

Analisis dan Rencana Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih Unit Cabang Timur PDAM Kabupaten Klaten

Ana Tri Lestari dan Hariwiko Indarjanto

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: hwc corp@yahoo.com

Abstrak—Unit Cabang Timur Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Klaten dibagi menjadi 3 unit pelayanan Ibu Kota Kecamatan (IKK) dan mempunyai tingkat pelayanan yang masih rendah pada tahun 2015, yaitu Unit IKK Ceper 17,6%; Unit IKK Pedan 2,43%; dan Unit IKK Cawas 31,26% sehingga peningkatan persen pelayanan menjadi hal yang perlu dilakukan. Hal ini didukung dengan adanya penambahan debit produksi sebesar 50 liter/detik. Selain itu, jaringan distribusi belum dibentuk blok pelayanan sehingga sulit untuk mengontrol kehilangan air. Perencanaan ini dilakukan pembagian blok pelayanan menjadi 26 blok dan 5 tapping. Setelah itu dilakukan analisis kondisi eksisting. Hasil analisis kondisi eksisting menunjukkan kondisi hidrolika perpipaan kecuali kecepatan masih memenuhi kriteria, yaitu tekanan antara (15,43-59,99) m, kecepatan (0-0,91) m/detik, unit headloss (0-3,51) m/km. Kemudian dilakukan pengembangan jaringan yang dibagi menjadi 2 tahap, dimana tahap 1 meningkatkan persen pelayanan, sedangkan tahap 2 menambah daerah pelayanan baru. Blok pelayanan setelah pengembangan menjadi 29 blok dan 5 titik tapping. Kemudian analisis rencana pengembangan dilakukan dan menunjukkan bahwa kondisi hidrolika pipa untuk tekanan di jaringan distribusi IKK Cawas bernilai negatif. Hal ini dikarenakan unit headloss yang terjadi pada pipa dari reservoir menuju titik tapping pertama IKK Cawas sebesar 5,78 m/km dengan panjang pipa 14,35 km sehingga headloss sebesar 82,94 m menyebabkan tekanan menjadi -2,89 m. Permasalahan ini dapat diatasi dengan parallel pipa diameter 200 mm sepanjang 9 km. Parallel pipa tersebut mengakibatkan tekanan pada titik tapping pertama IKK Cawas menjadi 34,65 m dan titik tapping terjauh (blok 19) sebesar 16,34 m. Hasil analisis hidrolika, seperti unit headloss berada pada rentang (0-5,78) m/km, namun kecepatan masih ada yang di bawah 0,3 m/detik. Rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk melakukan pengembangan jaringan sebesar Rp 2.470.153,051.71.

Kata Kunci—Cabang Timur PDAM Kabupaten Klaten, Jaringan Distribusi, EPANET 2.0

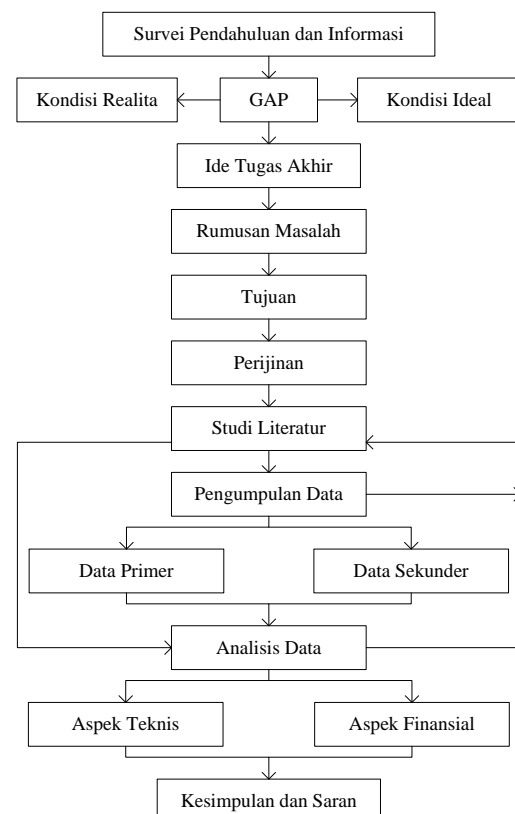
I. PENDAHULUAN

Unit Cabang Timur merupakan salah satu unit pelayanan PDAM Kabupaten Klaten dan dibagi menjadi 3 Unit

