

STUDI PERENCANAAN DAN PENGEMBANGAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KECAMATAN TUMPANG KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN *SOFTWARE EPANET 2.0*

Lia Nur Izza Maulidya¹, Tri Budi Prayogo², Mohammad Bisri²

¹Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Teknik Pengairan Universitas Brawijaya-Malang, Jawa Timur, Indonesia
Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145, Indonesia
e-mail: lianurizza407@gmail.com

ABSTRAK: Kecamatan Tumpang mempunyai 6 desa yang sudah terlayani oleh PDAM yaitu desa Tumpang, Malangsuko, Jeru, Pulungdowo, Gunungsari, dan Tajinan dan akan dilakukan pengembangan dan penambahan layanan di 2 desa yaitu desa Kidal dan Kambangan. Sumber yang digunakan dalam studi ini adalah Sumber Pitu dengan debit pelayanan sebesar 50 lt/detik.

Hasil simulasi menggunakan program Epanet 2.0 pada kondisi *existing* terdapat hasil tekanan, kecepatan dan *headloss gradient* yang tidak sesuai kriteria yang telah ditentukan. Sehingga pada tahap perencanaan pengembangan ada beberapa perbaikan dan tambahan komponen, diantaranya penggantian diameter pipa, penambahan jaringan pipa baru di daerah pengembangan, penambahan tandon, dan penambahan *Press Reduce Valve* (PRV). Pada tahap pengembangan akan dilakukan dengan tiga alternatif, Alternatif I menggunakan 1 buah tandon dan 1 buah PRV, alternatif II menggunakan 1 buah tandon dan 5 buah PRV, alternatif III menggunakan 2 buah tandon dan 1 buah PRV. Alternatif II merupakan alternatif yang mempunyai dimensi tandon paling efektif dan alternatif yang paling ekonomis. Sehingga anggaran biaya yang akan dikeluarkan pada tahap perencanaan pengembangan adalah sebesar Rp.9.329.682.700,- .

Kata kunci: air bersih, jaringan pipa, Epanet, pengembangan

ABSTRACT: Tumpang sub-district has 6 villages that have been served by PDAM to fulfilling the necessity of clean water ; those are Tumpang, Malangsiko, Jeru, Pulungdowo, Gunungsari and Tajinan villages and will be development and adding services in 2 villages; those are Kidal and Kambangan Villages. The water source used in this studi is Sumber Pitu which has a service discharge of 50 lt/sec.

The result of simulation using Epanet 2.0 software in the existing condition, there are value of pressure, velocity and *headloss gradient* did not meet the stated criteria. Therefore, at the development stage will be made some improvements and additional components, such as replacement of pipe diameter, adding a new pipe network, adding a water tank and adding *Press Reduce Valve* (PRV).

The development planning was conducted with three alternatives, alternatives I uses 1 pieces of water tank and 1 pieces of PRV, alternatives II uses 1 pieces of water tank and 5 pieces of PRV and alternatives III uses 2 pieces of water tank and 1 pieces of PRV. Alternatif II is an alternative that has the most effective dimension of water tank and the most economical alternative. So, the budget that would be spent on this development planning was as much as Rp.9.329.682.700,- .

Keywords: clean water, pipe network, Epanet, development.

PENDAHULUAN

Air bersih menjadi kebutuhan pokok yang akan terus menjadi kebutuhan masyarakat. Kebutuhan air bersih akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk yang terus meningkat tiap tahunnya. Oleh karena itu perlu adanya peningkatan kapasitas produksi air bersih serta pengembangan jaringan distribusi air bersih sehingga mampu melayani kebutuhan air bersih dalam satu daerah pelayanan.

Seiring dengan bertambahnya penduduk di Kecamatan Tumpang, maka

kebutuhan air bersih juga terus meningkat. Selain itu, sistem penyediaan air bersih di Kecamatan Tumpang sebagian besar masih menggunakan sistem penyediaan air secara individu menggunakan sumur pribadi ataupun sumur wadah tadah hujan

Dengan adanya permasalahan tersebut, maka diperlukan kegiatan perencanaan dan pengembangan jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Tumpang guna untuk upaya pemenuhan kebutuhan masyarakat akan air bersih secara merata dan optimal. Saat ini Kecamatan Tumpang mempunyai 5 desa yang sudah terlayani air bersih yaitu

desa Tumpang, Malangsuko, Pulungdowo, Jeru, Gunungsari dan Tajinan dan akan dilakukan penambahan jaringan distribusi air bersih di 2 desa yaitu desa Kidal dan Kambangan.

