



HIMPUNAN
AHLI TEKNIK HIDRAULIK
INDONESIA



Kumpulan Intisari

Pertemuan Ilmiah Tahunan PIT ke 35

HATHI Medan, 7- 9 September 2018

TEMA:

PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR TERPADU MENGHADAPI
TANTANGAN PERUBAHAN IKLIM EKSTREM

DAN PERCEPATAN PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DI ERA DIGITAL



PENGEMBANGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH SEBAGAI UPAYA PEMENUHAN KEBUTUHAN AIR DI KABUPATEN JEMBER

**Syamsul Arifin^{1*}, Entin Hidayah¹, Wiwik Yunarni¹,
Gusfan Halik¹, Sri Wahyuni²**

¹Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember

²Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

*syamsulast@yahoo.co.id

Intisari

Kabupaten Jember (terletak 200 km kearah selatan dari Kota Surabaya) merupakan kota terbesar ketiga di Jawa Timur setelah Kota Surabaya dan Kota Malang. Kabupaten ini mengalami peningkatan pembangunan yang pesat. Kabupaten Jember mempunyai 31 (tiga puluh satu) kecamatan, dimana 3 (tiga) kecamatan diantaranya adalah merupakan kecamatan kota yaitu Kaliwates, Sumbersari dan Patrang. Kecamatan Kaliwates merupakan salah satu daerah yang memiliki penduduk yang cukup padat. Segala pusat pemerintahan kecamatan dan fasilitas-fasilitas yang ada di kecamatan terkonsentrasi di kota kecamatan tersebut. Penyediaan air bersih di wilayah perkotaan merupakan tanggung jawab dari PDAM. Dalam rangka meningkatkan pemenuhan kebutuhan air bersih, maka PDAM terus mengupayakan peningkatan pelayanannya. Dibeberapa tempat masih mengalami permasalahan yaitu distribusi air tidak lancar. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi kondisi jaringan eksisting PDAM di Kecamatan Kaliwates khususnya Zona Mangli dan melakukan perencanaan baru untuk meningkatkan pelayanan PDAM terhadap pelanggannya.

Metode yang dipakai adalah (1) Mendigit lokasi studi untuk menentukan jaringan pipa dengan GPS, (2) Menggambar layout jaringan pipa dengan bantuan software AUTOCAD, (3) Mengukur tekanan air di beberapa tempat untuk proses kalibrasi, (4) Running model distribusi air dengan bantuan software EPANET 2.0, (5) Perencanaan ulang dengan menambahkan beberapa sumber air.

Hasil penelitian ini adalah didapatkan perencanaan ulang dimensi baru jaringan distribusi air bersih yang memenuhi kriteria perencanaan menurut ketentuan Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum.

Kata kunci : Air bersih, Epanet 2.0, PDAM, desain ulang.

Latar Belakang

Daerah Kecamatan Kaliwates, Kabupaten Jember merupakan salah satu daerah yang memiliki penduduk yang cukup padat. Selain itu, Kecamatan Kaliwates juga merupakan pusat dari Kabupaten Jember. Kecamatan Kaliwates terbagi menjadi 7 kelurahan yang didalamnya terdapat salah satu kelurahan yang menjadi ibukota kecamatan Kaliwates yaitu Kelurahan Mangli. Segala pusat pemerintahan kecamatan dan fasilitas-fasilitas yang ada di kecamatan terkonsentrasi di ibukota kecamatan.

Penyediaan air bersih di wilayah perkotaan khususnya di Kelurahan Mangli merupakan tanggung jawab dari PDAM. Sampai pada tahun 2015 ini, masyarakat yang baru terlayani oleh PDAM di wilayah Mangli hanya mencapai 47,5% sedangkan salah satu sasaran yang tertuang dalam Tujuan Pembangunan Milenium Indonesia adalah tersedianya air bersih sebanyak 80% masyarakat di Ibukota kecamatan.

Selain itu, untuk melayani wilayah Mangli diperkirakan bahwa kapasitas debit terpasang PDAM masih belum bisa memenuhi kebutuhan air pelanggan. Maka dari itu perlu adanya evaluasi kondisi jaringan eksisting PDAM Zona Mangli dan melakukan perencanaan baru untuk meningkatkan pelayanan PDAM terhadap pelanggannya.