Pelayanan IKK. Persen pelayanan pada tahun 2015 masih rendah, yaitu Unit IKK Ceper 17,6%; Unit IKK Pedan 2,43%; dan Unit IKK Cawas 31,26% [1]. Peningkatan persen pelayanan menjadi hal yang harus dilakukan mengingat pentingnya pemenuhan kebutuhan air untuk masyarakat. Hal ini didukung dengan adanya penambahan debit produksi air sebesar 50 liter/detik. Kondisi eksisting jaringan perlu diketahui sebagai pertimbangan perencanaan pengembangan. Selain itu jaringan distribusi Unit Cabang Timur masih belum berbentuk sistem zonasi sehingga menyulitkan pihak PDAM untuk mengontrol kehilangan air.

II. METODE PERENCANAAN

Metode perencanaan ditampilkan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar. 1. Metode Perencanaan

Berikut ini merupakan penjelasan dari metode perencanaan:

A. Survei Pendahuluan dan Informasi

Tahap ini merupakan pengamatan di PDAM Kabupaten Klaten untuk mendapatkan gambaran dan informasi sehingga diketahui permasalahan yang ada.

B. Ide Tugas Akhir

Berdasarkan pengamatan yang sudah dilakukan, didapatkan ide tugas akhir yaitu "Analisis dan Rencana Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih Unit Cabang Timur PDAM Kabupaten Klaten".

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah didapatkan dari permasalahan kondisi realita di Unit Cabang Timur.

D. Tujuan

Tujuan dibuat untuk menjawab rumusan masalah.

E. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari materi yang mendukung dalam pelaksanaan tugas akhir ini berupa pustaka. Materi yang dipelajari dalam studi literatur ini antara lain sistem jaringan distribusi, bentuk jaringan distribusi, sistem distribusi air minum, pembagian blok pelayanan, pipa dan elemennya, proyeksi penduduk dan fasilitas, kebutuhan air dan fluktuasinya, hidrolika perpipaan, *Quantum Geographic Information System* (QGIS), dan Epanet 2.0.

F. Perijinan

Perijinan dilakukan di PDAM Kabupaten Klaten untuk mendapatkan data PDAM, Bappeda Kabupaten Klaten untuk mendapatkan peta daerah perencanaan, dan Dinas Pekerjaan Umum untuk mendapatkan standar harga.

G. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dibedakan menjadi 2, yaitu data primer (pengambilan data di lapangan) dan data sekunder berasal dari instansi terkait. Data diambil untuk mengetahui informasi masing-masing Unit IKK. Data primer yang diambil adalah konsumsi pelanggan per orang per hari. Sedangkan data sekunder yang diambil yaitu peta administrasi, peta jaringan distribusi beserta diameter pipa, panjang pipa distribusi, elevasi titik tapping, konsumsi air non domestik, jumlah penduduk terlayani, wilayah pelayanan, pertumbuhan pelanggan, jumlah penduduk dan fasilitas umum, pertumbuhan pelanggan tiap Unit IKK, kehilangan air, dan debit produksi air bersih.

H. Analisis Data

Analisis data dibagi menjadi dua aspek, yaitu:

1. Aspek teknis

- Pembuatan model sistem jaringan induk dilakukan di *software* QGIS
- Pembentukan blok pelayanan

Pembentukan blok pelayanan merupakan salah satu upaya untuk mengontrol kehilangan air. Pembentukan blok pelayanan dilakukan di QGIS.

- Analisis jaringan distribusi eksisting menggunakan EPANET 2.0

Model sistem jaringan induk yang sudah dibuat di QGIS dimasukkan ke EPANET 2.0 untuk diraster. Kemudian memasukkan data-data yang dibutuhkan seperti panjang pipa, elevasi tiap node, debit tiap tapping, koefisien kekasaran pipa, serta faktor jam puncak. Hasil analisis berupa kondisi hidrolika perpipaan, seperti kecepatan pipa dan tekanan tiap node digunakan sebagai dasar rencana pengembangan jaringan.

