



Head Loss Analysis Of Piping System Installation In State-Owned Bank Building In Surabaya

Analisa Head loss Instalasi Sistem Piping Gedung Bank Bumn di Surabaya

Rizky Dwi Aldiantofas¹⁾, Ali Akbar²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: aliakbar@umsida.ac.id

Abstract. *The State-Owned Bank Building in Surabaya has a piping system used to distribute water from the roof tank to the garden water. Head loss that occurs in the piping system can affect the performance and efficiency of the system. This study aims to analyze the head loss in the piping system used to distribute water from the roof tank to the garden water. The research method used is the head loss analysis method using the Darcy-Weisbach equation formula. The results showed that the head loss in the piping system of the State-Owned Bank Building in Surabaya was 301,318.5293 m. Factors that affect head loss are pipe diameter, flow velocity, type of pipe and pipe accessories.*

Keywords – *Fittings, Head loss, Pipe*

Abstrak. *Gedung Bank BUMN di Surabaya memiliki sistem piping yang digunakan untuk mendistribusikan air dari roof tank ke air taman. Head loss yang terjadi pada sistem piping dapat mempengaruhi kinerja dan efisiensi sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis head loss pada sistem piping yang digunakan untuk mendistribusikan air dari roof tank ke air taman. Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis head loss dengan menggunakan rumus persamaan Darcy-Weisbach. Hasil penelitian menunjukkan bahwa headloss pada sistem piping Gedung Bank BUMN di Surabaya sebesar 301.318,5293 m. Faktor-faktor yang mempengaruhi headloss adalah diameter pipa, kecepatan aliran, jenis pipa dan aksesoris pipa.*

Kata Kunci – *Fitting, Head loss, Pipa*

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi air sangatlah penting untuk gedung dan perkantoran. Di gedung bank bumndi Surabaya ini memiliki area taman/*landscape* yang cukup luas tentunya akan membutuhkan suplay air yang sangat banyak karena masalah yang ditemukan di sistem pengairan taman belum tercukupi dengan baik sesuai kebutuhan. Dengan pemasangan perpipaan yang benar dapat mengurangi kehilangan aliran (*head loss*) yang terjadi pada sistem pipa.[1] Sebagai alat untuk mengangkut cairan pipa dipasang dengan diameter pipa yang berbeda dari tempat penyimpanan ke tempat penggunaan.[2]

Gangguan atau hambatan yang ada pada sistem perpipaan meliputi perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian, kehilangan energi (*head losses*) atau hambatan disebabkan oleh gesekan[3]. Secara umum, kehilangan kepala pada instalasi pipa dapat dibagi menjadi dua kategori yakni kehilangan kepala besar, Kehilangan kepala besar disebabkan oleh gesekan antara dinding pipa. Kehilangan kepala kecil disebabkan oleh beberapa faktor, seperti laju aliran fluida ke dalam pipa (*inlet*), laju aliran fluida keluar dari pipa (*outlet*), *fitting*/kopling pipa.[4]

