

**PERENCANAAN SISTEM JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR
BERSIH DI DESA KEMIRI KECAMATAN KEPANJEN
KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PEMANFAATAN DAN
PENDAYAGUNAAN SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**IRFAN NURDIANSYAH
NIM. 145060407111026**

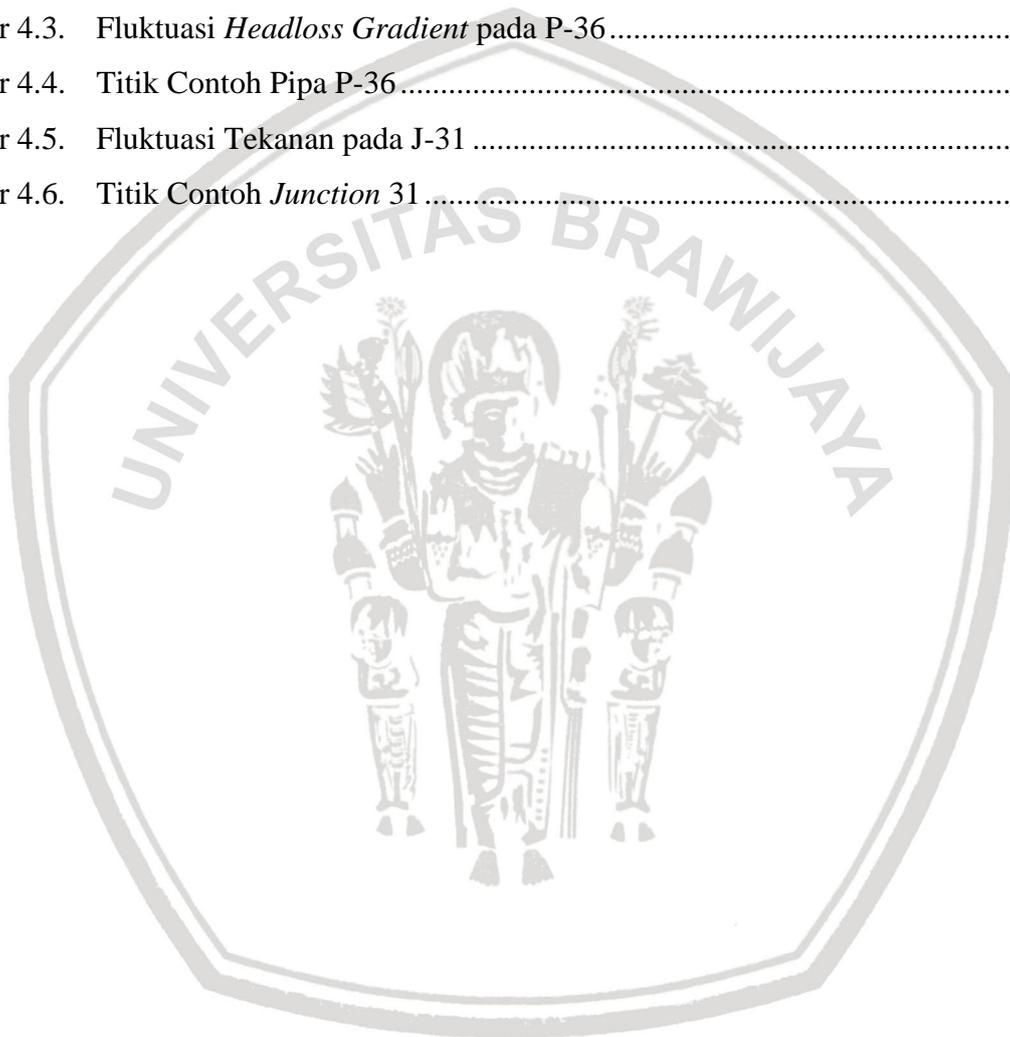
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2018

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Grafik Fluktuasi Pemakaian Air Bersih Harian	8
Gambar 2.2.	Garis Tenaga dan Tekanan pada Zat Cair	10
Gambar 2.3.	Persamaan Kontinuitas pada Pipa Bercabang	11
Gambar 2.4.	Perbesaran Pipa	15
Gambar 2.5.	Pengecila Pipa	15
Gambar 2.6.	Belokan pipa	16
Gambar 2.7.	Sambungan yang baik dan tidak baik	16
Gambar 2.8.	Pipa besi tua (<i>cast iron</i>)	17
Gambar 2.9.	Pipa Galvanis	18
Gambar 2.10.	Pipa PVC	19
Gambar 2.11.	Pipa Baja	19
Gambar 2.12.	Pipa Beton (<i>Concrete Pipe</i>)	20
Gambar 2.13.	Pipa HDPE	20
Gambar 2.14.	<i>Socket dan Spigot</i>	21
Gambar 2.15.	<i>Flange Joint</i>	21
Gambar 2.16.	Belokan (<i>Blend</i>)	21
Gambar 2.17.	Sambungan T	22
Gambar 2.18.	Sambungan Y	22
Gambar 2.19.	<i>Increaser</i>	22
Gambar 2.20.	<i>Reducer</i>	23
Gambar 2.21.	Pressure Reducer Valve (PRV)	23
Gambar 2.22.	Pressure Sustaining Valve (PSV)	23
Gambar 2.23.	Meter Air	24
Gambar 2.24.	Tampilan Welcome Dialog pada <i>WaterCAD v.8i</i>	28
Gambar 2.25.	Tampilan Background Layers pada <i>WaterCAD v.8i</i>	29
Gambar 2.26.	Tampilan Pengisian Data Teknis Junction pada <i>WaterCAD v.8i</i>	29
Gambar 2.27.	Tampilan Pengisian Data Teknis Pipa pada <i>WaterCAD v.8i</i>	30
Gambar 2.28.	Tampilan Pengisian Data Teknis Tandon pada <i>WaterCAD v.8i</i>	31
Gambar 2.29.	Tampilan Pengisian Data Teknis <i>Reservoir</i> pada <i>WaterCAD v.8i</i>	31

Gambar 2.30. Tampilan Hasil <i>Running (Calculate)</i> pada <i>WaterCAD v.8i</i>	32
Gambar 3.1. Peta Administrasi Kecamatan Kepanjen	37
Gambar 3.2 Lokasi Sudi Desa Kemiri	38
Gambar 3.3. Skema Jaringan Pipa.....	38
Gambar 3.4. Diagram Alir Penyelesaian Skripsi Untuk Kondisi Perencanaan.....	41
Gambar 3.5. Diagram Alir Penyelesaian Proses Simulasi Program <i>WaterCAD v8i</i>	42
Gambar 4.1. Grafik Kapasitas Tandon	44
Gambar 4.2. Fluktuasi Kecepatan pada P-36	47
Gambar 4.3. Fluktuasi <i>Headloss Gradient</i> pada P-36.....	47
Gambar 4.4. Titik Contoh Pipa P-36.....	48
Gambar 4.5. Fluktuasi Tekanan pada J-31	51
Gambar 4.6. Titik Contoh <i>Junction</i> 31	52

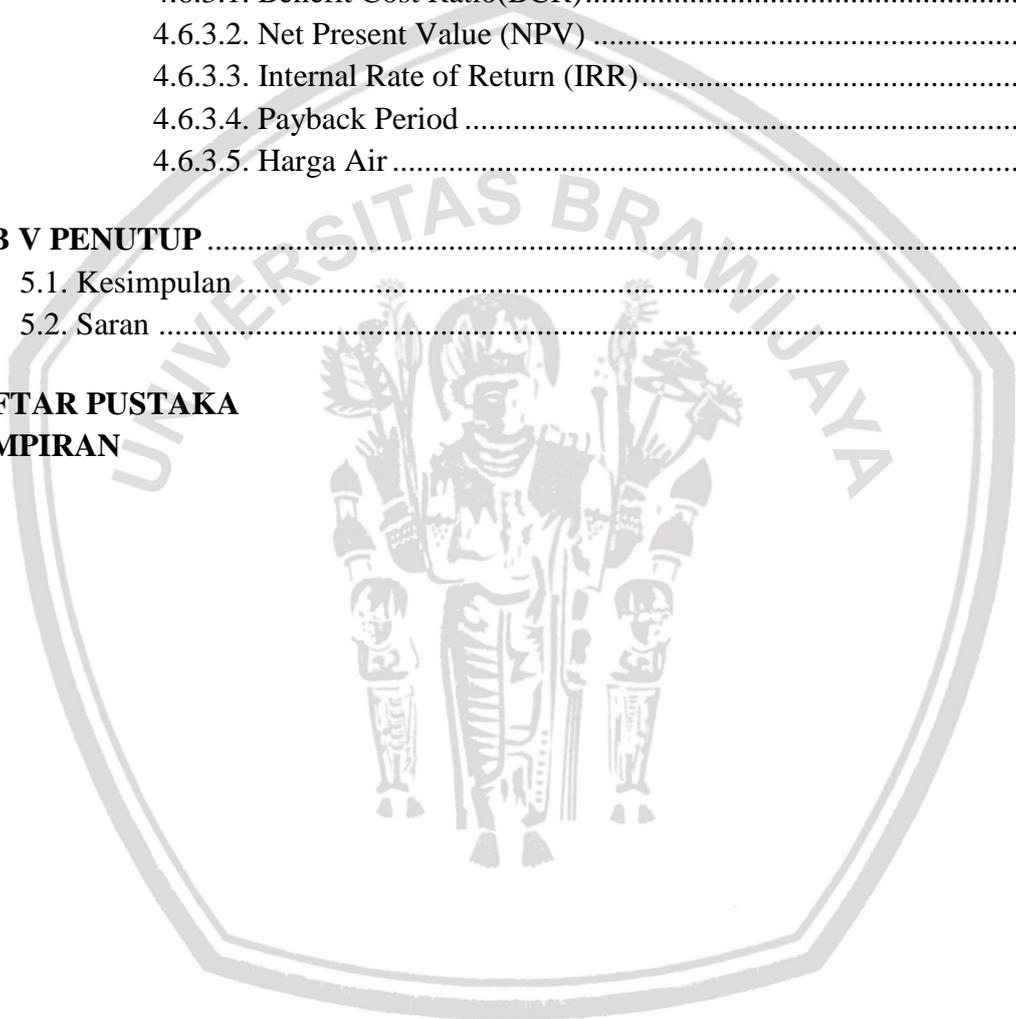


DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	2
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Rumusan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Tujuan dan Manfaat	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1. Pertumbuhan Jumlah Penduduk	5
2.1.1. Metode Eksponensial	5
2.1.2. Metode Aritmatik	5
2.1.3 Metode Geometrik	6
2.2. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi	6
2.2.1. Standar Deviasi	6
2.2.2. Koefisien Korelasi	6
2.3. Kebutuhan Air Bersih	7
2.3.1. Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih	8
2.3.2. Kebutuhan Domestik	9
2.3.2. Kebutuhan Non Domestik	9
2.4. Hidraulika Aliran pada Jaringan Pipa	9
2.4.1. Hukum Bernoulli	10
2.4.2. Hukum Kontinuitas	11
2.4.3. Kehilangan Tinggi Tekan (<i>Head Loss</i>)	12
2.4.3.1. Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (<i>Mayor Losses</i>)	12
2.4.3.2. Kehilangan Tinggi Tekan Minor (<i>Minor Losses</i>)	14
2.5. Elemen-Elemen pada Jaringan Distribusi Air Bersih	16
2.5.1. Pipa	16
2.5.1.1. Jenis Pipa	16
2.5.1.2. Sarana Penunjang	20
2.5.2. Titik Simpul	24
2.5.3. Penghubung	24

2.6. Tandon	24
2.7. Simulasi Aliran pada Sistem Jaringan Distribusi	25
2.7.1. Analisa Kondisi Permanen	25
2.7.2. Analisa Kondisi Tidak Permanen	25
2.7.3. Perencanaan Teknik Unit Distribusi	26
2.8. Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Aplikasi Sofwere.....	26
2.8.1. Deskripsi Program <i>WaterCAD v8i</i>	27
2.8.2. Tahapan-tahapan dalam Penggunaan <i>WaterCAD v8i</i>	27
2.9. Rencana Anggaran Biaya.....	32
2.9.1. Harga Satuan Pekerjaan (HSP)	32
2.9.2. Harga Satuan Dasar	33
2.9.3. Harga Satuan Dasar Kerja.....	33
2.9.4. Harga Satuan Dasar Bahan	33
2.10. Analisa Proyek.....	34
2.11. Harga Air	35
BAB III METODOLOGI	37
3.1. Lokasi Studi	37
3.2. Pengumpulan Data	38
3.2.1. Data Ketersediaan Air di Sumber	38
3.2.2. Data Penduduk	39
3.2.3. Topografi	39
3.3. Sistem Pengolahan Data	39
3.4. Perlakuan Simulasi Program <i>WaterCAD v8i</i>	40
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Proyeksi Penduduk	43
4.1.1. Proyeksi Penduduk Metode Geometrik	44
4.1.2. Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik.....	45
4.1.3. Proyeksi Penduduk Metode Eksponensial.....	46
4.1.4. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi.....	48
4.1.4.1. Standar Deviasi	48
4.1.4.2. Koefisien Korelasi.....	49
4.1.4.3. Kesimpulan.....	49
4.2. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih	49
4.3. Kondisi Eksisting	52
4.3.1. Kondisi Eksisting Sumber Air	52
4.3.2. Kondisi Eksisting Pompa.....	52
4.3.3. Kondisi Eksisting Tandon.....	52
4.4. Analisis Simulasi Kondisi Tidak Permanen pada Perencanaan Jaringan Pipa Tahun 2037	53
4.4.1. Analisa Pompa Untuk Kondisi Tahun 2037	53
4.4.2. Kondisi Aliran Pipa Distribusi.....	54
4.4.3. Kondisi Titik Simpul	59

4.5. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Perencanaan Distribusi Air Bersih	63
4.6. Analisa Ekonomi	70
4.6.1 Analisa Biaya (<i>Cost</i>)	70
4.6.1.1. <i>Capital Cost</i>	70
4.6.1.2. <i>Annual Cost</i>	71
4.6.2. Analisa <i>Benefit</i>	73
4.6.2.1. <i>Direct Benefit</i>	73
4.6.2.2. <i>Indirect Benefit</i>	74
4.6.2.3. <i>Intangible Benefit</i>	74
4.6.3. Analisa Ekonomi Harga Air	74
4.6.3.1. <i>Benefit Cost Ratio (BCR)</i>	74
4.6.3.2. <i>Net Present Value (NPV)</i>	77
4.6.3.3. <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	77
4.6.3.4. <i>Payback Period</i>	78
4.6.3.5. <i>Harga Air</i>	79
BAB V PENUTUP	81
5.1. Kesimpulan	81
5.2. Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1	Skema Jaringan Pipa dan Detail Bangunan.....	83
Lampiran 2	Hasil Simulasi	90
Lampiran 3	Tabel Suku Bunga	100
Lampiran 4	Dokumentasi.....	106
Lampiran 5	Harga Satuan Pekerjaan	109



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

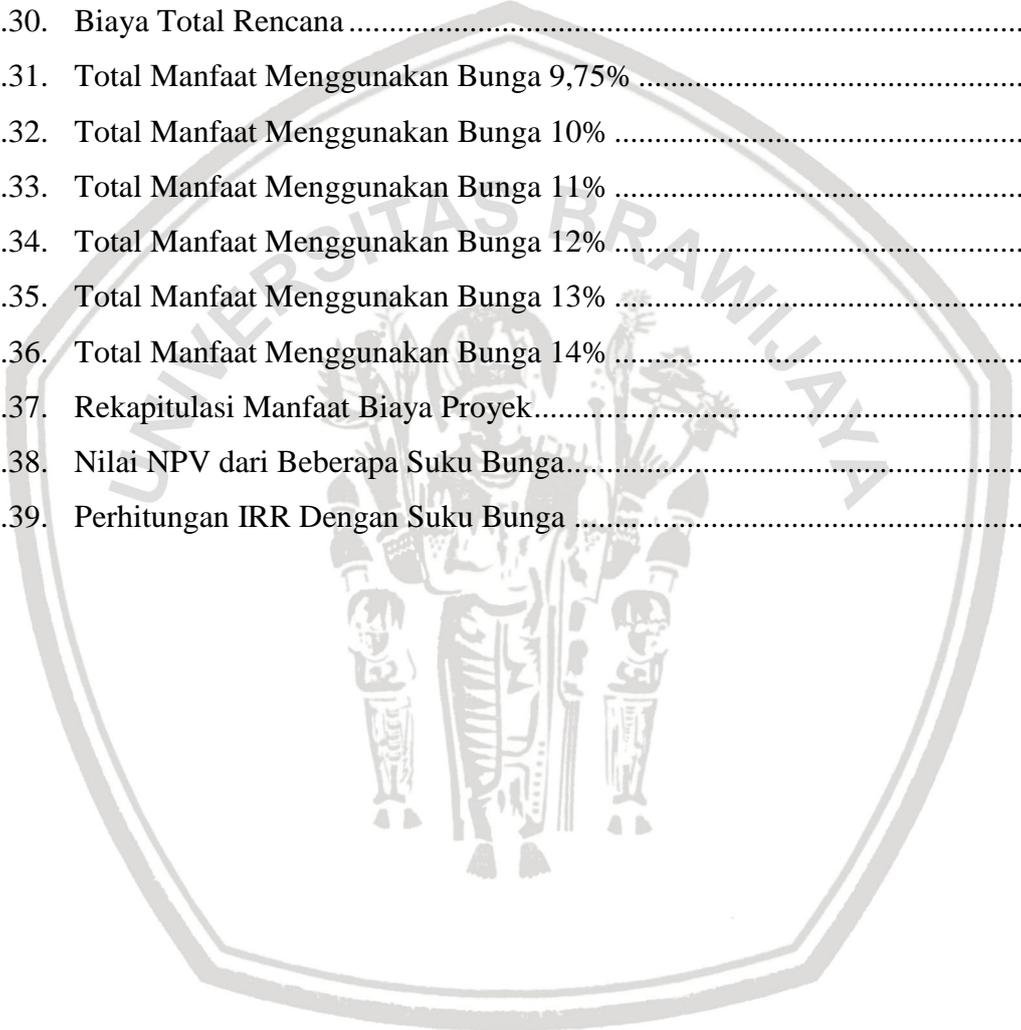


DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Faktor Pengali (<i>Load Factor</i>) Terhadap Kebutuhan Air Bersih	8
Tabel 2.2.	Nilai Kebutuhan Air Bersih untuk Bangunan Tempat Tinggal.....	9
Tabel 2.3.	Koefisien Karakteristik Pipa menurut <i>Hazen-Williams</i>	13
Tabel 2.4.	Nilai K sebagai fungsi dari P1.....	15
Tabel 2.5.	Nilai K sebagai fungsi dari α	15
Tabel 2.6.	Nilai K sebagai fungsi dari α	16
Tabel 3.1.	Jumlah Penduduk Desa Kemiri	39
Tabel 4.1.	Presentase Laju Pertumbuhan Penduduk Desa Kemiri	43
Tabel 4.2.	Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Geometri.....	44
Tabel 4.3.	Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Aritmatik	46
Tabel 4.4.	Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Eksponensial	47
Tabel 4.5.	Rekapitulasi Perhitungan Standar Deviasi	48
Tabel 4.6.	Rekapitulasi Perhitungan Koefisien Korelasi	49
Tabel 4.7.	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Kemiri.....	50
Tabel 4.8.	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Sukoraharjo.....	51
Tabel 4.9.	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Sukorejo.....	51
Tabel 4.10.	Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih	51
Tabel 4.11.	Pola Operasi Pompa	53
Tabel 4.12.	Hasil Simulasi Aliran pada Pipa Pukul 00.00	54
Tabel 4.13.	Hasil Simulasi Aliran pada Pipa Pukul 07.00	55
Tabel 4.14.	Hasil Simulasi Junction Pukul 00.00.....	59
Tabel 4.15.	Hasil Simulasi Junction Pukul 07.00.....	60
Tabel 4.16.	Penggalian 1 m ³ Tanah Biasa Sedalam 1 m.....	63
Tabel 4.17.	Pengurangan 1 m ³ Tanah Biasa Sedalam 1 m.....	64
Tabel 4.18.	Pengurangan 1 m ³ Pasir Urug	64
Tabel 4.19.	Pemadatan 1 m ³ Tanah Biasa Sedalam 1 m	64
Tabel 4.20.	Pemasangan Pipa PVC AW 4 inch (4 meter).....	65
Tabel 4.21.	Pemasangan Pipa PVC AW 2,5 inch (4 meter).....	65
Tabel 4.22.	Pemasangan Pipa PVC AW 2 inch (4 meter).....	66



Tabel 4.23. Pemasangan Pipa PVC AW 1,5 inch (4 meter)	66
Tabel 4.24. Pemasangan Pipa PVC AW 1,25 inch (4 meter)	67
Tabel 4.25. Rencana Anggaran Biaya Perencanaan Distribusi Air Bersih Desa Kemiri	69
Tabel 4.26. Biaya Langsung Jaringan Pipa.....	70
Tabel 4.27. Biaya Tidak Langsung Jaringan Pipa.....	71
Tabel 4.28. Analisa Biaya Modal Tahunan.....	71
Tabel 4.29. Biaya Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Pipa.....	72
Tabel 4.30. Biaya Total Rencana	72
Tabel 4.31. Total Manfaat Menggunakan Bunga 9,75%	75
Tabel 4.32. Total Manfaat Menggunakan Bunga 10%	75
Tabel 4.33. Total Manfaat Menggunakan Bunga 11%	76
Tabel 4.34. Total Manfaat Menggunakan Bunga 12%	76
Tabel 4.35. Total Manfaat Menggunakan Bunga 13%	76
Tabel 4.36. Total Manfaat Menggunakan Bunga 14%	76
Tabel 4.37. Rekapitulasi Manfaat Biaya Proyek.....	77
Tabel 4.38. Nilai NPV dari Beberapa Suku Bunga.....	77
Tabel 4.39. Perhitungan IRR Dengan Suku Bunga	78



KATA PENGANTAR

Pagi syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, petunjuk dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Perencanaan Sistem Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih di Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang”.

Laporan skripsi ini disusun untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Dalam penyusunan laporan ini saya sadar bahwa masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki sehingga saran dan kritik sangatlah diperlukan.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan laporan ini, antara lain :

1. Bapak Dr. Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT selaku dosen pembimbing skripsi yang dengan sabar membimbing dan meluangkan waktunya untuk saya dalam proses perkuliahan dan pengerjaan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Very Dermawan, ST., MT , Bapak Ir. M. Janu Ismoyo, MT dan Ibu Dr. Eng. Evi Nur Cahya, ST., MT selaku dosen penguji yang telah berkenan menguji skripsi ini.
3. Dosen pembimbing akademik, Bapak Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT. yang telah memberikan waktu, motivasi, arahan dan dukungan selama penulisa menempuh perkuliahan.
4. Kedua orang tua yang selalu menyertakan doanya disetiap waktu, serta keluarga besar yang memberikan dukungannya yang tak terhingga bagi penulis.
5. Hans, Valina, Kim, Demas yang telah membantu dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Indah tandju, yuli, nadia, mitha, kinda, mimi,dll yang juga memberikan motivasi agar skripsi ini cepat selesai.
7. Teman-teman kuliah jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya angkatan 2014 yang memberikan banyak nasehat dan semangat dalam pengerjaan skripsi ini.
8. Serta pihak yang belum terucapkan dalam pengantar ini..