Studi perencanaan dan pengembangan distribusi air bersih ini akan menganalisa mengenai kondisi hidrolika mencakup pengaruh tekanan titik simpul, besarnya debit dan kehilangan tinggi tekan pada setiap pipa dalam jaringan distribusi. Dalam menganalisa dan mensimulasikan jaringan perpipaan pada lokasi studi akan menggunakan paket program *Epanet 2.0*.

Tujuan dari adanya pelaksanaan studi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui proyeksi jumlah penduduk di daerah layanan distribusi air bersih Kecamatan Tumpang hingga tahun 2035.
2. Mengetahui jumlah kebutuhan air bersih di daerah layanan distribusi air bersih Kecamatan Tumpang hingga tahun 2035.
3. Mengetahui kondisi sistem jaringan distribusi air bersih Kecamatan Tumpang dengan menggunakan paket program *Epanet 2.0* pada kondisi existing.
4. Mengetahui kondisi sistem jaringan distribusi air bersih Kecamatan Tumpang dengan menggunakan paket program *Epanet 2.0* pada tahap pengembangan.
5. Mengetahui besarnya Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang harus dikeluarkan pada tahap pengembangan.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi studi ini berada di Kecamatan Tumpang Kabupaten Malang Jawa Timur. Secara astronomis Kecamatan Tumpang terletak pada $112^{\circ}42'54''$ - $112^{\circ}48'46''$ BT dan $7^{\circ}59'54''$ - $8^{\circ}01'70''$ LS dan mempunyai luas wilayah sebesar 72,09 km² atau 2,42% dari luas Kabupaten Malang.



Gambar 1. Peta wilayah Kecamatan Tumpang

Data Pendukung Studi

1. Data jumlah penduduk tahun 2006-2015.
2. Data jumlah pelanggan.
3. Peta existing dan data teknis jaringan distribusi.
4. Data debit sumber.

Langkah-langkah Studi

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

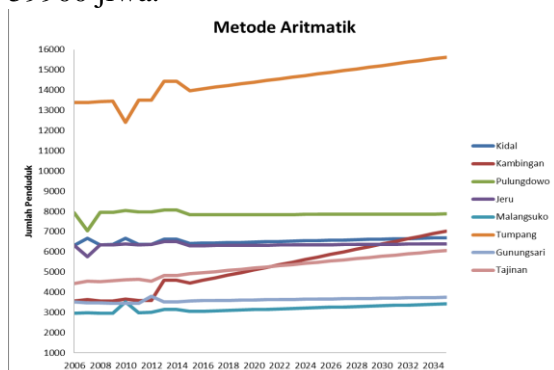
1. Melakukan pengumpulan data-data berupa data teknis dan data pendukung lainnya yang nantinya akan digunakan dalam perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih.

2. Menghitung proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan data jumlah penduduk.
3. Menghitung kebutuhan air bersih selama 20 tahun, yaitu dari tahun 2016 sampai tahun 2035.
4. Cek kebutuhan air bersih dengan ketersediaan air yang ada pada lokasi studi.
5. Membuat alternatif pembuatan tandon untuk menyuplai kebutuhan air bersih pada saat jam puncak.
6. Melakukan simulasi sistem jaringan distribusi air bersih menggunakan paket program Epanet v2.0.
7. Menghitung rencana anggaran biaya untuk perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih
8. Membuat kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyeksi Jumlah Penduduk

Setelah menghitung proyeksi jumlah penduduk dengan metode eksponensial, geometrik dan aritmatik, lalu dilakukan uji kesesuaian metode proyeksi menggunakan standar deviasi dan koefisien korelasi. Hasil dari uji kesesuaian metode proyeksi didapatkan metode aritmatik dengan jumlah jumlah proyeksi sampai tahun 2035 di Kecamatan Tumpang sebesar 59900 jiwa.