- Analisis rencana pengembangan

Periode perencanaan selama 10 tahun (2016-2026) dibagi menjadi 2 tahap, dimana tahap 1 meningkatkan persen pelayanan dan tahap 2 ditambah dengan daerah pelayanan. Pada analisis ini dihitung proyeksi penduduk, proyeksi fasilitas, proyeksi kebutuhan air, dan pembagian debit tiap blok. Kemudian dilakukan analisis menggunakan EPANET 2.0. Jika hasil analisis belum memenuhi kriteria yang ada, maka jaringan pipa dimodifikasi sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi kriteria yang ada.

2. Aspek Finansial

Analisis finansial menghitung *bill of quantity* (BOQ) dan rencana anggaran biaya (RAB) sesuai standar harga daerah perencanaan.

I. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan didapatkan dari hasil analisis data dan harus menjawab tujuan. Sedangkan saran dibuat agar memudahkan penyusunan perencanaan kedepan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

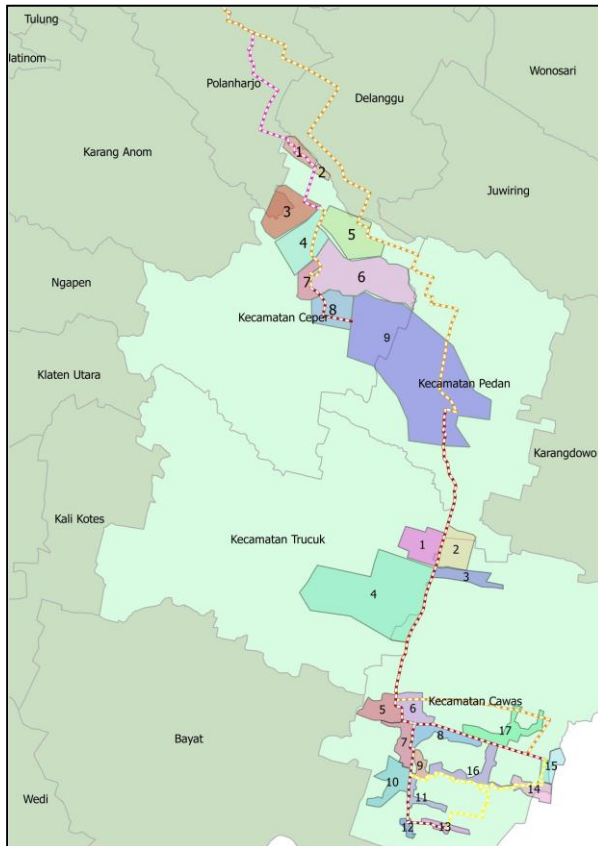
A. Analisis Kondisi Eksisting Jaringan Distribusi

Unit Cabang Timur dibagi menjadi 3 unit pelayanan untuk melayani 4 kecamatan, yaitu Kecamatan Ceper, Kecamatan Pedan, Kecamatan Cawas, dan Kecamatan Trucuk. Sumber air berasal dari Mata Air Nila dengan debit 64,3 liter/detik dan sumur bor Ponggok 50 liter/detik. Sehingga debit total sebesar 114,3 liter/detik. Unit Cabang Timur melayani pelanggan domestik 6788 sambungan dan non domestik sebanyak 227 sambungan dengan sistem pengaliran gravitasi [2].

- Jaringan Induk dan Blok Pelayanan

Analisis kondisi eksisting dimulai dengan membenahi sistem jaringan distribusi dengan cara membentuk jaringan induk kemudian membuat blok pelayanan sesuai jaringan induk (Gambar 2). Tappingan dari reservoir sebelah kiri merupakan pipa distribusi untuk IKK Ceper dan IKK Pedan, sedangkan sebelah kanan untuk IKK Cawas. Blok pelayanan yang dibentuk sebanyak 26 blok dan 5 tapping. Hal ini untuk memudahkan pembagian debit untuk analisis dan mengontrol kehilangan air saat diaplikasikan dilapangan. Unit IKK Ceper

dan IKK Pedan dibagi menjadi 9 blok pelayanan, sedangkan IKK Cawas menjadi 20 blok dan 4 titik tapping (Tabel 2). Analisis dengan program EPANET 2.0 membutuhkan input data seperti debit tiap tapping pipa, terdiri dari data pemakaian air domestik dan non domestik yang didapatkan dari perhitungan, panjang pipa dan diameter pipa dari sistem informasi geografis, elevasi tiap node dari Google Earth, dan koefisien kekasaran pipa (c) tergantung jenis pipa yang digunakan. Pipa yang digunakan adalah jenis PVC, sehingga nilai c adalah 150 [3].



