

ANALISA HEAD LOSSES PADA CIRCULATING WATER PIPE LINE PLTGU PERAK GRATI

Muhammad Farras Ilham¹; Jusafwar²; Adi Syuriadi²

¹Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. Dr. GA Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424

¹mfarrasilham29@gmail.com

Abstrak

Sekitar 21 tahun PLTGU Perak-Grati beroperasi. Dalam kurun waktu tersebut pipa circulating water mengalami kenaikan kerugian tinggi-tekan. Kenaikan tersebut dapat diakibatkan oleh perubahan kekasaran pipa, pengendapan material asing pada pipa, serta faktor lainnya. Kerugian tinggi-tekan menyebabkan air penyediaan ke dalam kondensor tidak memenuhi pipa-pipa pembuluh teratas di kondensor menyebabkan jumlah uap yang dapat dikondensasi menjadi air mengalami penurunan sehingga membutuhkan penambahan air kondensat. Akibat dari hal-hal tersebut adalah biaya produksi meningkat.

Tujuan penelitian ini menganalisa perubahan kenaikan kerugian tinggi-tekan dengan membandingkan data perencanaan awal PLTGU Perak Grati tahun 1997 dengan data aktual saat ini. Hasil perhitungan nantinya dapat memberikan rekomendasi terkait performa pompa sirkulasi air dan strategi pemeliharaan guna meningkatkan performa industri pembangkit di PLTGU Perak-Grati.

Metode penelitian yang digunakan dengan Persamaan Darcy-Weisbach. Mengasumsikan kondisi pompa sirkulasi air sama seperti saat kondisi awal. Hasil perbandingan saat awal design dan aktual menunjukkan terjadi kenaikan kerugian tinggi-tekan akibat korosi dalam pipa sehingga menyebabkan gesekan dalam pipa meningkat. Kerugian tinggi-tekan terdiri atas kerugian tinggi-tekan mayor dan minor. Kerugian tinggi-tekan mayor disebabkan karena kerugian gesek di dalam pipa-pipa dan kerugian tinggi-tekan minor disebabkan karena kerugian di dalam belokan-belokan, sambungan, katup dan sebagainya.

Kenaikan kerugian tinggi-tekan pipa penyaluran dari kanal air laut menuju masukan kondensor adalah 0,841 m. dimana kerugian tinggi-tekan saat awal perencanaan sebesar 0,666 m menjadi aktual saat ini 1,507 m dengan melakukan coating rubber dan cleaning pada pipa dapat menurunkan head loss sebesar 0,686 m

Kata kunci: Kerugian tinggi-tekan, Pipa sirkulasi air, Darcy-Weisbach, Korosi

Abstract

Approximately 21 years of PLTGU Perak-Grati operational. Within this period the circulating water pipes have increased head losses. The increase can be caused by changes in the roughness of pipes, the deposition of foreign materials in pipes, and other factors. Head losses cause the water supply to the condenser does not meet the top tubes in the condenser causing the amount of condensable vapor to water to decrease requiring additional water supply from make up water tanks. As a result of these things is the cost of production increases.

The purpose of this study is to analyze the increase of head losses by comparing the initial design data of PLTGU Perak Grati in 1997 with actual data at present. The results of the calculation will be able to provide recommendations related to the performance of circulating water pump and maintenance strategy in order to improve the performance of the generating industry in PLTGU Perak-Grati.

The research method used with the Darcy-Weisbach Equation. Assumes the Circulating Water Pump condition is the same as the initial condition. The result of comparison at the beginning of design and actual show increase of head losses due to the corrosion rate in the pipe causing friction in the pipe to increase. Head losses are called major and minor losses, or major losses major and minor losses, head losses major due to friction losses in pipes and minor head losses due to losses in the turns, reducer, valve and so on.