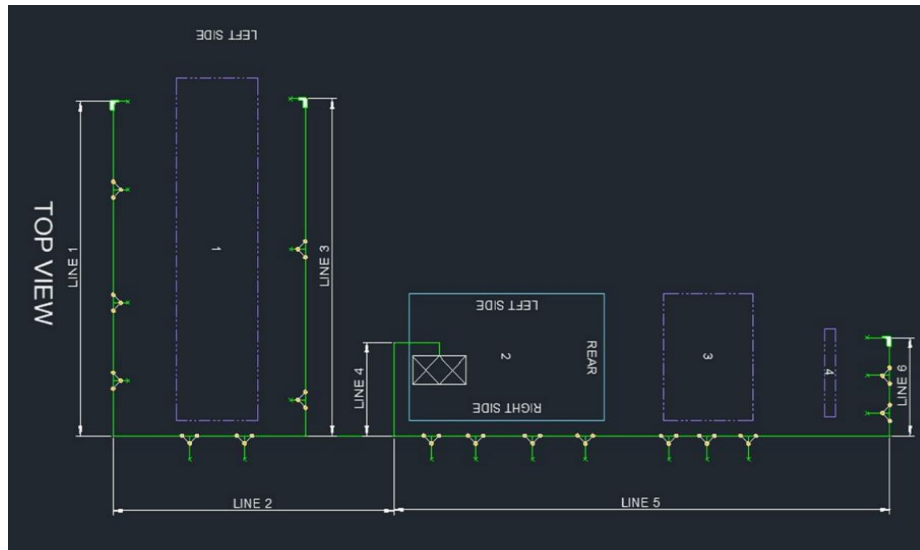
Dengan memahami seberapa besar energi yang hilang serta efisiensi energi dari sebuah sistem atau instalasi perpipaan yang menggunakan fluida sebagai medianya. Hal ini memungkinkan efisiensi energi dari sistem dapat ditingkatkan. Belokan pipa pada sudut tertentu, seperti sudut 45⁰, 90⁰, dan 180⁰, merupakan salah satu alat pipa yang dapat menyebabkan kerugian[5]. Bahan yang digunakan untuk pipa terdiri dari baja, PVC (*Polyvinyl Chloride*), galvanis, *stainless steel*, dan HDPE (*High Density Polyethylene*) di mana masing-masing bahan memiliki sifat khas yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan tujuan penggunaannya.[6]

Di gedung bank bumndi Surabaya memiliki sistem perpipaan yang kompleks dan terdiri dari berbagai jenis pipa, sambungan, dan peralatan lainnya, memerlukan analisa mendalam untuk memastikan kinerja optimal. *Head loss* yang tinggi dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti penurunan efisiensi sistem, kerusakan peralatan, hingga gangguan dalam distribusi air yang bisa berdampak pada operasional bank. Karena pada sistem perpipaan jalur air dapat mempengaruhi tekanan air yang akan menjadi hambatan tekanan pada sirkulasi air[7]. Oleh karna itu perlu dilakukan penelitian mengenai analisa *head loss* instalasi sistem *piping* dengan tinggi gedung 28 meter dan kapasitas *roof tank* 5000 liter yang digunakan untuk mengairi taman dengan luas 2000 m².

II. METODE

Penelitian yang penulis lakukan merupakan analisa dari suatu *system* instalasi perpipaan. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian serta penyusunan artikel ini adalah metode observasi yaitu pencatatan langsung saat di lapangan.

Adapun gambar instalasi sistem pipa air taman yang ada di gedung bank bumh surabaya sebagai berikut:



Gambar 1. Instalasi pipa air taman

Adapun data instalasi output pipa dari *roof tank* ke sistem pipa air taman sesuai pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Instalasi Output Pipa Dari Roof Tank ke Sistem Pipa Air Taman

Nama barang	Ukuran	Panjang Dan Jumlah Item
Roof tank	5000 liter	-
Tinggi Gedung	28 meter	-
Knee/Elbow 90°	2 in	1 item
Knee/Elbow 90°	1,5 in	4 item
Knee/elbow Reducer	1,5 x 1/2 in	3 item
Knee/elbow Reducer	1/2 x 3/4 in	19 item
tee	1,5 in	2 item
Tee Reducer	1,5 x 1/2 in	16 item
Pipa	2 in	3.000 cm
Pipa	1,5 in	21.200 cm
Pipa ppr	1/2 in	3.150 cm
Gate Valve	2 in	1 item
reducer	2 x 1,5 in	1 item

➤ *Head loss Mayor*

Rumus persamaan *Darcy Weisbach* berikut digunakan untuk menghitung kehilangan kepala besar (*head loss major*).[8]

$$HLmj = f \frac{L V^2}{D 2g} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- HLmj = Head loss mayor
- f = Faktor gesekan
- L = Panjang pipa
- D = Diameter pipa
- V = Kecepatan fluida
- g = Gravitasi

➤ *Head loss minor*

Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung kehilangan kepala kecil (*head loss minor*)[9].