Kajian Pustaka

(1) Proyeksi Penduduk.

Perkembangan jumlah penduduk merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan kebutuhan air minum dimasa yang akan datang. Perkembangan jumlah penduduk digunakan untuk memperkirakan tingkat pelayanan air minum yang diterima oleh masyarakat (Wahyuni, 2005). Proyeksi penduduk adalah suatu metode yang dipakai untuk memperkirakan jumlah penduduk dimasa yang akan datang berdasarkan data perkembangan penduduk pada tahun yang telah lalu.

(2) Kebutuhan Air Bersih.

Tabel 1. Kebutuhan Air Penduduk Kategori Kota

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk	Penyediaan Air (L/org/hari)		Kehilangan	Faktor Jam Puncak
			SR	HU		
1	Kota Metropolitan	> 1.000.000	170	30	20%	1,65-2
2	Kota Besar	500.000-1.000.000	150	30	20%	1,65-3
3	Kota Sedang	100.000-500.000	130	30	20%	1,65-4
4	Kota Kecil	20.000-100.000	100	30	20%	1,65-5
5	Ibukota Kecamatan	< 20.000	90	30	20%	1,65-6
6	Desa	3.000-10.000	70	30	20%	1,65-7

Sumber : P.U Cipta Karya, 2000

Tabel 2. Kebutuhan Air Fasilitas

No	Jenis Fasilitas	Kebutuhan Air Terpakai
1	Masjid	20 L/orang/hari
2	Gereja	15 L/orang/hari
3	Pasar	12 L/orang/hari
4	Terminal	1m ³ /hari
5	Rumah Sakit	200 L/tempat tidur/hari
6	Sekolah	10 L/orang/hari
7	Puskesmas	20 L/orang/hari
8	Kantor	10 L/orang/hari
9	Hotel	90 L/tempat tidur/hari
10	Rumah Makan	100 L/pegawai/hari
11	Komplek Militer	60 L/orang/hari

Sumber : P.U Cipta Karya, 2000

(3) Kehilangan Air.

Kehilangan air adalah selisih antara penyediaan air (*water supply*) dengan pemakaian air. Besarnya kehilangan air pada umumnya adalah 10-25% dari total kebutuhan air.

(4) Fluktuasi Penggunaan Air.

Penggunaan air dalam suatu kelompok masyarakat sangat bervariasi hampir secara terus menerus menggunakan air. Pada musim penghujan, penggunaan harian rata-rata biasanya kira-kira 20% lebih rendah dari pada rata-rata harian tahunan. Sedangkan pada musim kemarau dapat mencapai 20% hingga 30% lebih tinggi dari pada rata-rata harian tahunan (Linsley,1986:98).

(5) Program EPANET 2.0. EPANET (Environmental Protection Agency Networks) adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Fasilitas yang lengkap serta pemodelan hidrolis yang akurat adalah salah satu langkah yang efektif dalam membuat model tentang pengaliran serta kualitas air.

Metodologi Studi

Metode yang dipakai adalah (1) Mendigit lokasi studi untuk menentukan jaringan pipa dengan GPS, (2) Menggambar layout jaringan pipa dengan bantuan software AUTOCAD, (3) Mengukur tekanan air di beberapa tempat untuk proses kalibrasi, (4) Running model distribusi air dengan bantuan software EPANET 2.0, (5) Perencanaan ulang dengan menambahkan beberapa sumber air.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Kebutuhan Air Kondisi Eksisting PDAM Zona Mangli

Untuk jaringan distribusi air bersih di daerah Kelurahan Mangli yang merupakan salah satu kelurahan yang ada di Kecamatan Kaliwates sudah tidak termasuk kedalam daerah pelayanan PDAM Kota Jember. Zona Mangli termasuk dalam pelayanan PDAM unit Ramang (Rambipuji-Mangli). Unit Ramang melayani wilayah Zona Mangli (meliputi wilayah Mangli, sebagian wilayah Jubung dan Sempusari) dan Perumahan Dharma Alam. Cakupan pelanggan PDAM di Kelurahan Mangli dikelompokkan menjadi:

- Sosial umum
- Sosial khusus
- Tempat ibadah
- Rumah tangga
- Pemerintah
- Niaga kecil

Jumlah pelanggan PDAM untuk Zona Mangli tahun 2015 sebesar 2.472 pelanggan.

