

# ANALISA FAKTOR KEHILANGAN ENERGI PADA DISTRIBUSI PIPA DARI BOOSTER KERTAPATI SAMPAI KAWASAN PASAR

Nurnilam Oemiati<sup>1,\*</sup> Sudirman Kimi<sup>2</sup> Rani Anggraini<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>) Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang

nurnilam.oemiati@gmail.com

## Abstract

*To meet the needs of clean water in the Sungki Simpang Market Area, the distribution of clean water plays an important role and is very much needed by local residents. There are still many obstacles that result in a lack of water supply, so that people rely heavily on PDAM Tirta Musi Booster Kertapati to meet their clean water needs.*

*In this study, the authors analyzed the energy loss factors in the distribution network of clean water pipes from Booster Kertapati to Sungki Simpang Market Area, factors that affect energy loss in the pipe distribution network include flow rate, flow velocity, pipe bend angle, pipe friction, and change in pipe cross-section.*

*The results of the calculation show that the largest total energy loss is in the I-J pipe segment of 71.47446 m, the  $\varnothing 0,1016$  m or  $\varnothing 4$  inch pipe with a speed of 4.35800 m/s and the smallest total energy loss is in the C'-C pipe section of 0.10979 m, the  $\varnothing 0,1016$  m or  $\varnothing 4$  inch pipe at 1.38004 m/s. So it can be concluded that not only the number of turns, changes in the cross-section and length of the pipe that affect the energy loss factor, the flow velocity is also a factor in the energy loss.*

*Keywords: Energy Loss Factor, Analysis Result.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan di bumi terutama makhluk hidup seperti manusia, tumbuhan, hewan dan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan air tersebut manusia melakukan berbagai upaya untuk mendapatkannya. Dalam hal ini pemenuhan air bersih yang akan dikonsumsi, baik untuk air minum maupun untuk kebutuhan lainnya dapat dilakukan dengan berbagai cara, disesuaikan dengan sarana dan prasarana yang ada. Sistem penyediaan air dilakukan dengan sistem perpipaan dan non perpipaan. Sistem perpipaan itu sendiri dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan

sistem non perpipaan dikelola oleh masyarakat baik secara individu maupun kelompok.

Sebagian masyarakat di kota Palembang khususnya daerah Kertapati telah menggunakan layanan air bersih PDAM, seiring dengan pertumbuhan penduduk di kota Palembang, maka tuntutan air akan peningkatan pelayanan kebutuhan air bersih juga meningkat. Dalam hal ini banyak kendala yang dihadapi oleh PDAM kota Palembang khususnya menyangkut pendistribusian air bersih.

Fluida terutama air dan gas merupakan zat yang tidak bisa lepas dari dalam kehidupan kita sehari-hari, saat ini kualitas daya dukung lingkungan semakin menurun ketersediaan air yang dapat langsung dikonsumsi dan alam juga semakin berkurang. Keadaan ini juga diikuti oleh menurunnya tekanan-tekanan air ke seluruh daerah pelayanan sehingga

konsumen mempergunakan berbagai cara untuk memperoleh air sesuai dengan keinginannya, oleh karena itu penelitian ini menganalisa mengenai faktor kehilangan energi pada jaringan distribusi pipa air bersih.

## 1.2 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisa faktor kehilangan energi pada jaringan distribusi pipa air bersih dari Booster Kertapati sampai Kawasan Pasar Simpang Sungki.

Adapun tujuan dari analisa ini untuk mengetahui kehilangan energi pada tiap belokan pipa, kehilangan energi akibat gesekan pipa dan untuk mengetahui kehilangan energi akibat perubahan penampang pipa di daerah layanan PDAM Tirta Musi Palembang Booster Kertapati sampai Kawasan Pasar Simpang Sungki.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah menghitung besarnya kehilangan energi akibat belokan, menghitung kehilangan energi akibat gesekan, dan kehilangan energi akibat perubahan penampang. Kehilangan energi akibat elevasi tidak diperhitungkan karena kontur pada lokasi penelitian memiliki beda tinggi yang rendah atau relatif datar.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

#### 2.1.1. Pengertian Air

Air merupakan zat yang mutlak diperlukan bagi setiap makhluk hidup. Kebersihan air adalah syarat utama bagi terjaminnya kesehatan manusia dan lingkungan. Air bersih adalah air sehat yang dipergunakan untuk

kegiatan manusia dan harus bebas dari kuman-kuman penyebab penyakit, bebas dari bahan-bahan kimia yang dapat mencemari air bersih tersebut. Air merupakan zat yang mutlak bagi setiap makhluk hidup dan kebersihan air adalah syarat utama bagi terjaminnya kesehatan (Dwijosaputro, 1981).