Akhir kata penulis mengharapkan skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 2018

Penulis



Halamn ini sengaja dikosongkan”



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

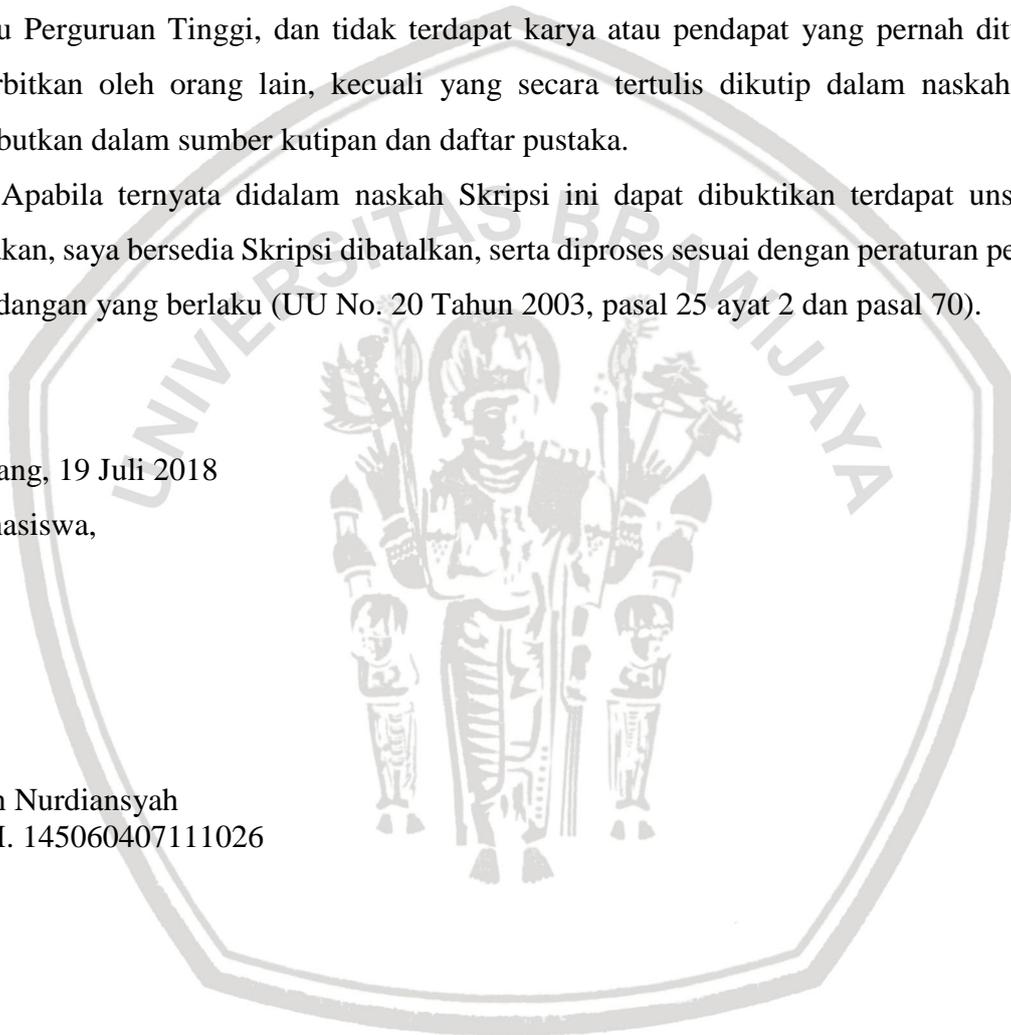
Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 19 Juli 2018

Mahasiswa,

Irfan Nurdiansyah
NIM. 145060407111026





Ucapan Terima Kasih Kepada :

Tuhan Yang Maha Esa

Orang Tua tercinta

Dosen Teknik Pengairan

Teman-teman Angkatan 2014

Work Hard, Play Hard !!

RINGKASAN

Irfan Nurdiansyah, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juni 2018, *Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Di Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang*, Dosen Pembimbing: Riyanto Haribowo.

Desa Kemiri terletak di Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang, berbatasan dengan Desa Sengguruh, Desa Tegalsari, Desa Jenggolo dan Desa Kedung. Jumlah penduduk Desa Kemiri pada tahun 2017 yaitu sebesar 3767 jiwa. Saat ini, penduduk Desa Kemiri menggunakan air bersih dari sumur-sumur yang ada di sekitar rumah penduduk tersebut dan di Desa Kemiri belum terdapat layanan air bersih yang layak. Tetapi karena kebutuhan air penduduk Desa Kemiri terus meningkat maka warga Desa Kemiri menggunakan PDAM sebagai sarana pemenuhan kebutuhan air bersih. Studi ini bertujuan untuk mengetahui debit yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Desa Kemiri, mengetahui perencanaan pipa, membuat rencana anggaran biaya dan menentukan harga air. Simulasi sistem jaringan pipa distribusi air bersih dilakukan dengan menggunakan program *WaterCAD V8i*.

Pemenuhan kebutuhan air bersih pada Desa Kemiri mendapatkan suplai air dari Tandon Dieng dengan debit sumber 150 lt/dt. Dari Tandon tersebut akan didistribusikan ke 3 desa yaitu Desa Kemiri, Desa Sukoraharjo dan Desa Sukorejo. Total kebutuhan air rata-raa yang dibutuhkan sebesar 17,905 lt/dt. Hasil simulasi dengan bantuan program *WaterCAD V8i* menunjukkan bahwa distribusi air bersih untuk 3 desa tersebut dapat terlayani 100% untuk kebutuhan rata-rata maupun pada jam puncak. Persyaratan teknis perencanaan sistem jaringan distribusi telah memenuhi syarat apabila kecepatan 0,1–2,5 m/dt, *headloss gradient* 0–15 m/km, dan tekanan 0,5– 8 atm. Rencana anggaran biaya pada perencanaan di Desa Kemiri sebesar Rp. 839.602.654, dan untuk rencana anggaran biaya 3 desa yaitu sebesar Rp. 2.970.769.637.

Analisa Ekonomi pada tingkat suku bunga 9,75% didapatkan nilai *Benefit Cost Ratio* (BCR) sebesar 1,22, selisih biaya manfaat (B– C) sebesar Rp. 677.582.496/tahun, tingkat pengembalian internal (IRR) 12,9% dan periode pengembalian selama 6 tahun dengan harga air Rp. 1500,-/m³. Dengan subsidi biaya konstruksi pemerintah 100% didapatkan harga air sebesar Rp. 200,-/m³ dan jika subsidi biaya konstruksi pemerintah 50% harga air sebesar 700,-/m³.

Kata kunci: Jaringan pipa, air bersih, simulasi, rencana anggaran biaya, analisa ekonomi



Halaman ini sengaja dikosongkan



SUMMARY

Irfan Nurdiansyah, Department of Water Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, June 2018, Water Distribution Planning System in Kemiri Village, Kepanjen District of Malang, Supervisor: Riyanto Haribowo.

Kemiri Village is located in Kepanjen District of Malang, adjacent to Sengguruh Village, Tegalsari Village, Jenggolo Village and Kedung Village. The number of residents of Kemiri Village in 2017 amounted to 3767 people. Currently, residents of Kemiri Village use clean water from existing wells around the houses and in Kemiri Village there is no proper water service. But because the water needs of the people of Kemiri Village continues to increase, the villagers of Kemiri use PDAM as a means to meet the needs of clean water. This study aims to determine the discharges needed to meet clean water needs in Kemiri Village, to know pipeline planning, to create cost budget plan and to determine water price. Simulation of clean water distribution pipeline system is done by using WaterCAD V8i program.

Meeting the needs of clean water in Kemiri Village get water supply from Tandon Dieng with source of 150 lt/sec. From Tandon will be distributed to 3 villages namely Kemiri Village, Sukoraharjo Village and Sukorejo Village. The required total water requirement of 17,905 lt/sec. The simulation results with WaterCAD V8i program show that the distribution of clean water for the 3 villages can be served 100% for the average requirement or at peak hour. The technical requirements of distribution network system planning are eligible if the speed is 0,1-2,5 m/dt, headloss gradient 0-15 m/km, and pressure 0,5–8 atm. Budget plan cost at planning in Kemiri Village Rp.839.602.654, and for the budget plan of 3 villages that is Rp.2.970.769.637.

Economic Analysis at the interest rate of 9,75% obtained Benefit Cost Ratio (BCR) of 1.22, the difference in the cost of benefits (B-C) of Rp. 677.582.496/year, internal rate of return (IRR) 12,9% and period of return for 6 years with water price Rp.1500,-/m³. With a subsidized 100% government construction cost, a water price of Rp.200,-/m³ and if the subsidized government construction cost 50% water price of 700,-/m³.

Keywords: pipeline, clean water, simulation, budget plan, economic analysis



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang dibutuhkan secara terus menerus. Penggunaan air bersih sangat penting untuk kebutuhan rumah tangga, kebutuhan industri dan tempat umum. Karena pentingnya kebutuhan air bersih, maka penyediaan air bersih menjadi perhatian khusus setiap warga di Indonesia. Kebutuhan penduduk, perkembangan, pembangunan dan meningkatnya standar kehidupan menyebabkan kebutuhan air bersih selalu meningkat. Hal ini menjadikan kualitas pelayanan air bersih sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Dengan adanya pertumbuhan penduduk yang semakin pesat, maka aktivitas yang terjadi di suatu daerah pun juga semakin meningkat. Air bersih sangat dibutuhkan bagi masyarakat, hampir semua kegiatan membutuhkan air bersih. Pengembangan di bagian penyediaan air bersih sangatlah diperlukan karena masalah pendistribusian air bersih yang belum merata dan masih sering menjadi kendala bagi masyarakat desa.

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada suatu wilayah dapat dilakukan dengan meningkatkan kapasitas produksi air bersih dan pengembangan sistem jaringan distribusi yang mampu melayani kebutuhan air seluruh penduduk yang tinggal dalam kawasan tersebut. Beberapa masalah yang timbul dalam pemenuhan kebutuhan air bersih adalah pemilihan sumber air baru, cara pendistribusian air bersih ke daerah layanan dan jumlah ketersediaan sumber air. Untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan suatu sistem jaringan distribusi air bersih yang baik dan mampu melayani kebutuhan penduduk akan air bersih secara maksimal baik dari segi kualitas maupun kuantitas.

Komponen utama dari penyediaan air bersih adalah jaringan perpipaan yaitu jaringan yang digunakan untuk mendistribusikan air bersih kepada masyarakat. Aliran air dapat terjadi karena perbedaan tinggi tekanan di kedua tempat, tekanan terjadi karena adanya perbedaan elevasi muka air di daerah tersebut atau bisa juga digunakan pompa untuk mengalirkan air dari tempat yang mempunyai elevasi rendah ke elevasi tinggi.

daerah yang belum terdapat jaringan air bersih. PDAM Kabupaten Malang melakukan perencanaan jaringan pipa air bersih khususnya di desa Kemiri Kecamatan Kepanjen yang

masih belum maksimum. Kondisi eksisting pada sumber saat ini adalah 150 liter/detik (PDAM Kabupaten Malang, 2017).

1.2. Identifikasi Masalah

Selama ini di Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen belum mendapatkan jaringan air bersih dan masyarakat di daerah tersebut kekurangan air bersih, masyarakat Desa Kemiri menggunakan air bersih melewati sumur-sumur yang ada di sekitar rumah penduduk tersebut. Karena kurangnya kebutuhan air bersih di daerah tersebut maka diperlukan penyediaan air bersih, sedangkan kondisi studi masih belum terdapat layanan air bersih yang layak.

Salah satu usaha untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Desa Kemiri dengan cara merencanakan jaringan pipa distribusi air bersih agar dapat memenuhi kebutuhan penduduk secara optimal dan merata dengan memanfaatkan debit aliran pada sumber air yang mempunyai debit 150 liter/detik (PDAM Kabupaten Malang, 2017). Sesuai dengan tujuan dari PDAM Kabupaten Malang dikembangkannya sistem jaringan distribusi air bersih bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pelayanan terhadap konsumen.

Dalam studi perencanaan jaringan pipa PDAM ini kebutuhan air bersih serta proyeksi penduduk direncanakan hingga tahun 2037 karena diharapkan debit yang ada masih mampu mengaliri kebutuhan air penduduk hingga 20 tahun ke depan. Studi perencanaan jaringan pipa distribusi air bersih ini akan dibantu menggunakan program *WaterCAD v.8i*.

1.3. Rumusan Masalah

Sesuai dengan identifikasi masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah yang dapat dikemukakan dalam studi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kebutuhan air bersih di Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang?
2. Bagaimana kondisi hidrolis sistem jaringan distribusi air bersih sampai tahun 2037 di Desa Kemiri?
3. Berapakah rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk perencanaan jaringan perpipaan untuk distribusi air bersih di Desa Kemiri?
4. Bagaimana analisa ekonomi untuk jaringan air bersih di Desa Kemiri?

1.4. Batasan Masalah

Dalam pembahasan ini, diberikan beberapa batasan masalah antara lain :

1. Lokasi studi di Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang.
2. Perhitungan kebutuhan air didasarkan pada kebutuhan air bersih di lokasi studi, yaitu di Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang.
3. Hanya membahas aspek hidrolika dan komponen-komponen sistem jaringan distribusi air bersih.
4. Memodelkan sistem jaringan air bersih menggunakan paket program *WaterCAD v.8i*.
5. Tidak membahas analisa kualitas air, analisa sosial, dan dampak lingkungan (AMDAL).
6. Parameter yang digunakan dalam analisis ekonomi ini adalah BCR (*Benefit Cost Ratio*), IRR (*Internal Rate Return*), NPV (*Net Present Value*), dan analisa Pengembalian (*Payback Period*).

1.5. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari studi ini adalah untuk :

1. Mengetahui kebutuhan air bersih di Desa Kemiri.
2. Mengetahui kondisi hidrolis sistem jaringan air bersih sesuai dengan standar perencanaan jaringan air bersih dengan bantuan program *WaterCAD v.8i*.
3. Mengetahui besarnya Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada tahap perencanaan.
4. Mengetahui analisa ekonomi untuk jaringan air bersih di Desa Kemiri

Manfaat dari studi ini adalah :

1. Menambah pengetahuan tentang perencanaan sistem jaringan distribusi pipa air bersih.
2. Menambah pengetahuan mengenai software *WaterCAD* dalam menganalisa sistem jaringan distribusi air bersih.
3. Dapat memberi masukan kepada PDAM Kabupaten Malang terkait perencanaan pemenuhan kebutuhan air bersih di Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk digunakan sebagai dasar untuk menghitung tingkat kebutuhan air bersih pada tahun yang ditentukan. Proyeksi jumlah penduduk di tahun yang ditentukan dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu :

1. Metode Eksponensial
2. Metode Aritmatik
3. Metode Geometrik

2.1.1. Metode Eksponensial

Proyeksi jumlah penduduk berdasarkan metode eksponensial dapat menggunakan persamaan berikut (Muliakusumah, 2000, p.115) :

$$P_n = P_o \times e^{r \cdot n} \dots\dots\dots (2-1)$$

Dimana :

- P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
- P_o = Jumlah penduduk pada tahun ke 0 (jiwa)
- r = Angka pertambahan penduduk (%)
- e = Bilangan logaritma natural (2,7182818)
- n = Periode tahun yang ditinjau

2.1.2. Metode Aritmatik

Metode aritmatik merupakan metode proyeksi paling sederhana dibandingkan metode yang lain. Yang dirumuskan sebagai berikut (Muliakusumah, 2000, p.115) :

$$P_n = P_o(1+rn) \dots\dots\dots (2-2)$$

Dimana :

- P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
- P_o = Jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
- r = Angka pertambahan penduduk per tahun (%)
- n = Jumlah tahun proyeksi (tahun)

2.1.3. Metode Geometrik

Metode Geometrik merupakan metode yang mana jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk, laju pertumbuhan penduduk dianggap sama untuk setiap tahun. Metode ini mempunyai rumus sebagai berikut:



$$P_n = P_o(1+r)^n \quad (2-3)$$

Dimana :

- P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
 P_o = Jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
 r = Angka pertambahan penduduk (%)
 n = Jumlah tahun proyeksi (tahun)

2.2. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Dalam menentukan metode yang paling tepat yang digunakan dalam perencanaan, diperlukan perhitungan koefisien korelasi dan standar deviasi. Koefisien korelasi dan standar deviasi diperoleh dari hasil perhitungan data kependudukan dengan metode yang telah diproyeksikan.

2.2.1. Standar Deviasi

Standar deviasi diartikan sebagai nilai atau standar yang menunjukkan besar jarak sebaran nilai rata-rata. Jadi semakin besar nilai standar deviasi, maka data menjadi kurang akurat. Berikut merupakan rumusan dari perhitungan standar deviasi (Soewarno, 1995, p.75).

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

Dimana :

- S = standar deviasi
 X_i = nilai varian (penduduk proyeksi)
 \bar{X} = nilai rata-rata
 n = banyaknya data

2.2.2. Koefisien Korelasi

Pemilihan metode proyeksi pertumbuhan penduduk berdasarkan cara pengujian statistik yakni berdasarkan pada nilai koefisien yang terbesar mendekati +1. Adapun rumusan untuk menentukan besarnya koefisien korelasi adalah sebagai berikut :

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

Dengan:

- r = koefisien korelasi
 X = jumlah penduduk data (jiwa)
 Y = jumlah penduduk hasil proyeksi (jiwa)

2.3. Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih adalah jumlah air yang digunakan untuk keperluan pokok manusia

dalam sehari-hari. Perencanaan jaringan pipa untuk distribusi air bersih harus sangat memperhatikan kondisi di daerah dan kondisi penduduk. Dengan memperhatikan hal tersebut dapat dilakukan perencanaan yang bisa mencukupi kebutuhan air sehari-hari di daerah tersebut dengan mempertimbangkan faktor kehilangan air. Secara umum, kehilangan air atau kebocoran dalam sistem jaringan pipa distribusi air bersih dapat dibedakan menjadi 2 faktor (DPUD Jendral Cipta Karya Direktorat Air Bersih, 1987, p.158) yaitu :

1. Kehilangan air akibat faktor teknis

- Adanya lubang pada pipa khususnya pada sambungan pipa
- Pipa pada jaringan distribusi tersebut mengalami pecah
- Pemasangan pipa di rumah konsumen yang kurang baik
- Meter yang dipasang di konsumen kurang baik

2. Kehilangan air akibat faktor non teknis

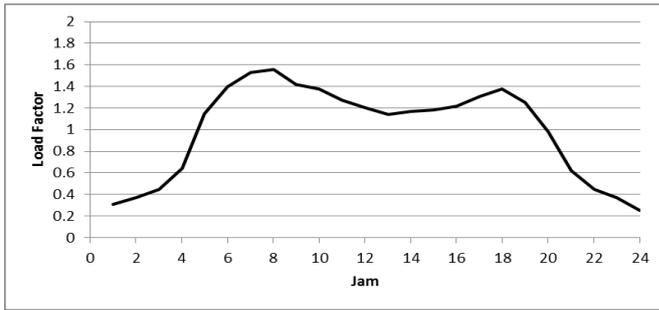
- Kesalahan membaca meteran air
- Kesalahan penulisan hasil pembacaan meteran air
- Kesalahan pemindahan atau pembuatan rekening air
- Adanya aliran udara di dalam pipa yang menyebabkan angka yang ditunjukkan meteran air berkurang

2.3.1. Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Pemakaian air bersih yang digunakan masyarakat pada sistem jaringan air bersih tidak selalu konstan tetapi terjadi fluktuasi atau terjadi perbedaan yang tidak pasti seperti tiap jam atau tiap hari. Fluktuasi terjadi karena pemakaian air bersih tergantung pada aktivitas masyarakat.

Besarnya pemakaian air oleh masyarakat pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih tidaklah berlangsung konstan, namun terjadi fluktuasi antara waktu yang satu dengan waktu yang lain. Dengan memasukkan faktor kehilangan air kedalam kebutuhan dasar, maka selanjutnya disebut sebagai fluktuasi kebutuhan air.

Corak variasi kebutuhan air bersih harian yang terjadi pada titik simpul dihitung dengan menggunakan metode pendekatan penelitian corak fluktuasi kebutuhan air bersih harian yang dilakukan oleh Dirjen Cipta Karya Departemen PU, karena metode pendekatan berdasarkan penelitian variasi kebutuhan tersebut diasumsikan dapat mewakili perubahan kebutuhan air bersih sepanjang waktu di Indonesia.



Gambar 2.1 Grafik Fluktuasi Pemakaian Air Bersih Harian
Sumber: Ditjen Cipta Karya Departemen PU

Berdasarkan grafik fluktuasi kebutuhan air bersih dari Ditjen Cipta Karya Departemen PU, maka didapatkan nilai load factor sebagai berikut:

Tabel 2.1

Faktor Pengali (*Load Factor*) Terhadap Kebutuhan Air Bersih

Jam	<i>Load Factor</i>						
1	0.31	7	1.53	13	1.14	19	1.25
2	0.37	8	1.56	14	1.17	20	0.98
3	0.45	9	1.42	15	1.18	21	0.62
4	0.64	10	1.38	16	1.22	22	0.45
5	1.15	11	1.27	17	1.31	23	0.37
6	1.4	12	1.2	18	1.38	24	0.25

Sumber: Ditjen Cipta Karya Departemen PU

Berdasarkan grafik dan faktor pengali diatas, masyarakat Indonesia yang cenderung menggunakan kebutuhan air pada pagi dan sore hari, sehingga tingkat pelayanan kebutuhan air menjadi meningkat. Oleh karena itu, diperlukan adanya kriteria tingkat kebutuhan yang digunakan dalam upaya pemenuhan kebutuhan per satu harinya. Berikut ini adalah beberapa kriteria tingkat kebutuhan air masyarakat:

1. Kebutuhan air rata-rata, yaitu penjumlahan kebutuhan total (domestik + non domestik) ditambah dengan kehilangan air yang ada.
2. Kebutuhan harian maksimum, yaitu kebutuhan air terbesar dan kebutuhan rata-rata harian dalam satu minggu
3. Kebutuhan air pada jam puncak, yaitu pemakaian air tertinggi pada jam-jam tertentu selama periode satu hari

Kebutuhan harian maksimum dan jam puncak diperlukan dalam perhitungan besarnya kebutuhan air bersih, karena hal ini menyangkut kebutuhan pada hari-hari tertentu dan pada jam puncak pelayanan. Sehingga penting mempertimbangkan nilai koefisien untuk

keperluan tersebut. Pendekatan angka koefisien yang biasa digunakan dalam perhitungan kebutuhan harian dan jam puncak adalah:

- Kebutuhan harian maksimum = $1,15 \times$ kebutuhan air rata-rata
- Kebutuhan jam puncak = $1,56 \times$ kebutuhan air maksimum

2.3.2. Kebutuhan Domestik

Kebutuhan Domestik adalah kebutuhan air bersih yang digunakan untuk keperluan rumah tangga sehari-hari dan untuk keperluan umum. Penggunaan air bersih di rumah tangga sangatlah bermacam-macam yaitu untuk keperluan mencuci, memasak, mandi, dan lain-lain. Untuk memperkirakan jumlah kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk, tingkat pertumbuhan penduduk dan kebutuhan air perkapita. Kebutuhan air perkapita dipengaruhi oleh aktivitas fisik dan kebiasaan atau tingkat kesejahteraan, oleh karena itu kebutuhan air domestik di daerah perkotaan dan di daerah pedesaan akan sangat berbeda. Di daerah perkotaan cenderung memanfaatkan air secara berlebih dibandingkan di daerah pedesaan.

2.3.3. Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan non domestik sering disebut juga kebutuhan air perkotaan. Besar kebutuhan air non domestik ditentukan banyaknya konsumen non domestik yang meliputi fasilitas perkantoran (pemerintah atau swasta), tempat-tempat ibadah (masjid, gereja, dll), pendidikan, komersil (toko, hotel) dan industri.

Tabel 2.2.

Nilai Kebutuhan Air Bersih untuk Bangunan Tempat Tinggal

Kategori Kota	Keterangan	Jumlah Penduduk	Kebutuhan air (lt/org/hr)
I	Kota Metropolitan	Diatas 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	Desa	10.000 -20.000	100
VI	Desa Kecil	3000 – 10.000	60

Sumber: DPUD Jendral Cipta Karya Direktorat Air Bersih

2.4. Hidraulika Aliran pada Jaringan Pipa

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 (Priyantoro, 1991, p.5):

1. Energi kinetik, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan kecepatannya.

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

2.4.1. Hukum Bernoulli

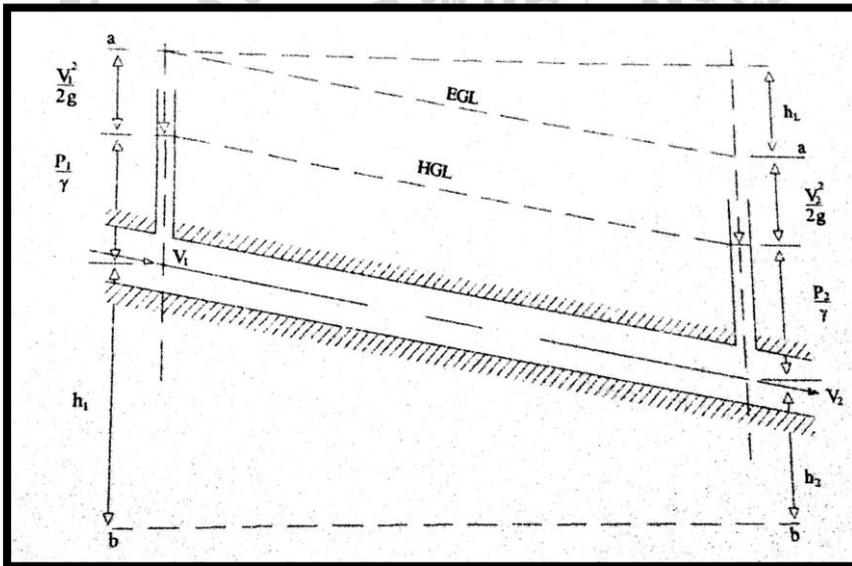
Prinsip dari hukum Bernoulli adalah air yang mengalir pada pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi yang besar ke tempat yang memiliki energi lebih kecil.

