

PENGARUH *LOSSES* / *PRESSURE DROP* PADA SISTEM PERPIPAAN *HEADER* POMPA DALAM MENENTUKAN SPESIFIKASI PENGADAAN POMPA DISTRIBUSI

Zaitul Mardini

Program Studi Program Profesi Insinyur, Pasca Sarjana, Universitas Andalas, Padang.

email korespondensi : mzaitul@gmail.com

ABSTRAK

Selain perbedaan tinggi (elevasi) yang menjadi parameter dalam perhitungan head pompa, *losses/pressure drop* yang terjadi pada jaringan sistem perpipaan juga merupakan parameter penting yang harus diperhitungkan. Pada umumnya, *losses / pressure drop* yang dihitung hanya menghitung *mayor losses* (pipa) di jaringan perpipaan dengan pertimbangan bahwa apabila $L/D > 1000$ maka *minor losses* (*accessories*) dapat diabaikan. Perbedaan tinggi (elevasi) hanya melihat elevasi pelayanan pelanggan tertinggi dan elevasi Instalasi Pengolahan Air (IPA). Pada pompa distribusi, seringkali terlupakan untuk menghitung *losses / pressure drop* pada sistem perpipaan *header* pompa, yang mana rata-rata posisi pompa distribusi berada dibawah permukaan tanah (*underground level*). Dalam artikel ini, penulis mencoba menghitung *losses / pressure drop* yang ada dari pipa hisap pompa distribusi hingga ke *flowmeter* pipa pada IPA Sei. Harapan Jalur Telkom Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Batam. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai *manometric head* pompa yang harus ditambahkan pada spesifikasi pengadaan pompa distribusi dan pengaruhnya terhadap biaya operasional pompa. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa diperlukan penambahan *head* pompa sebesar 1,04 bar dengan penambahan biaya energi listrik untuk operasional pompa sebesar Rp. 13,94 juta/bulan apabila pompa *dirunning* konstan sebesar 110 lps dan 24 jam/hari.

Kata kunci : *Header, Kehilangan Tekanan, Operasional*

ABSTRACT

The parameter of pump head calculation is not only on the difference of pump height elevation, but also on pressure drop of the piping system, which is being essential parameter that must be calculated. Generally, calculating the losses / pressure drop is only on mayor losses of the piping system, considered if $L/D > 1000$ then the minor losses (e.g Accessories) can be ignored. The difference of height elevation refers to the highest elevation of service area and the elevation of Water Treatment Plan (WTP). In distribution pump, The losses / pressure drop of header pump in the piping system is often uncalculated, due to the distribution pump position is commonly in the underground level. In this article, the author will calculate the losses / pressure drop from distribution pump suction pipe to the pipe flowmeter of WTP Sei Harapan, in Jalur Telkom Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Batam exactly. The calculation is carried out to find out how much the manometric head pump value should be added to the specifications of distribution pump procurement and to know its effect on pump operating costs. The result is to run the pump constantly in 110 lps in 24 hours/day, it is required the additional of 1,04 bar pump head and the cost of electrical energy for pump operation of Rp. 13.94 million / month.

Keywords : *Header, Headloss, Operational*

1. PENDAHULUAN

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) mencanangkan program 100-0-100. Program tersebut adalah program target pencapaian 100% akses air bersih, mengurangi Kawasan kumuh hingga 0%, dan menyediakan akses sanitasi layak 100% untuk masyarakat Indonesia. Dalam hal penyediaan air bersih, pemerintah Indonesia banyak mengeluarkan proyek Kerjasama Pemerintah Badan Usaha melalui Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dengan pihak swasta untuk meningkatkan produksi air bersih pada Instalasi Pengolahan Air (IPA).