#### 2.1.2. Pengertian Pipa

Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran dan digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh. Fluida yang dialirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas, dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer (Triatmodjo, B. 1996).

#### 2.1.3. Sistem Perpipaan Diatribusi

Pada umumnya, terdapat berbagai macam pipa yang dapat digunakan dalam perencanaan sistem distribusi air minum. Adapun macam-macam pipa yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Pipa Primer atau Pipa Induk (*supply main pipe*)
- b. Pipa Sekunder (*arterial main pipe*)
- c. Pipa Tersier
- d. Pipa Servis

#### 2.1.4. Sistem Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi itu sendiri bertujuan untuk mengalirkan air ke konsumen, proses pendistribusian air ke konsumen tergantung dari kondisi lokasi. Adapun metode pendistribusian air ke konsumen sebagai berikut :

- a. Metode Gravitasi
- b. Metode Pompa

Adapun jenis-jenis sistem jaringan distribusi yang akan di alirkan kedaerah pelayanan, yaitu :

- 1) Sistem Cabang atau *Branch*
- 2) Sistem Melingkar atau *Loop*
- 3) Sistem Jaringan Kombinasi

### 2.1.5. Pipa Trasmisi

Pipa transmisi yaitu pipa yang mengalirkan air dari sumber air ke reservoir dan instalasi pengolahan air, sert dari reservoir ke reservoir lainnya.

### 2.1.6. Sistem Distribusi Air

Air yang disuplai melalui pipa induk didistribusikan melalui dua alternatif sistem yaitu :

- a. *Continous System* (Sistem Berkelanjutan)
- b. *Intermiten System* ( Beberapa Jam)

### 2.1.7. Hukum Newton Tentang Kekentalan Zat Cair

Hukum Newton tentang kekentalan menyatakan bahwa tegangan geser antara dua partikel zat cair yang berdampingan adalah sebanding dengan perbedaan kecepatan dari kedua partikel (gradiem kecepatan) yang berbentuk :

$$r = \mu \frac{dv}{dy} \dots \dots \dots (1)$$

### 2.1.8. Kehilangan Energi Pada Aliran Pipa

Zat cair yang mengalir didalam bidang tanpa batas (pipa, saluran terbuka atau bidang datar) akan terjadi tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan aliran karena adanya kekentalan. Tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi selama pengaliran.

### 2.1.9. Kehilangan Energi Sekunder Pada Aliran Pipa

Kehilangan energi sekunder disebabkan oleh perubahan penampang pipa, sambungan

pipa, belokan pipa dan katub. Pada pipa yang lebih panjang kehilangan energi primer biasanya lebih besar dari pada kehilangan energi sekunder, sehingga pada keadaan tersebut kehilangan tenaga sekunder dapat diabaikan. Pada pipa pendek kehilangan energi sekunder harus diperhitungkan, untuk memperkecil kehilangan energi sekunder perubahan penampang dan belokan dibuat secara berangsur – angsur.

### 2.1.10. Pembesaran Penampang

Pembesaran penampang mendadak dari aliran seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 mengakibatkan kenaikan tekanan dari  $p_1$  menjadi  $p_2$  dan kecepatan turun dari  $V_1$  menjadi  $V_2$ . Pada tempat disekitar pembesaran penampang (1) akan terjadi olakan dan aliran akan normal kembali dari mulai tampang (2). Di daerah tampang 1 dan 2 terjadi pemisahan aliran.

### 2.1.11. Pengecilan Penampang

Pada pengecilan penampang yang mendadak, garis aliran pada bagian hulu dari sambungan akan menguncup dan akan mengecil pada vena kontrakta. Percobaan – percobaan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa luas tampang pada vena kontrakta sekitar 0.6  $A_2$ .