Gambar 2. Grafik Laju Pertumbuhan Penduduk Metode Aritmatik

Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih di Kecamatan Tumpang adalah sebagai berikut:

A. Kebutuhan Domestik dan Non Domestik

Berdasarkan jumlah penduduk di setiap masing-masing daerah layanan di Kecamatan Tumpang, kebutuhan air bersih diasumsikan sebesar 60 lt/det untuk kategori desa kecil dan 100 lt/det untuk kategori desa (DPUD Jendral Cipta Karya Direktorat Air Bersih, 1994). Sedangkan kebutuhan non domestik adalah sebesar 15% dari kebutuhan domestik (Permen PU Tentang Penyelenggaraan SPAM, 2007).

B. Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Besar pemakaian air oleh masyarakat akan terus berbeda disetiap jamnya, hal ini disebabkan oleh terjadinya fluktuasi pada setiap jam yang dipengaruhi oleh faktor pemakaian beban konsumen.

Berikut merupakan hasil yang didapat dari perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih:

- Kebutuhan air rerata = kebutuhan domestik + non domestik + kehilangan air
- Kebutuhan jam puncak = 1,56 x kebutuhan air rerata
- Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air rerata

C. Kehilangan Air

Kehilangan air yang terjadi selama proses pendistribusian air tidak boleh diabaikan. Dalam studi ini, kehilangan air diasumsikan sebesar 25% dari total kebutuhan air domestik dan non domestik.

Tabel 1. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Hingga Tahun 2035

No	Desa	Kebutuhan Air Bersih		
		Rata-rata	Harian Maksimum	Jam Puncak
		liter/detik	liter/detik	liter/detik
		2035	2035	2035
1	Kidal	3,15	3,62	4,91
2	Kambangan	3,10	3,57	4,84
3	Pulungdowo	3,14	3,61	4,90
4	Jeru	4,30	4,95	6,71
5	Malangsuko	3,23	3,71	5,04
6	Tumpang	17,21	19,79	26,85
7	Gunungsari	3,09	3,55	4,82
8	Tajinan	4,53	5,21	7,07
Jumlah		41,75	48,01	65,14

Simulasi Menggunakan Software Epanet 2.0

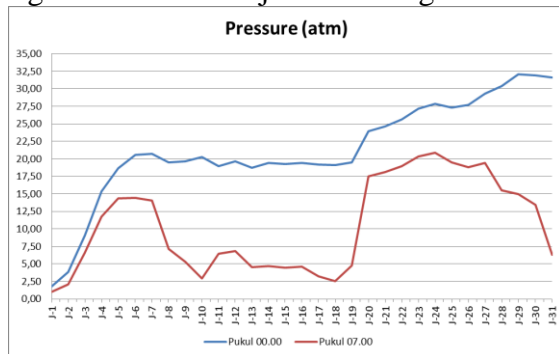
Simulasi jaringan distribusi air bersih kondisi existing (tahun 2015) dengan software Epanet 2.0

a. Kondisi Sumber Air

Kapasitas debit sumber yang dialirkan dari Sumber Pitu sebesar 50 lt/detik masih mencukupi kebutuhan air rata-rata di desa Tumpang, Malangsuko, Pulungdowo, Jeru, Gunungsari dan Tajinan dengan total sebesar 25,77 lt/detik dan kebutuhan jam puncak sebesar 40,19 lt/detik.

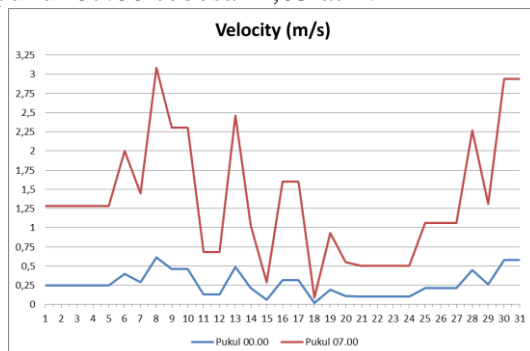
b. Kondisi Aliran dalam Pipa

Hasil simulasi kondisi existing dari segi tekanan, kecepatan dan headloss gradient akan disajikan dalam gambar 3.