$$HL_{mi} = K \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

HL_{mi} = *Head loss Minor*

K = Koefisien Gesek

Dengan demikian, rumus berikut digunakan untuk menghitung *head loss total*[10].

$$HT = HL_{mj} + HL_{mi} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

HT = *Head Loss Total*

HL_{mi} = *Head loss Minor*

HL_{mj} = *Head loss mayor*

Adapun nilai koefisien kerugian aksesoris/*fitting* pipa ppr[11] pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Koefisien Kerugian Aksesoris Pipa ppr

Aksesoris pipa	Ukuran (inch)	Koefisien Kerugian (K)
<i>Elbow 90°</i>	2	0,9
<i>Elbow 90°</i>	1,5	0,9
<i>Tee</i>	1,5	1,8
<i>Valve (Gate) 2 in</i>	2	0,15
<i>Knee Reducer 90°</i>	1,5 x 1/2	1
<i>Knee Reducer 90°</i>	1/2 x 3/4	1
<i>Tee Reducer</i>	1/2 x 3/4	2
<i>Reducer</i>	2 x 1,5	0,3

➤ Rumus *Colebrook-White* (Umum untuk Aliran *Turbulen*)

Faktor gesekan dalam pipa (*f*) adalah nilai yang digunakan untuk menghitung kerugian tekanan akibat gesekan antara fluida dan permukaan pipa.[12] Persamaan *Colebrook-White* adalah rumus empiris yang digunakan untuk menghitung faktor gesekan dalam pipa dengan aliran turbulen[13]sebagai berikut:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

\sqrt{f} = Faktor gesekan

ϵ = Kekasaran permukaan pipa (cm)

D = Diameter pipa (cm)

Re = Bilangan *Reynolds (Reynolds number)*, dihitung dengan rumus:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

ρ = Massa jenis fluida (kg/cm³)

v = Kecepatan aliran fluida (cm/s)

D = Diameter pipa (cm)

M = Viskositas dinamis fluida (Pa·s atau g/(cm·s))

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Perhitungan

Kerugian head (*head loss*) sangat merugikan dalam sistem perpipaan, karena kehilangan *head* yang tinggi mengakibatkan tekanan fluida menjadi lebih rendah dari yang seharusnya sehingga suplai fluida tidak memadai.[14]

➤ Perhitungan Kecepatan Fluida

Karena menggunakan ketinggian sebagai pendorong aliran fluida maka dilakukan perhitungan [15]sebagai berikut. Kemudian dari satuan m³/jam dirubah kedalam satuan cm³/detik.

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

v = Kecepatan Fluida (m/s)

g = 9,8 m/s²

h = 30,5 m

$$\begin{aligned}
 1 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 30,5 \text{ m} &= \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times v^2 \\
 294,3 \text{ j} &= \frac{1}{2} \times v^2 \\
 v^2 &= \frac{1}{2} \times 294,3 \\
 v^2 &= 147,15 \text{ m}^2/\text{s}^2 \\
 v &= \sqrt{147,15} \\
 v &= 12,13 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Karena dijadikan satuan cm/s maka nilai kecepatan v menjadi 1.213 cm/s.

Setelah itu menentukan nilai ϵ (nilai kekasaran atau hambatan pada suatu aliran)[16] pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Nilai Koefisien *Manning* Pipa

Bahan	Nilai ϵ (mm)
Beton, kasar	0,25
Beton, baru halus	0,025
Tabung yang ditarik	0,0025
Kaca	0,002
Besi cor	0,015
Plastic (pvc)	0,002
Baja, dilapisi mortar	0,1
Baja, berkarat	0,5
Baja, structural atau ditempa	0,025

➤ Perhitungan Faktor Gesekan Pipa

Setelah mendapatkan kecepatan fluida, dilakukan perhitungan untuk mencari nilai f pada sistem perpipaan pipa ppr, ini dilakukan untuk mencari nilai faktor gesekan pada pipa, dengan pipa diameter 2 in, 1,5 in dan 1/2 in.