Sistem jaringan distribusi di Zona Mangli menggunakan sistem bercabang dengan diameter pipa 25 mm sampai 200 mm. Sistem penyediaan air bersihnya menggunakan sistem pompa yang sumbernya terdiri atas 1 sumur bor (P18) yang berada di kelurahan Sempusari dan sistem gravitasi untuk 1 sumber mata air (Sumber Malang) yang berada di Kecamatan Sukorambi

Tabel 3. Data Terpasang Unit Produksi PDAM Zona Mangli 2015

No	Unit Produksi	Terpasang (L/detik)
1	Sumur bor P18	2,2
2	Sumber Malang	9
	Jumlah	11,2

Sumber: PDAM Kota Jember

Berdasarkan **Tabel 3** mengenai unit produksi PDAM untuk Zona Mangli dapat diketahui bahwa debit yang dihasilkan dari sumur bor P18 adalah sebesar 2,2 liter/detik dan dari Sumber Malang adalah sebesar 9 liter/detik. Sehingga total debit yang dialirkan oleh PDAM ke Zona Mangli adalah sebesar 11,2 liter/detik.

Berdasarkan data jumlah pelanggan PDAM unit Ramang sampai bulan Oktober 2015 terdapat 2.472 pelanggan beserta pelanggan yang ada di Perumahan Dharma Alam. Dari jumlah keseluruhan tersebut, didalamnya terdapat sambungan rumah tangga dan juga sambungan untuk fasilitas umum. Untuk jumlah sambungan rumah yang telah dilayani oleh PDAM Unit Ramang terdapat 2.422 rumah. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18 tahun 2007, 1 (satu) sambungan rumah diasumsikan melayani untuk 5 orang. Maka didapatkan jumlah penduduk sebesar 12.110 jiwa.

Ada beberapa fasilitas umum yang berada di Kelurahan Mangli, namun tidak semua menggunakan PDAM sebagai sumber air yang diandalkan. Untuk fasilitas umum yang dilayani oleh PDAM Unit Ramang terdapat sekolah, masjid, kantor dan kompleks militer.

- **Sambungan Rumah Tangga**
Kelurahan Mangli merupakan ibukota kecamatan dari Kecamatan Kaliwates karena segala urusan pemerintahan yang ada berpusat di Kelurahan Mangli. Berdasarkan kebijaksanaan operasional P.U. Cipta Karya tahun 2000, untuk ibukota kecamatan memiliki standart kebutuhan air bersih sebesar 90 liter/hari/orang. Sehingga didapatkan hasil perhitungan kebutuhan air untuk sambungan rumah sebesar 742.500 liter/hari.
- **Fasilitas Umum**
Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan kebutuhan air bersih pelanggan PDAM yang berada di zona Mangli (tanpa Perum Dharma Alam) untuk fasilitas umum sebesar 265.000 liter/hari.

Dari hasil diatas, Maka perhitungan kebutuhan air yaitu:

$$\begin{aligned}Q_{\text{air bersih}} &= Q_{\text{SR}} + Q_{\text{fasilitas}} \\ &= 742.500 + 265.000 \\ &= 1.007.500 \text{ liter/hari} \\ &= 11,66 \text{ liter/detik}\end{aligned}$$

Kebutuhan air untuk hidran adalah sebesar 15% dari kebutuhan air bersih (Mangkudiharjo, 1985).

$$\begin{aligned}Q_{\text{hidran}} &= 15\% \times Q_{\text{air bersih}} \\ &= 15\% \times 11,66 \\ &= 1,75 \text{ liter/detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga, } Q_{\text{total}} &= Q_{\text{air bersih}} + Q_{\text{hidran}} \\ &= 11,66 + 1,75 \\ &= 13,41 \text{ liter/detik}\end{aligned}$$

Kehilangan air adalah selisih antara penyediaan air (*water supply*) dengan pemakaian air. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18 tahun 2007, kebutuhan air domestik adalah sebesar 15% dari kebutuhan total. Maka kehilangan air dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}Q_{\text{kehilangan}} &= 15\% \times Q_{\text{total}} \\ &= 15\% \times 13,41 \\ &= 2,01 \text{ liter/detik}\end{aligned}$$

