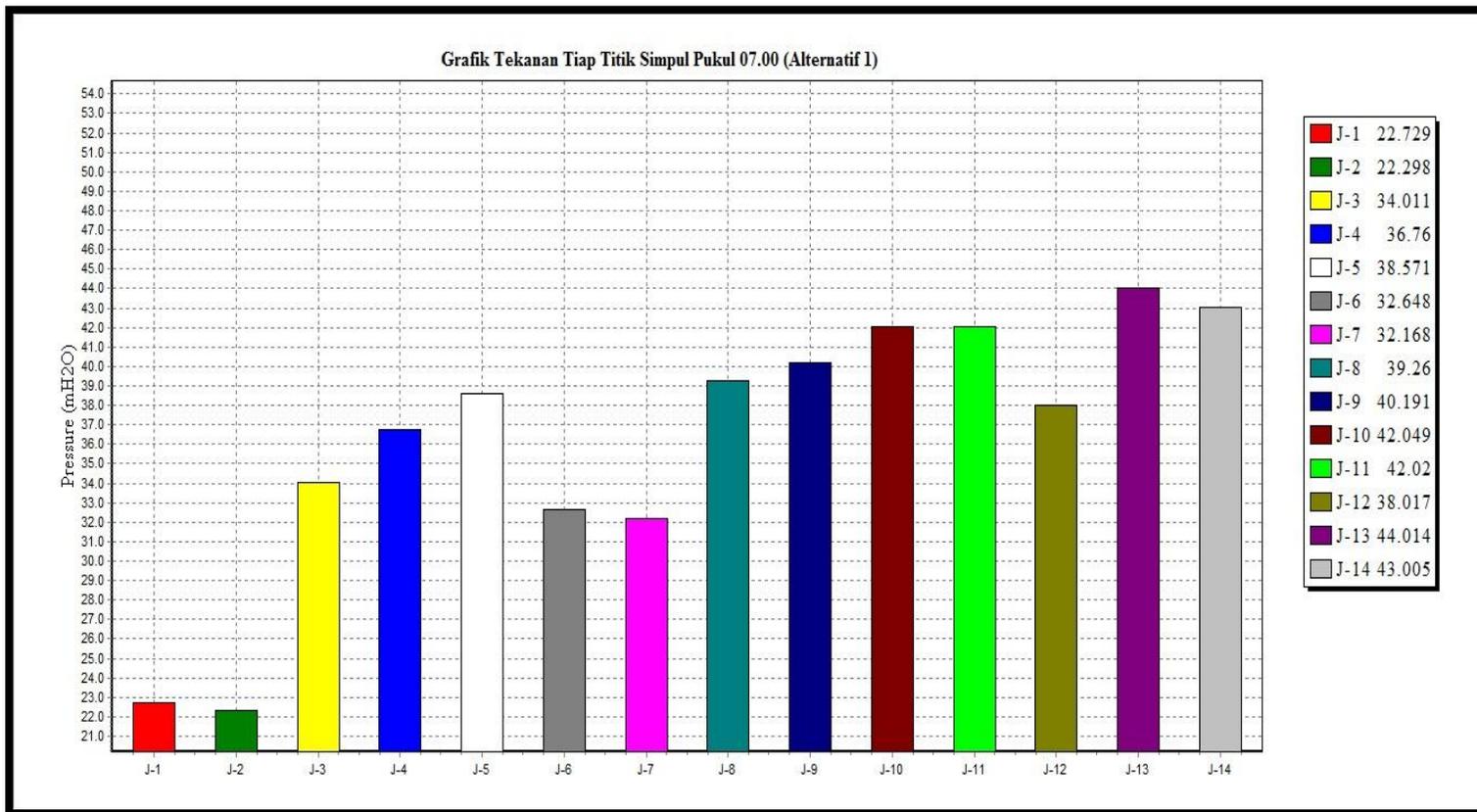
Label	Length (m)	Diameter (in)	Material	Hazen-Williams C	Headloss Gradient (m/km)
P-1	4001	3	PVC	150	14.12
P-2	178.31	2.5	PVC	150	4.07
P-3	170.99	2.5	PVC	150	2.52
P-4	220.98	2.5	PVC	150	1.19
P-5	351.43	2.5	PVC	150	0.7
P-6	335.89	2	PVC	150	0.55
P-7	223.72	2	PVC	150	0.27
P-8	274.32	2	PVC	150	0.4
P-9	3075	2.5	PVC	150	3.3
P-10	106.07	2	PVC	150	0.64
P-11	267.92	2	PVC	150	0.51
P-12	120.09	2	PVC	150	0.24
P-13	176.48	2	PVC	150	0.07
P-14	119.79	2	PVC	150	0.02
P-15	103.63	2	PVC	150	0.01

Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Tabel 4.20 Kondisi Headloss Gradient Pada Pipa Pukul 24.00 (alternatif 1)

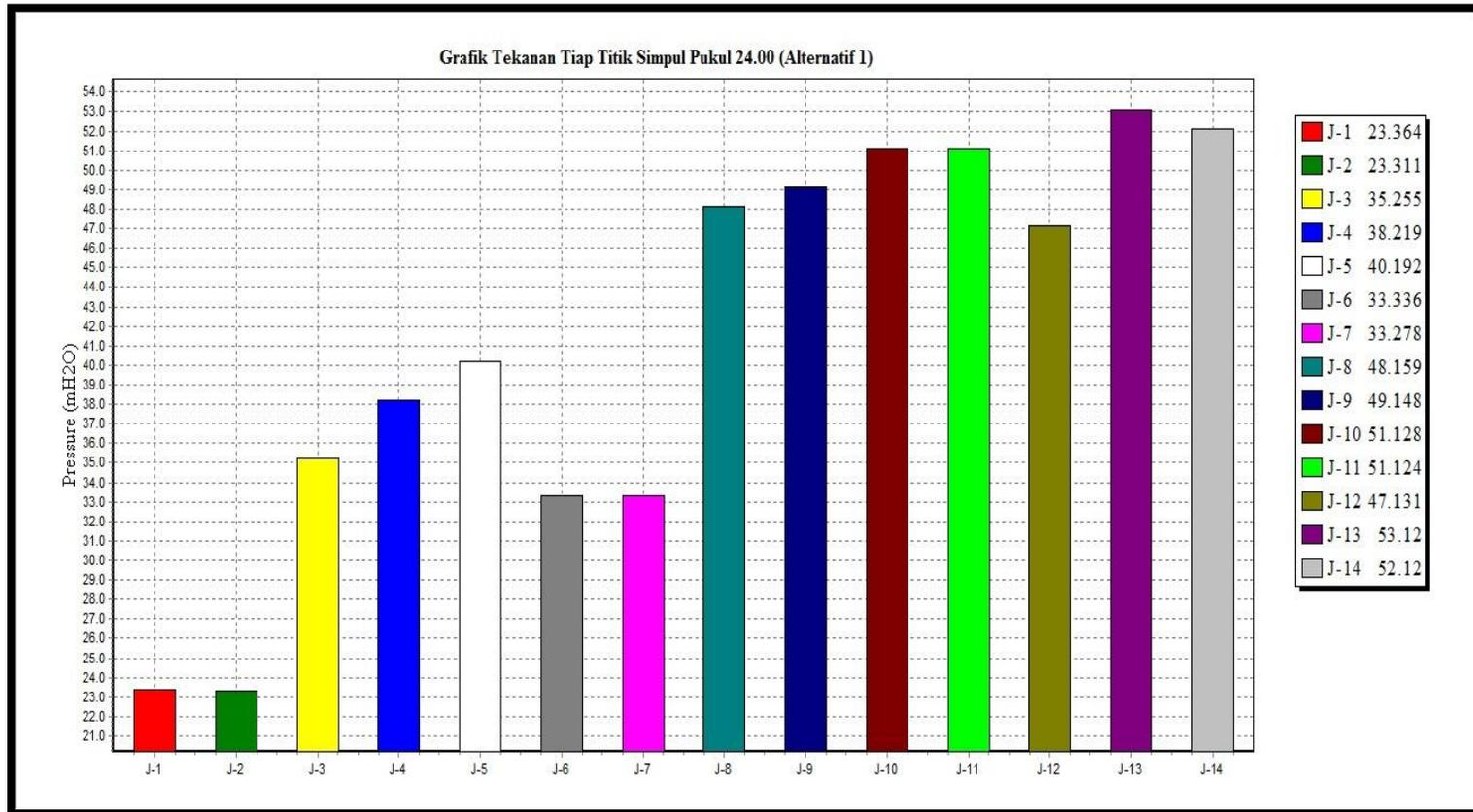
Label	Length (m)	Diameter (in)	Material	Hazen-Williams C	Headloss Gradient (m/km)
P-1	4001	3	PVC	150	14.12
P-2	178.31	2.5	PVC	150	0.5
P-3	170.99	2.5	PVC	150	0.31
P-4	220.98	2.5	PVC	150	0.15
P-5	351.43	2.5	PVC	150	0.09
P-6	335.89	2	PVC	150	0.07
P-7	223.72	2	PVC	150	0.03
P-8	274.32	2	PVC	150	0.05
P-9	3075	2.5	PVC	150	0.4
P-10	106.07	2	PVC	150	0.08
P-11	267.92	2	PVC	150	0.06
P-12	120.09	2	PVC	150	0.03
P-13	176.48	2	PVC	150	0.01
P-14	119.79	2	PVC	150	0
P-15	103.63	2	PVC	150	0

Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5



Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Gambar 4.5 Grafik Tekanan Tiap Titik Simpul Pukul 07.00 (Alternatif 1)



Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Gambar 4.6 Grafik Tekanan Tiap Titik Simpul Pukul 24.00 (Alternatif 1)

Tabel 4.21. Kondisi Tekanan Pada Titik Simpul Pukul 07.00 (alternatif 2)

Label	Zone	Type	Base Flow (l/s)	Pattern	Demand (Calculated) (l/s)	Calculated Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H ₂ O)	Elevation (m)
J-1	sp2	Demand	0.13	fluktuasi	0.15	482.77	22.73	460
J-2	sp2	Demand	0.13	fluktuasi	0.15	481.5	21.45	460
J-3	sp2	Demand	0.17	fluktuasi	0.2	480.72	32.65	448
J-4	sp2	Demand	0.26	fluktuasi	0.3	479.99	34.92	445
J-5	sp2	Demand	0.25	fluktuasi	0.29	479.23	36.16	443
J-6	sp2	Demand	0.17	fluktuasi	0.2	482.53	32.46	450
J-7	sp2	Demand	0.21	fluktuasi	0.24	481.05	30.99	450
J-8	sp1	Demand	0.91	fluktuasi	1.05	473.34	39.26	434
J-9	sp1	Demand	0.03	fluktuasi	0.03	473.27	40.19	433
J-10	sp1	Demand	0.08	fluktuasi	0.09	473.13	42.05	431
J-11	sp1	Demand	0.04	fluktuasi	0.05	473.11	42.02	431
J-12	sp1	Demand	0.05	fluktuasi	0.06	473.09	38.02	435
J-13	sp1	Demand	0.04	fluktuasi	0.05	473.1	44.01	429
J-14	sp1	Demand	0.03	fluktuasi	0.03	473.09	43	430

Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Tabel 4.22. Kondisi Tekanan Pada Titik Simpul Pukul 24.00 (alternatif 2)

Label	Zone	Type	Base Flow (l/s)	Pattern	Demand (Calculated) (l/s)	Calculated Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H ₂ O)	Elevation (m)
J-1	sp2	Demand	0.13	fluktuasi	0.05	483.09	23.04	460
J-2	sp2	Demand	0.13	fluktuasi	0.05	482.93	22.88	460
J-3	sp2	Demand	0.17	fluktuasi	0.06	482.83	34.76	448
J-4	sp2	Demand	0.26	fluktuasi	0.1	482.75	37.67	445
J-5	sp2	Demand	0.25	fluktuasi	0.09	482.65	39.57	443
J-6	sp2	Demand	0.17	fluktuasi	0.06	483.06	32.99	450
J-7	sp2	Demand	0.21	fluktuasi	0.08	482.88	32.81	450
J-8	sp1	Demand	0.91	fluktuasi	0.34	481.93	47.84	434
J-9	sp1	Demand	0.03	fluktuasi	0.01	481.92	48.82	433
J-10	sp1	Demand	0.08	fluktuasi	0.03	481.91	50.8	431
J-11	sp1	Demand	0.04	fluktuasi	0.01	481.9	50.8	431
J-12	sp1	Demand	0.05	fluktuasi	0.02	481.9	46.81	435
J-13	sp1	Demand	0.04	fluktuasi	0.01	481.9	52.8	429
J-14	sp1	Demand	0.03	fluktuasi	0.01	481.9	51.8	430

Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Tabel 4.23 Kondisi Headloss Gradient Pada Pipa Pukul 07.00 (alternatif 2)