Gambar 3. Hasil Tekanan

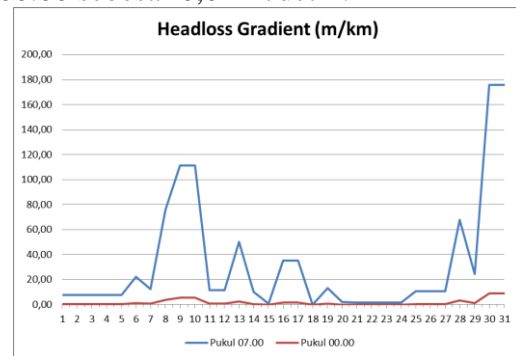
Pada gambar 3 dapat dilihat hasil tekanan pada pukul 00.00 dan pukul 07.00 tidak memenuhi kriteria yang ditentukan yaitu 0,5 atm – 20 atm. Tekanan tertinggi terjadi pada pukul 00.00 sebesar 32,09 atm dan tekanan terendah terjadi pada pukul 07.00 sebesar 1,03 atm.



Gambar 4. Hasil Kecepatan pada Pipa

Pada gambar 4 ditunjukkan bahwa hasil kecepatan tidak memenuhi kriteria yaitu 0,1 m/detik – 2,5 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada pukul 07.00 sebesar

3,08 m/detik dan terendah pada pukul 00.00 sebesar 0,02 m/detik.



Gambar 5. Hasil Headloss Gradient

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa hasil headloss gradient pada pukul 07.00 tidak memenuhi persyaratan yaitu 0 m/km – 15 m/km. Headloss gradient tertinggi terjadi pada pukul 07.00 sebesar 175,67 m/km dan terendah pada pukul 00.00 sebesar 0 m/km.

Maka hasil dari simulasi menggunakan software Epanet 2.0 untuk kondisi existing dapat disimpulkan bahwa hasil tekanan, headloss gradient dan kecepatan tidak memenuhi kriteria yang telah ditentukan. Oleh karena itu, pada tahap perencanaan pengembangan akan dilakukan perbaikan dan penambahan komponen.

Simulasi jaringan distribusi air bersih kondisi pengembangan (tahun 2035)

Perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih hingga tahun 2035 dilakukan dengan penggantian diameter pipa dan penambahan jaringan pipa di dua desa, yaitu desa Kidal dan Kambingan. Sehingga, total desa yang dilayani ada 8 desa termasuk desa existing.

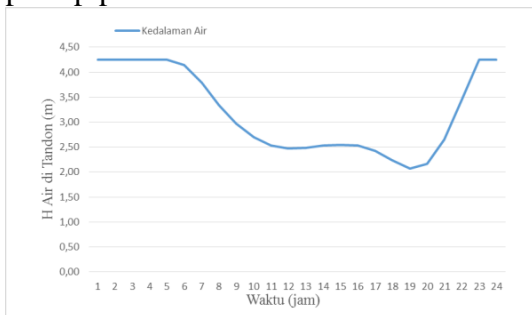
Kapasitas sumber air sebesar 50 lt/detik mampu melayani kebutuhan rata-rata sebesar 41,75 lt/detik tetapi tidak bisa memenuhi kebutuhan jam puncak sebesar 65,14 lt/det. Untuk itu maka akan dibangun tandon yang bertujuan untuk menyuplai air pada saat pemakaian jam puncak pada daerah pelayanan.

Pada simulasi jaringan distribusi air bersih kondisi pengembangan akan dilakukan dengan menggunakan tiga alternatif. Hal ini dilakukan untuk

mengetahui perbedaan hasil simulasi dari segi hidrolika maupun ekonomis.

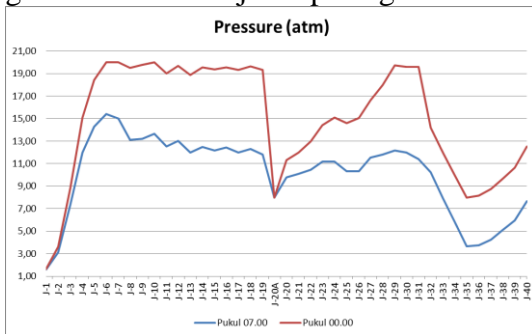
a. Alternatif I

Alternatif I ini menggunakan 1 buah tandon berukuran 11m x 11m x 4,5m dengan volume efektif sebesar 484 m³ dan penambahan 1 buah PRV untuk mengurangi tekanan yang terlalu besar pada pipa.