The increase of head loss of pipeline from intake sea water to condenser inlet is 0.841 m. where the head loss at the beginning of the design of 0.666 m to actual current 1.507 m by coating rubber and cleaning on the pipe can reduce head loss by 0.686 m

Keywords: Head Losses, Circulating Water Pipes, Darcy-Weisbach, Corroded

I. PENDAHULUAN

Kondensor merupakan salah satu komponen utama dalam industri pembangkitan tenaga listrik khususnya pada sistem PLTU. Kondensor berfungsi mengkondensasikan uap hasil pembuangan ekstraksi turbin uap menjadi air. Proses ini dilakukan pada kondisi *pressure* kondensor di bawah 1 atm (*vacuum*). Parameter kinerja kondensor dipantau berdasarkan nilai *vacuum* pada kondensor. Nilai *vacuum* kondensor ini akan mempengaruhi bagaimana kinerja *steam turbine* bekerja. Ada dua hal pengaruh dari *vacuum* kondensor pada sistem PLTU. Pertama meningkatkan beban turbin uap. *Vacuum* kondensor akan mempengaruhi tinggi rendah beban yang dihasilkan oleh turbin uap. Apabila *vacuum* tinggi dengan jumlah energi masuk turbin yang sama akan di dapat beban yang lebih tinggi. Kedua, meningkatkan efisiensi pembangkitan. Efisiensi yang dihasilkan akan berhubungan dengan energi yang dibangkitkan. Semakin tinggi energi yang dibangkitkan efisiensi juga akan naik

1.1 Latar Belakang

Sekitar 21 tahun PLTGU Perak-Grati beroperasi dengan *Combine Cycle* kapasitas 750 MW, Blok I menggunakan konfigurasi 3-3-1 yaitu tiga gas turbin, tiga *Heat Recovery Steam Generator* dan satu turbin uap. Dalam kurun waktu tersebut pipa *circulating water* mengalami kenaikan *head losses*. Kenaikan tersebut dapat diakibatkan oleh perubahan kekasaran pipa dan pengendapan material asing pada pipa dan tidak berfungsinya dengan baik *Priming Vacuum pump* pada kondensor, serta faktor lainnya. *Head losses* menyebabkan jumlah uap yang dapat dikondensasi menjadi air mengalami penurunan sehingga membutuhkan *supply* air kondensat dari *make up water tank*. Akibat dari hal-hal tersebut adalah biaya produksi meningkat.

Head loss menyebabkan air yang di *supply circulating water pump* tidak memenuhi *tube-tube* yang berada di paling atas kondensor sehingga terjadi kerusakan material akibat *thermal stress* oleh karena itu perlu melakukan *throttling* atau mengurangi bukaan pada *outlet* kondensor agar semua *tube* di kondensor terisi penuh. Namun *throttling* menyebabkan laju aliran yang terjadi pada tube kondensor menjadi turun. Sehingga perpindahan panas dan *vacuum* kondensor menurun.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapasitas Aliran Fluida

Besarnya kecepatan aliran fluida pada suatu pipa mendekati nol pada dinding pipa dan mencapai maksimum pada tengah-tengah pipa. Kecepatan biasanya sudah cukup untuk menempatkan kekeliruan yang tidak serius dalam masalah aliran fluida sehingga penggunaan kecepatan sesungguhnya adalah pada penampang aliran. Bentuk kecepatan yang digunakan pada aliran fluida umumnya menunjukkan kecepatan yang sebenarnya jika tidak ada keterangan lain yang disebutkan[1].

Besarnya kecepatan akan mempengaruhi besarnya fluida yang mengalir dalam suatu pipa. Jumlah dari aliran fluida mungkin dinyatakan sebagai *volume*, berat atau massa fluida dengan masing-masing laju aliran ditunjukkan sebagai laju aliran volume (m³/s), laju aliran berat (N/s) dan laju aliran massa (kg/s).[1]

Kapasitas aliran (Q) untuk fluida yang incompressible, yaitu[1]:

$$Q = A \cdot v \quad \text{[Persamaan 2.1]}$$

Dimana :
Q = laju aliran fluida (m³/s)
A = luas penampang aliran (m²)
v = kecepatan rata-rata aliran fluida (m/s)

III. Kerugian Head (Head Losses)

Kerugian Head Mayor Aliran fluida yang melalui pipa akan selalu mengalami kerugian head. Hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh aliran fluida. Kerugian head akibat gesekan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Darcy-Waisbach, yaitu[1] :

$$hl = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad \text{[Persamaan 2.2]}$$