• Perhitungan pada pipa 2 in :

Mencari nilai Re (*Reynold Numbers*) dengan menggunakan rumus *Colebrook-White*.

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \rho &= 0,001 \text{ (kg/cm}^3\text{)} \\
 v &= 1.213 \text{ (cm/s)} \\
 D &= 5,08 \text{ (cm)} \\
 m &= 0,01 \text{ (Pa}\cdot\text{s atau g/(cm}\cdot\text{s))}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{0,001 \times 1.213 \times 5,08}{0,01} \\
 Re &= 6,16204 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi, nilai Re (*Reynold Numbers*) sebesar 6,1624 cm

Setelah diketahui nilai Re , dilakukan perhitungan untuk mencari nilai faktor gesekan f .

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \sqrt{f} &= 0,02 \\
 \epsilon &= 0,02 \text{ (cm)} \\
 D &= 5,08 \text{ (cm)}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{\sqrt{0,02}} &= -2 \log_{10} \left(\frac{0,02 / 5,08}{3,7} + \frac{2,51}{6,1624 \sqrt{0,02}} \right) \\
 \frac{1}{\sqrt{0,02}} &= -2 \log_{10} (0,0010640562 + 2,880108434) \\
 \frac{1}{\sqrt{0,02}} &= -2 \log_{10} (2,8811724902) \\
 &= 3,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi nilai faktor gesekan f untuk pipa 2 in sebesar 3,5 cm.

• Perhitungan pada pipa 1,5 in :

Diketahui :

$$D = 3,81 \text{ (cm)}$$

Maka :

$$Re = \frac{0,001 \times 1.213 \times 3,81}{0,01}$$

$$Re = 4,621 \text{ cm}$$

Jadi, nilai Re (*Reynold Numbers*) sebesar 4,621 cm

Setelah diketahui nilai Re , dilakukan perhitungan untuk mencari nilai faktor gesekan f .

Diketahui :

$$D = 3,81 \text{ (cm)}$$

Maka :

$$\frac{1}{\sqrt{0,02}} = -2 \log_{10} \left(\frac{0,02 / 3,81}{3.7} + \frac{2.51}{4,621 \sqrt{0,02}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{0,02}} = -2 \log_{10} (0,001418742 + 3,8408093946)$$

$$\frac{1}{\sqrt{0,02}} = -2 \log_{10} (3,8422281366)$$

$$= 3,77 \text{ cm}$$

Jadi nilai faktor gesekan f untuk pipa 1,5 in sebesar 3,77 cm.

- Perhitungan pada pipa 1/2 in :

Diketahui :

$$D = 1,27 \text{ (cm)}$$

Maka :

$$Re = \frac{0,001 \times 1.213 \times 1,27}{0,01}$$

$$Re = 1,54 \text{ cm}$$

Jadi, nilai Re (*Reynold Numbers*) sebesar 1,54 cm

Setelah diketahui nilai Re , dilakukan perhitungan untuk mencari nilai faktor gesekan f .

Diketahui :

$$D = 1,27 \text{ (cm)}$$

Maka :

$$\frac{1}{\sqrt{0,02}} = -2 \log_{10} \left(\frac{0,02 / 1,27}{3.7} + \frac{2.51}{1,54 \sqrt{0,02}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{0,02}} = -2 \log_{10} (0,0042562247 + 11,5249222184)$$

$$\frac{1}{\sqrt{0,02}} = -2 \log_{10} (11,5291784431)$$

$$= 6,67 \text{ cm}$$

Jadi nilai faktor gesekan f untuk pipa 1/2 in sebesar 6,67 cm.