Hukum Bernoulli menyatakan bahwa tinggi energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, tekanan dan ketinggian yang dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

$$E_T = h + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma_w} \dots\dots\dots(2-6)$$

Menurut teori Kekekalan Energi dari hukum Bernoulli apabila tidak ada energi yang lolos atau diterima antara dua titik dalam satu sistem tertutup, maka energi totalnya tetap konstan. Hal tersebut dapat dijelaskan pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Garis Tenaga dan Tekanan pada Zat Cair
 Sumber : (Priyantoro, 1991, p.7)

Adapun persamaan Bernoulli dalam Gambar diatas dapat ditulis sebagai berikut (Priyantoro, 1991, p.8):

$$h_1 + \frac{\rho_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{\rho_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \dots\dots\dots(2-7)$$

Dimana :

$\frac{\rho_1}{\gamma}, \frac{\rho_2}{\gamma}$ = tinggi tekan di titik 1 dan 2 (m)

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

ρ_1, ρ_2 = tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m^2)

γ_w = berat jenis air (kg/m^3)

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

g = percepatan gravitasi (m/det^2)

h_1, h_2 = tinggi elevasi di titik 1 dan 2 dari garis yang ditinjau (m)

h_L = kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

2.4.2. Hukum Kontinuitas

Air yang mengalir dalam suatu pipa mempunyai debit yang sama di setiap penampangnya. Persamaan hukum kontinuitas menyatakan bahwa debit yang masuk ke pipa sama dengan debit yang keluar dari pipa. Hukum kontinuitas tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut (Priyantoro, 1991, p.8):

$$Q_{\text{inflow}} = Q_{\text{outflow}}$$

maka,

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \dots \dots \dots (2-8)$$

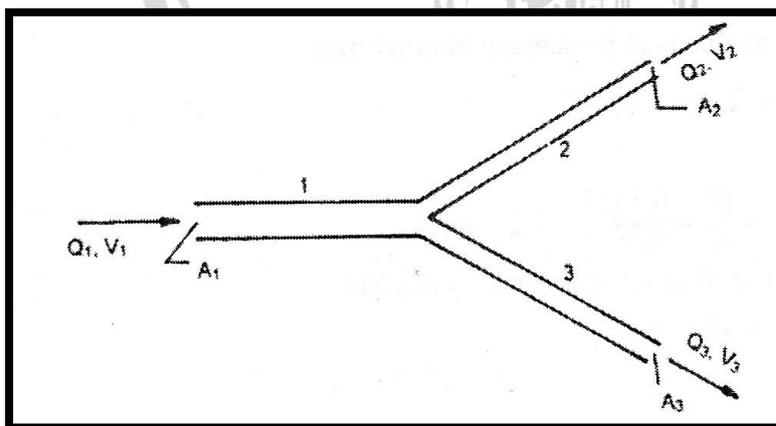
dimana :

Q_1, Q_2 = Debit yang mengalir (m^3/dt)

V_1, V_2 = Kecepatan aliran (m/dt)

A_1, A_2 = Luas penampang (m^2)

Pada aliran yang memiliki aliran bercabang juga berlaku hukum kontinuitas dimana debit yang masuk pada suatu pipa sama dengan debit yang keluar pipa. Hal tersebut seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Persamaan Kontinuitas pada Pipa Bercabang

Sumber : Triatmodjo, 1996, p.137

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

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots(2-9)$$

Atau,

$$A_1 \cdot V_1 = (A_2 \cdot V_2) + (A_3 \cdot V_3) \dots\dots\dots (2-10)$$

Dimana :

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

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

V_1, V_2, V_3 = Kecepatan pada potongan 1, 2 dan 3 (m/dt)

2.4.3. Kehilangan Tinggi Tekan (Head Loss)

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

2.4.3.1. Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (Major Losses)

Kehilangan energi mayor disebabkan oleh gesekan atau friksi dengan pipa. Kehilangan energi oleh gesekan disebabkan karena air yang mempunyai kekentalan dan dinding pipa tidak licin sempurna. Pada dinding yang mendekati licin sempurna, masih pula terjadi kehilangan energi walaupun sangat kecil. Jika dinding licin sempurna, maka tidak ada kehilangan energi yaitu saat diameter kekasaran nol.

Ada beberapa faktor teori dan formula untuk menghitung kehilangan tinggi tekan mayor ini dengan menggunakan *Hazen-Williams*, *Darcy-Weisbach*, *Manning*, *Chezy*. Namun dalam studi ini menggunakan *Hazen-Williams*, yaitu dengan formula sebagai berikut (Priyantoro, 1991, p.21):

$$Q_i = 0,85 C_{hw} \cdot A_i \cdot R_i^{0,63} \cdot S f^{0,54} \dots\dots\dots(2-11)$$

$$V_i = 0,85 C_{hw} \cdot R_i^{0,63} \cdot S f^{0,54} \dots\dots\dots(2-12)$$

Dengan:

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

V_i = kecepatan dalam aliran pipa (m/det)

C_{hw} = koefisien kekasaran *Hazen-Williams* (Tabel 2.3)

A_i = luas penampang pada pipa (m^2)

R_i = jari-jari hidrolis pada pipa (m)

$$R = \frac{1}{4} = \frac{\frac{1}{4}\pi D^2}{\pi D}$$

Sf = kemiringan garis hidrolis (EGL)

$$R = \frac{D}{4}$$

$$S_f = hf/L$$

Persamaan kehilangan tinggi tekan mayor menurut *Hazen-Williams* yaitu:

$$H_f = k \cdot Q^{1,85} \dots\dots\dots(2-13)$$

$$k = \frac{10,675 \cdot L}{C_{hw}^{1,85} D^{4,87}} \dots\dots\dots(2-14)$$

Dengan:

H_f = kehilangan tinggi tekan mayor (m)

K = koefisien karakteristik pipa

Q = debit pada aliran pipa (m³/det)

D = diameter pipa (m)

L = panjang pipa (m)

C_{hw} = koefisien kekasaran *Hazen-Williams* (Tabel 2.3)

Tabel 2.3.

Koefisien Karakteristik Pipa menurut *Hazen-Williams*

No	Bahan Pipa	Nilai koefisien <i>Hazen-Williams</i> (C_{hw})
1	<i>Asbestos Cement</i>	140
2	<i>Brass</i>	130-140
3	<i>Brick Sewer</i>	100
	<i>Cast Iron</i>	
	<i>New Unlined</i>	130
4	<i>10 years old</i>	107-113
	<i>20 years old</i>	98-100
	<i>30 years old</i>	75-90
	<i>40 years old</i>	64-83
	<i>Concrete or Concrete lined</i>	
	<i>steel forms</i>	140
5	<i>wooden forms</i>	120
	<i>Sentrifugally spun</i>	135
6	<i>Copper</i>	130-140
7	<i>Galvanized Iron</i>	120
8	<i>Glass</i>	140
9	<i>Lead</i>	130-140
10	<i>Plastic</i>	140-150

Lanjutan Tabel 2.3. Koefisien Karakteristik Pipa menurut *Hazen-Williams*

No	Bahan Pipa	Nilai koefisien <i>Hazen-Williams</i> (Chw)
11	<i>PVC</i> <i>steel forms</i>	130-150
12	<i>Coal tarenamel lined</i> <i>New unlined</i> <i>Riveted</i>	145-150 140-150 110
13	<i>Tin</i>	130
14	<i>Vitrified clay</i>	110-140
15	<i>Wood stave</i>	120

Sumber: Priyantoro, 1991, p.20

2.4.3.2. Kehilangan Tinggi Tekan Minor (Minor Losses)

Kehilangan energi diakibatkan oleh adanya belokan pada pipa sehingga terjadi turbulensi. Demikian pula jika ada penyempitan pembesaran pipa secara tiba-tiba, kehilangan energi juga akan terjadi jika air harus melalui katup (Triatmadja, 2013, p.68). Berikut ini adalah rumus kehilangan tinggi tekan minor:

$$h_{lm} = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2-15)$$

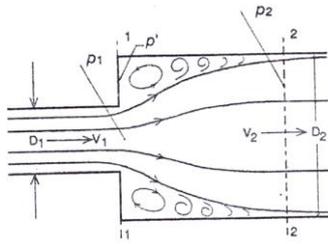
Dengan:

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

Dalam kehilangan tinggi tekan minor terdapat beberapa perubahan penampang yang terjadi seperti perbesaran penampang, pengecilan penampang maupun belokan pada pipa. Hal ini akan dijelaskan sebagai berikut:

a) Perbesaran penampang

Perbesaran penampang mendadak dari aliran seperti yang ditunjukkan pada gambar sehingga mengakibatkan kenaikan tekanan dari P1 menuju P2 dan kecepatan turun dari V1 menjadi V2. Pada tempat perbesaran di (1) tersebut akan terjadi olakan dan aliran akan kembali normal setelah mencapai tampang (2). Berikut ini adalah gambar perbesaran pada suatu penampang.



Gambar 2.4. Perbesaran pipa
Sumber: Triatmodjo (2011, p.59).

Tabel 2.4

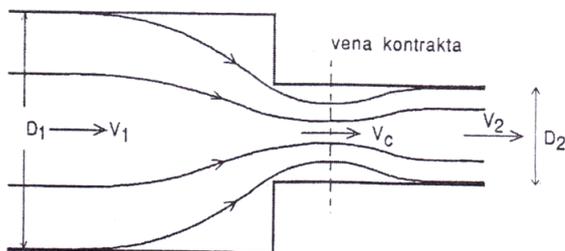
Nilai K sebagai fungsi dari P1

P1	10 ⁰	20 ⁰	30 ⁰	40 ⁰	50 ⁰	60 ⁰	75 ⁰
K	0,078	0,31	0,49	0,60	0,67	0,72	0,72

Sumber: Triatmodjo (2011, p.61)

b) Pengecilan penampang

Kehilangan tenaga pada pengecilan pipa dapat dikurangi dengan membuat pengecilan penampang yang berangsur-angsur seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini. Kehilangan tinggi akibat pengecilan yang sering dijumpai dalam praktek adalah sistem pengeluaran aliran dalam pipa pada suatu tandon air.



Gambar 2.5 Pengecilan pipa
Sumber: Triatmodjo (2011, p.61)

Tabel 2.5.

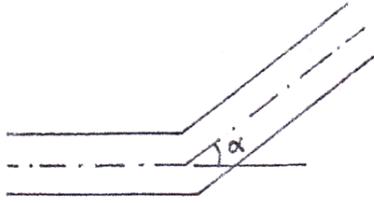
Nilai K sebagai fungsi dari α

A	10 ⁰	20 ⁰	30 ⁰	40 ⁰
K	0,2	0,28	0,32	0,35

Sumber: Priyantoro (1991, p.28)

c) Belokan pipa

Kehilangan tenaga yang terjadi pada belokan tergantung pada sudut belokan pipa. Hal ini dapat disebabkan oleh pemisahan arus pada bagian dinding belokan dalam dan aliran sekunder dengan arah transversal.

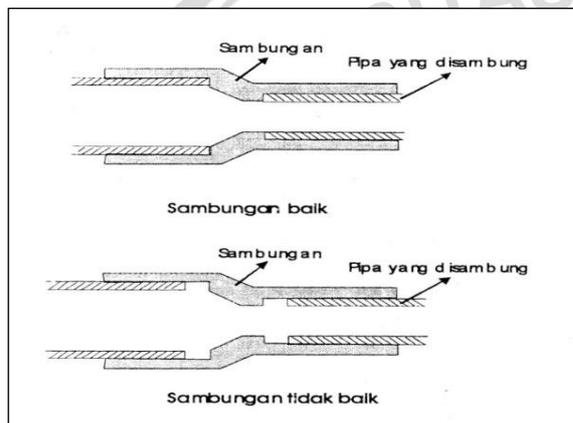


Gambar 2.6 Belokan pipa
Sumber: Triatmodjo (2011, p.63)

Tabel 2.6.
Nilai K sebagai fungsi dari α

A	20 ⁰	40 ⁰	60 ⁰	80 ⁰	90 ⁰
K	0,05	0,14	0,36	0,74	0,98

Sumber: Triatmodjo (2011, p.6)



Gambar 2.7 Sambungan yang baik dan tidak baik
Sumber: Triatmadja (2013, p.69)

2.5. Elemen-Elemen pada Jaringan Distribusi Air Bersih

2.5.1. Pipa

Pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih, pipa merupakan komponen yang utama. Pipa ini berfungsi sebagai sarana untuk mengalirkan air dan sumber air ke tandon maupun langsung ke konsumen. Pipa tersebut memiliki penampang lingkaran dan mempunyai diameter bermacam-macam. Pipa sendiri di bedakan menjadi dua istilah, *piping* dan *pipeline*. *Piping* di gunakan untuk istilah pipa yang mengalirkan dari satu tempat ke tempat lain dalam jarak yang berdekatan, sedangkan pipa yang digunakan berukuran relatif kecil. Sedangkan *pipeline* istilah tersebut digunakan untuk mengalirkan air dari satu fasilitas ke fasilitas yang lain, dan biasanya ukurannya sangat besar.

2.5.1.1. Jenis Pipa

Pipa yang umumnya dipakai untuk merencanakan jaringan distribusi air bersih sangatlah bermacam-macam, seperti berikut ini :

1. Besi Tuang (*cast iron*)

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

Keuntungan dari pipa besi tuang antara lain :

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

Kerugian dari pipa besi tuang antara lain :

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



Gambar 2.8 Pipa besi tua(*cast iron*)

Sumber : Karwan, 2013

2. Besi galvanis (*galvanized iron*)

Pipa galvanis adalah pipa yang terbuat dari pipa baja yang dilapisi seng. Umur pipa galvanis dalam keadaan normal bisa mencapai 40 tahun, Pipa berlapis seng digunakan secara luas untuk jaringan pelayanan yang kecil di dalam sistem distribusi air bersih (Linsley, 1986, p.297).

Keuntungan dari pipa galvanis antara lain :

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

Kekurangan dari pipa galvanis antara lain :

- Pipa galvanis mudah berkarat



Gambar 2.9 Pipa Galvanis

Sumber: Karwan, 2013

3. Plastik (PVC)

Pipa ini dikenal dengan sebutan PVC (Poly Vinyl Chloride) dan di pasaran pipa jenis PVC sangat mudah didapatkan dengan berbagai ukuran. Umumnya distribusi air bersih kebanyakan menggunakan pipa PVC karena memiliki banyak keuntungan. Pipa PVC mempunyai panjang 4m – 6m dengan ukuran diameter pipa mulai 16 mm hingga 350 mm. umur pipa PVC dapat mencapai 75 tahun jika tidak mengalami kerusakan (Linsley, 1986, p.301).

Keuntungan dari pipa PVC antara lain :

- Harga murah dan banyak tersedia di pasaran
- Ringan sehingga mudah diangkat
- Mudah dalam pemasangan dan penyambungan
- Pipa tahan karat
- Tahan terhadap zat kimia
- Elastisitasnya tinggi

Kekurangan dari pipa PVC antara lain :

- Pipa PVC mempunyai koefisien muai yang tinggi sehingga tidak tahan terhadap panas
- Mudah bocor dan pecah karena terbuat dari plastik
- Pipa yang sudah dibentuk susah untuk diubah kembali



Gambar 2.10 Pipa PVC

Sumber: Karwan, 2013

4. Pipa Baja (*Steel Pipe*)

Pipa ini terbuat dari bahan baja jenis lunak yang mempunyai banyak ragam ukuran di pasaran. Pipa baja telah digunakan dengan berbagai ukuran hingga lebih dari 6m. Umur pipa baja ini yang tidak mengalami kerusakan bisa mencapai 40 tahun (Linsley, 1986, p.296).

Keuntungan dari pipa baja antara lain :

- Tersedia dalam berbagai ukuran panjang
- Mudah dalam pemasangan dan penyambungan

Kerugian dari pipa baja antara lain :

- Tidak tahan karat
- Pipa berat sehingga biaya pengangkutan mahal



Gambar 2.11 Pipa Baja

Sumber: Karwan, 2013

5. Pipa Beton (*Concreted Pipe*)

Pipa ini tersedia dalam ukuran diameter 750 mm – 3600 mm, sedangkan panjang standar dari pipa beton ini adalah 3,5m - 7m. Pembuatan berdasarkan pesanan khusus. Pipa ini bisa mencapai umur 30-50 tahun (Linsley, 1986, p.299).

Keuntungan dari pipa beton ini antara lain :

- Bermutu tinggi
- Tidak menggunakan tulangan baja

Kekurangan dari pipa beton ini antara lain :

- Air alkali bisa menyebabkan berkarat



Gambar 2.12 Pipa Beton (*Concrete Pipe*)

Sumber: Kawran, 2013

6. Pipa HDPE (*High-Density Polyethylene*)

Pipa HDPE (*high-density polyethylene*) adalah pipa yang terbuat dengan bahan *polyethylene* dengan kepadatan tinggi sehingga jenis pipa yang dihasilkan dapat menahan daya tekan yang lebih tinggi, kuat, lentur/flexible dan tahan terhadap bahan kimia. Keuntungan dari pipa ini adalah tahan lama memiliki sistem sambungan yang sangat kuat, tidak akan menimbulkan korosi pada pipa. Kelemahan pipa HDPE adalah diameter pipa maksimal 400 mm dan tidak dapat digunakan untuk pipa transmisi dalam skala besar.



Gambar 2.13 Pipa HDPE

Sumber: Karwan, 2013

2.5.1.2. Sarana Penunjang

Pipa yang digunakan dalam distribusi air bersih air harus mempunyai alat bantu agar berfungsi secara optimal, seperti :

1. Sambungan antar pipa
 - Mangkok (*bell*) dan Lurus (*Spigol*)

Spigol dari suatu pipa dimasukkan ke dalam bell (*socket*) pipa lainnya agar tidak mengalami kebocoran.



Gambar 2.14 Socket dan Spigot

Sumber: Karwan, 2018

- *Flange point*

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



Gambar 2.15 Flange Joint

Sumber : Karwan, 2018

- Belokan (*Bend/elbow*)

Digunakan untuk mengubah arah dari arah lurus dengan sudut perubahan standart yang merupakan sudut dari belokan tersebut. Besar belokan standart adalah 45° dan 90° . Bahan belokan sama dengan jenis pipa.



Gambar 2.16 Belokan (*Blend*)

Sumber: Karwan, 2018

- Perlengkapan T

Digunakan untuk menyambung pipa yang bercabang, misalnya sambungan pipa sekunder tegak lurus pada pipa primer sehingga terbentuk sambungan T.



Gambar 2.17 Sambungan T
Sumber: Karwan, 2018

- Perlengkapan “Y”

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



Gambar 2.18 Sambungan Y
Sumber: Karwan, 2018

- *Increaaser* dan *Reducer*

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



Gambar 2.19 *Increaser*
Sumber: Karwan, 2018



Gambar 2.20 *Reducer*
Sumber: Anonim, 2018

2. Katup (*valve*)

- *Pressure Reduce Valve* (PRV) dan katup penurun tekanan

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



Gambar 2.21 *Pressure Reducer Valve* (PRV)

Sumber : Anonim, 2018

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

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



Gambar 2.22 *Pressure Sustaining Valve* (PSV)

Sumber : Anonim, 2018

3. Meter Air

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



Gambar 2.23 Meter Air
Sumber : Inco Water Mater, 2014

2.5.2. Titik Simpul

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

2.5.3. Penghubung

Penghubung adalah elemen yang menghubungkan titik-titik simpul dimana bagian awal dan akhir penghubung merupakan titik simpul dimana bagian awal dan akhir merupakan titik simpul itu sendiri. Penghubung dapat berupa pipa atau katup.

2.6. Tandon

Tandon adalah tampungan sementara air bersih yang berasal dari sumber. Fungsi dari tandon tersebut sebagai berikut :

- Menampung kelebihan air pada pemanfaatan atau pemakaian air
- Menyuplay air pada saat pemakaian puncak di daerah layanan
- Menambah tekanan pada jaringan pipa
- Tempat pengendapan kotoran

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

Persyaratan yang harus dipenuhi baik untuk perencanaan tandon air adalah mudah dijangkau, terletak dipinggir jalan darat, terdistribusi merata ke daerah layanan,dan lain-lain. Setiap tandon memiliki perlengkapan sebagai berikut :

a) *Inlet* dan *Outlet*

Pipa air masuk (*inlet*) berfungsi mengalirkan air ke dalam tandon. Tandon biasanya mempunyai inlet dan outlet terpisah. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan

sirkulasi aliran di dalam tandon sehingga air yang keluar mempunyai kualitas yang terjamin,

b) Lubang inspeksi

Lubang inspeksi bertujuan untuk memudahkan perawatan tandon dan agar memudahkan untuk masuk ke dalam tandon.

c) Tangga naik turun ke dalam bak

Tangga disiapkan untuk menjaga keamanan dan memudahkan untuk mengakses ke tandon.

d) Pipa penguras

Pipa penguras berguna untuk menguras air yang berada di dalam tandon.

e) Alat penunjuk level air

Alat tersebut berguna untuk menunjukkan tinggi rendahnya permukaan air yang berada di dalam tandon.

f) Ventilasi udara

Ventilasi udara digunakan untuk keluar masuknya udara pada saat air turun dan naik, di ventilasi udara dipasang saringan serangga agar serangga tidak dapat masuk dalam tandon.

2.7. Simulasi Aliran pada Sistem Jaringan Distribusi

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

2.7.1. Analisa Kondisi Permanen

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

2.7.2. Analisa Kondisi Tidak Permanen

Analisa pada kondisi tidak permanen akan mengevaluasi kondisi aliran, tekanan dan kapasitas dari komponen sistem distribusi air bersih termasuk sistem jaringan perpipaan. Penampungan dan sistem pompa pada rangkaian permintaan serial dengan permintaan sistem berubah-ubah. Dalam simulasi ini terdapat beberapa parameter yang digunakan seperti : karakteristik tandon, kontrol oprasi, pompa, durasi, nilai tahap waktu, rasio dan faktor beban. Beberapa kriteria dan asumsi yang digunakan yaitu : Simulasi didasarkan pada perhitungan fluktuasi beban titik simpul sebagai akibat corak perubahan permintaan yang

dilakukan pada kondisi normal dimana variasi kebutuhan titik simpul disebabkan oleh fluktuasi kebutuhan pelanggan tiap jam dengan durasi 24 jam.

2.7.3. Perencanaan Teknik Unit Distribusi

Dalam perencanaan jaringan distribusi air bersih, air yang dihasilkan dapat ditampung di *reservoir* yang berfungsi untuk menjaga kebutuhan air konsumen, sebagai penyimpan kebutuhan air dalam kondisi darurat dan sebagai penyedia kebutuhan air di instalasi. Reservoir tanah umumnya digunakan untuk menampung produksi air dari instalasi pengelolaan air atau dalam menara air yang umumnya mengantisipasi kebutuhan puncak pada daerah tersebut.

Ketentuan-ketentuan yang harus dilakukan dalam perencanaan denah sistem distribusi adalah :

1. Denah (*lay-out*) sistem distribusi ditentukan berdasarkan keadaan topografi wilayah pelayanan.
2. Tipe sistem distribusi ditentukan berdasarkan keadaan topografi wilayah pelayanan.
3. Jika keadaan topografi tidak memungkinkan untuk sistem gravitasi maka akan digunakan pompa. Jika semua wilayah kondisi relatif datar maka digunakan pemompaan langsung, kombinasi dengan menggunakan menara air.
4. Jika terdapat perbedaan elevasi wilayah pelayanan terlalu besar maka akan dibagi menjadi beberapa zona untuk memenuhi tekanan minimum. Untuk mengatasi tekanan yang besar dapat menggunakan katup pelepas tekan.

2.8. Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Aplikasi Software

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

Pada saat ini program-program komputer di bidang perencanaan sistem jaringan pipa distribusi air bersih sudah demikian berkembang dan maju sehingga kerumitan dalam perencanaan sistem jaringan pipa distribusi air bersih dapat diatasi dengan menggunakan program tersebut. Proses *trial and error* dapat dilakukan dalam waktu singkat dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil karena programlah yang akan menganalisisnya.

Beberapa program komputer di bidang rekayasa dan perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih diantaranya adalah program *LOOPS*, *WADISO*, *EPANET 1.1*, *EPANET 2.0*, *WaterCAD*, dan *WaterNet*.