Hampir diseluruh PDAM di Indonesia menggunakan pompa sebagai peralatan dalam sistem perpipaan, baik dalam pengambilan air baku (*Intake*), pencucian filter (*Backwash Pump*), maupun dalam transfer air baku ke sistem penampungan (*Reservoir*) dan pengiriman langsung ke Pelanggan (*Direct Pump*). Parameter utama dalam pengadaan pompa adalah *flow* / debit dan *head* pompa. *Flow* pompa akan mengacu kepada *demand* pelayanan yang ada, sementara *head* pompa selain perbedaan elevasi, juga harus memperhitungkan *head loss* pada pipa. Seringkali dalam perhitungannya hanya menghitung *major losses* dengan gradien hidrolis dari *flowmeter* di outlet pompa distribusi hingga ke ujung Pelayanan. Sementara *minor losses* diabaikan dengan pertimbangan bahwa jika $L/D > 1000$ tidak memberi pengaruh yang signifikan.

Dalam artikel ini, penulis mencoba menghitung *losses* / *pressure drop* yang ada dari pipa hisap pompa hingga ke *flowmeter* pipa pada IPA Sei. Harapan Jalur Telkom Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Batam. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kontribusi *manometric head* pompa yang harus ditambahkan pada spesifikasi pengadaan pompa dan pengaruhnya terhadap biaya bulanan operasional pompa. Kajian ini menjadi penting dilakukan karena asumsi hitungan hidrolis yang tidak detail akan menyebabkan potensi adanya masalah apabila *head* pompa dalam spesifikasi pengadaan tidak cukup untuk menjangkau pelanggan diujung / di tempat elevasi yang tinggi. Masalah yang akan muncul seperti tambahan biaya investasi booster pump termasuk instrument dan energi listrik dari PLN.

2. STUDI LITERATUR

Aliran fluida didalam pipa pada kenyataannya mengalami penurunan tekanan seiring dengan panjang pipa yang dilalui fluida tersebut. Penurunan tekanan aliran didalam pipa sangat penting untuk diketahui guna merancang sistem perpipaan. Kehilangan energi yang terbesar dari aliran air dalam pipa adalah akibat gesekan yang terjadi antara air dan dinding dalam pipa. Kekasaran permukaan pipa, panjang dan diameter pipa, jenis fluida, kecepatan dan bentuk aliran adalah hal yang sangat terkait dengan penurunan tekanan tersebut. (Antoni, 2012)

2.1 Koefisien Gesek

Penurunan tekanan adalah fungsi dari faktor gesekan dan kekasaran relative dari dinding (ϵ/D). Dalam persamaan Reynolds ditunjukkan bahwa penurunan tergantung pada parameter kerapatan (ρ), kecepatan aliran (v), diameter (D), dan viskositas dinamik (μ).

$$f = \phi (Re, \epsilon/D) \quad (1)$$

(1) Hambatan gesek menyebabkan *losses* / *pressure drop*, Δh . Nilai Δh ini didapatkan dari persamaan Darcy dan Weisbach (1806-1871):