Gambar 2. Jaringan Induk dan Pembagian Blok Pelayanan

• Pemakaian Air Domestik dan Non Domestik

Pemakaian air domestik didapatkan dari pengamatan penggunaan air domestik 10 sambungan rumah (SR) dengan pelayanan kontinyu (24 jam). Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, rata – rata pemakaian air sebesar 101,17 liter/orang.hari dan dibulatkan menjadi 100 liter/orang.hari. Sedangkan pemakaian air non domestik didapatkan dari pembacaan meter air oleh PDAM pada Bulan Maret 2016 yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemakaian Air Non Domestik

Jenis Fasilitas	Debit (Liter/hari)
Industri	2064,20
RS	300,00
Puskesmas	1900,00
Sekolah	1013,64
Niaga	300,00

Jenis Fasilitas	Debit (Liter/hari)
Tempat ibadah	906,57
Kantor	363,33

• Pembagian Debit tiap Blok

Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2013, rata – rata anggota rumah tangga keempat kecamatan tersebut adalah 4 orang. Data tersebut digunakan untuk menghitung jumlah pemakaian air dalam 1 SR dengan cara mengkalikan dengan pemakaian air per orang per hari. Pembagian debit tiap blok dapat dilihat pada Tabel 2.

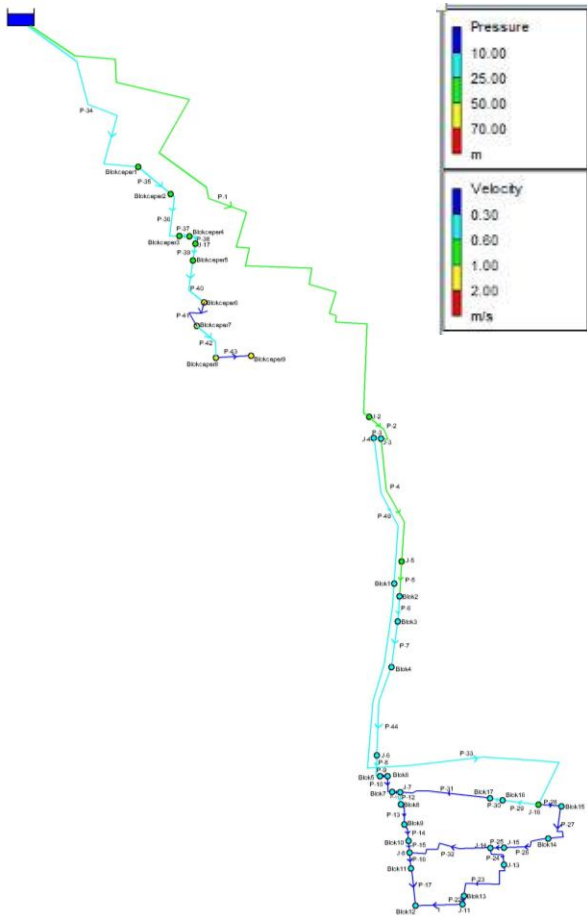
Tabel 2. Debit Tiap Blok Pelayanan

No	Unit Pelayanan	Blok	Debit (L/detik)
1	Cawas	J-2	0,003
2		J-5	0,041
3		Blok 1	2,607
4		Blok 2	0,972
5		Blok 3	0,505
6		Blok 4	0,971
7		J-6	0,619
8		Blok 5	1,632
9		Blok 6	1,742
10		Blok 7	0,679
11		Blok 8	1,103
12		Blok 9	1,142
13		Blok 10	1,209
14		Blok 11	0,549
15		Blok 12	0,256
16		Blok 13	0,079
17		J-13	0,131
18		J-15	0,438
19		Blok 14	0,822
20		Blok 15	0,502
21		Blok 16	1,513
22		Blok 17	1,589
Sub jumlah			19,103
1	Cepet dan Pedan	Blok 1	0,989
2		Blok 2	0,433
3		Blok 3	1,272
4		Blok 4	1,823
5		Blok 5	3,528
6		Blok 6	3,172
7		Blok 7	0,987
8		Blok 8	1,632
9		Blok 9	1,425
Sub jumlah			15,261
Jumlah			34,364