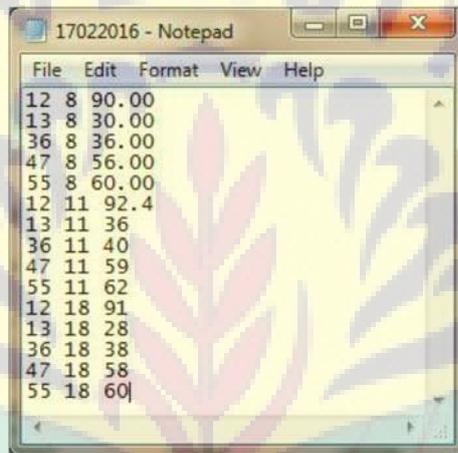
Maka debit kebutuhan air keseluruhan untuk keadaan eksisting yaitu :

$$\begin{aligned}Q_{\text{kebutuhan}} &= Q_{\text{total}} + Q_{\text{kehilangan}} \\ &= 13,41 + 2,01 \\ &= 15,42 \text{ liter/detik}\end{aligned}$$

Debit kebutuhan air telah didapatkan dari hasil analisa yaitu sebesar 15,42 liter/detik sedangkan debit air yang disediakan dan dialirkan PDAM ke Zona Mangli adalah sebesar 11,2 liter/detik. Dari analisa tersebut maka dapat diketahui bahwa air yang disediakan oleh PDAM masih belum dapat memenuhi kebutuhan air pelanggannya.

Mengukur Tekanan Air Di Beberapa Tempat Untuk Proses Kalibrasi

Kalibrasi model adalah perbandingan antara hasil simulasi dengan data observasi. Data yang dikalibrasi dalam penelitian ini adalah tekanan dalam pipa. Data observasi tekanan didapatkan dengan melakukan pengujian tekanan di beberapa pelanggan PDAM. Tekanan didapatkan dengan cara diukur dengan alat manometer pada beberapa jam yaitu pukul 08.00, 11.00 dan 18.00.



The image shows a Notepad window titled '17022016 - Notepad' with a menu bar containing 'File', 'Edit', 'Format', 'View', and 'Help'. The text area contains the following data:

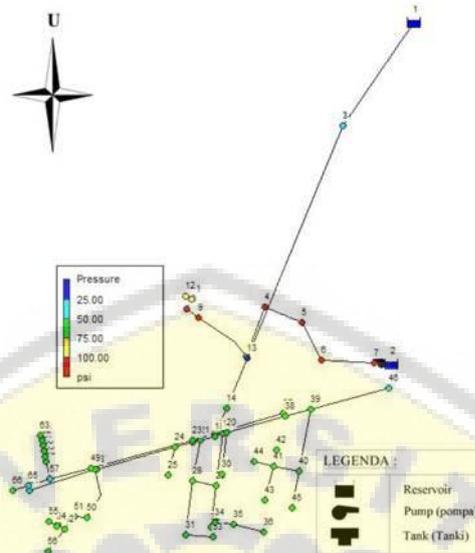
12	8	90.00
13	8	30.00
36	8	36.00
47	8	56.00
55	8	60.00
12	11	92.4
13	11	36
36	11	40
47	11	59
55	11	62
12	18	91
13	18	28
36	18	38
47	18	58
55	18	60

Gambar 1. Tampilan data Tekanan

Gambar 1 merupakan tampilan data pada *notepad*. Setiap baris dari file mengandung data sebagai berikut:

- *Junction ID* dari lokasi dimana pengukuran tekanan dilakukan,
- Waktu ketika pengukuran dilakukan,
- Hasil dari tekanan yang telah diukur.

Setelah memperoleh data tekanan, maka langkah selanjutnya adalah mengkalibrasi dengan cara memasukkan data tersebut pada *Calibration Data* dan merunningnya kembali sehingga didapat hasil kalibrasi pada *report*.