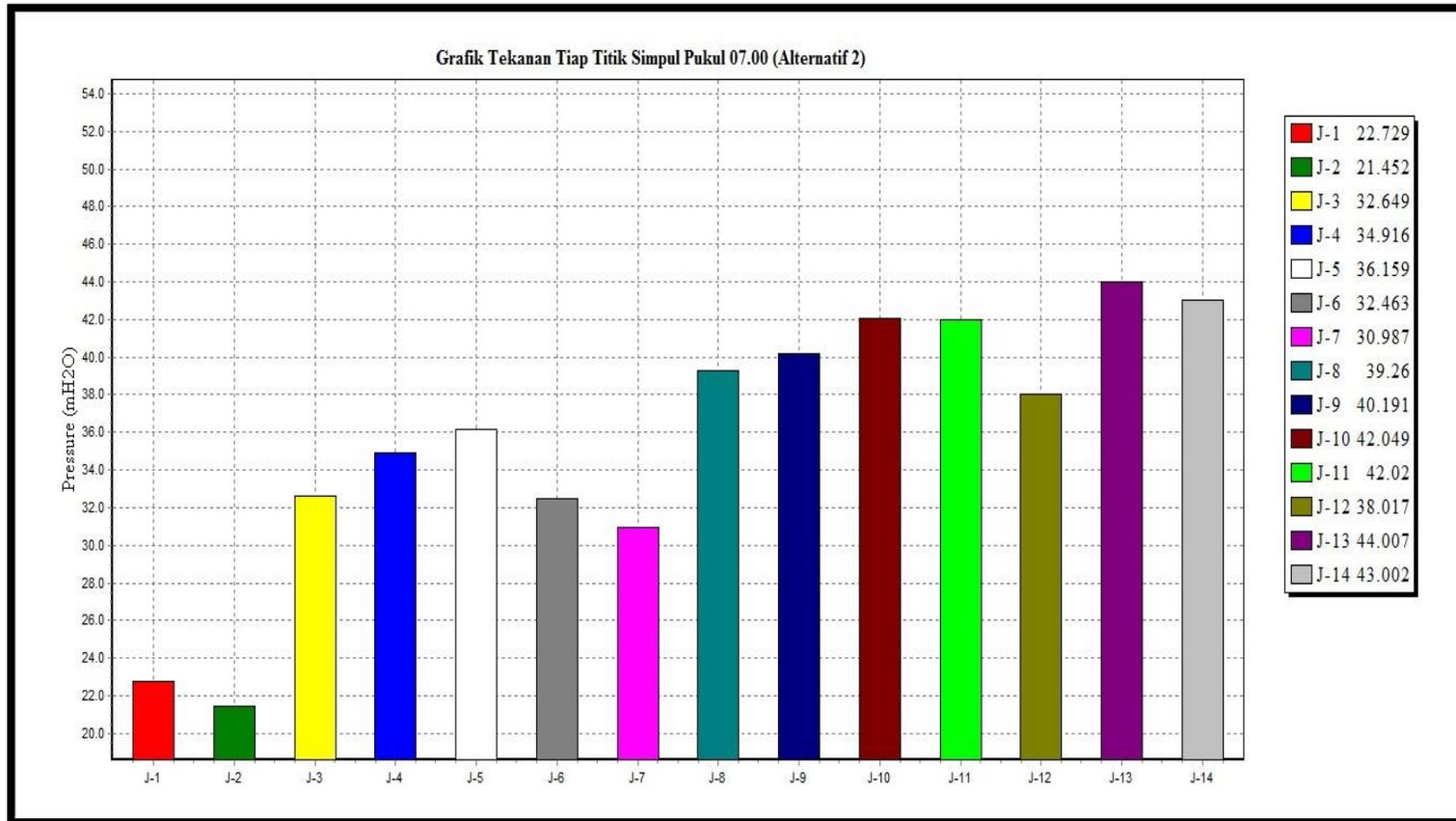
Label	Length (m)	Diameter (in)	Material	Hazen-Williams C	Headloss Gradient (m/km)
P-1	4001	2.5	PVC	150	14.12
P-2	178.31	2.5	PVC	150	4.07
P-3	170.99	2	PVC	150	7.48
P-4	220.98	2	PVC	150	3.53
P-5	351.43	2	PVC	150	2.07
P-6	335.89	1.5	PVC	150	2.25
P-7	223.72	1.5	PVC	150	1.1
P-8	274.32	1.5	PVC	150	1.63
P-9	3075	2.5	PVC	150	3.3
P-10	106.07	2	PVC	150	0.64
P-11	267.92	2	PVC	150	0.51
P-12	120.09	2	PVC	150	0.24
P-13	176.48	2	PVC	150	0.07
P-14	119.79	1.5	PVC	150	0.08
P-15	103.63	1.5	PVC	150	0.04

Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Tabel 4.24. Kondisi Headloss Gradient Pada Pipa Pukul 24.00 (alternatif 2)