2.8.1. Deskripsi Program *WaterCad v8i Edition*

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

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

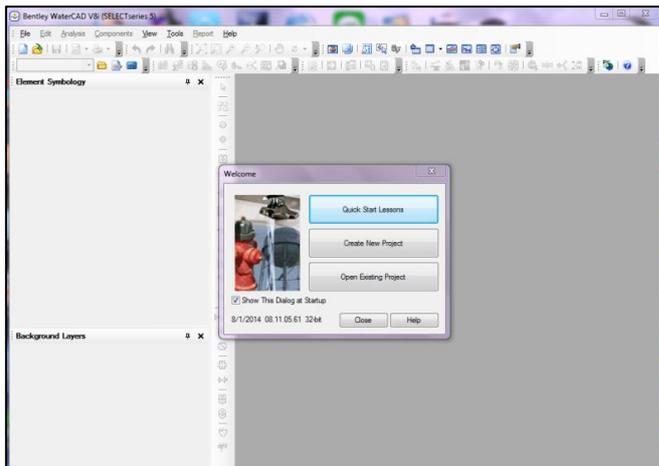
Adapun kelebihan program *WaterCAD v.8i* dibandingkan dengan program lain adalah sebagai berikut :

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

2.8.2. Tahapan-tahapan dalam Penggunaan Program *WaterCAD v8i*

a. *Welcome Dialog*

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



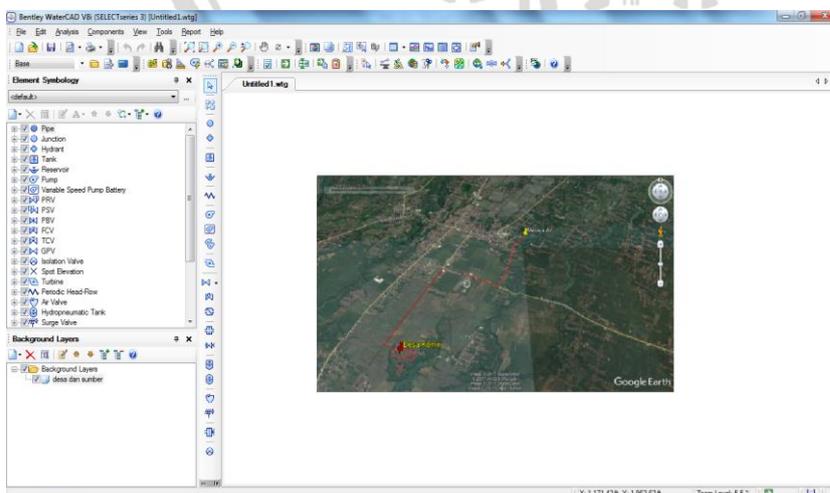
Gambar 2.24 Tampilan Welcome Dialog pada *WaterCAD v.8i*
sumber : *Bentley WaterCAD v.8i*

Quick Start Lesson, digunakan untuk mempelajari program dengan melihat contoh jaringan yang telah disediakan. *WaterCAD v.8i* akan menuntun kita memahami cara menggunakan program ini. Untuk membuka *Quick Start Lesson* dilakukan dengan cara klik 2 kali kotak *Quick Start Lesson* dan *Create New Project* digunakan untuk membuat lembar kerja baru.

b. Pembuatan Lembar Kerja

Pembuatan lembar kerja baru atau *Create New Project* pada program *WaterCAD v.8i* ini dapat dilakukan dengan cara klik 2 kali *Create New Project* pada *Welcome Dialog*. Setelah masuk ke dalam lembar kerja baru tampilkan *Background Layers* dengan cara mengklik *Background Layers - New - File* dan pilih file *DXF*.

Setelah file dxf terpilih masuk dalam *DXF. Properties* dan unit diganti dalam m (meter). Setelah itu klik *Ok* dan *Zoom Extents*. Setelah *Background Layers* muncul dalam tampilan maka perencanaan atau penggambaran jaringan bisa dilakukan.



Gambar 2.25 Tampilan Background Layers pada *WaterCAD v.8i*
sumber : *Bentley Program WaterCAD v.8i*

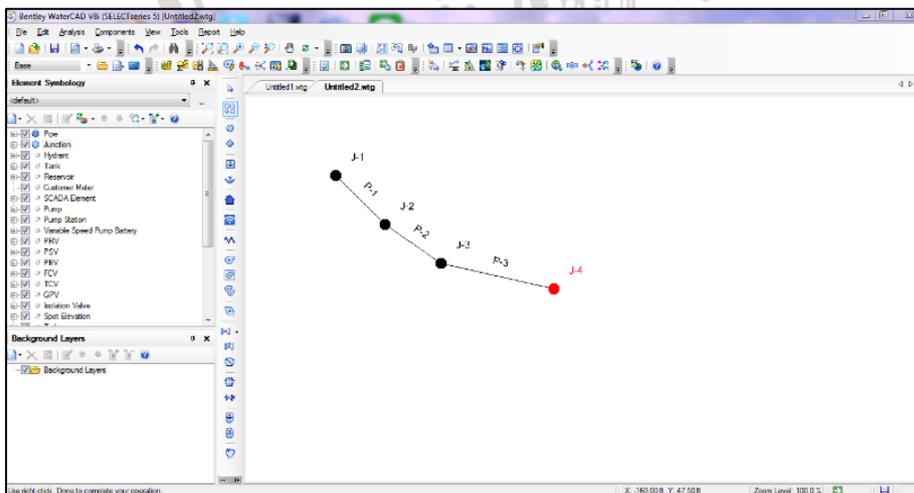
Setelah penggambaran jaringan dilakukan adalah pengisian data-data teknis dan pemodelan komponen-komponen sistem jaringan pipa distribusi air bersih yang akan dipakai dalam penggambaran yang memudahkan untuk pengecekan. Komponen tersebut terdiri dari *reservoir*, pipa, titik simpul, tandon, dan lain-lain.

c. Pemodelan Komponen-komponen Sistem Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih.

Dalam *WaterCAD v.8i*, komponen-komponen sistem jaringan distribusi air bersih seperti titik reservoir, pipa, titik simpul, tandon tersebut dimodelkan sedemikian rupa sehingga mendekati kinerja komponen tersebut di lapangan. Untuk keperluan pemodelan, *WaterCAD v.8i* telah memberikan penamaan setiap komponen tersebut secara otomatis yang dapat diganti sesuai dengan keperluan agar memudahkan dalam pengerjaan, pengamatan, penggantian ataupun pencarian suatu komponen tertentu. Agar dapat memodelkan setiap komponen sistem jaringan pipa distribusi air bersih dengan benar, perancang harus mengetahui cara memodelkan komponen tersebut dalam *WaterCAD v.8i*. Adapun jenis-jenis pemodelan komponen sistem jaringan pipa distribusi air bersih dalam *WaterCAD v.8i* adalah sebagai berikut :

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

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



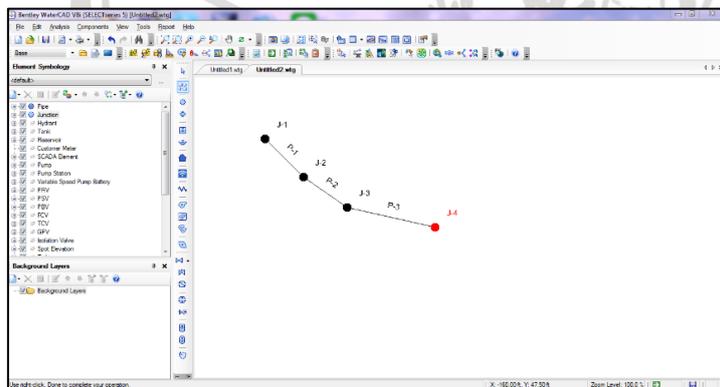
Gambar 2.26 Tampilan Pengisian Data Teknis Junction pada *WaterCAD v.8i*
sumber : *Bentley WaterCAD v.8i*

2. Pemodelan kebutuhan air bersih

Kebutuhan air bersih pada tiap-tiap titik simpul dapat berbeda-beda yang bergantung dari luas cakupan layanan dan jumlah konsumen pada titik simpul tersebut. Kebutuhan air menurut *WaterCAD v.8i* dibagi menjadi dua yaitu kebutuhan tetap (*fixed demand*) dan kebutuhan berubah (*variable demand*). Kebutuhan tetap adalah kebutuhan air rerata tiap harinya sedangkan kebutuhan berubah atau berfluktuatif adalah kebutuhan air yang berubah setiap jamnya sesuai dengan pemakaian air.

3. Pemodelan Pipa

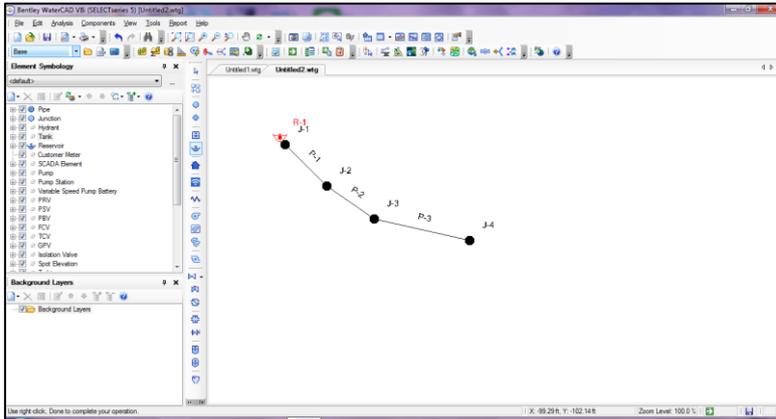
Pipa adalah suatu komponen yang menghubungkan katup (valve), titik simpul, pompa dan tandon. Untuk memodelkan pipa, memerlukan beberapa data teknis seperti bahan, diamete, panjang pipa, kekasaran dan status pipa (buka-tutup). Jenis bahan pipa oleh *WaterCAD v.8i* telah disediakan sehingga dapat dipilih secara langsung sesuai dengan jenis bahan pipa yang digunakan di lapangan. Apabila diatur secara skalatis, maka ukuran panjang pipa secara otomatis berubah sesuai dengan perbandingan skala ukuran yang dipakai. Sedangkan dalam pengaturan skematis, panjang pipa dapat diatur tanpa memperhatikan panjang pipa di layar komputer.



Gambar 2.27 Tampilan Pengisian Data Teknis Pipa pada *WaterCAD v.8i*
sumber : *Bentley WaterCAD v.8i*

4. Pemodelan Tandon

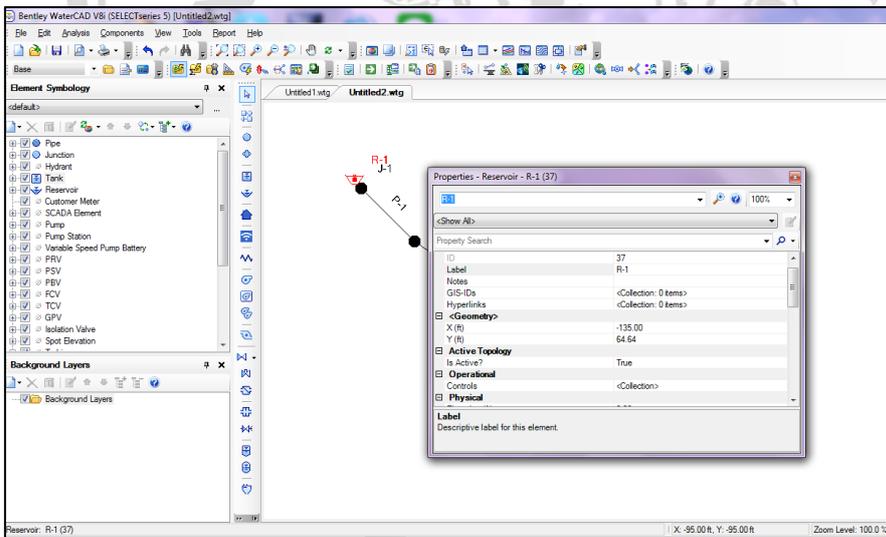
Untuk pemodelan tandin diperlukan beberapa data yaitu ukuran bentuk dan elevasi tandon. Data elevasi yang dibutuhkan oleh tandon meliputi tiga macam elevasi yaitu elevasi maksimum, elevasi minimum dan elevasi awal kerja dimana elevasi awal kerja harus berada pada kisaran elevasi minimum dan elevasi maksimum.



Gambar 2.28 Tampilan Pengisian Data Teknis Tandon pada *WaterCAD v.8i*
sumber : *Bentley WaterCAD v.8i*

5. Pemodelan mata air

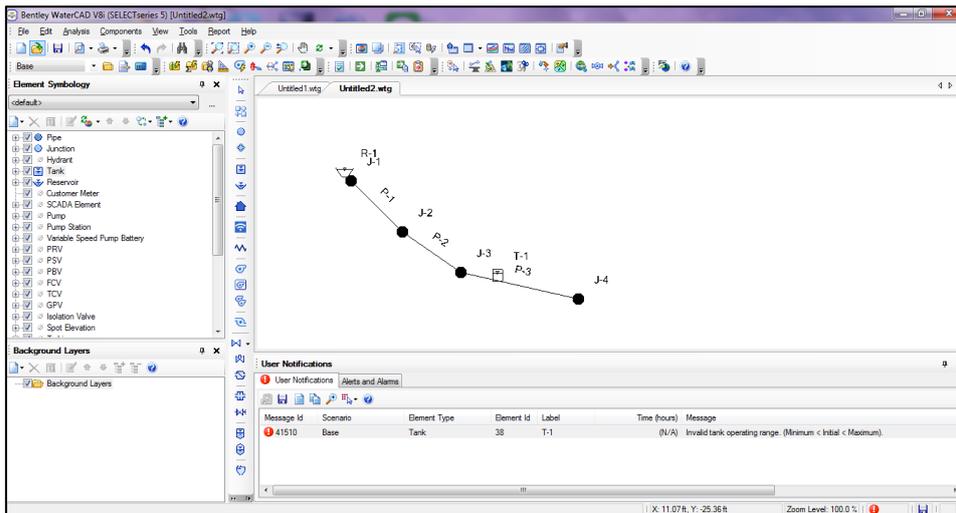
Pada program *WaterCAD v.8i*, *reservoir* digunakan sebagai model dari suatu sumber air seperti danau dan sungai. Di sini *reservoir* dimodelkan sebagai sumber air yang tidak bisa habis atau elevasi air selalu berada pada elevasi konstan pada saat berapapun kebutuhan airnya. Data yang dibutuhkan untuk memodelkan sebuah mata air adalah kapasitas debit dan elevasi mata air tersebut.



Gambar 2.29 Tampilan Pengisian Data Teknis *Reservoir* pada *WaterCAD v.8i*
sumber : *Bentley WaterCAD v.8i*

d. Perhitungan dan Analisis Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

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



Gambar 2.30 Tampilan Hasil Running (Calculate) pada WaterCAD v.8i
sumber : Bentley WaterCAD v.8i

2.9. Rencana Anggaran Biaya

Sebuah konsep estimasi anggaran biaya yang terstruktur sehingga menghasilkan nilai estimasi rancangan yang tepat dalam arti ekonomis yang selanjutnya dikenakan dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek, yang mempunyai fungsi dan manfaat lebih lanjut dalam hal mengendalikan sumberdaya material, tenaga kerja, peralatan dan waktu pelaksanaan proyek sehingga pelaksanaan kegiatan proyek yang dilakukan akan mempunyai nilai efisiensi dan efektifitas.

Konsep penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek, pada pelaksanaan didasarkan pada sebuah analisa masing-masing komponen penyusunannya (material, upah dan peralatan) untuk tiap-tiap item pekerjaan yang terdapat dalam keseluruhan proyek. Hasil analisa komponen tersebut pada akhirnya akan menghasilkan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) per item yang menjadi dasar dalam menentukan nilai estimasi biaya pelaksanaan proyek keseluruhan dengan mengonversikannya kedalam total volume untuk tiap item pekerjaan yang dimaksud.

2.9.1. Harga Satuan Pekerjaan (HSP)

Harga Satuan Pekerjaan (HSP) terdiri atas biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung terdiri atas upah, alat dan bahan. Biaya tidak langsung terdiri atas biaya umum dan keuntungan. Biaya langsung masing-masing perlu ditetapkan harganya sebagai Harga Satuan Dasar untuk setiap satuan pengukuran standart sehingga hasil rumusan analisis yang diperoleh mencerminkan harga aktual di lapangan. Biaya tidak langsung dapat ditetapkan sesuai dengan asumsi pelaksanaan/penyediaan yang aktual (sesuai dengan

kondisi lapangan) dan mempertimbangkan harga pasar setempat waktu penyusunan harga perkiraan sendiri atau harga perkiraan perencana.

Dalam penerapannya, perhitungan harga satuan pekerjaan harus disesuaikan dengan spesifikasi teknis yang digunakanm asumsi-asumsi yang secara teknis mendukung proses analisis, penggunaan alat secara mekanis atau manual peraturan-peraturan dan ketentuan-ketentuan yang berlaku serta pertimbangan teknis terhadap situasi dan kondisi lapangan setempat (Kementrian Pekerjaan Umum, 2012, p.10).

2.9.2. Harga Satuan Dasar

Harga komponen dari pembayaran dalam satuan tertentu, misalnya bahan (m, m², m³, kg, ton, zak, dsb), peralatan (unit, jam, hari, dsb), dan upah tenaga kerja (jam, hari, bulan, dsb). (Kementrian Pekerjaan Umum, 2014, p.4).

2.9.3. Harga Satuan Dasar Kerja

Komponen tenaga kerja berupa upah yang digunakan dalam mata pembayaran tergantung pada jenis pekerjaannya. Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar tenaga kerja antara lain jumlah tenaga kerja dan tingkat keahlian tenaga kerja. Penetapan jumlah dan keahlian tenaga kerja mengikuti produktivitas peralatan utama.

Biaya tenaga kerja standar dapat dibayar dalam sistem hari atau jam. Besarnya biaya sangat dipengaruhi oleh jenis pekerjaan dan lokasi pekerjaan. Secara rinci faktor yang mempengaruhi antara lain :

1. Keahlian tenaga kerja.
2. Jumlah tenaga kerja.
3. Faktor kesulitan pekerjaan.
4. Ketersediaan peralatan.
5. Pengaruh lamanya kerja

2.9.4. Harga Satuan Dasar Bahan

Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar bahan antara lain adalah kuantitas, kualitas dan lokasi asal bahan. Faktor-faktor yang berkaitan dengan kualitas dan kuantitas bahan harus ditetapkan dengan mengacu pada spesifikasi yang berlaku. Data harga satuan bahan dalam perhitungan analisis ini berfungsi untuk kontrol terhadap harga penawaran kontraktor. Harga satuan dasar bahan dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu :

1. Harga satuan dasar bahan baku, misal : batu, pasir, semen, baja, tulangan, dan lain-lain.
2. Harga satuan dasar olahan, misal: agregat kasar, agregat halus, campuran beton semen, campuran beraspal.
3. Harga satuan bahan jadi, misal : tiang pancang, geosintetik, dan lain-lain.

2.10. Analisa Proyek

Dalam suatu proyek disamping menganalisis secara ekonomi biasanya juga membahas dari segi fisiknya dan finansialnya. Analisis fisik melihat keadaan fisik proyek itu sendiri, sedangkan analisis finansial melihat keadaan proyek dari arus pemasukan dan pengeluaran dana. Analisis finansial lebih banyak menggunakan analisis rasio. Analisis rasio ini sering dipakai sebagai dasar pertimbangan untuk mengambil keputusan perusahaan-perusahaan swasta maupun pemerintah.

Terdapat beberapa alasan suatu proyek perlu dianalisa dan dievaluasi :

1. Analisis dapat digunakan sebagai alat perencanaan didalam pengambilan keputusan baik oleh pemimpin pelaksana proyek, pejabat atau pemberi bantuan kredit dan lembaga lain yang berhubungan dengan kegiatan tersebut.
2. Analisis dapat digunakan sebagai pedoman atau alat dalam pengawasan apakah proyek dapat berjalan sesuai rencana atau tidak.

Dalam analisa proyek ada berbagai aspek yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Analisis proyek teknis, yaitu aspek yang berhubungan dengan input dan output daripada barang dan jasa yang akan digunakan serta yang akan dihasilkan di dalam suatu kegiatan proyek.
2. Aspek manajerial dan administratif, yaitu aspek yang menyangkut kemampuan pelaksana untuk melaksanakan administrasi dalam aktifitas besar.
3. Aspek organisasi, yaitu aspek yang ditunjukkan pada hubungan antara administrasi proyek dan bagian administrasi pemerintah lainnya.
4. Aspek komersial, yaitu aspek yang menganalisa peralatan input (barang dan jasa) yang diperlukan proyek dan bagian administrasi pemerintah lainnya.

Standar baku yang harus dilaksanakan terhadap evaluasi suatu proyek terdiri dari :

1. Analisis teknis
2. Analisis ekonomis
3. Analisis finansial
4. Analisis sosial
5. Analisis lingkungan (AMDAL)

Analisa proyek ini biasanya mementingkan pada analisis finansial dan analisis ekonomisnya, walaupun sebenarnya analisis yang lain juga diperlukan. Terdapat beberapa macam metode dalam menganalisa kelayakan ekonomi yang biasa digunakan (Giatman, 2007, p.69) yaitu :

1. *Net Present Value* (NPV)

2. *Annual Equivalent (AE)*
3. *Internal Rate of Return (IRR)*
4. *Benefit Cost Ratio (BCR)*
5. *Payback Period (PBP)*

2.11. Harga Air

Harga air adalah keuntungan yang dihasilkan dari perhitungan nilai air (Kuiper,1971 p.184). Dalam hal ini, nilai air yang diperhitungkan adalah berbeda dengan biaya air. Nilai air akan lebih tinggi penilaiannya dibanding dengan biaya air. Nilai air tidak hanya menghitung proses dari penyediaan air sampai terpenuhinya kebutuhan tetapi juga memperhitungkan nilai dari air tersebut. Sedangkan biaya air lebih pada perhitungan komersil dari proses penyediaan air itu saja dan nilai dari air itu sendiri tidak diperhitungkan.

Parameter yang dipakai dalam penentuan harga air bersih yaitu :

1. Perbandingan manfaat dan biaya (*benefit cost ratio*), manfaat dalam hal ini adalah rencana harga air tersebut. Nilai BCR harus lebih dari 1, sehingga jika harga yang akan kita rencanakan dengan biaya tertentu bila dibandingkan nilainya tidak boleh 1 (satu), atau lebih.
2. Selisih *benefit* dengan *cost*, jika pemasukan dikurangi pengeluaran hasilnya diharapkan diatas nol (untung).
3. Bunga sangat berpengaruh besar terhadap suatu perencanaan harga. Bunga disini adalah bunga bank jika aktivitas pengadaan air oleh pengelola air dananya dipinjam dari bank.

Perhitungan harga air berdasarkan bunga yaitu perhitungan akan besarnya harga air dilihat dari faktor bunga komponen untuk mengetahui sejauh mana harga air bersih yang dapat diketahui. Perhitungan ini memasukan beberapa parameter yaitu biaya konstruksi, biaya O&P , kebutuhan air, faktor konversi, dan manfaat.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

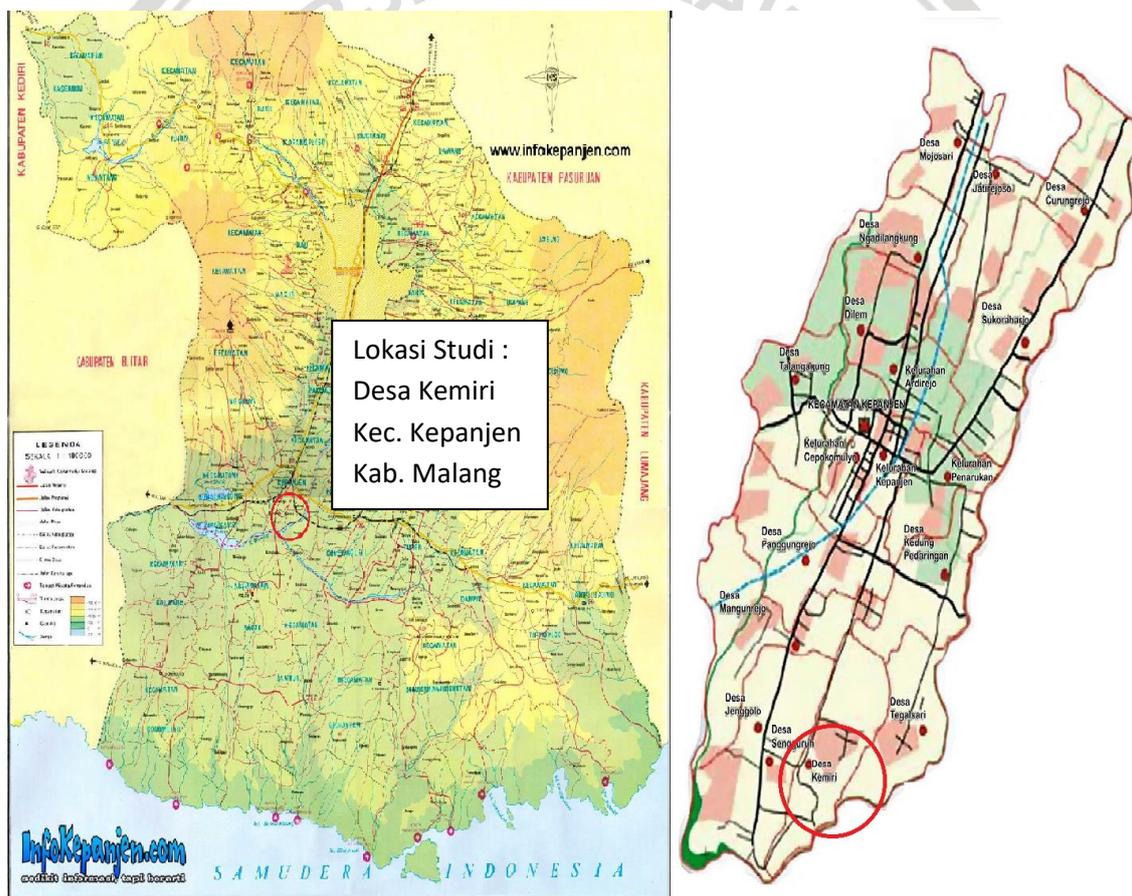


BAB III METODOLOGI

3.1. Lokasi Studi

Kemiri adalah desa di Kecamatan Kapanjen Kabupaten Malang. Ditinjau dari letak astronomi Desa Kemiri terletak di 112°33'48,54" T dan 008°10'44" S. Adapun batasan-batasan daerah wilayah Desa Kemiri Kecamatan Kapanjen Kabupaten Malang adalah :

- Sebelah Utara : Desa Kedung, Kecamatan Kapanjen.
- Sebelah Selatan : Desa Senggruh, Kecamatan Kapanjen.
- Sebelah Timur : Desa Tegalsari, Kecamatan Kapanjen.
- Sebelah Barat : Desa Jenggolo, Kecamatan Kapanjen



Gambar 3.1. Peta Administrasi Kecamatan Kapanjen
Sumber : Google

Kecamatan Kapanjen merupakan wilayah Kabupaten Malang sekitar 20 km sebelah selatan Kota Malang. Kecamatan Kapanjen juga sebagai pusat pemerintahan Kabupaten

Malang dengan luas wilayah 44.68 km² dengan ketinggian 350 Mdpl dan diapit tiga gunung yaitu gunung kawi, gunung semeru dan pegunungan Malang. Desa Kemiri yang secara administrasi wilayah kepanjen memiliki luas wilayah 391,000 Ha. Desa Kemiri terletak di sebelah selatan wilayah Kabupaten Malang dengan suhu udara 20° C sampai 30°C hal ini disebabkan karena Desa Kemiri merupakan daratan rendah.