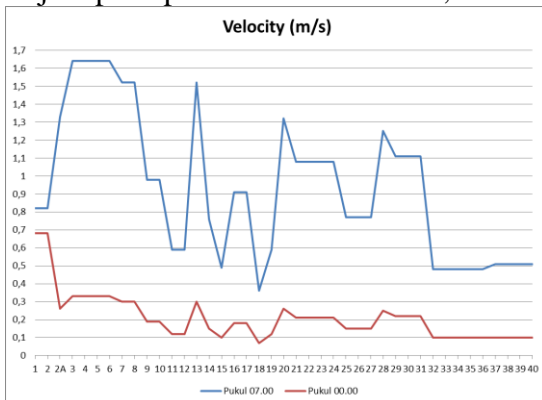
Gambar 6. Grafik Fluktuasi Muka Air dalam Tandon

Untuk hasil simulasi alternatif I dari segi tekanan, kecepatan dan headloss gradient akan disajikan pada gambar 7.



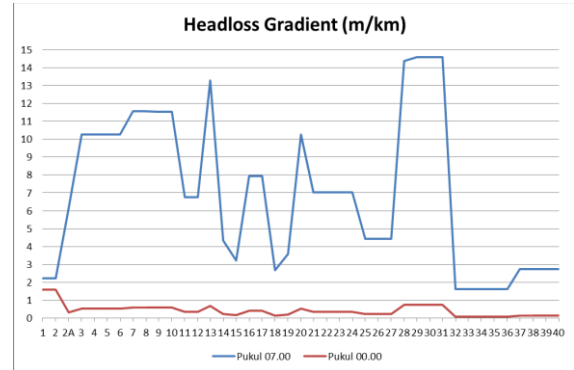
Gambar 7. Hasil Tekanan Alternatif I

Pada gambar 7 merupakan hasil tekanan telah memenuhi kriteria yang ditentukan yaitu 0,5 atm – 20 atm Tekanan tertinggi terjadi pada pukul 00.00 sebesar 20 atm dan tekanan terendah terjadi pada pukul 07.00 sebesar 1,57 atm.



Gambar 8. Hasil Kecepatan Alternatif I

Pada gambar 8 ditunjukkan bahwa hasil kecepatan telah memenuhi kriteria yaitu 0,1 m/detik – 2,5 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada pukul 07.00 sebesar 1,64 m/detik dan terendah pada pukul 00.00 sebesar 0,1 m/detik.

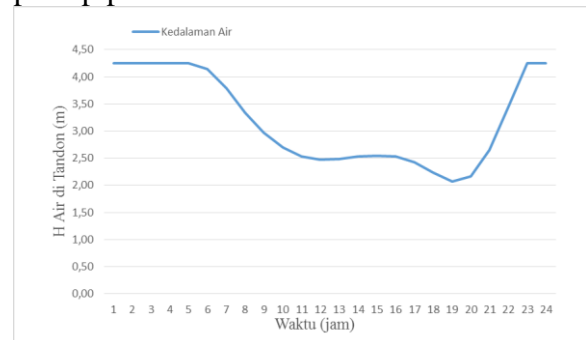


Gambar 9. Hasil Headloss Gradient Alternatif I

Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa hasil headloss gradient telah memenuhi persyaratan yaitu 0 m/km – 15 m/km. Headloss gradient tertinggi terjadi pada pukul 07.00 sebesar 14,59 m/km dan terendah pada pukul 00.00 sebesar 0,08 m/km.

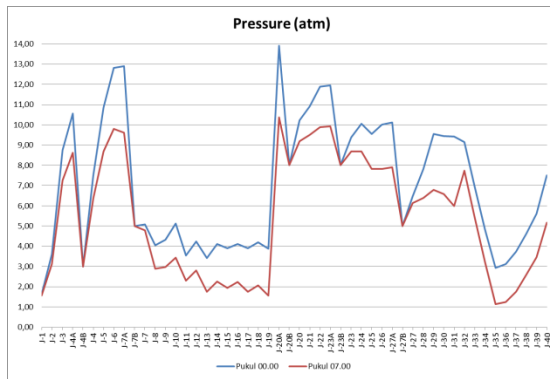
b. Alternatif II

Alternatif I ini menggunakan 1 buah tandon berukuran 11m x 11m x 4,5m dengan volume efektif sebesar 484 m³ dan penambahan 5 buah PRV untuk mengurangi tekanan yang terlalu besar pada pipa.