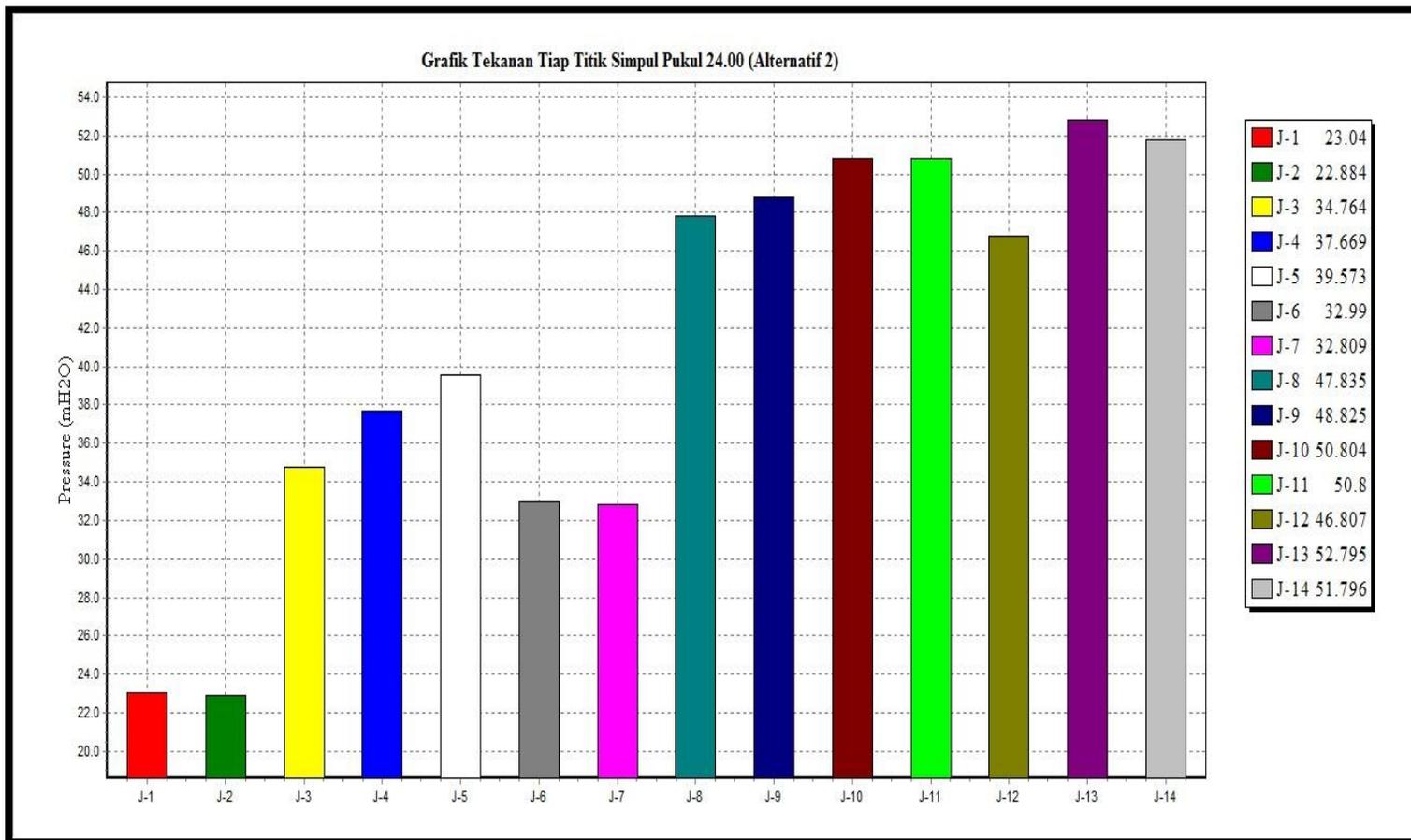
Label	Length (m)	Diameter (in)	Material	Hazen-Williams C	Headloss Gradient (m/km)
P-1	4001	2.5	PVC	150	14.2
P-2	178.31	2.5	PVC	150	0.5
P-3	170.99	2	PVC	150	0.92
P-4	220.98	2	PVC	150	0.43
P-5	351.43	2	PVC	150	0.25
P-6	335.89	1.5	PVC	150	0.28
P-7	223.72	1.5	PVC	150	0.13
P-8	274.32	1.5	PVC	150	0.2
P-9	3075	2.5	PVC	150	0.4
P-10	106.07	2	PVC	150	0.08
P-11	267.92	2	PVC	150	0.06
P-12	120.09	2	PVC	150	0.03
P-13	176.48	2	PVC	150	0.01
P-14	119.79	1.5	PVC	150	0.01
P-15	103.63	1.5	PVC	150	0.01

Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5



Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Gambar 4.7 Grafik Tekanan Tiap Titik Simpul Pukul 07.00 (Alternatif 2)



Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Gambar 4.8 Grafik Tekanan Tiap Titik Simpul Pukul 24.00 (Alternatif 2)

Tabel 4.25. Kondisi Tekanan Pada Titik Simpul Pukul 07.00 (alternatif 3)

Label	Zone	Type	Base Flow (l/s)	Pattern	Demand (Calculated) (l/s)	Calculated Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	Elevation (m)
J-1	sp2	Demand	0.13	fluktuasi	0.15	482.77	22.73	460
J-2	sp2	Demand	0.13	fluktuasi	0.15	481.5	21.45	460
J-3	sp2	Demand	0.17	fluktuasi	0.2	480.72	32.65	448
J-4	sp2	Demand	0.26	fluktuasi	0.3	477.76	32.69	445
J-5	sp2	Demand	0.25	fluktuasi	0.29	477	33.93	443
J-6	sp2	Demand	0.17	fluktuasi	0.2	482.53	32.46	450
J-7	sp2	Demand	0.21	fluktuasi	0.24	481.05	30.99	450
J-8	sp1	Demand	0.91	fluktuasi	1.05	473.34	39.26	434
J-9	sp1	Demand	0.03	fluktuasi	0.03	473.27	40.19	433
J-10	sp1	Demand	0.08	fluktuasi	0.09	472.71	41.63	431
J-11	sp1	Demand	0.04	fluktuasi	0.05	472.6	41.51	431
J-12	sp1	Demand	0.05	fluktuasi	0.06	472.55	37.47	435
J-13	sp1	Demand	0.04	fluktuasi	0.05	472.59	43.5	429
J-14	sp1	Demand	0.03	fluktuasi	0.03	472.54	42.46	430

Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Tabel 4.26. Kondisi Tekanan Pada Titik Simpul Pukul 24.00 (alternatif 3)

Label	Zone	Type	Base Flow (l/s)	Pattern	Demand (Calculated) (l/s)	Calculated Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H ₂ O)	Elevation (m)
J-1	sp2	Demand	0.13	fluktuasi	0.05	483.41	23.36	460
J-2	sp2	Demand	0.13	fluktuasi	0.05	483.25	23.21	460
J-3	sp2	Demand	0.17	fluktuasi	0.06	483.16	35.09	448
J-4	sp2	Demand	0.26	fluktuasi	0.1	482.8	37.72	445
J-5	sp2	Demand	0.25	fluktuasi	0.09	482.7	39.62	443
J-6	sp2	Demand	0.17	fluktuasi	0.06	483.38	33.31	450
J-7	sp2	Demand	0.21	fluktuasi	0.08	483.2	33.13	450
J-8	sp1	Demand	0.91	fluktuasi	0.34	482.26	48.16	434
J-9	sp1	Demand	0.03	fluktuasi	0.01	482.25	49.15	433
J-10	sp1	Demand	0.08	fluktuasi	0.03	482.18	51.08	431
J-11	sp1	Demand	0.04	fluktuasi	0.01	482.16	51.06	431
J-12	sp1	Demand	0.05	fluktuasi	0.02	482.16	47.06	435
J-13	sp1	Demand	0.04	fluktuasi	0.01	482.16	53.06	429
J-14	sp1	Demand	0.03	fluktuasi	0.01	482.16	52.05	430

Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Tabel 4.27. Kondisi Headloss Gradient Pada Pipa Pukul 07.00 (alternatif 3)