Dimana :
 hl = kerugian head karena gesekan (m)
 f = faktor gesekan
 D = diameter dalam pipa (m)
 L = panjang pipa (m)
 v = kecepatan aliran rata-rata fluida dalam pipa (m/s)
 g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Faktor gesekan (f) dapat dicari dengan menggunakan diagram Moody

Untuk aliran laminar dan turbulen terdapat rumus yang berbeda. Sebagai patokan apakah suatu aliran itu laminar atau turbulen, dipakai bilangan Reynolds:

$$Re = \frac{vD}{\nu} \quad \text{[Persamaan 2.3]}$$

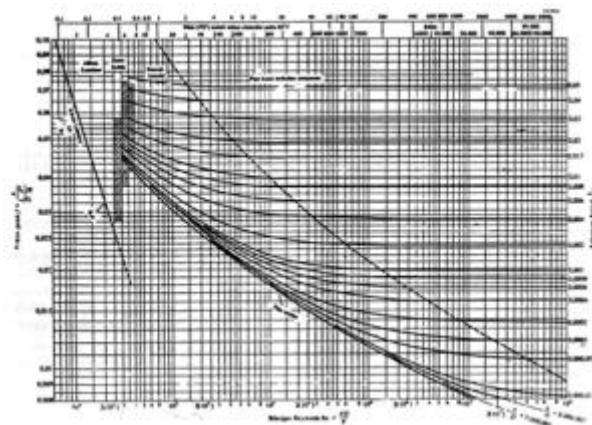
dimana:
 Re = bilangan Reynolds
 v = kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (m/s)
 D = diameter dalam pipa (m)
 ν = viskositas kinematik cairan (m^2/s)

untuk $Re < 2300$, aliran bersifat laminar
 untuk $2300 < Re < 4000$, aliran bersifat transisi
 untuk $Re > 4000$, aliran bersifat turbulen

a. Aliran turbulen

Untuk menghitung koefisien gesek f dapat dihitung dengan menggunakan rumus Darcy. Untuk mengetahui nilai f harus diketahui kekasaran pipa (ϵ), diameter pipa (d) dan Bilangan Reynold (Re).

Dengan diagram *Moody* inilah dapat diketahui nilai koefisien gesekan pipa (Incropera dan Witt, 1985).[2]



Gambar 2.1 Diagram Moody

Material	Roughness (mm)
Flexible Rubber Tubing - Smooth	0.006-0.07
Wrought Iron (New)	0.045
Carbon Steel (New)	0.02-0.05
Carbon Steel (Slightly Corroded)	0.05-0.15
Carbon Steel (Moderately Corroded)	0.15-1
Carbon Steel (Badly Corroded)	1-3
Carbon Steel (Cement-lined)	1.5
Smooth Cement	0.5
Concrete - Very Smooth	0.025-0.2
Concrete - Fine (Floated, Brushed)	0.2-0.8
Concrete - Rough, Form Marks	0.8-3

Tabel 2.1 Nilai kekerasan dinding untuk berbagai pipa komersil[3].

IV. METODE PENELITIAN

- A. Metode penelitian dilakukan dengan pengumpulan data dan meninjau jurnal, buku, dan literatur lainnya yang terkait dengan *Head Losses* pada pipa.
- B. Studi Kualitatif melakukan wawancara kepada pihak *Engineering* PLTGU Grati
- C. Mengolah data *Head Loss* dari *Sea Water Intake* sampai *Inlet* Kondensor PLGU Grati Blok 1 berupa data panjang pipa, diameter pipa dan debit pada *circulating water pump* data ini digunakan sebagai pembandingan dari Hasil Hitungan aktual dan Hipotesa saat dilakukan *Coating*

Spesifikasi *Circulating Water Pump*[4]

Number of Pump Required	Two
Number of Stages	One
Fluid to be Pumped	Sea Water
Specific Gravity	1,024
Head Required	11,8m
Pump Internal Losses	0,3m
Flow Rate (Design Point)	7m ³ /sec
Pump speed	371 rpm
motor power	1180 kW

Tabel.3.1 Spesifikasi *Circulating Water Pump*

Spesifikasi *Circulating Water Pipe Line* [4]