$$\Delta h = f \left(\frac{L}{D} \right) \frac{v^2}{2g} \tag{2}$$

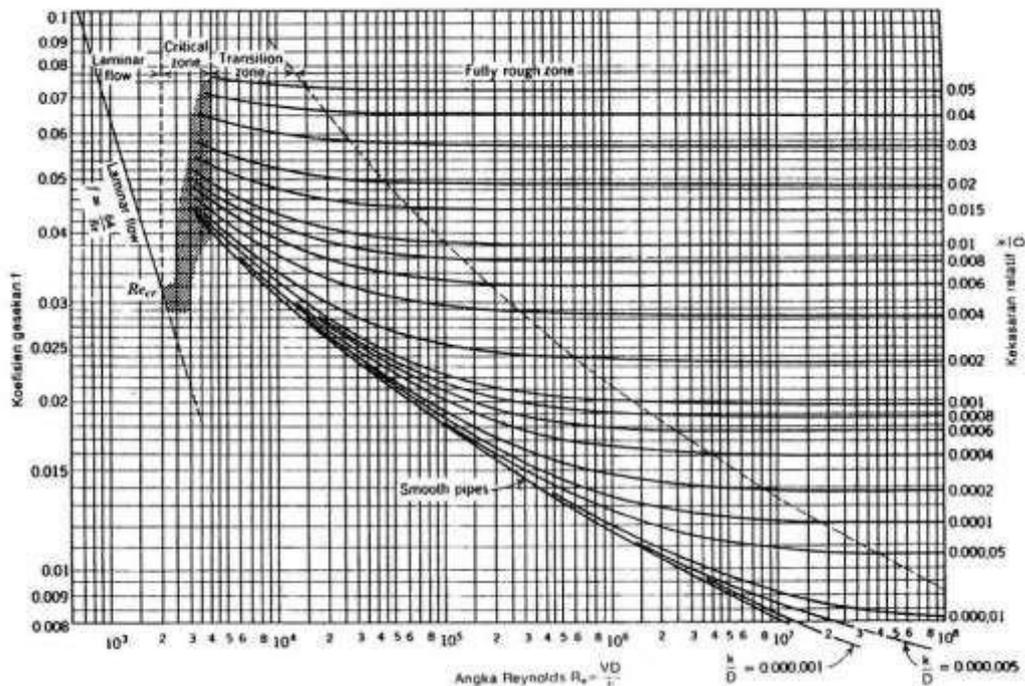
Dimana f adalah koefisien gesek Darcy dan dapat ditentukan dengan rumus $f = \frac{64}{Re}$ untuk aliran laminar. Sedangkan untuk aliran turbulen nilai koefisien gesek dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah kekasaran permukaan pipa. Pada **Tabel 1** dapat dilihat nilai kekasaran pipa untuk jenis pipa baru.

Tabel 1 Nilai Kekasaran Pipa (k)

Jenis pipa (baru)	Nilai k (mm)
Kaca	0,0015
Besi dilapis aspal	0,06 – 0,24
Besi tuang	0,18 – 0,90
Plester semen	0,27 – 1,20
Beton	0,30 – 3,00
Baja	0,03 – 0,09
Baja di keling	0,90 – 9,00
Pasangan Batu	6

Sumber: Mizwar (2015)

Lewis F. Moody (1880-1953) membuat model matematika dan memplot sebuah grafik hubungan koefisien gesek dengan bilangan Reynolds pada aliran turbulen dengan variasi kekasaran permukaan yang dikenal dengan diagram Moody seperti **Gambar 1** berikut ini.

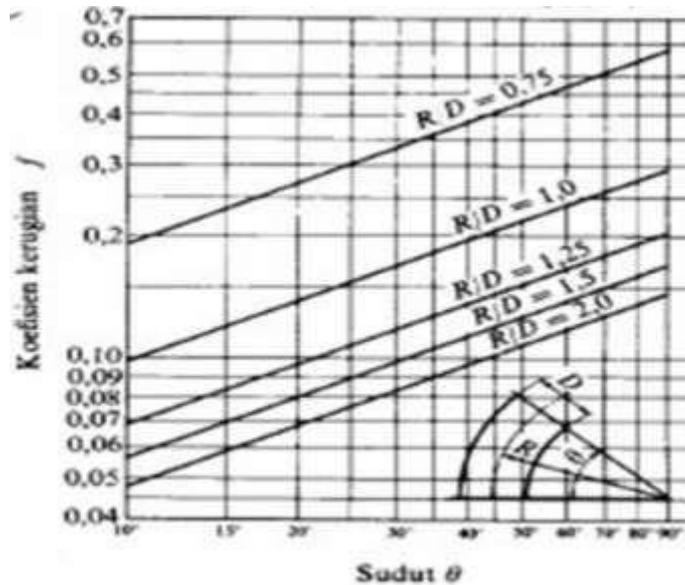


Gambar 1 Grafik Moody

Sumber: Mizwar (2015)

2.2 Losses / Pressure Drop Pada Belokan

Pada belokan lengkung koefisien kerugian dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut ini:



Gambar 2 Koefisien Kerugian Pada Belokan

Sumber: Yamin (2016)

atau dapat juga dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$f = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \quad (3)$$

Sementara, untuk belokan patah dapat menggunakan persamaan berikut:

$$f = 0,946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2,047 \sin^4 \frac{\theta}{2} \quad (4)$$

Dimana:

D = Jari-jari lengkung sumbu belokan (m)

θ = Sudut Belokan (°)

f = Koefisien Kerugian

2.3 Kecepatan Aliran

Pada **Tabel 2** berikut ini diperlihatkan harga-harga kecepatan aliran air yang dianjurkan dalam pipa untuk berbagai pemakaian.

Tabel 2 Harga kecepatan aliran air yang dianjurkan

Service	Daerah Kecepatan fps)
Keluaran Pompa	8 – 12
Pipa isap pompa	4 – 7
Saluran pembuangan	4 – 7
Header	4 – 15
Riser	3 – 10
Service umum	5 – 10
Air minum	3 – 7

Sumber : Mizwar (2015)

2.4 Viskositas

Viskositas (kekentalan) adalah ukuran ketahanan fluida terhadap tegangan geser pada dinding dimana fluida tersebut mengalir. Pada dasarnya viskositas disebabkan karena kohesi dan pertukaran momentum molekular diantara lapisan layer fluida pada saat fluida tersebut mengalir.

Viskositas dibagi menjadi dua, yaitu:

a. Viskositas Dinamik

Viskositas Dinamik adalah perbandingan tegangan geser dengan laju perubahannya. Pada temperature lingkungan $T = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ adalah 8.6×10^{-4} kg/ms.

b. Viskositas Kinematik

Viskositas Kinematik adalah yaitu perbandingan viskositas dinamik terhadap density (kerapatan) massa jenis dari fluida tersebut. Pada temperature lingkungan $T = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ adalah 8.7×10^{-7} kg/ms. Viskositas Kinematik berbagai temperature dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut ini.

Tabel 3 Sifat air (*Viskositas kinematic*) pada tekanan atmosfer

Suhu $^{\circ}\text{C}$	Viskositas Kinematik (γ) m^2/dt	Suhu $^{\circ}\text{C}$	Viskositas Kinematik (γ) m^2/dt
0.0	1.795×10^{-4}	50.0	0.556×10^{-6}
5.0	$1,519 \times 10^{-4}$	60.0	0.477×10^{-6}
10.0	$1,308 \times 10^{-4}$	70.0	0.415×10^{-6}
20.0	$1,007 \times 10^{-4}$	80.0	0.367×10^{-6}
30.0	$0,804 \times 10^{-4}$	90.0	0.328×10^{-6}
40.0	$0,661 \times 10^{-4}$	100.0	0.296×10^{-6}

Sumber : Bambang Triatmojo 1996 : 15

2.5 Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds adalah bilangan yang tak berdimensi yang digunakan untuk menentukan sifat pokok aliran, apakah laminar atau turbulen. Intensitas turbulensi meningkat dengan meingkatnya bilangan Reynolds. Persamaan untuk menghitung bilangan Reynolds adalah sebagai berikut:

$$Re = \frac{Vd\rho}{\mu} = \frac{Vd}{\nu}$$

Dimana:

V = Kecepatan rata-rata aliran (m/s)

d = Diameter dalam pipa (m)

ν = Viskositas kinematik fluida (m²/s)

μ = Viskositas dinamik fluida (m²/s)

2.6 Daya Hidrolis Pompa

Daya hidrolis adalah daya yang diperlukan oleh pompa untuk mengangkat atau mentransfer sejumlah zat cair pada ketinggian tertentu. Daya hidrolis dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$P_H = \rho \times g \times H \times Q$$

Dimana:

P_H = Daya Hidrolis Pompa (watt)

ρ = Massa Jenis Zat Cair (kg/m³)

g = Percepatan Gravitasi (m/s²)

H = Head (m)

Q = Kapasitas Pompa (m³/s)