• Analisis jaringan eksisting menggunakan EPANET 2.0

Sistem jaringan dan blok pelayanan yang telah dibuat sebelumnya, dimasukkan kedalam program EPANET 2.0 untuk diraster dan dimasukkan data berupa debit tiap blok, panjang pipa, elevasi tiap node, diameter pipa, dan koefisien kekasaran pipa. Kemudian dilakukan analisis menggunakan EPANET 2.0 untuk mengetahui kondisi hidrolika dan dibandingkan dengan

kriteria. Sisa tekan yang diperbolehkan mempunyai rentang antara (10 – 70) m [4], sedangkan kecepatan pipa PVC antara (0,3 – 3) m/detik [5]. Hasil analisis kondisi eksisting (Gambar 3) menunjukkan bahwa hidrolika pipa berupa tekanan dan unit headloss memenuhi kriteria, yaitu untuk tekanan antara (15,43-59,99) m dan unit headloss (0-3,51) m/km. Akan tetapi kecepatan air dalam pipa beberapa masih berada di bawah 0,3 m/detik. Kecepatan aliran air berkisar antara (0-0,91) m/detik.



Gambar 3. Hasil Analisis Kondisi Eksisting Jaringan Menggunakan EPANET 2.0.

B. Rencana Pengembangan Jaringan Distribusi

Merencanakan pengembangan jaringan perlu diketahui persen pelayanan eksisting yang digunakan sebagai data awal peningkatan persen pelayanan. Selain itu diperlukan proyeksi penduduk, proyeksi fasilitas, dan proyeksi kebutuhan air sehingga diketahui debit total yang harus tersedia di PDAM untuk melayani masyarakat.

• **Proyeksi penduduk**

Proyeksi penduduk digunakan untuk menghitung proyeksi kebutuhan air domestik. Proyeksi penduduk dapat dihitung menggunakan metode aritmatik, metode *least square*, atau metode geometrik. Metode yang dipilih merupakan metode dengan nilai koefisien korelasi (r) mendekati 1. Metode terpilih untuk menghitung proyeksi penduduk adalah metode geometrik dengan rumus sebagai berikut.

$$P_n = P_o \times (1 + r)^{dn} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- P_n = Jumlah penduduk tahun n
- P_o = Jumlah penduduk tahun dasar
- r = rata-rata pertambahan penduduk pertahun
- dn = periode waktu dalam tahun

• **Proyeksi Fasilitas**

Proyeksi fasilitas digunakan untuk memproyeksikan kebutuhan air non domestik, dengan rumus sebagai berikut.

$$F_n = P_n / P_o \times F_o$$

Dimana:

- F_n = jumlah fasilitas umum pada tahun akhir proyeksi
- P_n = Jumlah penduduk di akhir proyeksi
- F_o = Jumlah fasilitas umum pada awal proyeksi
- P_o = Jumlah penduduk di awal proyeksi

• **Proyeksi Kebutuhan Air**

Peningkatan persen pelayanan dilihat dari tren pertumbuhan pelanggan di masing-masing unit. Unit IKK Ceper direncanakan meningkat sebesar 0,8% pada tahap 1 dan menjadi 1% pada tahap 2 karena daerah tersebut merupakan sentra industri logam [6]; Unit IKK Pedan 0,5%; dan Unit IKK Cawas 2%. Daerah pelayanan baru terletak di Unit IKK Cawas dan direncanakan persen pelayanan awal sebesar 20% dengan peningkatan sebesar 2% tiap tahunnya. Kehilangan air di Unit IKK Ceper sebesar 26,2% dan direncanakan turun 0,7% tiap tahunnya agar tingkat kehilangan air memenuhi standar sebesar 20% [7]. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara menghitung selisih antara air yang terbaca di tiap meter air dengan yang tercatat di rekening air kemudian dilakukan telusur pipa di blok pelayanan yang mengalami kehilangan air. Sedangkan 2 Unit IKK lainnya tidak dilakukan pengurangan kehilangan air karena sudah memenuhi kriteria. Akan tetapi kontrol kehilangan air tetap dilakukan dengan menghitung selisih air yang terdistribusi dan yang terbaca di rekening. Total debit yang harus tersedia di PDAM Kabupaten Klaten pada tahun 2026 sebesar 63 liter/detik. Debit eksisting air produksi Unit Cabang Timur masih memenuhi untuk mensuplai kebutuhan air sampai tahun 2026.