Jaringan	Jenis Pipa	Diameter (m)	Panjang (m)
Pipa 6 [A]		1,85	6,2
Pipa 6 [B]	C.Steel(New)	1,85	6,2
Pipa 11,11'		2,80	9
Pipa 15	Concrete (Very Smooth)	3	412
Pipa 19	C.Steel(New)	2,8	13

Pipa 22	2,8	6
Pipa 38	2,8	3
Pipa 24 [A]	1,85	7
Pipa 40 [B]	1,85	20

Tabel.3.2 Spesifikasi *Circulating Water Pump*

VI. HASIL DAN ANALISA

A. Head loss Design

Jaringan	Jenis Pipa	Diameter (m)	Panjang (m)	Roughness (m)	Factor Friction	Velocity (m/s)	Head Loss (m)
Pipa 6 [A]	C.Steel(new)	1,85	6,2	0,02	0,0108	2,60	0,013
Pipa 6 [B]		1,85	6,2	0,02	0,0108	2,60	0,013
Pipa 11,11'		2,80	9	0,02	0,0071	2,27	0,006
Pipa 15	Concrete (very smooth)	3	412	0,06	0,0200	1,98	0,549
Pipa 19	C.Steel(new)	2,8	13	0,02	0,0071	2,27	0,009
Pipa 22		2,8	6	0,02	0,0071	2,19	0,004
Pipa 38		2,8	3	0,02	0,0071	1,10	0,0005
Pipa 24 [A]		1,85	7	0,02	0,0108	2,51	0,013
Pipa 40 [B]		1,85	20	0,02	0,0108	2,51	0,060
Total				482			

Tabel.4.1. *Head Loss Design*

Head loss mayor yang terjadi dari *sea water intake* sampai *inlet kondensor* sebesar 0,666 m dengan keadaan dimana pipa saluran dalam kondisi baik dan bersih

B. Hasil Hitungan *Head loss* Aktual

Selama PLTU Perak Grati beroperasi selama 21 tahun *circulating water pipe line* mengalami korosi sehingga kehilangan *head* pada pipa penyaluran *sea water intake* sampai *inlet kondensor* pun meningkat akibat faktor gesekan yang terjadi akibat kekasaran pada pipa.



Gambar.4.1 Pipa 24 [A] bagian dalam telah mengalami korosi

Jaringan	Jenis Pipa	Diameter (m)	Panjang (m)	Roughness (m)	Factor Friction	Velocity (m/s)	Head Loss (m)
Pipa 6 [A]	<i>Carbon Steel (Slightly Corroded)</i>	1,85	6,2	0,07	0,0378	2,60	0,044
Pipa 6 [B]		1,85	6,2	0,07	0,0378	2,60	0,044
Pipa 11,11'		2,80	9	0,07	0,0250	2,27	0,021
Pipa 15	<i>Concrete (dirty)</i>	3	412	0,12	0,0400	1,98	1,097
Pipa 19	<i>Carbon Steel(Slightly Corroded)</i>	2,8	13	0,07	0,0250	2,27	0,031
Pipa 22		2,8	6	0,07	0,0250	2,19	0,013
Pipa 38		2,8	3	0,07	0,0250	1,10	0,0016
Pipa 24 [A]		1,85	7	0,07	0,0378	2,51	0,046
Pipa 40 [B]		1,85	20	0,07	0,0378	2,51	0,209
Total			482				1,507

Tabel.4.2.Hasil Hitungan *Head Loss* Aktual

Head loss mayor Aktual saat ini setelah 21 tahun beroperasi yang terjadi dari *sea water intake* sampai inlet kondensor sebesar 1,507 m dimana terjadi kenaikan sebesar 0,841 m diakibatkan laju korosi dan kotornya pipa saluran