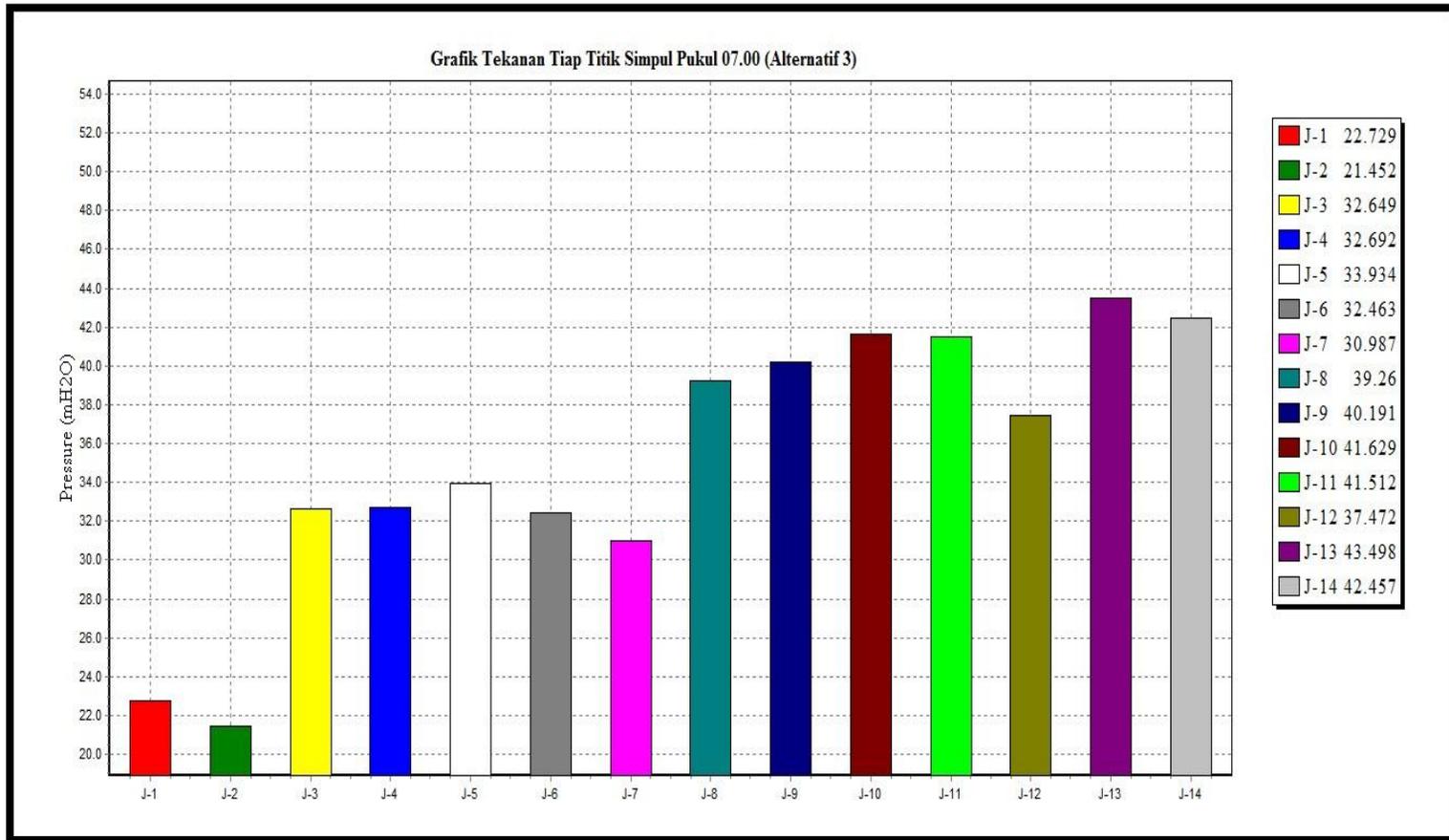
Label	Length (m)	Diameter (in)	Material	Hazen-Williams C	Headloss Gradient (m/km)
P-1	4000	3	PVC	150	14.12
P-2	178.31	2.5	PVC	150	4.07
P-3	170.99	2	PVC	150	7.48
P-4	220.98	2	PVC	150	3.53
P-5	351.43	1.5	PVC	150	8.42
P-6	335.89	1.5	PVC	150	2.25
P-7	223.72	1.5	PVC	150	1.1
P-8	274.32	1.5	PVC	150	1.63
P-9	3075	2.5	PVC	150	3.3
P-10	106.07	2	PVC	150	0.64
P-11	267.92	1.5	PVC	150	2.08
P-12	120.09	1.5	PVC	150	0.98
P-13	176.48	1.5	PVC	150	0.27
P-14	119.79	1.5	PVC	150	0.08
P-15	103.63	1.5	PVC	150	0.04

Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Tabel 4.28. Kondisi Headloss Gradient Pada Pipa Pukul 24.00 (alternatif 3)