### 2.1.12 Kehilangan Energi Akibat Belokan Pipa

Kehilangan energi yang terjadi pada belokan tergantung pada sudut belokan pipa, untuk sudut belokan 90° dan dengan belokan halus (berangsur – angsur) kehilangan tenaga tergantung pada perbandingan antra jari – jari belokan dan diameter pipa

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Mencari Debit Aliran dan Kecepatan Aliran

Debit merupakan banyaknya fluida yang mengalir di tiap satuan waktu melalui setiap irisan pipa atau saluran pipa.

Rumus yang digunakan adalah persamaan kontinuitas. Apabila kecepatan dan tampang aliran dapat dihitung maka debit aliran dapat dihitung, demikian pula jika kecepatan dan debit aliran sudah diketahui maka didapat tampang aliran untuk melewati debit tersebut, dengan kata lain saluran dapat ditetapkan.

Debit aliran melalui sistem pipa adalah hasil antara kecepatan aliran pada pipa dengan luas penampang pipa menurut Triatmodjo, B (1996) yang ditulis dengan persamaan :

$$Q = A \times V \text{ atau } V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/dtk)

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

Karena luas penampang berbentuk lingkaran, maka rumus yang digunakan untuk mencari luas penampang yaitu :

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

π = 3,14 (konstanta)

D = Diameter pipa (m)

Selain rumus *Manning*, di Indonesia juga sering menggunakan rumus *Chezy*, yaitu :

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot I} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

C = Koef. Chezy yang tergantung pada kekasaran dinding

R = Jari –jari hidrolis

I = Kemiringan garis tenaga

Rumus Bazin :

$$C = \frac{87}{1 + \frac{B}{\sqrt{R}}} \dots\dots\dots (5)$$

### 2.2.2. Mencari Kehilangan Energi Akibat Gesekan pada Pipa

Kehilangan energi akibat gesekan pada pipa disebut juga kehilangan energi primer (Triatmodjo B, 1996). Kehilangan energi ini terjadi akibat adanya kekentalan zat cair atau turbulensi karena adanya kekasaran dinding yang dapat menimbulkan gaya gesek yang akan menyebabkan kehilangan energi sepanjang pipa pada aliran seragam. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari kehilangan energi akibat gesekan air di dalam pipa berdasarkan persamaan dan metode *Darcy-weisbach*, yaitu :

$$hf = \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2g} \dots\dots\dots (6)$$

jika diketahui komponen debit (Q) dan luas penampang (A), maka persamaan (6) menjadi :

$$hf = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} Q^2 \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

hf = Kehilangan energy akibat gesekan air pada pipa

f = Koef. Gesek

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/dtk)

g = Gravitasi (m/dtk<sup>2</sup>)

untuk menentukan angka f maka, digunakan persamaan Angka Reynolds yang digunakan untuk menunjukkan sifat utama aliran, yaitu apakah aliran itu laminar, turbulen atau transisi :

$$Re = \frac{v \cdot L}{\nu} \dots\dots\dots (7)$$

Untuk pipa bundar , maka nilai L diganti dengan diameter pipa (D), sehingga persamaan berubah menjadi :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

- Re = Angka Reynolds
- D = Diameter pipa (m)
- V = Kecepatan (m/dtk)
- $\nu$  = Kekentalan kinematik air (air =  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/dtk)

Apabila :

- Re < 2000 = Laminer
- Re > 4000 = Turbulen
- 2000 < Re < 4000 = Transmisi (krisis)

Untuk mencari koefisien gesek pada pipa halus dapat menggunakan persamaan Blasius sebagai berikut :

$$f = \frac{0.316}{Re^{0.25}} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

- f = Koef. Gesek
- Re = Angka Reynolds

### 2.2.3. Mencari Kehilangan Energi Akibat Gesekan pada Pipa

Kehilangan energi akibat belokan pada pipa tergantung pada sudut belokan itu sendiri dan dapat di cari dengan persamaan sebagai berikut :

$$H_b = kb \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

- hb = Kehilangan energi pada belokan pipa (m)
- kb = Koefisien kehilangan energy pada belokan pipa
- V = Kecepatan (m/dtk)
- g = Gravitasi (m/dtk<sup>2</sup>)