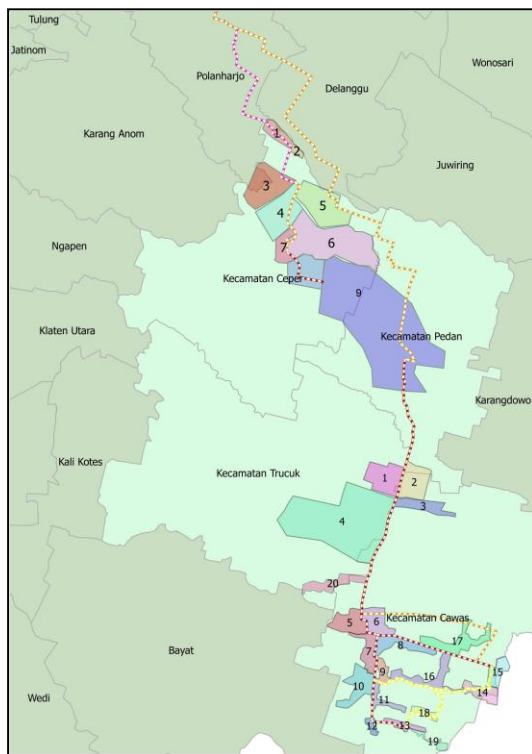
• **Pembagian Debit tiap Blok Pelayanan**

Terjadi penambahan 3 blok pelayanan pada tahap 2, yaitu blok 18, 19, dan 20 (Gambar 4), sehingga blok pelayanan menjadi sebanyak 29 blok dan 5 tapping. Tabel 3 berikut adalah pembagian debit tiap blok pelayanan setelah pengembangan.

Tabel 3. Pembagian Debit tiap Blok Pelayanan

No	Unit Pelayanan IKK	Blok	Debit
1	Cawas	J-2	0,008
2		J-5	0,508
3		Blok 1	3,897
4		Blok 2	1,733
5		Blok 3	0,743
6		Blok 4	5,089

No	Unit Pelayanan IKK	Blok	Debit
7	Cawas	J-6	1,232
8		Blok 5	2,635
9		Blok 6	2,624
10		Blok 7	0,970
11		Blok 8	1,663
12		Blok 9	1,690
13		Blok 10	2,078
14		Blok 11	0,861
15		Blok 12	0,792
16		Blok 13	0,245
17		J-13	0,360
18		J-15	0,611
19		Blok 17	2,404
20		Blok 14	1,219
21		Blok 15	0,813
22		Blok 16	3,207
23		Blok 18	0,720
24		Blok 19	0,360
25		Blok 20	1,394
Sub jumlah			37,9
1	Ceper dan Pedan	Blok 1	1,428
2		Blok 2	0,612
3		Blok 3	1,428
4		Blok 4	3,565
5		Blok 5	4,818
6		Blok 6	4,709
7		Blok 7	1,811
8		Blok 8	3,089
9		Blok 9	3,683
Sub jumlah			25,1
Jumlah			63,0



Gambar 4. Blok Pelayanan Baru

- Perhitungan Diameter Pipa Blok Pelayanan Baru
Diameter pipa dihitung dengan mengasumsikan kecepatan pada pipa dan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