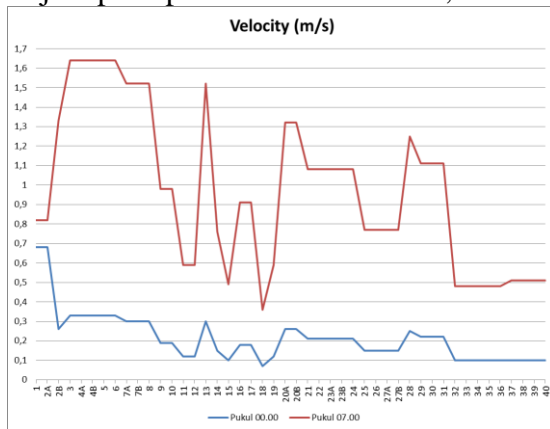
Gambar 10. Grafik Fluktuasi Muka Air dalam Tandon

Untuk hasil simulasi alternatif II dari segi tekanan, kecepatan dan headloss gradient akan disajikan pada gambar 11.



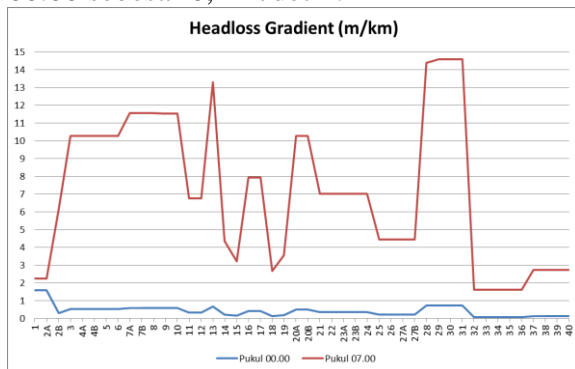
Gambar 11. Hasil Tekanan Alternatif II

Pada gambar 11 merupakan hasil tekanan telah memenuhi kriteria yang ditentukan yaitu 0,5 atm – 20 atm Tekanan tertinggi terjadi pada pukul 00.00 sebesar 13,91 atm dan tekanan terendah terjadi pada pukul 07.00 sebesar 1,15 atm.



Gambar 12. Hasil Kecepatan Alternatif II

Pada gambar 12 ditunjukkan bahwa hasil kecepatan telah memenuhi kriteria yaitu 0,1 m/detik – 2,5 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada pukul 07.00 sebesar 1,64 m/detik dan terendah pada pukul 00.00 sebesar 0,1 m/detik.



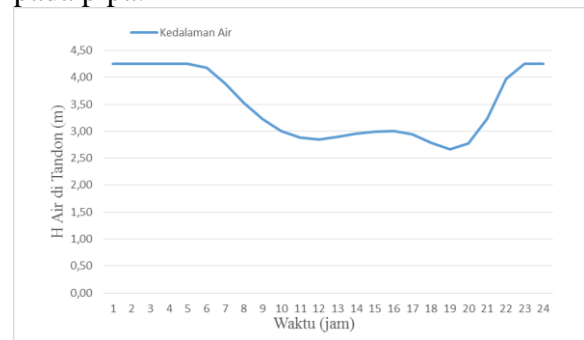
Gambar 13. Hasil Headloss Gradient Alternatif II

Pada gambar 13 dapat dilihat bahwa hasil headloss gradient telah memenuhi

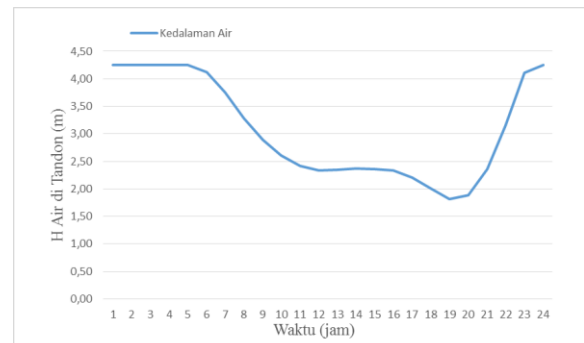
persyaratan yaitu 0 m/km – 15 m/km. Headloss gradient tertinggi terjadi pada pukul 07.00 sebesar 14,59 m/km dan terendah pada pukul 00.00 sebesar 0,08 m/km.

c. Alternatif III

Alternatif III ini menggunakan 2 buah tandon. Tandon A berukuran 9m x 9m x 4,5m dengan volume efektif sebesar 324 m³ dan Tandon B berukuran 7m x 7m x 4,5m dengan volume efektif sebesar 196 m³ penambahan 1 buah PRV untuk mengurangi tekanan yang terlalu besar pada pipa.