- Perhitungan *Head loss Mayor* dan *Head loss Minor*

- Line 1

Tabel 4. Data Perhitungan line 1

PERHITUNGAN HEAD LOSS										
NO	NAMA	ITEM (Inch)	JUMLAH	D (cm)	f	K	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)	HASIL (cm/s)
		pipa 1,5		3,81	3,77		4500	1.213	981	5.702.467,72
		pipa 1/2		1,27	6,67		600	1.213	981	
1	Ins. Pipa Line 1	<i>knee reducer</i> 1,5 x 1/2	1			1		1.213	981	8.924,17
		<i>knee kran</i> 1/2 x 3/4	4			1		1.213	981	
		<i>knee</i> 1,5	1			0,9		1.213	981	
		<i>tee reducer</i> 1,5 x 1/2	3			2		1.213	981	
HEAD LOSS TOTAL										5.711.391,89

• Line 2

Tabel 5. Data Perhitungan Line 2

PERHITUNGAN HEAD LOSS										
NO	NAMA	ITEM (inch)	JUMLAH	D (cm)	f	K	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)	HASIL(cm/s)
2	Ins. Pipa Line 2	pipa 1,5		3,81	3,77		5000	1.213	981	4.891.868,38
		pipa 1/2		1,27	6,67		300	1.213	981	
		Knee reducer 1,5 x 1/2	1					1.213	981	
		knee kran 1/2 x 3/4	2			1		1.213	981	
		tee reducer 1,5 x 1/2	2			2		1.213	981	
HEAD LOSS TOTAL										4.896.367,96

• Line 3

Tabel 6. Data Perhitungan Line 3

PERHITUNGAN HEAD LOSS										
NO	NAMA	ITEM (Inch)	JUMLAH	D (cm)	f	K	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)	HASIL(cm/s)
3	Ins. Pipa Line 3	pipa 1,5		3,81	3,77		4500	1.213	981	5.111.672,87
		pipa 1/2		1,27	6,67		450	1.213	981	
		knee reducer 1,5 x 1/2	1			1		1.213	981	
		knee kran 1/2 x 3/4	3			1		1.213	981	
		tee 1,5	1			1,8		1.213	981	
tee reducer 1,5 x 1/2	2			2		1.213	981			
HEAD LOSS TOTAL										5.119.022,18

• Line 4

Tabel 7. Data Perhitungan Line 4

PERHITUNGAN HEAD LOSS										
NO	NAMA	ITEM (Inch)	JUMLAH	D (cm)	f	K	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)	HASIL(cm/s)
4	Ins. Pipa Line 4	pipa 2		5,08	3,5		3050	1.213	981	4.098.892,40
		pipa 1,5		3,81	3,77		3400	1.213	981	
		valve 2	1			0,15		1.213	981	
		reducer 2x 1,5	1			0,3		1.213	981	
		knee 2	1			0,9		1.213	981	
		knee 1,5	2			0,9		1.213	981	
		tee 1,5	1			1,8		1.213	981	
HEAD LOSS TOTAL										4.102.604,55

• Line 5

Tabel 8. Data Perhitungan Line 5

PERHITUNGAN HEAD LOSS										
NO	NAMA	ITEM (Inch)	JUMLAH	D (cm)	f	K	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)	HASIL(cm/s)
5	Ins. Pipa Line 5	pipa 1,5		3,81	3,77		1800	1.213	981	6.652.779,02
		pipa 1/2		1,27	6,67		1350	1.213	981	
		knee kran 1/2 x 3/4	7			1		1.213	981	
		tee reducer 1,5 x 1/2	7			2		1.213	981	16.423,47
		knee 1,5	1			0,9		1.213	981	
HEAD LOSS TOTAL										6.669.202,48

• Line 6

Tabel 9. Data Perhitungan Line 6

PERHITUNGAN HEAD LOSS										
NO	NAMA	ITEM (Inch)	JUMLAH	D (cm)	f	K	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)	HASIL(cm/s)
6	Ins. Pipa Line 6	pipa 1,5 in		3,81	3,77		2500	1.213	981	3.627.264,42
		pipa 1/2 in		1,27	6,67		450	1.213	981	
		knee reducer 1,5 x 1/2	1			1		1.213	981	
		knee kran 1/2 x 3/4	3			1		1.213	981	5.999,44
		tee reducer 1,5 x 1/2	2			2		1.213	981	
HEAD LOSS TOTAL										3.633.263,86