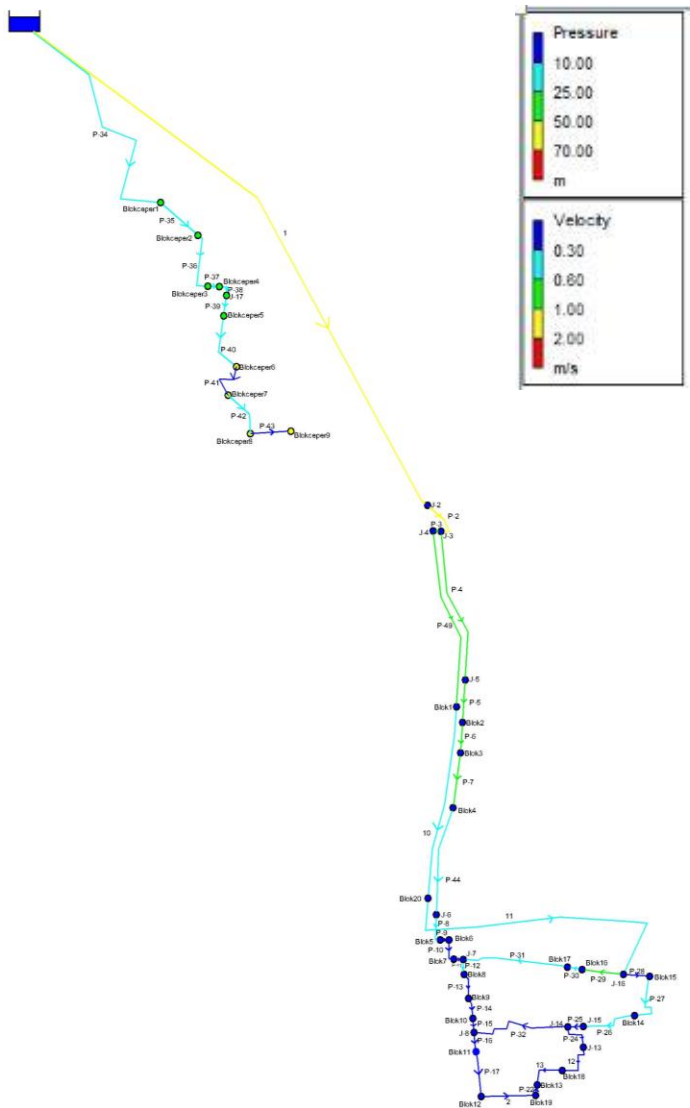
$$Q = v \times A \dots\dots\dots(2)$$

$$A = 0,25 \times \pi \times D^2 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana: Q = debit air (m³/detik)
 V = kecepatan aliran (m/detik)
 A = luas penampang pipa (m²)
 D = diameter pipa (m)

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan diameter pipa untuk blok 18 sebesar 50 mm dan blok 20 sebesar 75 mm.

- Analisis Pengembangan Jaringan menggunakan EPANET 2.0
 Hasil analisis pengembangan jaringan ditunjukkan pada Gambar 5 dibawah ini.

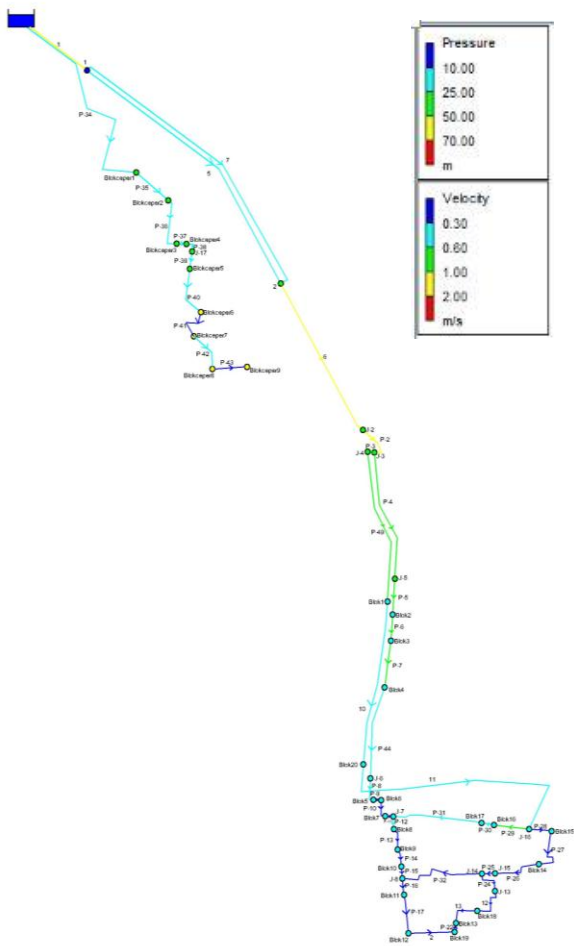


Gambar 5. Hasil Analisis Pengembangan Jaringan

Berdasarkan hasil analisis tersebut, pipa tapping dari reservoir menuju titik tapping pertama pelanggan IKK Cawas (Pipe 1) mempunyai unit headloss 5,78 m/km dan panjang pipa 14,35 km. Hal ini menyebabkan headloss yang besar, yaitu 82,942 m sehingga m tekanan pada titik tapping pertama (J-2) menjadi -2,89 m dan titik pelayanan terjauh (blok 19) sebesar -21,2 m.