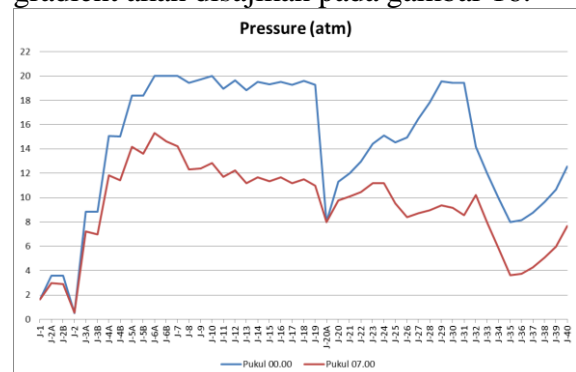


Gambar 14. Grafik Fluktuasi Muka Air dalam Tandon A



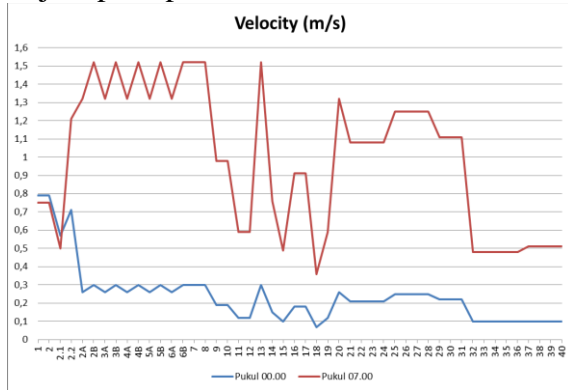
Gambar 15. Grafik Fluktuasi Muka Air dalam Tandon B

Untuk hasil simulasi alternatif III dari segi tekanan, kecepatan dan headloss gradient akan disajikan pada gambar 16.



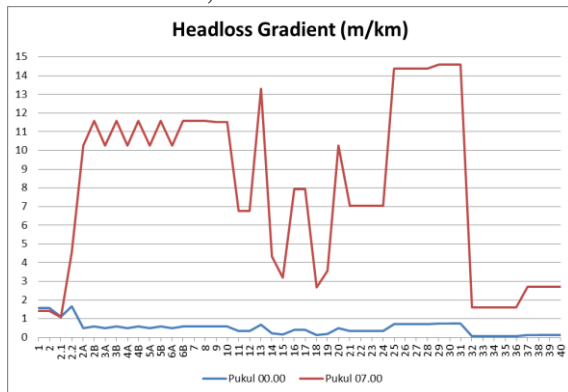
Gambar 16. Hasil Tekanan Alternatif III

Pada gambar 16 merupakan hasil tekanan telah memenuhi kriteria yang ditentukan yaitu 0,5 atm – 20 atm Tekanan tertinggi terjadi pada pukul 00.00 sebesar 20 atm dan tekanan terendah terjadi pada pukul 07.00 sebesar 0,53 atm.



Gambar 17. Hasil Kecepatan Alternatif III

Pada gambar 17 ditunjukkan bahwa hasil kecepatan telah memenuhi kriteria yaitu 0,1 m/detik – 2,5 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada pukul 07.00 sebesar 1,52 m/detik dan terendah pada pukul 00.00 sebesar 0,1 m/detik.



Gambar 18. Hasil Headloss Gradient Alternatif III

Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa hasil headloss gradient telah memenuhi persyaratan yaitu 0 m/km – 15 m/km. Headloss gradient tertinggi terjadi pada pukul 07.00 sebesar 14,59 m/km dan terendah pada pukul 00.00 sebesar 0,08 m/km.

Rencana Anggaran Biaya

Berdasarkan analisa, berikut adalah rencana anggaran biaya tiap-tiap alternatif.

Alternatif I dengan rincian pekerjaan pembangunan tandon, pengadaan pipa dan aksesoris pipa dengan 1 buah PRV didapat

rencana anggaran biaya total sebesar **Rp.13.445.583.300,-** . Harga tersebut sudah termasuk biaya PPN sebesar 10%.