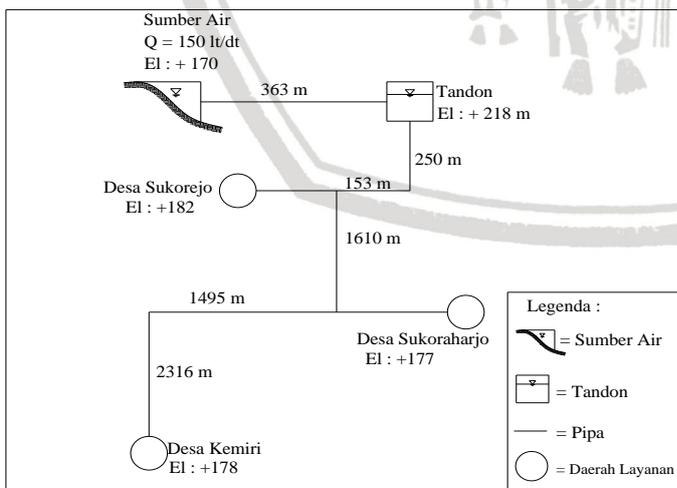


Gambar 3.2. Lokasi Studi Desa Kemiri
Sumber : Google Earth

3.2. Pengumpulan Data

3.2.1. Data Ketersediaan Air di Sumber

Data ini diperlukan untuk mengetahui kemampuan suatu sumber air dalam menyediakan total kapasitas kebutuhan air bersih yang direncanakan. Sumber air terdiri dari 2 sumber mata air yang berdekatan dengan potensi debit untuk sumber pertama sebesar 100 lt/detik dan sumber kedua sebesar 50 lt/detik. Air yang berasal dari kedua sumber tersebut kemudian menyatu dan masuk kedalam sungai.



Gambar 3.3. Skema Jaringan Pipa
Sumber : Hasil Analisa

3.2.2. Data Penduduk

Data ini sangat diperlukan dalam proses perhitungan jumlah penduduk yang akan terlayani kebutuhan air bersihnya dan tingkat pelayanan yang harus dipenuhi. Pertumbuhan penduduk dari tahun ke tahun biasanya selalu mengikuti pola-pola tertentu, sehingga nantinya akan membantu memproyeksikan jumlah penduduk supaya hasil perhitungan dapat mendekati jumlah yang sebenarnya dari daerah yang dikaji.

Jumlah penduduk Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang pada tahun 2010 – 2017 Untuk mengetahui jumlah penduduk Desa Kemiri secara lebih jelas, akan ditunjukkan Tabel 3.1 di bawah ini :

Tabel 3.1.

Jumlah Penduduk Desa Kemiri

No	Jenis		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	Kelamin									
1	Laki-laki		1498	1724	1768	1801	1814	1820	1833	1866
2	Perempuan		1584	1787	1821	1852	1870	1878	1885	1901
Jumlah			3185	3511	3589	3653	3684	3698	3718	3767

Sumber : Kantor BPS Kabupaten Malang

3.2.3. Topografi

Data Topografi dapat digunakan untuk mengetahui daerah yang akan dilayani pada kajian ini. Untuk mengetahui elevasi dari sumber mata air, tandon dan daerah layanan maka menggunakan GPS dalam pelaksanaannya. Dari elevasi tersebut dapat diketahui sistem pengaliran air bersug yang akan digunakan pada perencanaan distribusi air bersih.

3.3. Sistem Pengolahan Data

Untuk mencapai tujuan yang diinginkan maka diperlukan langkah pengerjaan secara sistematis. Adapun langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut :

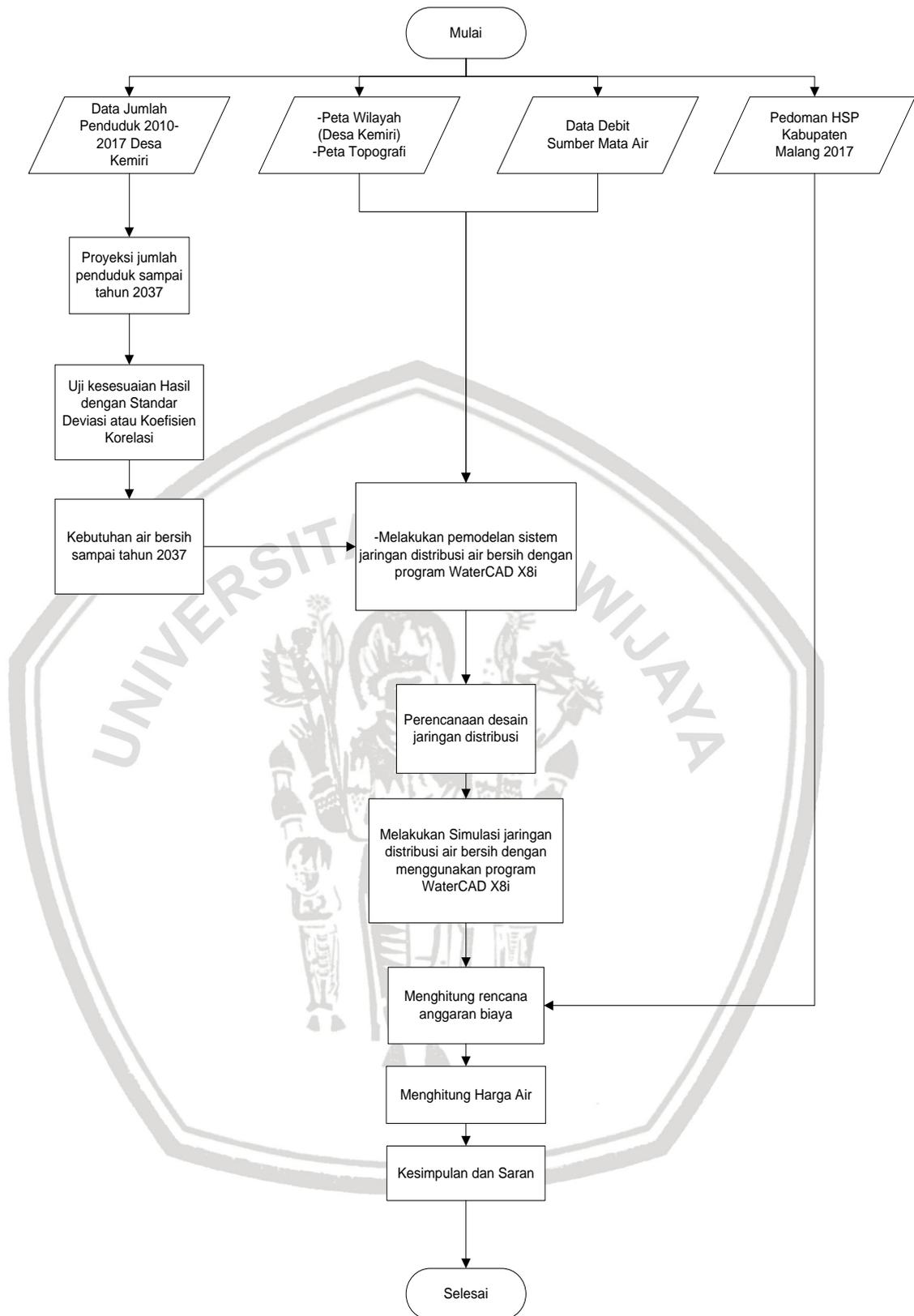
1. Pengumpulan data teknis yang digunakan dalam analisa jaringan air bersih.
 - Elevasi dan debit sumber mata air
 - Peta daerah layanan
 - Jumlah penduduk tahun 2010- 2017
2. Perhitungan proyeksi penduduk sampai tahun 2037 dengan metode Geometrik, Aritmatika dan Eksponensial.
3. Uji kesesuaian metode proyeksi penduduk dengan membandingkan antara standar deviasi dengan koefisien korelasi.
4. Analisa kebutuhan air bersih dan kemampuan pelayanan sumber.

5. Analisa area terlayani.
6. Melakukan simulasi dengan bantuan program *WaterCAD V8i*.
 - Menentukan rumus kehilangan tinggi tekan (*Hazen-Williams, Darcy Weisbach dan manning*).
 - Memodelkan sistem jaringan distribusi air bersih, titik simpul, pompa, jenis pipa dan tandon, dll.
7. Menghitung rencana anggaran biaya pembangunan.
8. Menghitung analisa ekonomi dan menentukan harga air pada jaringan air bersih.

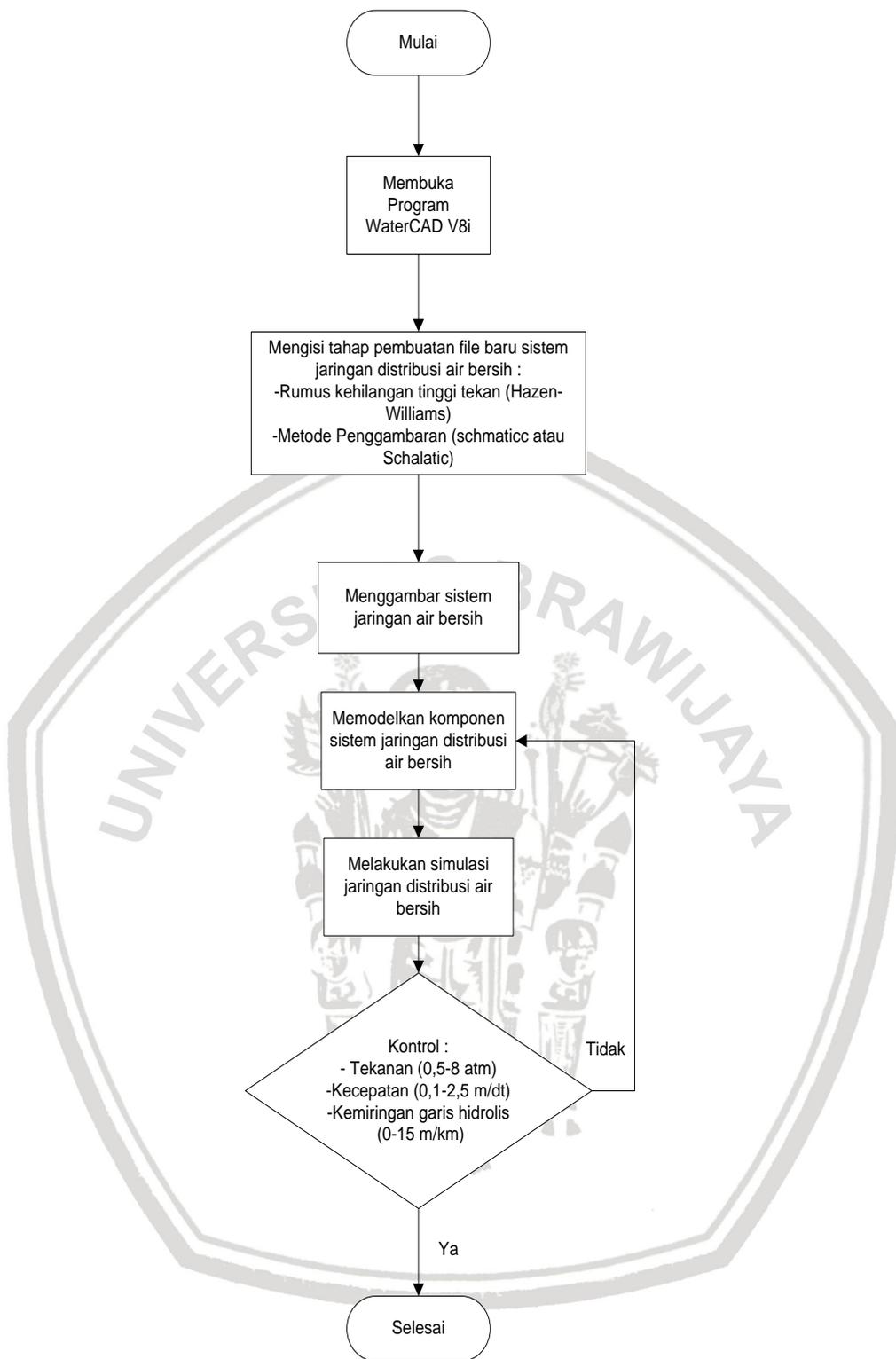
3.4. Perlakuan Simulasi Program *WaterCAD V8i*

Analisa sistem jaringan pipa pada daerah Desa Kemiri Kabupaten Malang ini dilakukan berdasarkan data-data yang telah terkumpul. Untuk melakukan simulasi sistem jaringan pipa pada *WaterCAD V8i* diperlukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pembukaan dan penamaan file baru sistem jaringan pipa dalam format *WaterCAD*.
2. Mengisi tahap pembuatan file sistem jaringan pipa :
 - a. Memilih rumus kehilangan tinggi tekan Hazen-Williams.
 - b. Memilih metode penggambaran pipa (schematic dan scalatic).
 - c. Memodelkan komponen sistem jaringan distribusi air bersih pipa, titik simpul.
3. Menggambar sistem jaringan pipa.
4. Melakukan simulasi sistem jaringan pipa serta menganalisis hasil yang diperoleh dan apabila hasil yang didapatkan tidak sesuai dengan kriteria maka akan dilakukan perbaikan komponen sistem jaringan pipa tersebut hingga didapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan. Disini terdapat dua kemungkinan hasil yaitu :
 - a. Jika hasil memenuhi syarat, maka nilai tekanan adalah 0,5-8 atm, kecepatan 0,1-2,5 m/s serta kemiringan garis hidrolis 0-15 m/km. Selanjutnya pemodelan dianggap selesai dan tidak ada kendala.
 - b. Jika hasil tidak sesuai atau memenuhi syarat maka akan dilakukan perbaikan penggantian diameter pipa serta dilakukan simulasi ulang



Gambar 3.4. Diagram Alir Penyelesaian Skripsi Untuk Kondisi Perencanaan



Gambar 3.5. Diagram Alir Penyelesaian Proses Simulasi Sistem Jaringan Pipa Dengan Menggunakan Program *WaterCAD v8i*



BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Proyeksi Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk dilakukan dengan 3 metode, yaitu metode aritmatik, metode eksponensial, dan metode geometrik. Setelah diketahui hasil perhitungan masing-masing metode maka akan dihitung uji kesesuaian dengan menggunakan metode standar deviasi dan koefisien korelasi. Penentuan metode proyeksi penduduk yang dipilih berdasarkan nilai standar deviasi yang terkecil dan koefisien korelasi mendekati 1.

Dalam Permen PU Tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM No. 18/PRT/M2007, proyeksi penduduk dilakukan dalam jangka waktu 15 – 20 tahun kedepan. Perhitungan proyeksi penduduk pada studi ini dilakukan sampai dengan 20 tahun mulai dari tahun 2017 sampai dengan 2037.

Sebelum menghitung proyeksi jumlah penduduk, maka perlu diketahui rasio pertambahan penduduk. Untuk menghitung rasio pertambahan penduduk ini, maka data yang digunakan adalah data penduduk Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang tahun 2010 sampai tahun 2017. Rasio pertambahan penduduk Desa Kemiri akan disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1
Presentase Laju Pertumbuhan Penduduk Desa Kemiri

Tahun	Total Jiwa	Pertumbuhan per tahun	
		Jiwa	%
2010	3423		
2011	3511	88	2,57
2012	3589	78	2,22
2013	3653	64	1,78
2014	3684	31	0,85
2015	3698	14	0,38
2016	3718	20	0,54
2017	3767	49	1,32
	Rerata		1,38

Sumber : Hasil Perhitungan Contoh perhitungan laju pertumbuhan penduduk Desa Kemiri

- r = jumlah penduduk (2011) – jumlah penduduk tahun (2010)
 $= 3511 - 3423$
 $= 88$
- $r(\%) = r / \text{jumlah penduduk (2010)}$
 $= 88 / 3423$
 $= 2,57\%$

Dari hasil nilai r (trend laju pertumbuhan penduduk) yang telah diketahui, nantinya akan digunakan dalam perhitungan proyeksi penduduk dengan metode aritmatik, geometrik dan eksponensial.

4.1.1 Proyeksi Penduduk Metode Geometrik

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode geometrik dihitung berdasarkan persamaan (2-1) dan Tabel (4.1). Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang tahun 2025 :

$P_0 = 3767$ (Tahun 2017)
 $n = 8$ (Proyeksi tahun ke- n)
 $r = 1,38\%$ (Rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2025 sebagai berikut :

$P_n = P_0(1 + r)^n$
 $= 3767 (1 + 1,38\%)^8$
 $= 4204$ Jiwa

Hasil proyeksi jumlah penduduk Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang dengan menggunakan metode geometrik hingga tahun 2037 dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2
 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Geometrik

Metode Geometrik	
Tahun	Desa Kemiri (Jiwa)
2017	3767
2018	3819
2019	3872
2020	3925
2021	3979
2022	4034



Lanjutan Tabel 4.2 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Geometrik

Metode Geometrik	
Tahun	Desa Kemiri (Jiwa)
2023	4090
2024	4146
2025	4204
2026	4262
2027	4321
2028	4380
2029	4441
2030	4502
2031	4564
2032	4627
2033	4691
2034	4756
2035	4821
2036	4888
2037	4955

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.2 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode aritmatik dihitung berdasarkan persamaan (2-2) dan Tabel (4.1). Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang tahun 2025 :

$$P_0 = 3767 \text{ (Tahun 2017)}$$

$$n = 8 \text{ (Proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 1,38\% \text{ (Rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2025 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 (1 + r \cdot n) \\ &= 3767 (1 + (1,38\% \cdot 8)) \\ &= 4183 \text{ Jiwa} \end{aligned}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang dengan menggunakan metode aritmatik hingga tahun 2037 dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3
 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Aritmatik

Metode Aritmatik	
Tahun	Desa Kemiri (Jiwa)
2017	3767
2018	3819
2019	3871
2020	3923
2021	3975
2022	4027
2023	4079
2024	4131
2025	4183
2026	4235
2027	4287
2028	4339
2029	4391
2030	4443
2031	4495
2032	4547
2033	4599
2034	4651
2035	4703
2036	4755
2037	4807

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.3 Proyeksi Penduduk Metode Eksponensial

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode eksponensial dihitung berdasarkan persamaan (2-1) dan Tabel (4.1). Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang tahun 2025:

$$P_0 = 3767 \text{ (Tahun 2017)}$$

$$n = 8 \text{ (Proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 1,38\% \text{ (Rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

$$e = 2,72 \text{ (Bilangan logaritma natural)}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2025 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 \cdot e^{r \cdot n} \\ &= 3767 \cdot 2,72^{1,38 \cdot 8} \\ &= 4207 \text{ Jiwa} \end{aligned}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang dengan menggunakan metode eksponensial hingga tahun 2037 dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4
Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Aritmatik

Metode Eksponensial	
Tahun	Desa Kemiri (Jiwa)
2017	3767
2018	3819
2019	3873
2020	3926
2021	3981
2022	4036
2023	4092
2024	4149
2025	4207
2026	4266
2027	4325
2028	4385
2029	4446
2030	4508
2031	4571
2032	4634
2033	4699
2034	4764
2035	4830
2036	4897
2037	4966

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.4 Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Pemilihan metode proyeksi penduduk berdasarkan cara pengujian statistik yaitu berdasarkan nilai standar deviasi yang terkecil dan koefisien korelasi terbesar mendekati +1.

4.1.4.1 Standar Deviasi

Contoh perhitungan standar deviasi pada proyeksi penduduk Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang dengan metode aritmatik :

1. Data jumlah penduduk tahun 2010 – 2017 (X)
2. Rata-rata jumlah penduduk tahun 2010 – 2017 (\bar{X}) = 3588 Jiwa
3. Proyeksi penduduk tahun 2010 – 2017 dengan metode aritmatik (X_i)
4. Proyeksi penduduk (X_i) – Rata-rata jumlah penduduk (\bar{X})

$$\text{Tahun 2017} = X_i - \bar{X}$$

$$= 3423 - 3588$$

$$= -165$$

5. (Proyeksi penduduk (X_i) - Rata-rata jumlah penduduk (\bar{X}))²

$$\text{Tahun 2017} = (X_i - \bar{X})^2$$

$$= (-165)^2$$

$$= 27334$$

6. Total $(X_i - \bar{X})^2 = 93718$

7. Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{93718}{8 - 1}}$$

$$= 115,707$$

Tabel 4.5
Rekapitulasi Perhitungan Standar Deviasi

Desa	Metode Proyeksi		
	Geometrik	Aritmatik	Ekspensial
Kemiri	120,609	115,707	121,561

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan standar deviasi pada Tabel 4.5 maka diketahui metode proyeksi yang mempunyai nilai standar deviasi yang terkecil adalah metode aritmatik dengan hasil proyeksi 115,707. Metode proyeksi penduduk dengan nilai standar deviasi terkecil akan dipilih sebagai proyeksi jumlah penduduk untuk perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih.

4.1.4.2 Koefisien Korelasi

Contoh perhitungan koefisien korelasi proyeksi pertumbuhan penduduk Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang dengan Metode Aritmatik :

1. Data asli X_i tahun 2010 = 3423, $\sum(X_i)$ tahun 2010 – 2017 = 29043
2. X_i^2 tahun 2010 = $3423^2 = 11716929$, $\sum(X_i^2)$ tahun 2010 – 2017 = 105530253
3. Hasil proyeksi tahun 2010 $Y_i = 3423$, $\sum(Y_i)$ tahun 2010 – 2017 = 29321
4. Y_i^2 tahun 2010 = $3423^2 = 11716929$, $\sum(Y_i^2)$ tahun 2010 – 2017 = 107669714
5. $X_i \times Y_i$ tahun 2017 = $3423 \times 3423 = 11716929$
 $\sum(X_i \times Y_i)$ tahun 2010 – 2017 = 106579458

6. Koefisien Korelasi

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

$$= \frac{(8 \times 106579458) - (29043 \times 29043)}{\sqrt{((8 \times 105530253) - 29043^2) \times ((8 \times 107669714) - 29321^2)}}$$

$$= 0,968$$

Tabel 4.6

Rekapitulasi Perhitungan Koefisien Korelasi

Desa	Metode Proyeksi		
	Geometrik	Aritmatik	Ekspensial
Kemiri	0,955	0,968	0,955

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan koefisien korelasi pada tabel 4.6, maka diketahui metode proyeksi yang mempunyai nilai korelasi yang terbesar mendekati +1 adalah metode aritmatik dengan hasil proyeksi 0,968. Metode proyeksi penduduk dengan nilai koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1 akan dipilih sebagai proyeksi jumlah penduduk untuk perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih.

4.1.4.3 Kesimpulan

Penentuan metode yang digunakan untuk perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih dengan menggunakan metode standar deviasi dan koefisien korelasi. Metode yang dipilih adalah metode dengan standar deviasi yang paling kecil dan koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1. Dari tabel 4.5 nilai standar deviasi terkecil adalah metode aritmatik dengan hasil 115,707, dan dari tabel 4.6 nilai koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1 adalah metode aritmatik dengan hasil 0,968. Sehingga diambil kesimpulan metode proyeksi penduduk yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya adalah metode aritmatik.