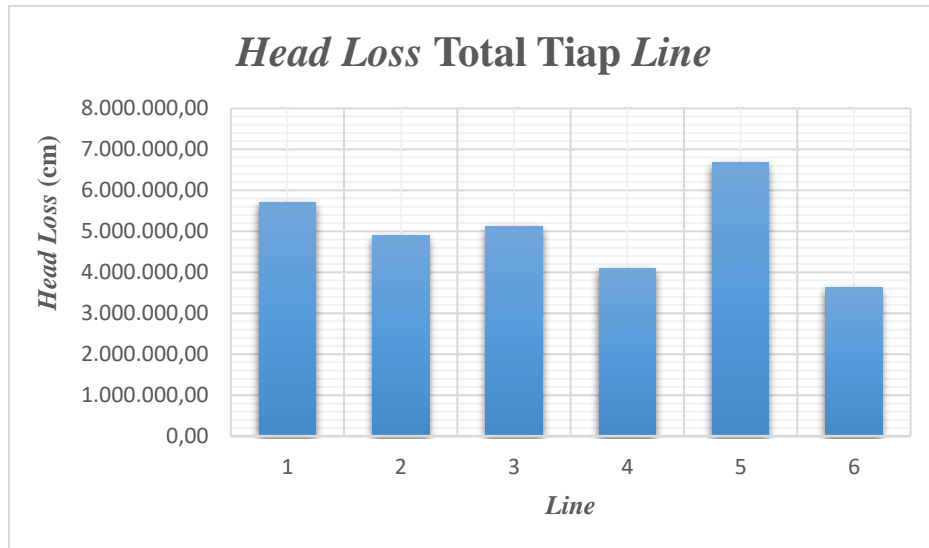
Perhitungan *head loss* dari instalasi line 1 sampai instalasi line 6 dapat di hitung untuk mengetahui *head loss* total dari keseluruhan instalasi, dengan dilakukan penjumlahan dari nilai *head loss* total tiap line. Maka :

$$\begin{aligned}
 H_t &= \text{Line 1} + \text{Line 2} + \text{Line 3} + \text{Line 4} + \text{Line 5} + \text{Line 6} \\
 &= 5.711.391,89 \text{ cm} + 4.896.367,96 \text{ cm} + 5.119.022,18 \text{ cm} + \\
 &\quad 4.102.604,55 \text{ cm} + 6.669,202,48 \text{ cm} + 3.633.263,86 \text{ cm} \\
 &= 30.131.852,93 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi, *head loss* total dari keseluruhan instalasi pipa dan aksesoris pipa air taman gedung bank BUMN di Surabaya ini sebesar 30.131.852,93 cm, jika di rubah kedalam satuan meter sebesar 301.318,5293 m.

B. Grafik Perbedaan Nilai Head Loss

Dari data hasil perhitungan *head loss* instalasi pipa air taman pada Gedung ini terjadi *head loss mayor* dan *minor* terbesar pada line 5 sebesar 6.669.202,48 cm yang disebabkan oleh diameter dan panjang pipa, dimana semakin kecil diameter dan semakin panjang pipa maka semakin besar juga *head loss* yang terjadi, sementara *head loss minor* terbesar disebabkan oleh banyaknya komponen atau aksesoris pipa. Sebaliknya, *head loss* terkecil terjadi pada line 6 dengan nilai 3.633.263,86 cm karena pipa yang digunakan lebih pendek dan lebih sedikit aksesoris yang ada pada instalasi. Berdasarkan uraian diatas, *head loss* total tiap line dari penelitian ini dapat dilihat dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik nilai *head loss* total line 1 sampai 6