Gambar 2. Hasil Simulasi Tekanan di Setiap Titik pada Jam Puncak

Terdapat beberapa pipa yang memiliki tekanan tidak sesuai standar. Biasanya tekanan yang tidak sesuai standar ini memiliki tekanan yang lebih besar dari 80 mka. Dari **gambar 2** maka dapat diketahui bahwa pada jam puncak terdapat pipa yang memiliki kecepatan diatas 114 psi (setara 80 mka) pada titik simpul yang berwarna merah. Untuk tekanan terbesar yaitu pada pukul 11:00 sebesar 128,25 Psi (90,17 mka) pada titik 7 dan tekanan terkecil yaitu pada pukul 8:00 sebesar 20,9 Psi (14,69 mka) di titik 13. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya perbedaan beda tinggi yang besar.

Perencanaan Baru Jaringan Distribusi Air Bersih

Perencanaan ini dilakukan dalam 5 tahun berikutnya dari tahun 2015 dengan langkah perhitungan sebagai berikut:

(1) Proyeksi Penduduk. Untuk Kelurahan Mangli didapatkan hasil proyeksi penduduk sebesar 16.792 jiwa, Kelurahan Sempusari sebesar 10.659 jiwa dan Desa Jubung sebesar 6.134 jiwa.

(2) Jumlah Pelanggan PDAM pada 2020. Prosentase penduduk terlayani diharapkan akan memenuhi tujuan pembangunan milenium yaitu sebesar 80% untuk ibukota kecamatan dimana PDAM sebagai penyedia air bersihnya.

$$\begin{aligned} \text{Penduduk terlayani} &= 80\% \times 17.594 \\ &= 14.075 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka diperoleh jumlah penduduk terlayani untuk wilayah Zona Mangli yaitu sebesar 14.075 jiwa.

(3) Kebutuhan Air Domestik. Jumlah sambungan rumah tangga diasumsikan 80% dan kran umum sebesar 20% dari jumlah penduduk terlayani. Satu sambungan rumah di asumsikan terdapat 5 orang dan satu kran umum di asumsikan digunakan oleh 100 orang. Berdasarkan P.U Cipta Karya tahun 2000, kebutuhan

air per orang untuk sambungan rumah digunakan 90 liter/org/hari dan hidran umum digunakan 30 liter/org/hari untuk kategori kota ibukota kecamatan. Berikut perhitungan kebutuhan air domestiknya :

- Sambungan Rumah = $80\% \times 14.075$
= 11.260 jiwa
= 2.252 SR

Kebutuhan air = $11.260 \times 90 \text{ L/org/hr}$
= 1.013.435 liter/hari

- Pengguna HU = $20\% \times 14.075$
= 2.815 jiwa

Hidran umum = $2.815 : 100$
= 28 buah

Kebutuhan air = $2.815 \times 30 \text{ L/org/hr}$
= 84.453 liter/hari

Kebutuhan air domestik untuk zona Mangli didapat sebesar 1.097.888 liter/hari. Untuk perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut.

QSR = 1.013.435 liter/hr
QHU = 84.453 liter/hr
Qd = QSR + QHU
= 101.343 + 84.453
Qd = 1.097.888 liter/hr

(4) Kebutuhan air non domestik. Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air untuk diluar pemakaian rumah tangga. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18 tahun 2007, kebutuhan air domestik adalah sebesar 15% dari kebutuhan domestik. Sehingga besar debit kebutuhan non domestik dapat dihitung sebagai berikut:

Qnd = $15\% \times 1.097.888$
= 164.683 liter/hr

Setelah mengetahui besar kebutuhan air domestik dan non domestik, maka dapat diketahui kebutuhan air totalnya. Hal ini dapat dilakukan dengan menjumlahkan debit domestik dan debit non domestik.

Total debit = Qd + Qnd
= 1.097.888 + 164.683
= 1.262.571 liter/hr

Dari perhitungan diatas maka didapatkan debit kebutuhan air total adalah sebesar 1.262.571 liter/hari.

(5) Kehilangan Air. Kehilangan air adalah selisih antara penyediaan air (*water supply*) dengan pemakaian air. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18 tahun 2007, kehilangan air adalah sebesar 15% dari kebutuhan total, sehingga kehilangan didapat sebesar 189.386 liter/hari. Jadi, kebutuhan air total keseluruhannya yaitu didapat dengan menjumlahkan debit total yang telah dihitung sebelumnya dengan kehilangan airnya.

$$\begin{aligned}\text{Debit total} &= Q_{\text{total}} + \text{Kehilangan} \\ &= 1.262.571 + 189.386 \\ &= 1.451.956 \text{ liter/hr} \\ &= 16,8 \text{ liter/dt}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka didapatkan debit kebutuhan air total keseluruhan untuk Zona Mangli pada tahun 2020 adalah sebesar 1.451.956 liter/hari atau 16,8 liter/detik.