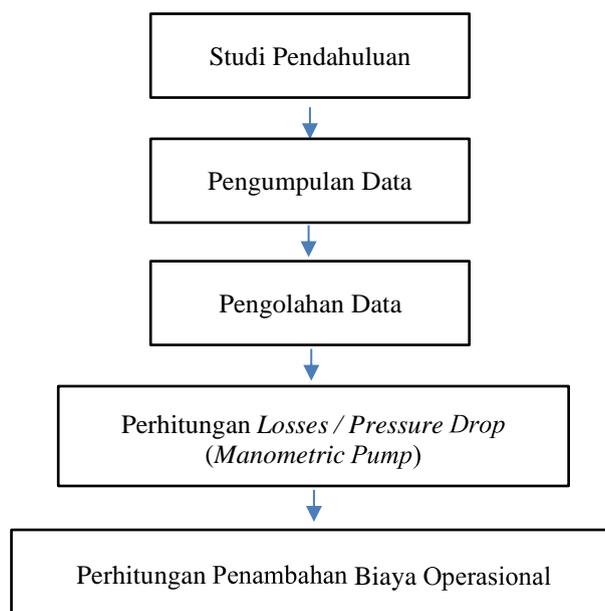
Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa daya hidrolis pompa (pemakaian energi listrik) sangat dipengaruhi oleh variabel *head pump*. Menurut Winarto (2017), Potensi penghematan energi pada sebagian besar industri dengan pemakaian VSD berkisar antara 10-20%. Begitupula energi listrik pada pompa dapat direduksi dengan menggunakan VSD. Pada banyak Instalasi Pengolahan Air (IPA), biaya energi listrik merupakan biaya operasional terbesar dibanding dengan biaya operasional lainnya.

3. METODOLOGI

Dengan adanya penyusunan metodologi penulisan, diharapkan setiap proses dapat dilaksanakan secara sistematis dan dapat berjalan dengan efektif, efisien dan tepat sasaran. Dalam artikel ini, penulis membuat sebuah metode yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.1 Flow Chart Alur Tahapan Penulisan

Secara skematis Alur Tahapan Penulisan dan urutan-urutan dalam penulisan artikel ini dapat ditunjukkan oleh *flow chart* pada **Gambar 3** berikut ini.



Gambar 3 Alur Tahapan Penulisan

3.2 Alur Tahapan Penulisan

Alur Tahapan Penulisan merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam artikel ini, antara lain:

1. Studi Pendahuluan

Studi Pendahuluan / Studi Pustaka dilakukan untuk mendapatkan teori-teori yang terkait dengan penulisan sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk membuat artikel. Studi ini juga akan membantu proses pengumpulan data, pengolahan data sampai kepada penyelesaian masalah.

2. Pengumpulan Data

Data untuk keperluan artikel ini terdiri dari:

a) Data Primer

Data Primer merupakan data yang diambil secara langsung, dan atau data yang dihasilkan dari suatu observasi dan informasi / wawancara langsung.

b) Data Sekunder

Data Sekunder merupakan data yang diambil secara tidak langsung. Data sekunder berfungsi sebagai pelengkap dan penunjang didalam perhitungan. Adapun data sekunder yang digunakan adalah Gambar Sistem *header* Pompa, Kapasitas Pompa, Efisiensi Pompa, dan Tarif PLN golongan I3 yang berlaku di kota Batam.