### 2.2.4. Mencari Kehilangan Energi Akibat Perubahan Penampang Pipa

Untuk mencari kehilangan energi akibat perubahan penampang pipa menggunakan persamaan :

$$H_m = Km \frac{(v_2 - v_1)^2}{2g} \dots\dots\dots (11)$$

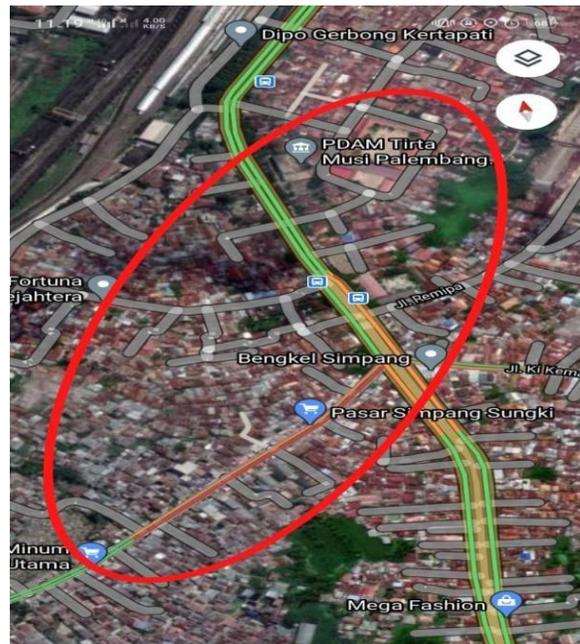
Keterangan :

- hm = Kehilangan energi akibat perubahan penampang pipa
- V<sub>1</sub> = Kecepatan aliran di pipa hulu (m/dtk)
- V<sub>2</sub> = Kecepatan aliran di pipa hilir (m/dtk)
- g = Gravitasi
- D<sub>1</sub> = Diameter pipa hulu (m)
- D<sub>2</sub> = Diameter pipa hilir (m)

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Kecamatan Kertapati tepatnya dari PDAM Booster Kertapati sampai Kawasan Pasar Simpang Sungki. Lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

### 3.2. Pengumpulan Data

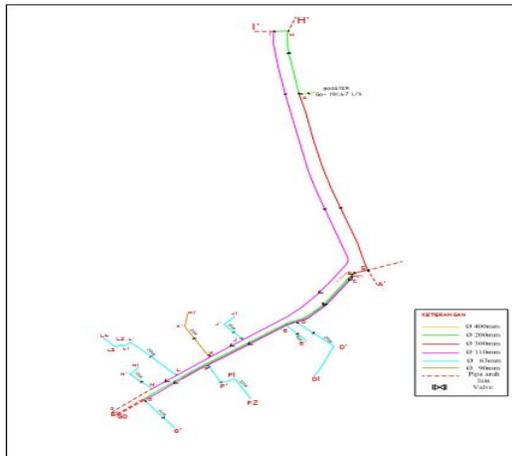
Data sekunder diperoleh dari kantor PDAM Tirta Musi Booster Kertapati Palembang, data yang diperoleh sebagai berikut:

- Peta Jaringan Pipa
- Debit Aliran
- Spesifikasi Pipa yang digunakan
- Sudut belokan pada pipa

### 3.3. Pengolahan Data

Pengolahan data ini diperlukan data-data yang lengkap sebagai penunjang dalam perhitungan, berikut perhitungan yang harus diselesaikan ialah :

- Menghitung debit aliran dan kecepatan aliran
- Menghitung kehilangan energi pada tiap belokan pipa
- Menghitung kehilangan energi akibat gesekan pipa
- Menghitung kehilangan energi akibat perubahan penampang pipa



**Gambar 3.2** Peta Jaringan

Keterangan :

→ : Arah Aliran

Jenis Pipa : PVC

Debit Awal Q : 191,47 l/s

(sumber : PDAM Booster Kertapati)