C. Analisa Hasil Penelitian

- Pengaruh Tinggi Gedung dan Volume *Rooff Tank*

Gedung 2 pada bank BUMN di Surabaya ini memiliki ketinggian 28 meter, yang di jadikan untuk penempatan *roof tank*, karena distribusi air taman ini hanya menggunakan gaya gravitasi dari titik *roof tank* sampai kran taman. Pada gedung tinggi, tekanan air akan lebih tinggi karena gaya gravitasinya semakin besar untuk mendorong air turun dari sebuah ketinggian. *Rooff tank* pada gedung 2 memiliki volume yang dapat menyimpan air sebesar 5 m³ atau setara dengan 5000 liter dengan tinggi 2 meter semakin besar kapasitas *roof tank* maka semakin besar juga kecepatan yang diberikan. Dimana hal ini diharapkan oleh *user* gedung dapat mem-*backup* keseluruhan kran yang digunakan untuk menyiram area taman pada saat musim kemarau.

Sistem yang digunakan pada penyiraman taman pada gedung bank BUMN di Surabaya ini hanya memanfaatkan ketinggian gedung tanpa ada tambahan sistem pompa. Meskipun *roof tank* berada pada ketinggian 28 meter, tekanan awal yang tinggi akan berkurang akibat adanya *head loss* dalam sistem perpipaan, sehingga tekanan di *output* kran berkurang jika hanya mengandalkan kapasitas *roof tank* 5000 liter dengan 19 titik kran. Ketika semua 19 kran dibuka, air dalam *roof tank* sebanyak 5 m³ akan habis dalam waktu sekitar 41,67 menit. Jika di buka pada 1 kran dengan kapasitas *roof tank* 5000 L, 1 kran air di dalam *roof tank* akan habis dalam waktu 13,203 jam.

Oleh karena itu pentingnya memperhitungkan *head loss* pada pipa dengan pemilihan jenis dan diameter pipa, kapasitas *roof tank*, jangkauan luasan kran dan banyaknya kran, agar penyiraman pada area taman bisa merata dan efisien secara waktu.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan *head loss* dan *analisis* dari ketinggian serta volume *roof tank* pada sistem penyiraman taman gedung bank BUMN di Surabaya ini terjadi *head loss* paling besar pada line 5 dan terjadi *head loss* terkecil pada line 6. Sistem perpipaan yang ada masih kurang mempu dengan digunakannya kapasitas *roof tank* 5000 L, mengingat area taman yang perlu pengairan cukup luas. Dengan kapasitas *roof tank* 5000 L, air akan habis dalam waktu 41,67 menit jika seluruh 19 titik kran digunakan secara bersamaan, menyebabkan sistem tidak efisien karena setelah air habis, perlu menunggu hingga penuh kembali untuk bisa digunakan lagi, sementara *output* air pada kran juga melemah dan tidak mampu mencakup luas area taman. Oleh karena itu, saran dari penulis adalah untuk memperhitungkan kapasitas *roof tank* berdasarkan luas area taman yang dijangkau agar distribusi air dapat lebih efektif dan merata dalam waktu yang lebih lama ketika seluruh kran dibuka. Penambahan kapasitas *roof tank* menjadi saran utama, mengingat kebutuhan air saat penyiraman sangat banyak dan jangkauannya luas. Efisiensi waktu penyiraman sangat penting terutama pada musim kemarau untuk memenuhi kebutuhan air pada tumbuhan dan mencegah kekeringan serta kematian tanaman di taman gedung bank BUMN di Surabaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada bapak dan ibu saya yang telah memberikan dukungan sehingga penulis bisa mencapai tahap ini, kepada team pembangunan gedung yang telah memberi penulis peluang untuk menyelesaikan penelitian ini serta kepada semua teman yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