3. Pengolahan Data

Dari data hasil observasi lapangan / wawancara dan *drawing* dapat dilakukan analisis perhitungan *Losses / Pressure Drop*. Sementara dari kapasitas pompa, efisiensi pompa dan tarif PLN dapat dihitung seberapa besar potensi biaya operasional tambahan pompa distribusi yang ditimbulkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengumpulan Data

Dari hasil pengumpulan data yang telah dilakukan, didapatkan beberapa informasi sebagai berikut :

- a. Bangunan IPA Sei Harapan SPAM Batam area Pompa Distribusi Jalur Telkom yang sudah dibangun sebelum tahun 1995
- b. Dalam proses perbaikan / penggantian yang mengganggu proses produksi, diberikan solusi *shutt down* proses pada malam hari dengan maksimal hanya 4 jam
- c. Berdasarkan poin B maka pipa dinding (*Puddle Pipe*) existing berukuran DN 250mm tidak bisa diganti ataupun dipindah karna akan menyebabkan *shutt down* lebih dari 4 jam dan karena posisi pipa dinding juga berada dekat lantai akan memerlukan waktu banyak untuk pengosongan tangki *sumwell / clearwell*
- d. *Header* Existing berukuran DN 400mm dan Valve *discharge* eksisting pada *Header* berukuran DN 200mm
- e. Jenis Pompa Vertikal Splitcase dengan kapasitas 110 lps, efisiensi pompa 80.75%, efisiensi motor 95,60%
- f. Biaya Listrik PLN per Kwh Rp. 1.300
- g. Perhitungan hidrolis untuk *head* pompa vertikal dari pelanggan sampai *Flowmeter* /titik serah produksi / area IPA

4.2 Hasil Perhitungan *Manometric Pump*

Dalam melakukan perhitungan *Manometric Pump* ini, dibagi menjadi 3 bagian berdasarkan posisi pipa. *Suction Pipe* adalah pipa hisap yang dihubungkan dengan *valve* existing DN 250mm pada pipa dinding. *Discharge Pipe* adalah pipa buang yang dihubungkan dengan *valve* existing DN 200mm yang sudah ada pada *header* eksisting. *Header Pipe* berukuran DN 400mm dari dalam ruang pompa distribusi jalur telkom menuju kearah luar gedung melalui dinding geser struktur bangunan. Berikut ini adalah hasil perhitungan yang sudah dilakukan untuk ke tiga segmen tersebut.

- a. *Suction Pipe*

<i>Inlet Flow</i>	: 110 lps
<i>Pipe Diameter</i>	: 250 mm
<i>Velocity</i>	: 2.24 m/s (melewati batas anjuran kecepatan)
<i>Varying Value of Ratio f/D (K=1)</i>	: 0.03 l/m
<i>Length of Pipe</i>	: 2,5 m
<i>Linear Coefficient</i>	: 0,08
<i>Accesories Coefficient</i>	: 3,79
<i>Pressure Drop (Losses)</i>	: 0,99 m

Dari hasil perhitungan diperoleh *losses / Presure Drop* pada pipa hisap / *Suction Pipe* adalah sebesar 0,99m, namun dengan catatan bahwa *velocity* pada pipa hisap berada melewati batas anjuran kecepatan. Hal ini akan berpengaruh pada sisi dalam pipa dan berpotensi adanya gelembung udara saat pompa menarik air dari tangki yang akan menyebabkan kavitasi/kerusakan *impleller* pompa.

b. *Discharge Pipe*

<i>Inlet Flow</i>	: 110	lps
<i>Pipe Diameter</i>	: 200	mm
<i>Velocity</i>	: 3,5	m/s
<i>Varying Value of Ration f/D (K=1)</i>	: 0,03	1/m
<i>Length of Pipe</i>	: 2,5	m
<i>Linear Coefficient</i>	: 0,08	
<i>Accesories Coeficient</i>	: 5,14	
<i>Pressure Drop (Losses)</i>	: 3,26	m

Dari hasil perhitungan diperoleh *losses / Presure Drop* pada pipa buang / *Discharge Pipe* adalah sebesar 3,26m, namun masih dalam batas kecepatan yang dianjurkan yanitu sebesar 3,696 m/s.

c. *Header Pipe*

<i>Inlet Flow</i>	: 220	lps
<i>Pipe Diameter</i>	: 400	mm
<i>Velocity</i>	: 1,75	m/s
<i>Varying Value of Ration f/D (K=1)</i>	: 0,025	1/m
<i>Length of Pipe</i>	: 12,5	m
<i>Linear Coefficient</i>	: 0,32	
<i>Accesories Coeficient</i>	: 7,68	
<i>Pressure Drop (Losses)</i>	: 1,25	m

Dari hasil perhitungan diperoleh *losses / Presure Drop* pada *Header Pipe* adalah sebesar 1,25 m.

d. *Total Manometrik Head of Pump*

Total Manometrik Head of Pump adalah jumlah *head loss* yang terjadi ditambahkan dengan perbedaan elevasi / geometri antara pompa dengan ujung buangan (*flowmeter*).