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ruas Pipa	titik	Diameter Pipa (m)	Debit Q (m <sup>3</sup> /dtk)	Kecepatan V (m/dtk)
O-A	A	0,4064	0,19147	1,47681
A-S	S	0,3048	0,14436	1,97949
S-B	B	0,3048	0,10730	1,47127
B-C'	C'	0,2032	0,04693	1,44793
C'-B'	B'	0,2032	0,03575	1,10292
C'-C	C	0,1016	0,01118	1,38004
C-D	D	0,1016	0,01066	1,31533
D-D'	D'	0,0508	0,00252	1,24342
D'-D1	D1	0,0508	0,00238	1,17544
D-E	E	0,1016	0,00814	1,00448
E-E'	E'	0,0508	0,00192	0,94956
E-F	F	0,1016	0,00622	0,76709
F-F'	F'	0,0508	0,00147	0,72515
F'-F1	F1	0,0508	0,00139	0,68550
F1-F2	F2	0,0508	0,00131	0,64802
F-G	G	0,1016	0,00475	0,58580
G-G'	G'	0,0508	0,00112	0,55377
A-H	H	0,2032	0,03241	1,45337
H-I	I	0,2032	0,04636	1,43031
I-J	J	0,1016	0,03531	4,35800
J-J'	J'	0,0508	0,00835	4,11973
J'-J1	J1	0,0508	0,00789	3,89449
J-K	K	0,1016	0,02697	3,32807
K-K'	K'	0,0762	0,01436	3,15146
K'-K1	K1	0,0762	0,01360	2,98422
K-L	L	0,1016	0,02697	1,55537
L-L'	L'	0,0508	0,00282	1,47033
L'-L1	L1	0,0508	0,00282	1,38994
L1-L2	L2	0,0508	0,00266	1,31395
L2-L3	L3	0,0508	0,00252	1,24211
L3-L4	L4	0,0508	0,00238	1,17420
L-M	M	0,1016	0,00962	1,18779
M-M'	M'	0,0508	0,00227	1,12285
M'-M1	M1	0,0508	0,00215	1,06146

Berdasarkan perhitungan didapat energy total didapat pada tabel dibawah ini:

Kehilangan Energi pada Belokan Pipa hb(m)	Kehilangan Energi Akibat Gesekan pada Pipa hf (m)	Kehilangan Energi Akibat Perubahan Penampang Pipa (hm) (m)	Total (m)
0,09893	0,05590	0,00193	0,15676
0,17775	2,54076	-	2,71851
-	0,07956	0,25829	0,33785
0,09510	0,03567	0,00001	0,13078
-	1,06352	-	1,06352
0,08639	0,02340	-	0,10979
0,07848	1,26231	0,00009	1,34088
0,02837	1,42232	-	1,45069
-	1,62531	-	1,62531
0,04577	0,11634	0,00005	0,16216
-	0,57869	-	0,57869
0,02669	0,56944	0,00056	0,59670
0,02385	0,40915	-	0,43301
0,02132	0,18541	-	0,20672
-	0,38548	-	0,38548
0,01557	0,23335	0,00002	0,24893
-	0,41291	-	0,41291
0,07967	0,88338	0,00001	0,96306
0,09280	0,10476	0,14417	0,34172
0,86152	70,61199	0,00095	71,47446
0,76989	9,56009	-	10,32998
-	5,70015	-	5,70015
0,41775	3,13094	0,00245	3,55114
0,37459	5,68971	-	6,06430
-	2,41355	-	2,41355
0,10974	0,82708	0,00012	0,93694
0,09807	2,65348	-	2,75155
0,08764	0,33818	-	0,42582
0,07832	0,13622	-	0,21453
0,06254	0,18518	-	0,24772
-	0,50348	-	0,50348
0,06400	0,38398	0,00007	0,44805
0,05719	1,03462	-	1,09181
-	0,21097	-	0,21097

#### 4.1 Analisa Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan yang didapat mengenai debit dan kecepatan aliran, kehilangan energi akibat belokan pada pipa (hb), kehilangan energi akibat gesekan pada pipa (hf), kehilangan energi akibat pengecilan penampang (hm), maka kehilangan energi total sejauh 71,47446 m pada titik I menuju J.