REFERENSI

- [1] Sudirman, "Major and Minor Head Losses Analysis on The Piping System in Pondok Pesantren Tahfizhul Qur'an Ibnu Abbas Tarakan," *BEST J. Appl. Electr. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 11–16, 2021, doi: 10.36456/best.vol3.no1.3535.
- [2] I. Eka Putra, S. Sulaiman, and A. Galsha, "Analisa Rugi Aliran (Head Losses) pada Belokan Pipa PVC," pp. 34–39, 2017, doi: 10.21063/pimimd4.2017.34-39.
- [3] R. Choirul Anam, E. Widodo, Iswanto, and A. Fahrudin, "Comparative Analysis of the Head Loss of Two Centrifugal Pumps in a Fluid Test Laboratory," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2020, doi: 10.21070/r.e.m.v5i1.409.
- [4] M. Hutagalung and J. W. W. Aritonang, "Besarnya Head Losses pada Aliran Perpipaian dari Boiler Feed Water Pump Menuju Boiler di PT. Z," *J. Vokasi Tek.*, vol. 1, no. 03, pp. 19–28, 2023.
- [5] A. Yani and A. Darmanto, "Analisa Kerugian Head Akibat Perluasan Dan Penyempitan Penampang Pada Sambungan 90 o Abstrak Pendahuluan Ilmu pengetahuan dan teknologi akan berkembang apabila dibarengi dengan pipa . Kerugian-kerugian tersebut diakibatkan oleh adanya gesekan dengan dindi," vol. 1, no. 1, pp. 46–55, 2021.
- [6] P. H. R. R. E. Tjahjanti, "Teknologi tepat guna sederhana pengelolaan air jernih di Desa Wisata Sumbergedang Pasuruan." *Jurnal Abdimas ADPI Sains dan Teknologi 2*, vol. 1, no. 2, pp. 14-19, 2021.
- [7] S. R. A. Rijanto, "Analisis head losses Pada Mesin Pompa air sawah," *Majamecha*, vol. 4, no. 1, pp. 60-69, Jun. 2022. doi:10.36815/majamecha.v4i1.1905.
- [8] S. H. S. E. A. Habibnur., "Analisis Head Losses Pada Circulating Fluida Air Dalam Dua Jenis Pipa", vol. 9, no. 1, pp. 51-56, 2023.
- [9] T. Y. M. Luthfi, "Rancang Bangun Prototipe fluid friction apparatus Untuk Menganalisis Kehilangan Energi (head loss) dengan varias diameter pipa," *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, vol. 5, no. 1, pp. 29-35, Jun. 2023. doi:10.26740/proteksi.v5n1.p29 35.
- [10] R. T. Afandi, A. Akbar, and I. I. M. Etode, "Calculation of Head Loss of Water Distribution Line in Material Mixer at PT Matahari Putra Makmur [Perhitungan Head Loss Jalur Distribusi Air pada Mixer Bahan di PT Matahari Putra Makmur]," pp. 1–6.
- [11] Made Whidi. (2021). Cara Menghitung Head Loss atau Kehilangan Tekanan Air di dalam Pipa.
- [12] J. Syarif, "Penentuan persamaan faktor gesekan baru dengan menggunakan metode regresi multi variable bertolak ukur pada persamaan faktor gesekan chen," *Jurnal POLIMESIN*, vol. 2, no. 1. p. 85, 2019. doi: 10.30811/jop.v2i1.1405.
- [13] Colebrook, C. F. (1939). "Turbulent flow in pipes with particular reference to the transition region between the smooth and rough pipe laws." *Journal of the Institution of Civil Engineers*, 11(4), 133-156.
- [14] A. Fahrudin and M. Mulyadi, "Rancang Bangun Alat Uji Head Losses Dengan Variasi Debit Dan Jarak Elbow 90O Untuk Sistem Perpipaian Yang Efisien," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 32–35, 2018, doi: 10.24127/trb.v7i1.680.
- [15] R. Efendi and D. Sagita, "Penerapan Sistem Persamaan Diferensial Linier pada Simulasi Debit Air pada Pipa," *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 5, no. 1, pp. 10–17, 2021, doi: 10.18196/jmpm.v5i1.12081.
- [16] Ridwan, D., & Rahmandani, D. (2015). Analisis Hidrolika Jaringan Irigasi Pipa Bertekanan (Studi Kasus Di Desa Cikurubuk Buah Dua Sumedang). *Jurnal Teknik Hidraulik*, 6(1), 13-26

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.