4.2 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Berikut ini adalah contoh perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih di Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang tahun 2027 dengan presentase penduduk seperti pada tabel dan kehilangan air sebesar 20% :

1. Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2027 sebesar 4287 jiwa
2. Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari adalah 60 lt/org/hari
3. Kebutuhan air domestik

$$= \text{Jumlah penduduk} \times \text{Kebutuhan tiap orang}$$

$$= 4.287 \text{ jiwa} \times 60 \text{ lt/org/hari}$$

$$= 257220 \text{ lt/hr}$$

$$= 2,977 \text{ lt/dt}$$

4. Kebutuhan non domestik

$$= 15\% \times \text{Kebutuhan air domestik}$$

$$= 15\% \times 2,977$$

$$= 0,447$$

5. Kebutuhan air rata-rata

$$= \text{Total kebutuhan air} + \text{kehilangan air}$$

$$= (Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non domestik}}) + \text{kehilangan air}$$

$$= (2,977 \text{ lt/dt} + 0,447 \text{ lt/dt}) + (20\% \times \text{Total kebutuhan air})$$

$$= 3,424 \text{ lt/dt} + (20\% \times 3,423 \text{ lt/dt})$$

$$= 4,108 \text{ lt/dt}$$

6. Kebutuhan air maksimum

$$= 1,15\% \times \text{Kebutuhan air rata-rata}$$

$$= 1,15\% \times 4,108 \text{ lt/dt}$$

$$= 4,725 \text{ lt/dt}$$

7. Kebutuhan jam puncak

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

$$= 1,56 \times 4,108 \text{ lt/dt}$$

$$= 6,409 \text{ lt/dt}$$

Perhitungan kebutuhan air akan dijelaskan tiap jangka waktu 5 tahun dan akan disajikan pada Tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.7
Perhitungan Kebutuhan Air Bersih di Desa Kemiri

No	Uraian	Satuan	Tahun				
			2017	2022	2027	2032	2037
1	Jumlah penduduk total	Jiwa	3767	4027	4287	4547	4807
2	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/hari/org	60	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	lt/hr	226020	241620	257219,8	272820	288420
		lt/dt	2,616	2,797	2,977	3,158	3,338
4	Kebutuhan air non domestik	lt/dt	0,392	0,419	0,447	0,474	0,501
5	Kebutuhan air baku rata-rata	lt/dt	3,610	3,859	4,108	4,358	4,607
6	Kebutuhan harian maksimum	lt/dt	4,152	4,438	4,725	5,011	5,298
7	Kebutuhan air pada jam puncak	lt/dt	5,632	6,020	6,409	6,798	7,186

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.8
Kebutuhan Air Bersih di Desa Sukoraharjo

No	Uraian	Satuan	Tahun				
			2017	2022	2027	2032	2037
1	Jumlah penduduk total	Jiwa	6867	7561,0	8255,1	8949,2	9643,3
2	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/hr/org	61	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	lt/hari	41888	453665	495309	536954	578599
		lt/dtk	4,848	5,251	5,733	6,215	6,697
4	Kebutuhan air non domestik	lt/dtk	0,727	0,788	0,860	0,932	1,005
5	Kebutuhan air baku rata-rata	lt/dtk	6,412	6,944	7,582	8,219	8,856
6	Kebutuhan harian maksimum	lt/dtk	7,374	7,986	8,719	9,452	10,185
7	Kebutuhan air pada jam puncak	lt/dtk	10,002	10,833	11,827	12,822	13,816

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.9
Kebutuhan Air Bersih di Desa Sukorejo

No	Uraian	Satuan	Tahun				
			2017	2022	2027	2032	2037
1	Jumlah penduduk total	Jiwa	3780	4044	4308	4572	4836
2	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/org/hari	60	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	lt/hari	22680	24264	25848	27432	29016
		lt/dtk	0	0	0	0	0
4	Kebutuhan air non domestik	lt/detik	2,625	2,808	2,992	3,175	3,358
5	Kebutuhan air baku rata-rata	lt/detik	0,394	0,421	0,449	0,476	0,504
6	Kebutuhan harian maksimum	lt/detik	3,472	3,714	3,956	4,199	4,441
7	Kebutuhan air pada jam puncak	lt/detik	3,992	4,271	4,550	4,829	5,108
		lt/detik	5,416	5,794	6,172	6,550	6,929

Sumber : Hasil Perhitungan

4.10 Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih

No	Nama Desa	Satuan	Tahun				
			2017	2022	2027	2032	2037
1	Kemiri	lt/dt	3,610	3,859	4,108	4,358	4,607
2	Sukorejo	lt/dt	3,472	3,714	3,956	4,199	4,441
3	Sukoraharjo	lt/dt	6,412	6,944	7,582	8,219	8,856
	Total		13,493	14,517	15,646	16,775	17,905

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air bersih rata-rata pada tahun 2037 yaitu sebesar 17,905 l/dt. Tersedianya debit sebesar 150 l/dt dan kebutuhan rata-rata 17,905 l/dt, dengan demikian kebutuhan untuk 3 desa tersebut bisa terpenuhi. Dengan potensi debit sebesar 150 l/dt masih bisa dilakukan pengembangan jaringan distribusi air bersih ke desa-desa lainnya.

4.3. Kondisi Eksisting

4.3.1 Kondisi Eksisting Sumber Air

PDAM Kabupaten Malang menggunakan sumber air Dieng untuk melayani kebutuhan air bersih di Kecamatan Kepanjen dan Kecamatan Gondanglegi khususnya di Desa Kemiri, Desa Sukorejo, dan Desa Sukoraharjo. Lokasi sumber air dieng berada di Desa Sukorejo Kecamatan Gondanglegi. Debit yang dihasilkan dari sumber dieng 150 lt/dt dan berada pada elevasi +170.

4.3.2 Kondisi Eksisting Pompa

Untuk melayani kebutuhan air di Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen dan Gondanglegi PDAM Kabupaten Malang menggunakan 2 buah pompa, dimana 2 pompa tersebut dipasang secara seri dan jam kerja pompa di sumber air selama 11,5 jam. Berikut ini adalah spesifikasi pompa :

- a) Pompa 1
 - Tipe pompa : Submersible non clogging
 - Head pompa : 50 m
 - Kapasitas : 25 liter/detik
 - Efisiensi : 60%
 - Letak : Sumber Air Dieng
 - Jam Kerja : 11,5 jam
- b) Pompa 2
 - Tipe pompa : Submersible non clogging
 - Head pompa : 25 m
 - Kapasitas : 25 liter/detik
 - Efisiensi : 60%
 - Letak : Sumber Air Dieng
 - Jam Kerja : 11,5 jam

4.3.3 Kondisi Eksisting Tandon

Air dari sumber dieng sebelum di distribusikan ke daerah layanan akan ditampung di tandon dieng yang berada pada Desa Penarukan Kecamatan Kepanjen. Dengan kapasitas tandon 500 m³, kemudian air dari tandon akan di distribusikan ke daerah layanan. Berikut adalah spesifikasi tandon :

- Elevasi dasar : + 210 m
- Elevasi minimum : + 210,5 m
- Elevasi Initial : + 217,5 m
- Elevasi maksimum : + 217,75 m

4.4 Analisis Simulasi Kondisi Tidak Permanen pada Perencanaan Jaringan Pipa Tahun 2037

4.4.1 Analisa Pompa Untuk Kondisi Tahun 2037

Pada kondisi perencanaan pompa yang dipakai adalah 2 pompa, 2 pompa tersebut adalah pompa submersible non clogging dimana pompa tersebut akan mempunyai jam kerja 12 jam. Pengaturan jam kerja pompa juga berpengaruh agar pompa tersebut bekerja secara maksimal dan efektif, dikarenakan pemasangan pompa secara seri maka untuk pola oprasi pompa 1 dan pompa 2 sama. Spesifikasi dan pola oprasi pompa akan dijelaskan sebagai berikut :

a) Pompa 1

- Tipe pompa : Submersible non clogging
- Head pompa : 50 m
- Kapasitas : 25 liter/detik
- Efisiensi : 60%
- Letak : Sumber Air Dieng
- Jam Kerja : 11,5 jam

b) Pompa 2

- Tipe pompa : Submersible non clogging
- Head pompa : 25 m
- Kapasitas : 25 liter/detik
- Efisiensi : 60%
- Letak : Sumber Air Dieng
- Jam Kerja : 11,5 jam

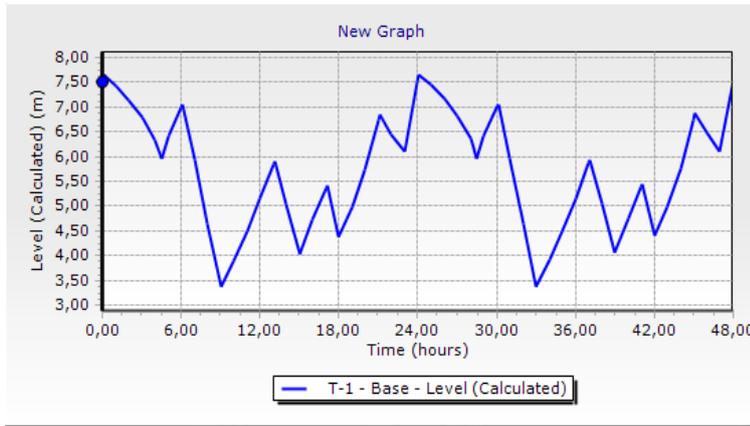
Tabel 4.11
Pola Operasi Pompa

Jam	Keterangan
04.30 - 06.00	Nyala
06.00 - 09.00	Mati
09.00 - 13.00	Nyala
13.00 - 15.00	Mati
15.00 - 17.00	Nyala
17.00 - 18.00	Mati
18.00 - 21.00	Nyala
21.00 - 23.00	Mati
23.00 - 24.00	Nyala
24.00 - 04.30	Mati

Sumber : Hasil Simulasi *Software WaterCAD V8i*

Berdasarkan hasil *running* program *WaterCAD V8i* didapatkan pola operasi pompa selama 11,5 jam untuk mengalir 3 desa yaitu Desa Sukorejo, Desa Sukoraharjo dan Desa

Kemiri. Pola operasi pompa tersebut dipengaruhi oleh kebutuhan air tiap desa, semakin besar kebutuhan air maka membutuhkan pola operasi pompa yang lama, dan sebaliknya jika kebutuhan air tidak terlalu besar maka pola operasi pompa tidak membutuhkan waktu yang lama. Dari gambar 4.1 dapat diketahui kapasitas tandon dengan pola oprasi pompa 11,5 jam sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Kapasitas Tandon
 Sumber : Hasil Simulasi Software WaterCAD V8

4.4.2 Kondisi Aliran Pipa Distribusi

Berikut ini hasil simulasi pipa jaringan distribusi menggunakan program WaterCAD V8i pada tahun 2037.

Tabel 4.12
 Hasil Simulasi Aliran pada Pipa Pukul 00.00

Label	Diameter (inch)	Material	Hazen-William s C	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Keterangan
P-1	8	Galvanized iron	120	0,46	0,1 - 2,5	0,887	0 - 15	Memenuhi
P-2	8	Galvanized iron	120	0,46	0,1 - 2,5	0,889	0 - 15	Memenuhi
P-3	4	PVC	150	0,15	0,1 - 2,5	0,24	0 - 15	Memenuhi
P-4	5	PVC	150	0,2	0,1 - 2,5	0,373	0 - 15	Memenuhi
P-5	4	PVC	150	0,14	0,1 - 2,5	0,206	0 - 15	Memenuhi
P-6	4	PVC	150	0,14	0,1 - 2,5	0,206	0 - 15	Memenuhi
P-7	4	PVC	150	0,14	0,1 - 2,5	0,206	0 - 15	Memenuhi
P-8	4	PVC	150	0,14	0,1 - 2,5	0,206	0 - 15	Memenuhi
P-9	4	PVC	150	0,14	0,1 - 2,5	0,206	0 - 15	Memenuhi
P-10	4	PVC	150	0,14	0,1 - 2,5	0,206	0 - 15	Memenuhi
P-11	1,25	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,356	0 - 15	Memenuhi
P-12	1,25	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,356	0 - 15	Memenuhi
P-13	4	PVC	150	0,13	0,1 - 2,5	0,187	0 - 15	Memenuhi
P-14	2,5	PVC	150	0,16	0,1 - 2,5	0,443	0 - 15	Memenuhi
P-15	2	PVC	150	0,16	0,1 - 2,5	0,582	0 - 15	Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.12 Hasil Simulasi Aliran pada Pipa Pukul 00.00

Label	Diameter (inch)	Material	Hazen-Williams C	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Keterangan
P-16	1,25	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,356	0 - 15	Memenuhi
P-17	2	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,215	0 - 15	Memenuhi
P-18	2,5	PVC	150	0,14	0,1 - 2,5	0,356	0 - 15	Memenuhi
P-19	1,25	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,356	0 - 15	Memenuhi
P-20	2,5	PVC	150	0,13	0,1 - 2,5	0,292	0 - 15	Memenuhi
P-21	1,25	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,356	0 - 15	Memenuhi
P-22	1,25	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,303	0 - 15	Memenuhi
P-23	2,5	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,184	0 - 15	Memenuhi
P-24	1,25	PVC	150	0,11	0,1 - 2,5	0,548	0 - 15	Memenuhi
P-25	1,25	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,364	0 - 15	Memenuhi
P-26	2	PVC	150	0,13	0,1 - 2,5	0,366	0 - 15	Memenuhi
P-27	1,25	PVC	150	0,12	0,1 - 2,5	0,744	0 - 15	Memenuhi
P-28	2	PVC	150	0,15	0,1 - 2,5	0,478	0 - 15	Memenuhi
P-29	1,25	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,443	0 - 15	Memenuhi
P-30	2	PVC	150	0,12	0,1 - 2,5	0,327	0 - 15	Memenuhi
P-32	1,25	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,474	0 - 15	Memenuhi
P-33	1,5	PVC	150	0,14	0,1 - 2,5	0,595	0 - 15	Memenuhi
P-34	1,25	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,356	0 - 15	Memenuhi
P-35	1,5	PVC	150	0,11	0,1 - 2,5	0,34	0 - 15	Memenuhi
P-36	1,25	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,538	0 - 15	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan WaterCAD V8i

Tabel 4.13

Hasil Simulasi Aliran pada Pipa Pukul 07.00

Label	Diameter (inch)	Material	Hazen-Williams C	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Keterangan
P-1	8	Galvanized iron	120	0	0,1 - 2,5	0	0 - 15	Memenuhi
P-2	8	Galvanized iron	120	0	0,1 - 2,5	0	0 - 15	Memenuhi
P-3	4	PVC	150	0,81	0,1 - 2,5	5,676	0 - 15	Memenuhi
P-4	5	PVC	150	1,12	0,1 - 2,5	8,819	0 - 15	Memenuhi
P-5	4	PVC	150	0,75	0,1 - 2,5	4,882	0 - 15	Memenuhi
P-6	4	PVC	150	0,75	0,1 - 2,5	4,882	0 - 15	Memenuhi
P-7	4	PVC	150	0,75	0,1 - 2,5	4,882	0 - 15	Memenuhi
P-8	4	PVC	150	0,75	0,1 - 2,5	4,882	0 - 15	Memenuhi
P-9	4	PVC	150	0,75	0,1 - 2,5	4,882	0 - 15	Memenuhi
P-10	4	PVC	150	0,75	0,1 - 2,5	4,882	0 - 15	Memenuhi
P-11	1,25	PVC	150	0,46	0,1 - 2,5	8,421	0 - 15	Memenuhi

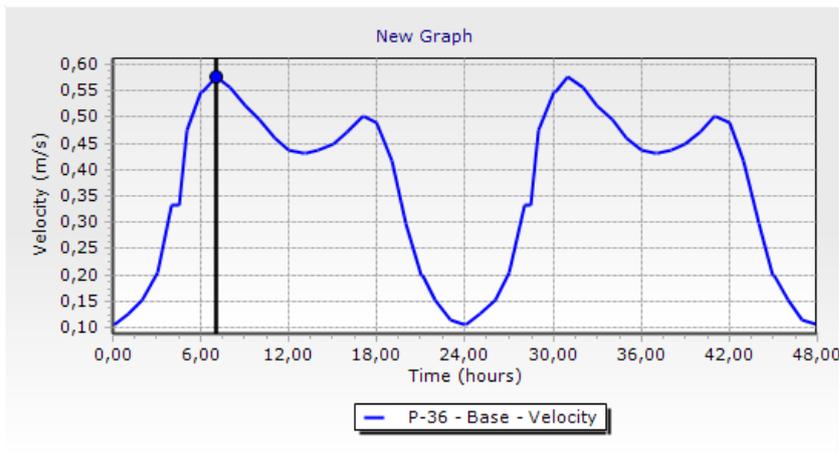
Lanjutan Tabel 4.13 Hasil Simulasi Aliran pada Pipa Pukul 07.00

Label	Diameter (inch)	Material	Hazen- Williams C	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Keterangan
P-12	1,25	PVC	150	0,46	0,1 - 2,5	8,421	0 - 15	Memenuhi
P-13	4	PVC	150	0,71	0,1 - 2,5	4,421	0 - 15	Memenuhi
P-14	2,5	PVC	150	0,89	0,1 - 2,5	10,468	0 - 15	Memenuhi
P-15	2	PVC	150	0,89	0,1 - 2,5	13,753	0 - 15	Memenuhi
P-16	1,25	PVC	150	0,46	0,1 - 2,5	8,421	0 - 15	Memenuhi
P-17	2	PVC	150	0,52	0,1 - 2,5	5,077	0 - 15	Memenuhi
P-18	2,5	PVC	150	0,8	0,1 - 2,5	8,429	0 - 15	Memenuhi
P-19	1,25	PVC	150	0,46	0,1 - 2,5	8,421	0 - 15	Memenuhi
P-20	2,5	PVC	150	0,71	0,1 - 2,5	6,895	0 - 15	Memenuhi
P-21	1,25	PVC	150	0,46	0,1 - 2,5	8,421	0 - 15	Memenuhi
P-22	1,25	PVC	150	0,42	0,1 - 2,5	7,168	0 - 15	Memenuhi
P-23	2,5	PVC	150	0,56	0,1 - 2,5	4,358	0 - 15	Memenuhi
P-24	1,25	PVC	150	0,58	0,1 - 2,5	12,947	0 - 15	Memenuhi
P-25	1,25	PVC	150	0,47	0,1 - 2,5	8,6	0 - 15	Memenuhi
P-26	2	PVC	150	0,7	0,1 - 2,5	8,664	0 - 15	Memenuhi
P-27	1,25	PVC	150	0,69	0,1 - 2,5	8,438	0 - 15	Memenuhi
P-28	2	PVC	150	0,8	0,1 - 2,5	11,306	0 - 15	Memenuhi
P-29	1,25	PVC	150	0,52	0,1 - 2,5	10,474	0 - 15	Memenuhi
P-30	2	PVC	150	0,66	0,1 - 2,5	7,765	0 - 15	Memenuhi
P-32	1,25	PVC	150	0,54	0,1 - 2,5	11,204	0 - 15	Memenuhi
P-33	1,5	PVC	150	0,79	0,1 - 2,5	14,074	0 - 15	Memenuhi
P-34	1,25	PVC	150	0,46	0,1 - 2,5	8,421	0 - 15	Memenuhi
P-35	1,5	PVC	150	0,58	0,1 - 2,5	8,041	0 - 15	Memenuhi
P-36	1,25	PVC	150	0,58	0,1 - 2,5	12,731	0 - 15	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan WaterCAD V8i

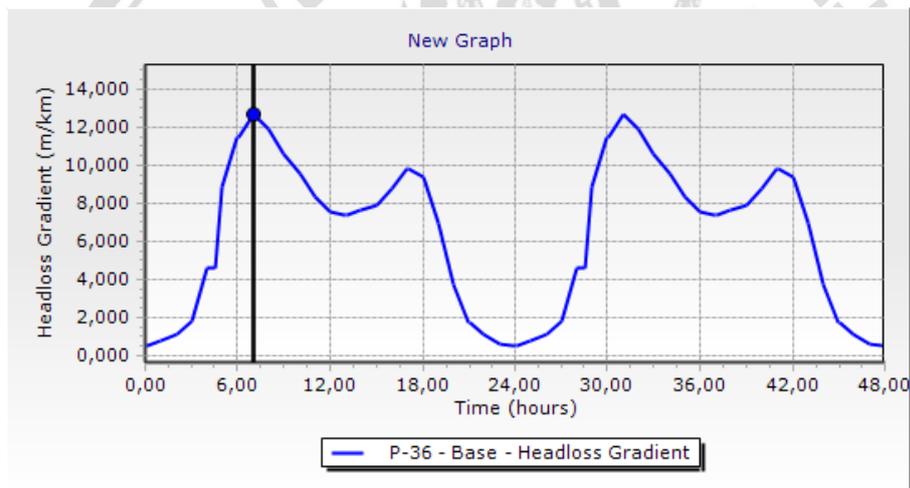
Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan Program *WaterCAD V8i*, dapat diketahui:

- Kecepatan aliran pada (P-36) berkisar antara 0,10 – 0,58 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada pukul 07.00 sebesar 0,58 m/detik, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada pukul 00.00 sebesar 0,10 m/detik. Luas penampang yang berbeda dan debit yang berubah tiap jamnya menyebabkan kecepatan aliran yang terjadi juga akan berubah.



Gambar 4.2 Fluktuasi Kecepatan pada P-36
Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD V8i

- *Headloss gradient* yang terjadi pada pipa (P-36) berkisar antara 0,538 – 12,73 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 07.00 sebesar 12,73 m/km sedangkan *headloss gradient* terkecil terjadi pada pukul 00.00 sebesar 0,538 m/km. Peningkatan atau penurunan nilai *headloss gradient* dipengaruhi oleh besarnya nilai kecepatan.



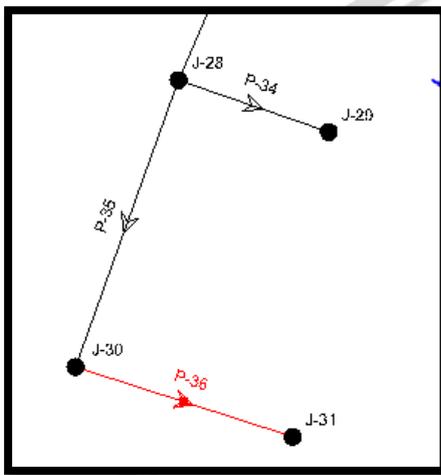
Gambar 4.3 Fluktuasi *Headloss gradient* pada P-36
Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD V8i

Dari Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi pipa air bersih pada pencanaan jaringan pipa memenuhi kriteria. Dimana kriteria untuk *Headloss Gradient* 0 m/km-15 m/km, sedangkan kriteria kecepatan adalah 0,1 m/dt-2,5 m/dt. Faktor yang mempengaruhi *Headloss Gradient* dan kecepatan pada pipa adalah debit kebutuhan, diameter pipa, serta koefisien kekasaran pipa. *Headloss Gradient* yang terjadi akan proporsional dengan kecepatan aliran di dalam pipa. Sehingga semakin besar kecepatan aliran pada pipa maka akan semakin besar pula nilai *Headloss Gradient* di pipa tersebut. Apabila menggunakan pipa dengan diameter yang semakin besar, maka semakin kecil nilai *Headloss Gradient* dan kecepatan. Begitu juga sebaliknya, apabila menggunakan pipa

dengan diameter yang semakin kecil, maka semakin besar nilai *Headloss Gradient* dan kecepatan. Bila dikaitkan dengan kebutuhan air, semakin besar kebutuhan air yang diperlukan maka semakin besar pula nilai *Headloss Gradient* dan kecepatan.

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, *Headloss Gradient* terbesar pada Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang adalah saat jam puncak yaitu sebesar 14,074 m/km dan kecepatan tertinggi 0,89 m/dt. Sedangkan nilai *Headloss Gradient* terkecil adalah pada jam rendah yaitu 0,18 m/km dan kecepatan terkecil 0,10 m/dt.

Selain dilakukan perhitungan menggunakan Program *WaterCAD V8i*, dilakukan juga perhitungan secara manual untuk mencocokkan hasil simulasi. Berikut contoh perhitungan kecepatan pada P-36 pada jam ke 00.00 :



Gambar 4.4 Titik Contoh Pipa P-36
Sumber : Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} &= 0,30 \text{ lt/detik} \\
 \text{Panjang pipa (L)} &= 70 \text{ m} \\
 \text{Diameter pipa} &= 1,25 \text{ inch} = 0,032 \text{ m} \\
 Q_{\text{outflow jam ke 00.00}} &= Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \textit{Continuous Multiplayer} \\
 &= 0,30 \times ((0,25 + 0,31)/2) \\
 &= 0,084 \text{ l/detik} \\
 &= 0,000084 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 H_{f\text{kehilangan energi}} &= \frac{10,7 \times L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} \times Q^{1,85} \\
 &= \frac{10,7 \times 70}{150^{1,85} \cdot 0,032^{4,87}} \times (0,000084)^{1,85} \\
 &= 0,038 \text{ m} \\
 R &= A/P
 \end{aligned}$$

$$= (1/4 \times \mu \times D^2) / (\mu \times D)$$

$$= (1/4 \times 3,14 \times 0,032^2) / (3,14 \times 0,032)$$

$$= 0,008$$

$$S = H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L$$

$$= 0,038 / 70$$

$$= 0,00054 \text{ m}$$

$$V = 0,85 \times C \times R^{0,63} \times S^{0,54}$$

$$= 0,85 \times 150 \times 0,008^{0,63} \times 0,00054^{0,54}$$

$$= 0,10 \text{ m/detik}$$

$$\text{Headloss Gradient} = H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L$$

$$= 0,038 / 70$$

$$= 0,00054 \text{ m/m}$$

$$= 0,54 \text{ m/km}$$

Dari hasil perhitungan manual diatas dapat diketahui pada P-36 jam ke 00.00 memiliki nilai kecepatan sebesar 0,10 m/detik dan *headloss gradient* sebesar 0,54 m/km yang dimana hasil tersebut sama dengan hasil dari simulasi yang dilakukan menggunakan Program *WaterCAD V8i*.