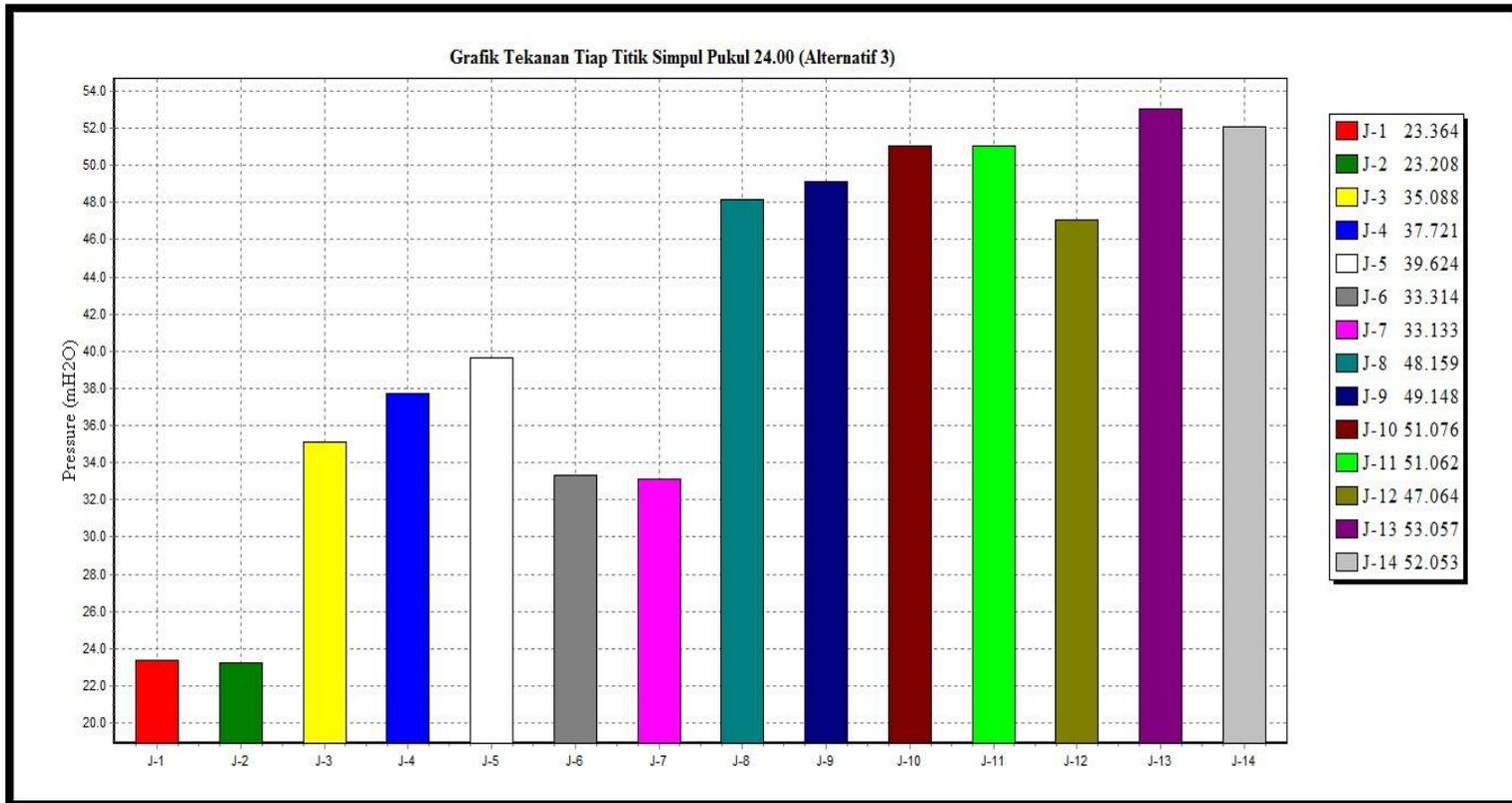
Label	Length (m)	Diameter (in)	Material	Hazen-Williams C	Headloss Gradient (m/km)
P-1	4000	3	PVC	150	14.12
P-2	178.31	2.5	PVC	150	0.5
P-3	170.99	2	PVC	150	0.92
P-4	220.98	2	PVC	150	0.43
P-5	351.43	1.5	PVC	150	1.03
P-6	335.89	1.5	PVC	150	0.28
P-7	223.72	1.5	PVC	150	0.13
P-8	274.32	1.5	PVC	150	0.2
P-9	3075	2.5	PVC	150	0.4
P-10	106.07	2	PVC	150	0.08
P-11	267.92	1.5	PVC	150	0.26
P-12	120.09	1.5	PVC	150	0.12
P-13	176.48	1.5	PVC	150	0.03
P-14	119.79	1.5	PVC	150	0.01
P-15	103.63	1.5	PVC	150	0.01

Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5



Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Gambar 4.9 Grafik Tekanan Tiap Titik Simpul Pukul 07.00 (Alternatif 3)



Sumber : Hasil Simulasi Watercad v6.5

Gambar 4.10 Grafik Tekanan Tiap Titik Simpul Pukul 24.00 (Alternatif 3)