Kehilangan energi terbesar akibat belokan pada pipa berada di titik J sebesar 0,86152 m dengan sudut belokan 90°. Sedangkan kehilangan energi terendah berada dititik G sebesar 0,01557 m dengan sudut yang sama.

Berdasarkan perhitungan nilai terbesar kehilangan energi akibat gesekan terdapat pada titik I menuju J sejauh 70,61199 m dan nilai terendah terdapat pada titik C' menuju C sejauh 0,02340 m.

Pada perubahan penampang pipa berdasarkan hasil perhitungan, nilai kehilangan energi terbesar terletak diruas H menuju I sebesar 0,14417 m dengan diameter pipa Ø0,2032 m atau Ø8 inci dan Ø0,1016 m atau Ø4 inci, sedangkan kehilangan energi terendah terletak pada ruas

B menuju C' dengan pipa ,Ø0,2032 m atau Ø8 inci dan Ø0,1016 m atau Ø4 inci kemudian

Ø0,2032 m atau Ø8 inci dengan nilai yang sama yaitu 0,00001 m.

Berdasarkan hasil analisa perhitungan debit aliran terendah terdapat di ruas pipa G menuju G' sebesar 0,00112 m<sup>3</sup>/dtk dengan sambungan rumah terjauh. Dapat di simpulkan bahwa semakin jauh sambungan rumah akan semakin kecil pula debit yang didapat, adapun solusi yang dapat dilakukan agar debit pada titik terjauh mendapatkan suplai air yang cukup adalah dengan menambahkan energi awal pada Booster cabang Kertapati dan dapat juga memperbarui jenis pipa (HDPE) sehingga dapat mengurangi kehilangan energi.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan judul Analisa Faktor Kehilangan Energi Pada Jaringan Distribusi Pipa Air Bersih Dari Booster Kertapati Sampai Kawasan Pasar Simpang Sungki, maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Total kehilangan energi terbesar berada pada ruas pipa I-J sebesar 71,47446 meter, pipa Ø1016 m atau Ø4 inci dengan kecepatan 4,35800 meter/detik dan pada ruas pipa J-J' sebesar 10,32998 meter, pipa Ø0,0508 m atau Ø2 inci dengan kecepatan 4,11973 meter/detik.
- b. Total kehilangan energi terkecil berada pada ruas pipa C'-C sebesar 0,10979 meter, pipa Ø0,1016 m atau Ø4 inci dengan kecepatan 1,38004 meter/detik dan pada ruas pipa B-C' sebesar 0,13078 meter, pipa Ø0,2032 m atau Ø8 inci dengan kecepatan 1,44793 meter/detik.
- c. Berdasarkan hasil perhitungan debit aliran terendah terdapat di ruas pipa G menuju G' sebesar 0,00112 meter<sup>3</sup>/dtk dengan sambungan rumah terjauh. Dapat di simpulkan bahwa semakin jauh sambungan rumah akan semakin kecil pula debit yang didapat.

### 5.1. Saran

Disarankan kepada penelitian selanjutnya untuk menghitung kehilangan energi akibat elevasi apabila keadaan topografi di lokasi penelitian cenderung memiliki tingkat kemiringan yang relatif tinggi. Hal ini dikarenakan adanya beda tinggi juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kehilangan tenaga pada saat pengaliran.

## REFERENSI

- Dua K.S.Y. Klaas, M.Sc., MEngSc., MASCE. "Desain Jaringan Pipa". Bandung : Mandar Maju.
- Dwijosaputro, D. 1981. "Dasar-dasar Mikrobiologi". Jakarta : Djambatan.
- SNI 03-7065-2005. 2005. "Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing". Badan Standarisasi Nasional, ICS 91.140.60.
- Triatmodjo Bambang, 1996. "Hidraulika II". Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Waspodo. 2017. "Analisa *Head Loss* Sistem Jaringan Pipa pada Sambungan Pipa Kombinasi Diameter Berbeda". Pontianak : Universitas Muhammadiyah Pontianak.
- Wicaksono Abdul Latif. 2019. "Analisa Faktor Kehilangan Energi pada Sistem Distribusi Air Bersih di PDAM Kabupaten Lahat". Palembang : Universitas Muhammadiyah Palembang.