Alternatif II dengan rincian pekerjaan pembangunan tandon, pengadaan pipa dan aksesoris pipa dengan 5 buah PRV didapat rencana anggaran biaya total sebesar **Rp.9.329.682.700,-** . Harga tersebut sudah termasuk biaya PPN sebesar 10%.

Alternatif III dengan rincian pekerjaan pembangunan 2 buah tandon, pengadaan pipa dan aksesoris pipa dengan 1 buah PRV didapat rencana anggaran biaya total sebesar **Rp.12.915.735.500,-** . Harga tersebut sudah termasuk biaya PPN sebesar 10%.

Pemilihan Alternatif Pengembangan

Pada suatu perencanaan, alternatif-alternatif sangat diperlukan. Hal ini dilakukan untuk memilih design perencanaan yang ekonomis dan efektif. Dalam studi perencanaan pengembangan distribusi air bersih di Kecamatan Tumpang dilakukan dengan tiga alternatif.

Dari alternatif-alternatif yang telah dilakukan, maka didapatkan bahwa **alternatif II** merupakan alternatif yang paling ekonomis dan mempunyai dimensi tandon yang paling efektif. Selain itu, alternatif II mempunyai hasil tekanan yang lebih kecil dibandingkan dua alternatif lainnya. Hal ini berdampak pada pemilihan jenis pipa yang digunakan akan lebih murah dari jenis pipa yang digunakan pada dua alternatif lainnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proyeksi jumlah penduduk pada daerah layanan distribusi air bersih di Kecamatan Tumpang hingga tahun 2035 menggunakan metode aritmatik yaitu sebesar 56.900 jiwa.
2. Proyeksi kebutuhan air bersih untuk daerah layanan distribusi air bersih di Kecamatan tumpang hingga tahun

- 2035 dengan tingkat pelayanan sebesar 35% adalah sebagai berikut:
- Kebutuhan air bersih rata-rata sebesar 41,75 lt/detik.
 - Kebutuhan air bersih harian maksimum sebesar 48,01 lt/detik.
 - Kebutuhan air bersih jam puncak sebesar 65,14 lt/detik.
3. a. Pada kondisi existing, debit inflow sebesar 50 lt/detik masih bisa mencukupi kebutuhan air sebesar 25,77 lt/detik dan kebutuhan pada saat jam puncak 40,19 lt/detik.
 - b. Hasil evaluasi kondisi existing jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Tumpang menggunakan program Epanet 2.0 diperoleh hasil tekanan, kecepatan dan headloss gradient tidak memenuhi kriteria yang ditentukan.
 4. a. Pada tahap pengembangan debit inflow sebesar 50 lt/detik tidak bisa memenuhi kebutuhan air pada saat jam puncak sebesar 65,14 lt/detik. Sehingga dibangun tandon sebagai suplai saat kebutuhan jam puncak.
 - b. Pada tahap perencanaan pengembangan dilakukan dengan tiga alternatif. Alternatif yang akan digunakan adalah alternatif II (dengan penambahan 1 buah tandon dan 5 buah PRV) karena alternatif ini yang paling ekonomis dan mempunyai dimensi tandon yang lebih efektif.
 5. Anggaran biaya yang dikeluarkan adalah sebesar Rp.9.329.682.700,- .

Saran

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

1. Pendataan perlu dilakukan secara detail dan akurat sehingga

mempermudah dalam melakukan pengembangan distribusi air bersih kedepannya.

2. Seiring dengan kebutuhan air bersih yang terus meningkat disetiap tahunnya, maka disarankan untuk menambah debit atau mencari sumber debit lain.
3. Penambahan jaringan baru juga disarankan terus dilakukan, agar dapat memenuhi kebutuhan air bersih bagi penduduk.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2016). *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta: Dinas Pekerjaan Umum
- Anonim. (1994). *Pedoman Kebijakan Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT)*. Jakarta: Ditjen Cipta Karya.
- Anonim (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No: 18/PRT/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Muliakusuma, Sutarsih, 1981, *Proyeksi Penduduk*, LPFE UI, Jakarta.
- Priyantoro, Dwi. 1991. *Hidraulika Saluran Tertutup*. Malang: Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Rossman, Lewis A. 2000. *EPANET 2 USERS MANUAL*. USA: Environmental Protection Agency
- Triatmodjo, Bambang. 2003. *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. 1996. *Hidraulika I*. Yogyakarta: Beta Offset.