4.4.3 Kondisi Titik Simpul

Berikut ini hasil simulasi pada titik simpul menggunakan program *WaterCAD V8i* pada tahun 2037.

Tabel 4.14
Hasil Simulasi *Junction* pada jam ke 00.00

Label	Elevasi (m)	Tinggi Hidrolis (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
J-1	188	216,76	2,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-2	187	217,4	2,9	0,5 - 8	Memenuhi
J-3	185	217,45	3,1	0,5 - 8	Memenuhi
J-4	184	217,42	3,2	0,5 - 8	Memenuhi
J-5	177	217,08	3,9	0,5 - 8	Memenuhi
J-6	179	216,78	3,6	0,5 - 8	Memenuhi
J-7	177	216,3	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-8	177	216,29	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-9	177	216,28	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-10	177	216,25	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-11	177	216,25	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-12	177	216,17	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-13	177	216,21	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-14	177	216,18	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-15	177	216,18	3,8	0,5 - 8	Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.14 Hasil Simulasi *Junction* pada jam ke 00.00

Label	Elevasi (m)	Tinggi Hidrolis (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
J-16	177	216,15	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-17	177	216,15	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-18	177	216,13	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-19	175	216,02	4	0,5 - 8	Memenuhi
J-20	177	216,14	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-21	177	216,07	3,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-22	176	216,11	3,9	0,5 - 8	Memenuhi
J-23	175	216,03	4	0,5 - 8	Memenuhi
J-24	176	216,03	3,9	0,5 - 8	Memenuhi
J-25	173	216	4,2	0,5 - 8	Memenuhi
J-26	176	216,03	3,9	0,5 - 8	Memenuhi
J-27	175	215,99	4	0,5 - 8	Memenuhi
J-28	174	215,99	4,1	0,5 - 8	Memenuhi
J-29	175	215,98	4	0,5 - 8	Memenuhi
J-30	174	215,97	4,1	0,5 - 8	Memenuhi
J-31	174	215,93	4	0,5 - 8	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Tabel 4.15
Hasil Simulasi *Junction* pada jam ke 07.00

Label	Elevasi (m)	Tinggi Hidrolis (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
J-1	188	198,46	1	0,5 - 8	Memenuhi
J-2	187	213,62	2,6	0,5 - 8	Memenuhi
J-3	185	214,71	2,9	0,5 - 8	Memenuhi
J-4	184	213,97	2,9	0,5 - 8	Memenuhi
J-5	177	206,11	2,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-6	179	198,81	1,9	0,5 - 8	Memenuhi
J-7	177	187,5	1	0,5 - 8	Memenuhi
J-8	177	187,4	1	0,5 - 8	Memenuhi
J-9	177	187,09	1	0,5 - 8	Memenuhi
J-10	177	186,32	0,9	0,5 - 8	Memenuhi
J-11	177	186,43	0,9	0,5 - 8	Memenuhi
J-12	177	184,5	0,7	0,5 - 8	Memenuhi
J-13	177	185,36	0,8	0,5 - 8	Memenuhi
J-14	177	184,73	0,7	0,5 - 8	Memenuhi
J-15	177	184,62	0,7	0,5 - 8	Memenuhi
J-16	177	184	0,7	0,5 - 8	Memenuhi
J-17	177	184,06	0,7	0,5 - 8	Memenuhi
J-18	177	183,57	0,6	0,5 - 8	Memenuhi
J-19	175	180,83	0,6	0,5 - 8	Memenuhi
J-20	177	183,72	0,6	0,5 - 8	Memenuhi
J-21	177	182,12	0,5	0,5 - 8	Memenuhi

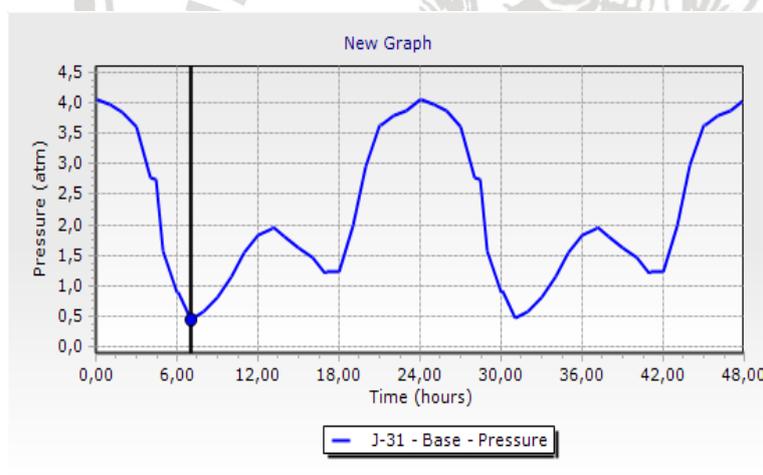
Lanjutan Tabel 4.15 Hasil Simulasi *Junction* pada jam ke 07.00

Label	Elevasi (m)	Tinggi Hidrolis (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
J-22	176	183,02	0,7	0,5 - 8	Memenuhi
J-23	175	181,26	0,6	0,5 - 8	Memenuhi
J-24	176	181,19	0,5	0,5 - 8	Memenuhi
J-25	173	180,58	0,7	0,5 - 8	Memenuhi
J-26	176	181,11	0,5	0,5 - 8	Memenuhi
J-27	175	180,15	0,5	0,5 - 8	Memenuhi
J-28	174	180,3	0,6	0,5 - 8	Memenuhi
J-29	175	179,93	0,5	0,5 - 8	Memenuhi
J-30	174	179,65	0,5	0,5 - 8	Memenuhi
J-31	174	178,76	0,5	0,5 - 8	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan Program *WaterCAD V8i*, dapat diketahui:

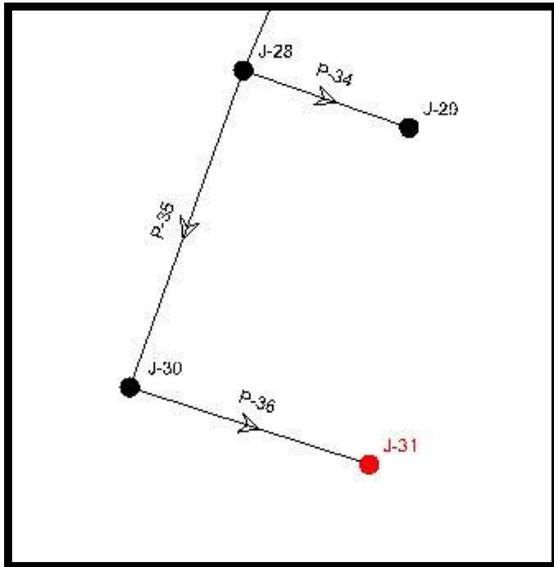
- Pada contoh titik simpul J-31 terjadi tekanan maksimum pada saat kebutuhan air minimum yaitu pukul 00.00 sebesar 4 atm, sedangkan tekanan minimum terjadi pada pukul 07.00 sebesar 0,5 atm. Hasil tersebut sesuai dengan kriteria perencanaan.



Gambar 4.5 Fluktuasi Tekanan pada J-31

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Selain hasil perhitungan berdasarkan Program *WaterCAD V8i*, berikut terdapat contoh perhitungan *Headloss Gradient* dan tekanan dari Tandon Dieng pada jaringan distribusi air bersih secara manual pada J-31 pada jam ke 00.00:



Gambar 4.6 Titik Contoh Junction 31
Sumber : Hasil Perhitungan Program WaterCAD V8i
Diketahui:

$$\text{Elevasi Junction 31} = +174 \text{ m}$$

$$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} = 0,30 \text{ l/detik}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{outflow jam ke 00.00}} &= Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \text{Continuous Multiplayer} \\ &= 0,30 \times ((0,25 + 0,31)/2) \\ &= 0,084 \text{ l/detik} \\ &= 0,000084 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$C_{hw} (C) = 150$$

$$\text{Panjang pipa (L)} = 70 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 1,25 \text{ inch} = 0,032 \text{ m}$$

Penyelesaian:

- $k = \frac{10,7 \times L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} = \frac{10,7 \times 70}{150^{1,85} \cdot 0,032^{4,87}} = 1344722$
- $h_f = k \cdot Q^{1,85} = 1344722 \times (0,000084)^{1,85} = 0,038 \text{ m}$
- $\text{Headloss Gradient} = H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L$
 $= 0,038 / 70$
 $= 0,54 \text{ m/km}$

Jadi, *Headloss Gradient* dari titik simpul J-31 pada jam ke 00.00 adalah sebesar 0,54 m/km.

$$\begin{aligned} \text{Tekanan} &= \text{Hydraulic Grade} - \text{Elevasi junction} - H_f - \text{Pressure loss} \\ &= 215,94 - 174 - 0,038 - 0,2 \\ &= 41,702 \text{ mH}^2\text{O} = 4 \text{ atm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 dapat diketahui bahwa hasil simulasi tekanan pada perencanaan jaringan distribusi air bersih telah memenuhi kriteria yaitu antara 0,5 atm hingga 8 atm. Tekanan mempunyai peranan penting pada teknis aliran air bersih di dalam jaringan pipa. Faktor yang mempengaruhi tekanan adalah besar kebutuhan air, jenis pipa, diameter pipa dan panjang pipa. Tekanan air yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah dapat mengakibatkan hal yang tidak baik. Karena apabila tekanan kurang dari 0,5 atm menyebabkan tekanan air tidak bisa mengalirkan air bersih hingga ke daerah layanan, sedangkan bila tekanan air melebihi 8 atm maka dapat menyebabkan kebocoran pada sistem jaringan pipa dan pecahnya pipa.

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, memiliki tekanan terendah yang terjadi pada saat jam puncak dengan tekanan sebesar 0,5 atm. Rendahnya tekanan air diakibatkan karena banyaknya kebutuhan air saat jam puncak. Sedangkan tekanan tertinggi pada perumahan ini terjadi saat penggunaan air rendah dengan tekanan sebesar 4,1 atm.

4.5. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Perencanaan Distribusi Air Bersih

Dalam studi ini dibahas mengenai rencana anggaran biaya untuk perencanaan jaringan distribusi air bersih pada Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang. Daftar harga satuan bahan dan harga satuan pekerjaan mengacu pada harga satuan PDAM Kabupaten Malang (terlampir) dan perhitungan harga pekerjaan mengacu kepada AHSP PU Ciptakarya tahun 2018. Berikut adalah perhitungan rencana anggaran biaya yang disajikan dalam tabel.

Jenis Pekerjaan : Penggalan 1 m³ tanah biasa sedalam 1 m

Satuan : m³

Tabel 4.16
Penggalan 1 m³ tanah biasa sedalam 1 m

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,4	90.000	36.000
2	Mandor	OH	0,04	126.500	5.060
JUMLAH TENAGA KERJA					41.060
B BAHAN					
JUMLAH HARGA BAHAN					—
C PERALATAN					
JUMLAH HARGA PERALATAN					—
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp 41.060

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pengurangan 1 m³ tanah biasa sedalam 1 m

Satuan : m³

Tabel 4.17

Pengurangan 1 m³ tanah biasa sedalam 1 m

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,2	90.000	18.000
2	Mandor	OH	0,05	126.500	6.325
JUMLAH TENAGA KERJA					24.325
B BAHAN					
JUMLAH HARGA BAHAN					-
C PERALATAN					
JUMLAH HARGA PERALATAN					-
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp 24.325

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pengurangan 1 m³ pasir urug

Satuan : m³

Tabel 4.18

Pengurangan 1 m³ pasir urug

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,3	90.000	27.000
2	Mandor	OH	0,01	126.500	1.265
JUMLAH TENAGA KERJA					28.265
B BAHAN					
1	Pasir Urug	m ³	1,2	255.000	306.000
JUMLAH HARGA BAHAN					-
C PERALATAN					
JUMLAH HARGA PERALATAN					-
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp 334.265

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemadatan 1 m³ tanah biasa sedalam 1 m

Satuan : m³

Tabel 4.19

Pemadatan 1 m³ tanah biasa sedalam 1 m

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,25	90.000	22.500

Lanjutan Tabel 4.19 Pemasangan 1 m³ tanah biasa sedalam 1 m

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A					
TENAGA					
2	Mandor	OH	0,025	126.500	3.163
JUMLAH TENAGA KERJA					25.663
B					
BAHAN					
JUMLAH HARGA BAHAN					-
C					
PERALATAN					
JUMLAH HARGA PERALATAN					-
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp25.663

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC AW 4 inch (4 meter)

Satuan : meter

Tabel 4.20

Pemasangan Pipa PVC AW 4 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A					
TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,081	90.000	7.290
2	Mandor	OH	0,004	126.500	506
3	Kepala tukang Pipa	OH	0,0135	110.000	1.485
JUMLAH TENAGA KERJA					9.281
B					
BAHAN					
1	Pipa PVC AW 4 inch (4 meter)	M	1,2	91.200	109.440
JUMLAH HARGA BAHAN					109.440
C					
PERALATAN					
1	Perlengkapan pipa		35% Harga pipa	91.200	31.920
JUMLAH HARGA PERALATAN					31.920
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp 150.641

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC AW 2,5 inch (4 meter)

Satuan : meter

Tabel 4.21

Pemasangan Pipa PVC AW 2,5 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A					
TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,081	90.000	7.290
2	Mandor	OH	0,004	126.500	506
3	Kepala tukang Pipa	OH	0,0135	110.000	1.485
JUMLAH TENAGA KERJA					9.281

Lanjutan Tabel 4.21 Pemasangan Pipa PVC AW 2,5 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
B BAHAN					
1	Pipa PVC AW 2,5 inch (4 meter)	M	1,2	43.800	52.560
JUMLAH HARGA BAHAN					52.560
C PERALATAN					
1	Perlengkapan pipa		35% Harga pipa	43.800	15.330
JUMLAH HARGA PERALATAN					15.330
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp67.890

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC AW 2 inch (4 meter)

Satuan : meter

Tabel 4.22

Pemasangan Pipa PVC AW 2 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,054	90.000	4.860
2	Mandor	OH	0,003	126.500	380
3	Kepala tukang Pipa	OH	0,009	110.000	990
JUMLAH TENAGA KERJA					6.230
B BAHAN					
1	Pipa PVC AW 2 inch (4 meter)	M	1,2	34.100	40.920
JUMLAH HARGA BAHAN					40.920
C PERALATAN					
1	Perlengkapan pipa		35% Harga pipa	34.100	11.935
JUMLAH HARGA PERALATAN					11.935
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp 59.085

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC AW 1,5 inch (4 meter)

Satuan : meter

Tabel 4.23

Pemasangan Pipa PVC AW 1,5 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,054	90.000	4.860
2	Mandor	OH	0,003	126.500	380
3	Kepala tukang Pipa	OH	0,009	110.000	990
JUMLAH TENAGA KERJA					6.230

Lanjutan Tabel 4.23 Pemasangan Pipa PVC AW 1,5 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
B BAHAN					
1	Pipa PVC AW 1,5 inch (4 meter)	M	1,2	23.000	27.600
JUMLAH HARGA BAHAN					27.600
C PERALATAN					
1	Perlengkapan pipa		35% Harga pipa	23.000	8.050
JUMLAH HARGA PERALATAN					8.050
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp35.650

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC AW 1,25 inch (4 meter)

Satuan : meter

Tabel 4.24

Pemasangan Pipa PVC AW 1,25 (4 meter)

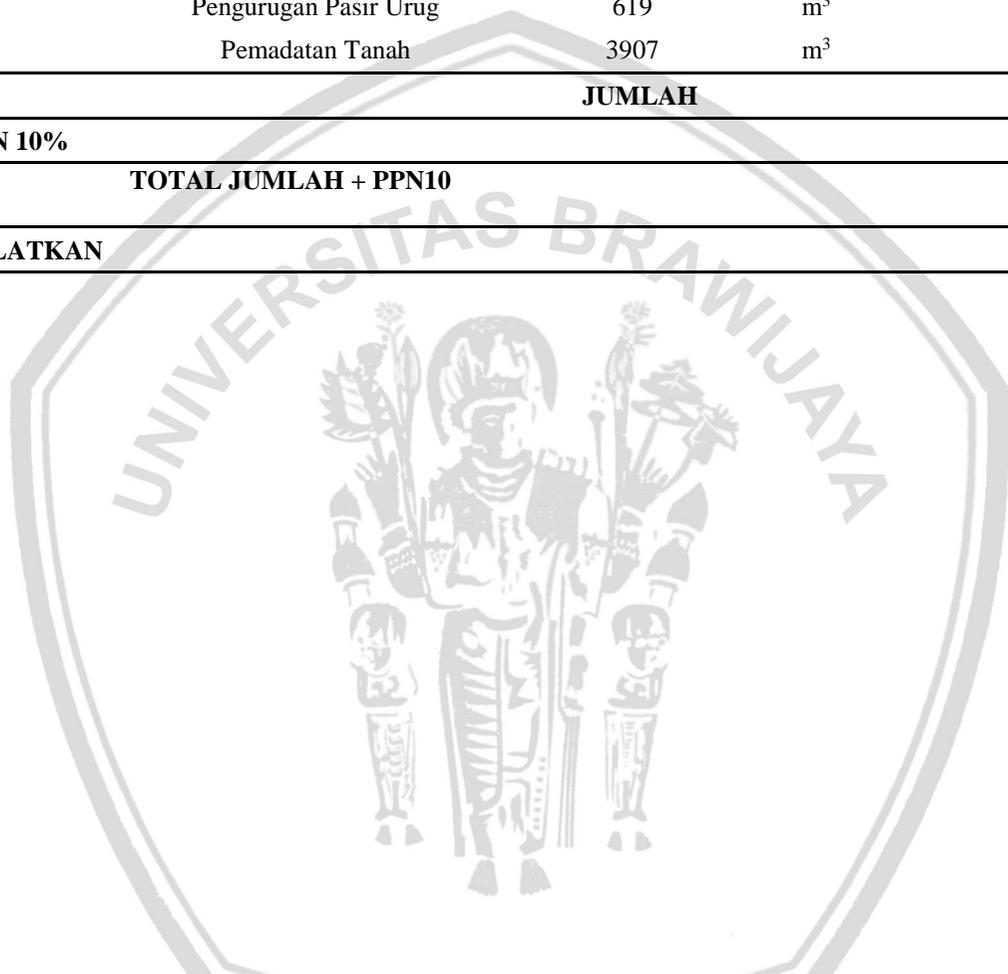
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,036	90.000	3.240
2	Mandor	OH	0,002	126.500	253
3	Kepala tukang Pipa	OH	0,006	110.000	660
JUMLAH TENAGA KERJA					4.153
B BAHAN					
1	Pipa PVC AW 1,25 inch (4 meter)	M	1,2	15.900	19.080
JUMLAH HARGA BAHAN					19.080
C PERALATAN					
1	Perlengkapan pipa		35% Harga pipa	15.900	5.565
JUMLAH HARGA PERALATAN					5.565
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp 28.798

Sumber : Hasil Perhitungan

Lanjutan Tabel 4.25 Rencana Anggaran Biaya Perencanaan Distribusi Air Bersih di Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang

RENCANA ANGGARAN BIAYA
PERENCANAAN JARINGA PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH
DI DESA KEMIRI KECAMATAN KEPANJEN KABUPATEN MALANG

Nama kegiatan		Perencanaan Jaringa Pipa Distribusi Air Bersih			
Lokasi		Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang			
No	Jenis Pekerjaan	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
II	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	5162	m ³	Rp41.060	Rp211.943.508
2	Pengurugan Tanah Biasa	2478	m ³	Rp24.325	Rp60.269.177
3	Pengurugan Pasir Urug	619	m ³	Rp334.265	Rp207.049.089
4	Pemadatan Tanah	3907	m ³	Rp25.663	Rp79.478.816
JUMLAH					Rp839.602.654
PPN 10%					Rp83.960.265
TOTAL JUMLAH + PPN10					Rp923.562.920
%					Rp923.562.920
DIBULATKAN					Rp923.563.000



Tabel 4.25

Rencana Anggaran Biaya Perencanaan Distribusi Air Bersih di Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang

**PERENCANAAN JARINGA PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH
DI DESA KEMIRI KECAMATAN KEPANJEN KABUPATEN MALANG**

No	Nama kegiatan Lokasi	Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang					Jumlah
		Jenis Pekerjaan	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan		
A.	PENGADAAN PIPA DAN AKSESORIS PIPA						
I	Pipa dan Aksesoris Pipa						
1	Pengadaan Pipa PVC AW 4 inch (4 meter)	1516	Buah	Rp	150.641	Rp	228.371.756
2	Pengadaan Pipa PVC AW 2,5 inch (4 meter)	88	Buah	Rp	77.171	Rp	6.752.463
3	Pengadaan Pipa PVC AW 2 inch (4 meter)	171	Buah	Rp	59.085	Rp	10.103.450
4	Pengadaan Pipa PVC AW 1,5 inch (4 meter)	35	Buah	Rp	41.880	Rp	1.444.843
5	Pengadaan Pipa PVC AW 1,25 inch (4 meter)	342	Buah	Rp	28.798	Rp	9.841.717
7	Socket PVC 4 inch	379	Buah	Rp	56.300	Rp	21.337.700
8	Socket PVC 2,5 inch	22	Buah	Rp	22.700	Rp	496.563
9	Socket PVC 2 inch	43	Buah	Rp	11.700	Rp	500.175
10	Socket PVC 1,5 inch	9	Buah	Rp	7.400	Rp	63.825
11	Socket PVC 1,25 inch	85	Buah	Rp	5.200	Rp	444.275
12	Elbow PVC 2 inch	1	Buah	Rp	23.100	Rp	23.100
13	Elbow PVC 1,5 inch	1	Buah	Rp	15.000	Rp	15.000
14	Elbow PVC 1,25 inch	3	Buah	Rp	9.400	Rp	28.200
15	Tee 4 inch	4	Buah	Rp	102.100	Rp	408.400
16	Tee 2 inch	4	Buah	Rp	22.000	Rp	88.000
17	Double Tee 4 inch x 4 inch	2	Buah	Rp	84.500	Rp	169.000
18	Reducer 4 inch x 2,5 inch	4	Buah	Rp	50.000	Rp	200.000
19	Reducer 4 inch x 2 inch	10	Buah	Rp	44.900	Rp	449.000
20	Reducer 2 inch x 1,5 inch	2	Buah	Rp	10.400	Rp	20.800
21	Reducer 2 inch x 1,25 inch	10	Buah	Rp	9.700	Rp	97.000
22	Reducer 1,5 inch x 1,25 inch	1	Buah	Rp	6.800	Rp	6.800

4.6 Analisa Ekonomi

4.6.1 Analisa Biaya (*Cost*)

Dalam analisa biaya dikelompokkan dalam 2 kelompok, yaitu Biaya modal (*Capital Cost*) dan Biaya tahunan (*Annual Cost*). Komponen biaya yang digunakan pada analisa yaitu berupa biaya konstruksi, biaya oprasional dan pemeliharaan.

4.6.1.1 *Capital Cost*

Biaya modal terdiri dari 2 macam biaya yaitu biaya langsung dan tidak langsung.

a. *Direct Cost*

Biaya langsung adalah biaya yang berkaitan langsung dengan volume pekerjaan yang menjadi komponen permanen hasil proyek. Sedangkan biaya konstruksi merupakan seluruh biaya yang digunakan untuk pembangunan dalam proyek ini.

Tabel 4.26

Biaya Langsung Jaringan Pipa

No	Uraian Kegiatan	Total Harga (Rp)	
1	Pengadaan Pipa & Aksesoris Pipa Desa Kemiri	Rp	839.602.654
2	Pengadaan Pipa & Aksesoris Pipa Desa Sukorejo	Rp	864.769.217
3	Pengadaan Pipa & Aksesoris Pipa Desa Sukoraharjo	Rp	1.266.397.766
Total		Rp	2.970.769.637
PPN 10%		Rp	297.076.964
Total + PPN 10%		Rp	3.267.846.601

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel 4.26 didapatkan biaya konstruksi distribusi air bersih di 3 desa yaitu sebesar Rp.3.627.846.601

b. *Indirect Cost*

Biaya tak langsung adalah biaya yang tidak terkait dengan besaran volume komponen fisik hasil akhir proyek, akan tetapi mempunyai kontribusi terhadap penyelesaian kegiatan proyek.