C. Hasil Hipotesa Hitungan *Head Loss* saat dilakukan *Coating rubber* pada pipa penyaluran: 6A,6B,24A,40B dan Cleaning

Jaringan	Jenis Pipa	Diameter (m)	Panjang (m)	Roughness (m)	Factor Friction	Velocity (m/s)	Head Loss (m)	
Pipa 6 [A]	<i>C.Steel(Coating Rubber)</i>	1,85	6,2	0,01	0,0049	2,60	0,006	
Pipa 6 [B]		1,85	6,2	0,01	0,0049	2,60	0,006	
Pipa 11,11'	<i>C.Steel(Slightly Corroded)</i>	2,80	9	0,02	0,0071	2,27	0,006	
Pipa 15	<i>Concrete (Clean)</i>	3	412	0,08	0,0267	1,98	0,732	
Pipa 19	<i>C.Steel(Slightly Corroded)</i>	2,8	13	0,06	0,0214	2,27	0,026	
Pipa 22		2,8	6	0,06	0,0214	2,19	0,011	
Pipa 38		2,8	3	0,06	0,0214	1,10	0,0014	
Pipa 24 [A]		<i>C.Steel (Coating Rubber)</i>	1,85	7	0,01	0,0049	2,51	0,006
Pipa 40 [B]		<i>C.Steel (Coating Rubber)</i>	1,85	20	0,01	0,0049	2,51	0,027
Total			482				0,821	

Tabel.4.3.Hasil Hitungan hipotesa *Head Loss* dengan melakukan *Coating*

Hasil Hipotesa Hitungan *Head Loss* saat dilakukan *Coating rubber* pada pipa penyaluran: 6A,6B,24A,40B dan *Cleaning* dapat menurunkan *head loss* sebesar 0,686 m. disebabkan *coating rubber* pada pipa penyaluran dapat menghambat laju korosi dan faktor gesekan yang terjadi dalam pipa lebih rendah dibanding pipa berbahan *Carbon Steel* tanpa *Coating Rubber*

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

- A. Kehilangan *head* aktual pipa penyaluran dari *intake sea water* menuju *Inlet* Kondensor adalah 0,841 m
- B. *Head* total *Circulating water pump* menjadi 10,3 m
- C. Melakukan *Coating Rubber* dan *Cleaning* pipa *Concrete* mampu menurunkan *head loss* sebesar 0,686 m
- D. Kenaikan *head loss* pada pipa penyaluran dikarenakan korosi pada pipa dengan material *Carbon Steel* Seperti pada gambar 4.1.
- E. Kenaikan *head loss* diakibatkan pipa penyaluran kotor akibat kerang yang menempel

5.2 SARAN

- A. Dengan *Head* Pompa menjadi 10,3 m maka perlu upaya pemeliharaan yang baik agar air sampai *inlet* kondensor memenuhi *tube-tube* paling atas, dengan mencegah terjadinya kebocoran *circulating water pipe line* akibat korosi
- B. Perlu dilakukan *Coating rubber* untuk memperlambat laju korosi pada pipa yang terjadi di *Circulating water pipe line* guna mengurangi *head loss* dikarenakan dengan *coating rubber* dapat mempengaruhi *friction* dalam pipa menurun, karna tingkat kekasaran permukaan dalam pipa akan lebih halus
- C. Perlu melakukan *cleaning* pada pipa penyaluran untuk menghilangkan material asing yang menempel pada pipa karena semakin banyak material asing yang mengendap *friction* dalam pipa meningkat, dengan melakukan *cleaning* dapat mengurangi *head loss* dalam pipa

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Indonesia Power UPJP Perak Grati yang telah membantu hasil penelitian ini sebagai wujud kerjasama dengan Politeknik Negeri Jakarta terutama di program studi D-IV Pembangkit Tenaga Listrik

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okii shi.,2002,*Mekanika Fluida jilid 2*, PT. Erlangga. Jakarta.
- [2] Incropera, F.P. dan DeWitt, D.P., 1981, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 2nd edition*, John Wiley & Son, New York.
- [3] <https://neutrium.net/> Absolute Roughness of Pipe Material: Knowledge Base of Engineering Topics(Akses 25 Mei 2018)
- [4] PT Perusahaan Listrik Negara Grati Combined Cycle Power Plant.,1994,*Calculated Data Sheet Of Circulating Water Pump,Specification Volume And File Number M-206*,Mitsubishi Heavy Industries,Ltd Takasago Machinery Works,Pasuruan