• <i>Total Head Loss</i>	: 5,6	m
• <i>Level Geometric Flow Meter</i>	: 16,68	mdpl
• <i>Level Geometric Pump</i>	: 12,69	mdpl
• <i>Total Manometrik Head of Pump</i>	: 9,6	m
• <i>10% Risk Factor</i>	: 10,56	m
	: 1,04	Bar

Dari hasil penjumlahan yang diperoleh didapatkan *head* tambahan yang harusnya jadi pertimbangan dalam penentuan spesifikasi pengadaan pompa vertikal distribusi jalur telkom Sei. Harapan adalah sebesar 10,56m atau setara dengan 1,04 bar.

4.3 Hasil Perhitungan Biaya Operasional Tambahan

Dalam melakukan perhitungan biaya operasional, nilai yang dihitung hanya penambahannya saja. Tarif PLN per kWh adalah sebesar Rp. 1.300,-. Dari hasil perhitungan didapatkan data sebagai berikut:

a. <i>Flow</i>	: 110	lps
b. <i>Head Tambahan</i>	: 10,56	m
c. <i>Effisiensi Pompa</i>	: 80,75	%
d. <i>Effisiensi Motor</i>	: 95,60	%
e. <i>Daya Hidrolis Pompa</i>	: 14,73	kW
f. <i>Biaya Operasional tambahan</i>	: 13,94	Juta/bulan/pompa 110 lps

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa apabila spesifikasi *head* pompa ditambahkan maka akan menambah biaya operasional sebesar 13,94 juta/bulan dengan asumsi bahwa *running* pompa dengan kapasitas maksimum dan konstan sebesar 110 lps. Dalam prakteknya, *running* pompa akan maksimal hanya pada jam-jam puncak saja berkisar diwaktu pagi dan sore hari.

5. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. *Manometric* Pompa Vertikal jalur telkom di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Sei Harapan sebesar 5,6 m.
2. *Head* akibat perbedaan geometri sebesar 3,99 m.
3. Potensi penambahan *head* dalam penentuan spesifikasi pompa sebesar 10,56m atau setara dengan 1,04 bar.
4. Kekurangan *head* pompa 1,04 bar berpotensi tidak mengalirnya air diujung pelayanan, hal ini akan mengakibatkan timbulnya biaya investasi pompa *booster*. Pompa *booster* akan dipasang seri dan diposisikan didekat akses pelayanan yang tidak *tercover*.
5. Biaya operasional tambahan sebesar Rp. 13,94 juta/bulan/pompa (110 lps) jauh lebih kecil ketimbang timbulnya biaya investasi untuk pemasangan *booster pump* dengan peralatan / instrumentnya dan listrik dari PLN dan biaya operasional pompa *booster* sendiri.

REFERENSI

- Antoni, D. (2012). *Efek Kekasaran Pipa Terhadap Koefisien Gesek*. Skripsi Teknik Mesin. Universitas Indonesia.
- Yamin, M., F. (2016). *Perancangan dan Pengujian Alat Uji Pompa Seri dan Paralel*. Skripsi Teknik Mesin. Universitas Lampung
- Mizwar, Z. (2015). *Aliran Fluida Dalam Pipa*. (<https://slideplayer.info/slide/12756244/>) (diakses 15 mei 2021)
- Winarto, S. (2017), *Optimasi Energi Pompa*. Forum Teknologi. Vol. 06 No. 2