• Modifikasi Jaringan Pipa

Permasalahan tekanan negatif pada titik tapping perlu dilakukan penyelesaian. Modifikasi jaringan dilakukan menggunakan bantuan EPANET 2.0. Berdasarkan analisis yang dilakukan, permasalahan tekanan negatif dapat diatasi dengan cara melakukan paralel pipa dengan diameter 200 mm sepanjang 9 km yang ditunjukkan dengan kode Pipe 7 (Gambar 6). Paralel pipa tersebut mengakibatkan tekanan pada titik tapping pertama IKK Cawas (J-2) menjadi 34,65 m dan titik tapping terjauh (blok 19) sebesar 16,34 m. Hasil analisis hidrolika, seperti unit headloss berada pada rentang (0-5,78) m/km, namun kecepatan masih ada yang di bawah 0,3 m/detik.



Gambar 6. Hasil Analisis Modifikasi Pipa Jaringan Distribusi

C. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan RAB dibagi menjadi beberapa item pekerjaan (Tabel 4). Total biaya yang dikeluarkan untuk realisasi perencanaan sebesar Rp 2.470.153.015,71.

Tabel 4. Rencana Anggaran Biaya

No	Item Pekerjaan	Biaya
1	Penanaman pipa dan aksesoris	Rp 2.238.757.631,28
2	Pekerjaan thrust block	Rp 3.494.954,43
3	Pekerjaan detail junction	Rp 227.900.430,00
Total		Rp 2.470.153.015,71

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

- a. Untuk mengontrol kehilangan air, Unit Cabang Timur dibagi 26 blok pelayanan dan 5 tapping untuk eksisting. Sedangkan setelah dilakukan pengembangan menjadi 29 blok dan 5 tapping.
- b. Kondisi hidrolika jaringan distribusi air bersih eksisting Unit Pelayanan Cabang Timur memenuhi kriteria untuk tekanan dan headloss, sedangkan kecepatan pipa masih ada yang berada dibawah 0,3 m/detik. Hal ini memungkinkan untuk dilakukan pengembangan jaringan.
- c. (1) Persen pelayanan pada tahun 2026 masing – masing unit Pelayanan IKK adalah sebagai berikut:
 - Ceper = 20,7%
 - Pedan = 6,7%
 - Cawas = 54,7%
- (2) Tapping dari reservoir sampai tapping pertama pelanggan IKK Cawas menunjukkan tekanan negatif karena headloss tinggi. Setelah dilakukan modifikasi berupa paralel pipa berdiameter 200 mm sepanjang 9 km, kondisi hidrolika memenuhi kriteria, kecuali kecepatan pipa masih ada yang berada dibawah 0,3 m/detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Jurusan Teknik Lingkungan, PDAM Kabupaten Klaten, Bappeda Kabupaten Klaten, Badan Pusat Statistik Kabupaten Klaten, dan Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Klaten yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penyusunan perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PDAM Kabupaten Klaten. 2015. *Laporan Bulan November 2015 Unit Cabang Timur*. Klaten: PDAM Kabupaten Klaten.
- [2] PDAM Kabupaten Klaten. 2016. *Laporan Bulan Januari 2016 Unit Cabang Timur*. Klaten: PDAM Kabupaten Klaten.
- [3] Ram S, Gupta. 1989. *Hydrology and Hidraulic System*. London: Prentice Hall.
- [4] Trijoko, 2010. *Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Bersih*. Bandung: Graha Ilmu.
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum. 2007. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem penyediaan Air Minum*. Jakarta: Kementerian PU.
- [6] Badan Pusat Statistik Kabupaten Klaten. 2013. *Statistik Industri Besar dan Sedang Tahun 2013*. Klaten: BPS Kabupaten Klaten.
- [7] Mangkoedihardjo S. dan Samudro, G. 2012. *Evaluasi dan Perencanaan Kebutuhan Air Minum*. Surabaya: Guna Widya.