(6) Fluktuasi Pemakaian Air Bersih

- Fluktuasi pemakaian air pada waktu hari maksimum
Kebutuhan air harian maksimum
 $Q_{\text{maks}} = 1,15 \times 16,8$
 $= 19,3 \text{ liter/dt}$
- Fluktuasi pemakaian air saat jam puncak
Kebutuhan air pada jam puncak
 $Q_{\text{peak}} = 1,56 \times 16,8$
 $= 26,2 \text{ liter/dt}$

Setelah mengetahui analisa perhitungan debit kebutuhan di atas, maka dapat diketahui bahwa proyeksi kebutuhan air dari seluruh pelanggan pada Zona Mangli pada tahun 2020 yaitu sebesar 16,8 liter/detik dan debit pada saat jam puncak adalah sebesar 26.2 liter/detik. Sedangkan debit air yang disediakan dan dialirkan PDAM ke Zona Mangli sebesar 11,2 L/detik, sehingga untuk perencanaan pada tahun 2020 diperlukan tambahan unit produksi. Untuk tambahan unit produksi, penulis merencanakan sumber baru dengan lokasi rencana berada di Desa Sukorambi pada koordinat 49 L 0792589, UTM 9100186 dengan debit yang tersedia sebesar 17 liter/detik sehingga debit yang dapat dialirkan sebesar 28,2 L/detik. Dengan tambahan debit ini diperkirakan dapat memenuhi kebutuhan debit pelanggan pada tahun yang direncanakan.

(6) Simulasi Model dengan EPANET 2.0. Untuk desain jaringan distribusi tetap menggunakan desain sebelumnya namun ada tambahan pipa baru untuk mengalirkan air dari sumber baru tambahan. Selain itu, ada tambahan tanki untuk menampung air dari sumur bor P8 dan juga terdapat beberapa pipa yang diameternya diubah. Setelah melakukan simulasi model perencanaan tahun 2020 yang telah disesuaikan dengan kondisi yang ada dilapangan dengan menggunakan program EPANET 2.0, maka didapatkan hasil dari simulasi tersebut berupa tekanan, debit aliran, kecepatan aliran dan *headloss* yang semuanya memenuhi kriteria perencanaan.

Kesimpulan dan Saran

Kondisi eksisting jaringan distribusi air bersih Zona Mangli adalah kapasitas terpasang PDAM masih belum dapat memenuhi kebutuhan air pelanggannya hal ini dapat diketahui dengan melihat debit kebutuhan air dari hasil analisa yaitu 15,42 l/dt sedangkan kapasitas terpasang PDAM adalah 11,2 l/dt. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan air bersih baik saat ini maupun jika diprediksi sampai pada tahun 2020, maka memerlukan sumber air yang baru yaitu yang ada di Desa Sukorambi pada koordinat 49 L 0792589, UTM 9100186 dengan debit yang tersedia sebesar 17 liter/detik sehingga debit yang dapat dialirkan sebesar 28,2 L/detik.

Ucapan Terima Kasih

PDAM Kabupaten Jember yang telah menyediakan data.

Rekomendasi

Untuk kondisi eksisting diperlukan tambahan sumber baru untuk memenuhi kebutuhan air pelanggan PDAM. Pada penelitian selanjutnya, untuk mengetahui keakuratan simulasi model maka perlu dilakukan pengecekan keadaan dilapangan pada titik-titik yang dianggap tidak memenuhi standar dan dapat dilakukan dengan menggunakan program Epanet Z.

Daftar Pustaka

- Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum . 2005 . *Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat (PAM BM)*. Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum
- Direktorat Jendral Cipta Karya. 2000. *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum.2007.*Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Linsey, R.K dan Franzini, J.B. 1986. *Teknik Sumber Daya Air. Jilid I. Edisi ketiga*. Jakarta : Erlangga.
- Wahyuni, Sri. 2005. *Studi Perencanaan Jaringan Pipa untuk Memenuhi Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Kapas Kabupaten Bojonegoro*. Tidak dipublikasikan. Jember : Universitas Jember.