Biaya tak langsung dari pekerjaan proyek ini terdiri dari (Kodoatie, 1995, p.72) :

- Biaya Engineering (5% dari biaya konstruksi)
- Biaya Administrasi (2,5% dari biaya konstruksi)
- Biaya Tak Terduga (5% dari biaya konstruksi)

Perhitungan biaya modal untuk seluruh perencanaan adalah sebagai berikut :

- a) Biaya kostruksi : Rp.2.970.769.637
- b) Biaya administrasi : 2,5% x Rp.2.970.769.637
: Rp.74.269.241
- c) Biaya konsultan pengawas : 5% x Rp2.970.769.637
: Rp.148.528.482

- d) Biaya tak terduga : 5% x Rp.2.970.769.637
: Rp.148.528.482

Berikut ini adalah detail biaya tidak langsung, dapat dilihat pada Tabel 4.24

Tabel 4.27

Biaya Tidak Langsung Jaringan Pipa

No	Uraian Kegiatan	Total Harga
1	Biaya Konstruksi	Rp 2.970.769.637
2	Biaya Administrasi	Rp 74.269.241
3	Biaya konsultan pengawas	Rp 148.538.482
4	Biaya tak terduga	Rp 148.538.482
Total		Rp 3.342.115.842
PPN 10%		Rp 334.211.584
Total + PPN 10%		Rp 3.676.327.426

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.27 dapat diketahui bahwa biaya konstruksi sebesar Rp.3.676.327.426 untuk perhitungan selanjutnya yaitu menghitung biaya modal tahunan yang dikalikan dengan faktor bunga kredit Bank BRI. Bunga yang digunakan adalah 9,75%. Perhitungan biaya modal tahunan akan ditampilkan sebagai berikut :

Tabel 4.28

Analisa Biaya Modal Tahunan

Tahun	Biaya (Rp)	Faktor Konversi	Biaya Pertahun
2017	Rp 3.676.327.426	(F/P), 9,75,1)	1,0975
2018	Rp 3.676.327.426	(A/P),9,75,20)	0,1155 Rp 466.015.860

Sumber : Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya} &= \text{Rp.466.015.860} \\
 (\text{F/P}, 4,25;1) &= 1,0975 \\
 (\text{A/P}, 4,5:20) &= 0,1155 \\
 \text{Biaya pertahun} &= \text{biaya modal tahunan} \times (\text{F/P}), 9,75,1) \times (\text{A/P}), 9,75,20) \\
 &= \text{Rp } 3.676.327.426 \times 1,0975 \times 0,1155 \\
 &= \text{Rp.466.015.860}
 \end{aligned}$$

4.6.1.2 Annual Cost

Biaya tahunan adalah biaya yang dikeluarkan pemilik/investor setelah proyek selesai dibangun dan mulai dimanfaatkan. biaya tahunan dikeluarkan selama usia guna rencana proyek yang dibuat pada waktu perencanaan. Berikut ini merupakan biaya operasional dan pemeliharaan.

Tabel 4.29
Biaya Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Pipa

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah	Waktu (Bulan)	Harga Satuan (Rp)		Jumlah	
A Honor							
1	Petugas Lapangan	3	12	Rp	1.500.000	Rp	54.000.000
B Biaya Operasional							
1	Listrik	610	12	Rp	1.352	Rp	9.896.640
2	Oli	1	12	Rp	85.000	Rp	1.020.000
3	Aksesoris Listrik dan Mesin	1	12	Rp	600.000	Rp	7.200.000
4	Perbaikan ringan	1	12	Rp	500.000	Rp	6.000.000
5	Meteran	1	12	Rp	100.000	Rp	1.200.000
6	Bahan Bakar	1	12	Rp	100.000	Rp	1.200.000
C Biaya Pemeliharaan Rutin							
1	Pengecekan Pompa	1	3	Rp	500.000	Rp	1.500.000
2	Pengecekan Pipa dan Aksesoris Pipa	1	3	Rp	500.000	Rp	1.500.000
3	Pembersihan Menara Air	1	3	Rp	500.000	Rp	1.500.000
4	Pengecekan Genset	1	3	Rp	500.000	Rp	1.500.000
Total						Rp	86.516.640

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.29 merupakan tabel pekerjaan biaya operasional dan pemeliharaan jaringan distribusi air bersih. Biaya operasional mencakup komponen-komponen pada jaringan pipa yaitu tandon, genset, pompa, dll. Dari tabel 4.29 didapatkan biaya operasional dan pemeliharaan sebesar Rp.85.516.640. Setelah dilakukan perhitungan biaya operasional dan biaya pemeliharaan maka akan dilakukan perhitungan total rencana.

Tabel 4.30
Biaya Total Rencana

Tahun	Biaya Modal		Biaya O&P		Total Biaya Tahunan	
2017	Rp	466.015.860			Rp	466.015.860
2018	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500
2019	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500
2020	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500
2021	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500
2022	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500
2023	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500
2024	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500
2025	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500
2026	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500
2027	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500
2028	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500
2029	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500
2030	Rp	466.015.860	Rp	86.516.640	Rp	552.532.500

Lanjutan Tabel 4.30 Biaya Total Rencana

Tahun	Biaya Modal	Biaya O&P	Total Biaya Tahunan
2031	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2032	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2033	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2034	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2035	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2036	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2037	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.30 didapatkan biaya modal pada tahun pertama yaitu tahun 2017 sebesar Rp.466.015.860 dikarenakan pada tahun pertama tidak adanya biaya operasional tetapi pada tahun 2018 sampai tahun 2037 biaya modal meningkat dikarenakan adanya penambahan dari biaya oprasional dan pemeliharaan yaitu sebesar Rp.552.532.500

Contoh Perhitungan :

Biaya modal = Rp.466.015.860

Biaya O & P = Rp.86.514.640

Total biaya tahunan = Biaya modal + Biaya O & P
 = Rp.466.015.860 + 86.514.640
 = Rp.552.532.500

4.6.2 Analisa *Benefit*

Manfaat dari sebuah proyek adalah semua pemasukan keuntungan yang diperoleh selama umur proyek tersebut. Manfaat dari suatu proyek terdiri dari manfaat langsung dan manfaat tidak langsung. Apabila ditinjau dari dapat tidaknya dinilai dengan uang, maka manfaat proyek dapat dibedakan menjadi manfaat nyata dan tidak nyata (Suryanto, 2001:p85).

4.6.2.1 *Direct Benefit*

Manfaat langsung dari proyek ini dapat diperoleh dari perhitungan total kebutuhan air bersih dikali dengan harga air ketika $B = C$. Berikut ini adalah contoh perhitungan manfaat dari hasil penjualan air bersih pada tahun 2017 dengan pelayanan penduduk 100%.

- Total kebutuhan air rata-rata = 564652,08 m³/tahun
- Kehilangan air = 112930,416 m³/tahun
- Total kebutuhan air = Total kebutuhan air rata-rata – Kehilangan air
 = 564652,08 - 112930,416
 = 451721,664
- Parameter yang dipakai B/C = 1 sehingga $B = C$

- Total biaya tahunan	= Rp.552.532.500
- Harga air	= Total biaya tahunan / Total kebutuhan air = Rp.552.532.500/ 451721,664 =Rp. 1.223
-Total manfaat harga air minimum	= Total kebutuhan air x harga air = 451721,664 x Rp. 1.223 = Rp.552.532.500

4.6.2.2 *Indirect Benefit*

Manfaat tidak langsung merupakan manfaat yang dapat dinikmati secara berangsur-angsur dan dalam jangka waktu yang lama dan panjang, Manfaat tidak langsung dari proyek ini diantaranya adalah dapat memenuhi kebutuhan air bersih daerah layanan.

4.6.2.3 *Tangible Benefit*

Manfaat nyata merupakan manfaat atau nilai tambah yang dapat dinilai dengan uang. Manfaat nyata dari proyek ini adalah dari penjualan air bersih yang mana PDAM sebagai pengelolanya.

4.6.2.4 *Intangible Benefit*

Manfaat tidak nyata dari proyek ini adalah keuntungan yang tidak selalu dinilai dengan uang, seperti :

- Meningkatkan kualitas hidup penduduk Desa Kemiri, Desa Sukorejo dan Desa Sukoraharjo.
- Muncul rasa puas jika kebutuhan air bersih untuk daerah layanan terpenuhi dengan baik.

4.6.3 Analisa Ekonomi Harga Air

4.6.3.1 *Benefit Cost Ratio (BCR)*

Benefit cost ratio (BCR) adalah suatu metode yang digunakan pada saat awal inventasi, biasanya digunakan untuk menentukan alternatif dalam perbandingan aspek manfaat yang akan diperoleh dengan aspek biaya yang akan di tanggung dengan adanya suatu inventasi.

Berikut contoh perhitungan $BCR > 1$ dengan tingkat bunga 9,75% :

- Total biaya konstruksi = Rp.3.676.327.426
- Biaya O & P = Rp.552.532.500
- Total kebutuhan air rata-rata = 564652,08 m³/tahun
- Total kehilangan air = 112930,416 m³/tahun
- Total kebutuhan air = 451721,664 m³/tahun
- Harga air = Rp.1.500 (Penetapan dari PDAM)

- Total manfaat = Total kebutuhan air x harga air
= 451721,664 m³/tahun x Rp.1.500
= Rp 677.582.496/tahun

Nilai biaya modal tahunan dengan suku bunga 9,75% = Rp.466.015.860

- O & P = Rp.86.514.640
- Total nilai biaya modal tahunan = Rp.466.015.860 + Rp.86.514.640
= Rp.552.532.500
- Total manfaat air bersih = Rp 677.582.496
- Sehingga :

$$\begin{aligned} B/C &= \frac{\text{annual benefit}}{\text{annual cost}} \\ &= \frac{\text{Rp.677.582.496}}{\text{Rp.522.532.500}} \\ &= 1,22 \end{aligned}$$

Karena nilai BCR > 1 maka dapat dikatakan bahwa proyek ini layak secara ekonomi.

Selanjutnya untuk perhitungan BCR dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.31

Total manfaat menggunakan bunga 9,75%

Uraian	Tahun ke		Tingkat Bunga 9,75 %			B/C
	1	2 s/d 21	Angka Konversi	Nilai Sekarang	Total	
Biaya Konstruksi	Rp 3.676.327.426		1,0975	Rp 466.015.860	Rp 552.532.500	1,23
Biaya O&P		Rp 86.516.640	0,1155	Rp 86.516.640		
Manfaat Air Bersih		Rp 677.582.496		Rp 677.582.496		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.32

Total manfaat menggunakan bunga 10%

Uraian	Tahun ke		Tingkat Bunga 10 %			B/C
	1	2 s/d 21	Angka Konversi	Nilai Sekarang	Total	
Biaya Konstruksi	Rp 3.676.327.426		1,1	Rp 475.165.320	Rp 561.681.960	1,21
Biaya O&P		Rp 86.516.640	0,118	Rp 86.516.640		
Manfaat Air Bersih		Rp 677.582.496		Rp 677.582.496		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.33
Total manfaat menggunakan bunga 11%

Uraian	Tahun ke		Tingkat Bunga 11 %			B/C
	1	2 s/d 21	Angka Konversi	Nilai Sekarang	Total	
Biaya Konstruksi	Rp 3.676.327.426		1,11	Rp 512.538.864	Rp 599.055.504	1,13
Biaya O&P		Rp 86.516.640	0,126	Rp 86.516.640		
Manfaat Air Bersih		Rp 677.582.496		Rp 677.582.496	Rp 677.582.496	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.34
Total manfaat menggunakan bunga 12%

Uraian	Tahun ke		Tingkat Bunga 12 %			B/C
	1	2 s/d 21	Angka Konversi	Nilai Sekarang	Total	
Biaya Konstruksi	Rp 3.676.327.426		1,12	Rp 551.331.471	Rp 637.848.111	1,06
Biaya O&P		Rp 86.516.640	0,134	Rp 86.516.640		
Manfaat Air Bersih		Rp 677.582.496		Rp 677.582.496	Rp 677.582.496	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.35
Total manfaat menggunakan bunga 13%

Uraian	Tahun ke		Tingkat Bunga 13 %			B/C
	1	2 s/d 21	Angka Konversi	Nilai Sekarang	Total	
Biaya Konstruksi	Rp 3.676.327.426		1,13	Rp 591.565.199	Rp 678.081.839	1,00
Biaya O&P		Rp 86.516.640	0,142	Rp 86.516.640		
Manfaat Air Bersih		Rp 677.582.496		Rp 677.582.496	Rp 677.582.496	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.36
Total manfaat menggunakan bunga 14%

Uraian	Tahun ke		Tingkat Bunga 14 %			B/C
	1	2 s/d 21	Angka Konversi	Nilai Sekarang	Total	
Biaya Konstruksi	Rp 3.676.327.426		1,14	Rp 632.843.003	Rp 719.359.643	0,94
Biaya O&P		Rp 86.516.640	0,151	Rp 86.516.640		
Manfaat Air Bersih		Rp 677.582.496		Rp 677.582.496	Rp 677.582.496	

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tingkat suku bunga 9,75% - 12% memiliki nilai $B/C > 1$ dapat dikatakan pada bunga 9,75% - 12% proyek layak secara ekonomi, tetapi pada saat suku bunga 13% dan 14% dapat dikatakan proyek tidak layak secara ekonomi dikarenakan memiliki nilai $B/C < 1$.

Tabel 4.37
Rekapitulasi manfaat biaya proyek

Suku Bunga	Manfaat Nilai Tahunan (B)	Nilai Biaya Tahunan (C)	B/C
9,75%	Rp 677.582.496	Rp 552.532.500	1,23
10%	Rp 677.582.496	Rp 561.681.960	1,21
11%	Rp 677.582.496	Rp 599.055.504	1,13
12%	Rp 677.582.496	Rp 637.848.111	1,06
13%	Rp 677.582.496	Rp 678.081.839	1,00
14%	Rp 677.582.496	Rp 719.359.643	0,94

Sumber : Hasil Perhitungan

4.6.3.2 Net Present Value (NPV)

Net present Value adalah selisih antara annual benefit dengan annual cost. Net Present Value ini biasanya digunakan untuk mengetahui manfaat bersih yang diterima dari suatu usaha selama umur proyek yang telah ditentukan. Nilai $B/C > 0$ maka investasi akan menguntungkan namun jika $B/C < 0$ maka invesasi tidak akan menguntungkan.

Contoh perhitungan net present value pada saat bunga 9,75% :

$$\begin{aligned}
 \text{Net present value} &= \text{Annual benefit} - \text{annual cost} \\
 &= \text{Rp.677.582.496} - \text{Rp.552.532.500} \\
 &= \text{Rp.125.049.996}
 \end{aligned}$$

Hasil nilai dari Net Present Value yaitu $\text{Rp.125.049.996} > 0$ artinya investasi bersifat menguntungkan. Di bawah ini merupakan tabel dari beberapa suku bunga.

Tabel 4.38
Nilai NPV dari beberapa suku bunga

Suku Bunga	Manfaat Nilai Tahunan (B)	Nilai Biaya Tahunan (C)	B-C
9,75%	Rp 677.582.496	Rp 552.532.500	125.049.996
10%	Rp 677.582.496	Rp 561.681.960	115.900.536
11%	Rp 677.582.496	Rp 599.055.504	78.526.992
12%	Rp 677.582.496	Rp 637.848.111	39.734.385
13%	Rp 677.582.496	Rp 678.081.839	- 499.343
14%	Rp 677.582.496	Rp 719.359.643	- 41.777.147

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.38 suku bunga 9,75% - 12% dapat diartikan bahwa investasi bersifat menguntungkan karena $B-C > 0$, tetapi ketika suku bunga 13% dan 14% dapat diartikan tidak menguntungkan karena $B-C < 0$.

4.6.3.3 Internal Rate of Return (IRR)

IRR adalah metode yang digunakan untuk mencari suku bunga disaat NPV sama dengan nol. *Internal Rate of Return* harus menggunakan cara dengan trial and error. Contoh perhitungan IRR sebagai berikut :

$$IRR = I' + \frac{(B-C)'}{(B-C)' - (B-C)''} (I'' - I')$$

Dimana :

I' = suku bunga yang memberikan nilai NPV positif = 12%

I'' = suku bunga yang memberikan nilai NPV negatif = 13%

Sehingga :

$$\begin{aligned} IRR &= I' + \frac{(B-C)'}{(B-C)' - (B-C)''} (I'' - I') \\ &= 12\% + \frac{39.734.385}{39.734.385 - (-499.343)} (13\% - 12\%) \\ &= 12,9\% \end{aligned}$$

Tabel 4.38
Perhitungan IRR dengan suku bunga

Suku Bunga	Manfaat Nilai Tahunan (B)	Nilai Biaya Tahunan (C)	B-C	IRR
9,75%	Rp 677.582.496	Rp 552.532.500	125.049.996	
10%	Rp 677.582.496	Rp 561.681.960	115.900.536	
11%	Rp 677.582.496	Rp 599.055.504	78.526.992	
12%	Rp 677.582.496	Rp 637.848.111	39.734.385	12,9%
13%	Rp 677.582.496	Rp 678.081.839	499.343	
14%	Rp 677.582.496	Rp 719.359.643	41.777.147	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai IRR 12,9% dengan suku bunga yang digunakan yaitu suku bunga positif 12% dan suku bunga negatif 13%.

4.6.3.4 Payback Period

Payback period adalah metod yang digunakan untuk mengukur berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi yang dikelarkan melalui keuntungan yang diperoleh. Payback period ini dikembalikan pada saat terjadinya BEP (Break Event Point). Perhitungan payback period dibawah ini menggunakan harga air pada saat B/C > 1 adalah sebagai berikut :

- Biaya konstruksi = Rp.3.767.327.426
- Biaya O & P = Rp.86.516.640
- Total manfaat = Rp 677.582.496
- K(PBP) = $\frac{\text{investasi}}{\text{annual benefit}}$
 $= \frac{\text{Rp.3.67.327.426}}{\text{Rp677.582.496} - \text{Rp86.516.640}}$
 = 6 tahun

Perhitunga payback period dibawah ini menggunakan harga air pada saat B=C.

- Biaya konstruksi = Rp.3.767.327.426



- Biaya O & P = Rp.86.516.640
- Total manfaat = Rp.554.990.118
- K(PBP) = $\frac{\text{investasi}}{\text{annual benefit}}$

$$= \frac{\text{Rp.3.767.327.426}}{\text{Rp554.990.118} - \text{Rp86.516.640}}$$

$$= 7 \text{ tahun}$$

4.6.3.5 Harga Air

Penetapan harga air pada studi ini ditinjau dari kondisi B=C, untuk contoh perhitungannya sebagai berikut :

- Manfaat total tahunan = Rp.554.990.118
- Kebutuhan air = 564652,08 m³/tahun
- Kehilangan air = 112930,416 m³/tahun
- Total kebutuhan air = 451721,664 m³/tahun
- Harga air = $\frac{\text{Manfaat total}}{\text{total kebutuhan air bersih}}$

$$\frac{\text{Rp } 554.990.118}{451721,664}$$

$$= \text{Rp}1.229,-/\text{m}^3$$

Perhitungan harga air pada saat B/C > 1

- Manfaat total tahunan = Rp. 677.582.496
- Kebutuhan air = 564652,08 m³/tahun
- Kehilangan air = 112930,416 m³/tahun
- Total kebutuhan air = 451721,664 m³/tahun
- Harga air = $\frac{\text{Manfaat total}}{\text{total kebutuhan air bersih}}$

$$\frac{\text{Rp } 677.582.496}{451721,664}$$

$$= \text{Rp}1.500,-/\text{m}^3$$

Perhitungan harga air pada saat subsidi biaya pemerintah 100%

- Manfaat total tahunan = Rp.85.516.640
- Kebutuhan air = 564652,08 m³/tahun
- Kehilangan air = 112930,416 m³/tahun
- Total kebutuhan air = 451721,664 m³/tahun
- Harga air = $\frac{\text{Manfaat total}}{\text{total kebutuhan air bersih}}$

$$\frac{\text{Rp.85.516.640}}{451721,664}$$

$$= \text{Rp.}200,-/\text{m}^3$$

Perhitungan harga air pada saat subsidi biaya pemerintah 50%

- Manfaat total tahunan = Rp.319.524.570
- Kebutuhan air = 564652,08 m³/tahun
- Kehilangan air = 112930,416 m³/tahun
- Total kebutuhan air = 451721,664 m³/tahun
- Harga air = $\frac{\text{Manfaat total}}{\text{total kebutuhan air bersih}}$
 $\frac{\text{Rp.}319.254.570}{451721,664}$
 = Rp. 700,-/m³



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan pada perencanaan pipa jaringan distribusi air bersih di Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode proyeksi yang digunakan untuk menghitung proyeksi kebutuhan air bersih dengan menggunakan metode standar deviasi dan koefisien korelasi. Metode yang dipilih adalah metode dengan standar deviasi yang paling kecil dan koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1. Nilai standar deviasi terkecil adalah metode aritmatik dengan hasil 115,707 dan nilai koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1 adalah metode aritmatik dengan hasil 0,968. Sehingga diambil kesimpulan metode proyeksi penduduk yang akan digunakan adalah metode aritmatik.
2. Hasil yang didapat dari perhitungan kebutuhan air bersih, didapatkan debit kebutuhan air rata-rata Desa Kemiri sebesar 4,607 lt/dt, untuk kebutuhan rata-rata total dari 3 desa sebesar 17,905 lt/dt. Dengan menggunakan tandon mampu melayani kebutuhan penduduk Desa Kemiri, Desa Sukorejo dan Desa Sukoraharjo dengan kehilangan air sebesar 20%. Dapat disimpulkan bahwa besarnya debit sumber yang tersedia mampu mencukupi kebutuhan air bersih sampai tahun 2037.
3. Hasil simulasi program *WaterCAD v8i* adalah sebagai berikut :
 1. Kecepatan tertinggi terjadi pada jam ke 07.00 yaitu sebesar 0,89 m/dt dan kecepatan terendah terjadi pada jam ke 00.00 yaitu sebesar 0,10 m/dt. Kecepatan tertinggi pada jam ke 07.00 karena pada jam tersebut pemakaian air maksimum dan sebaliknya.
 2. *Headloss Gradient* tertinggi terjadi pada jam ke 07.00 yaitu sebesar 14,074 m/km dan *headloss gradient* terendah terjadi pada jam ke 00.00 yaitu sebesar 0,184 m/km. Hal ini terjadi karena *headloss gradient* berhubungan dengan kecepatan aliran di dalam pipa. Semakin besar kecepatan aliran dalam pipa maka semakin besar juga *headloss gradient* di dalam pipa tersebut.
 3. Tekanan berbanding terbalik dengan kecepatan dan *headloss gradient*. Tekanan tertinggi terjadi pada jam ke 00.00 sebesar 4,1 atm pada saat kebutuhan air

maksimum dan tekanan terendah 07.00 yaitu sebesar 0,5 atm pada saat kebutuhan air minimum.

4. Dari hasil perencanaan diatas, didapatkan rencana anggaran biaya (RAB) untuk Desa Kemiri sebesar Rp.839.602.654, untuk total perhitungan rencana anggaran biaya 3 desa yaitu sebesar Rp.2.970.769.637
5. Analisa ekonomi ditinjau dari nilai rasio biaya manfaat (B/C), harga jual air, IRR dan *Payback Period*, dengan suku bunga 9,75% didapatkan :
 - Manfaat harga air (B=C) adalah Rp Rp 553.664.235/tahun
 - Harga air minum sebesar Rp 1.223,-/m³
 - *Payback period* selama 7 tahun

Dengan analisa harga jual air Rp 1500,-/m³

- Manfaat harga air (B/C = 1,22) adalah Rp.677.582.496/tahun
- Keuntungan pertahun (B-C) sebesar Rp.125.049.996/tahun
- IRR sebesar 12,9%
- *Payback period* selama 6 tahun

Dengan analisa subsidi biaya konstruksi pemerintah 100% didapatkan :

- Harga air sebesar Rp.200,-/m³

Dengan analisa subsidi biaya konstruksi pemerintah 50% didapatkan :

- Harga air sebesar Rp.700,-/m³

5.2 Saran

PDAM Kabupaten Malang perlu melakukan sosialisasi ke daerah atau desa-desa yang belum mempunyai jaringan distribusi air bersih, masih banyak daerah disekitar sumber yang belum mempunyai jaringan distribusi air bersih. Perlu melakukan pengembangan jaringan pipa distribusi air bersih dikarenakan debit dari sumber air dieng masih tersisa cukup banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Bentley Methods. 2007. *User's Guide WaterCAD v8i for Windows WATERBUY CT*. USA: Bentley. Press.
- Dajan, Anto. 1974. *Pengantar Metode Statistik Jilid II*. Jakarta: LP3ES.
- DPU Ditjen Cipta Karya, 1987. *Pedoman Kebijakan Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu(P3KT)*. Jakarta: DPU Ditjen Cipta Karya.
- Giatman, M. 2007. *Ekonomi Teknik*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Karwan, 2013. *Pengetahuan Bahan Plambing*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2012. *Harga Satuan Pekerjaan (HSP)*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum.
- Kuiper, Edward. 1973. *Water Resources Project Economic*. Canada.
- Linsley, Ray K, dan Yoseph B. Franzini. 1996. *Teknik Sumber Daya Air*. Terjemahan Oleh Djoko Sasongko Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Muliakusumah, Sutarsih. 2000. *Proyeksi Penduduk*. Jakarta: Fakultas Ekonomi UI.
- Pengairan, Himpunan Mahasiswa, 2017. *Tutorial WaterCAD: FT Pengairan Brawijaya*.
- Priyantoro, Dwi. 1991. *Hidrolika Saluran Tertutup*. Malang: Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Raswari. 2010. *Teknologi Perencanaan Sistem Perpipaan*, Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi*. Jilid 1. Bandung: Nova
- Triatmodjo, Bambang. 1996. *Hidrolika II*. Edisi kedua. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmadja, Radianta. 2013. *Hidrolika Sistem Jaringan Perpipaan Air Minum*. Yogyakarta: Beta Offset.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”