ANALISIS PERFORMA CIRCULATING WATER PUMP PADA INDUSTRI PEMBANGKITAN (STUDI KASUS PLTU BOLOK NTT)

Heru Mirmanto[1], Nur Ikhwan[1]
[1]Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
e-mail: hmirmantoi@gmail.com

ABSTRAK

Circulating Water Pump (CWP) adalah pompa yang digunakan untuk mensirkulasikan air pendingin (air laut) kondensor pada industri pembangkitan (PLTU). Apabila performa pompa mengalami penurunan, maka jumlah uap yang dapat dikondensasikan menjadi cair kembali mengalami penurunan. Sehingga biaya produksi akan meningkat akibat air kondensat yang ditambahkan lebih banyak dan efisiensi siklus Rankine semakin menurun.

Pada operasinya, karakteristik kerja performa CWP tidak hanya di sebabkan oleh kondisi pompa itu sendiri, melainkan juga dipengaruhi oleh kondisi instalasi (konstruksi *intake canal*, saluran pipa dll). Parameter performa CWP adalah Kapasitas, Head, Daya dan Efisiensi. Pada PLTU Bolok Kupang, NTT, CWP menggunakan pompa jenis *mixed flow centrifugal pump*. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penurunan performa CWP. Analisis performance dilakukan secara analitis dan numerik menggunakan simulasi CFD. Hasil analisis diharapkan dapat meberikan masukan guna perbaikan performa PLTU.

Keywords: Head, simulasi CFD, performa pompa.

PENDAHULUAN

Pada suatu industri pembangkitan (PLTU) *Circulating Water Pump* (CWP) adalah pompa yang digunakan untuk mensirkulasikan air air laut guna mendingkan uap menjadi air kembali di dalam kondensor. Apabila performa pompa pendingin mengalami penurunan maka volume perubahan phase uap menjadi cair pada kondensor akan mengalami penurunan. Hal ini mengakibatkan biaya produksi akan meningkat akibat jumlah air kondensat yang ditambahkan semakin bertambah sehingga efisiensi siklus Rankine mengalami penurunan.

Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan performa pompa menurun, antara lain : pemilihan pompa, kondisi titik kerja operasianal, konstruksi instalasi, hambatan pada saluran intake canal, kebocoran pada saluran pipa, kavitasi, perawatan pompa yang kurang baik, dll.

Pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis penurunan performa CWP dengan maksud menemukan adanya sumber kegagalan yang disebabkan oleh perilaku aliran di dalam pompa, pipa dan peralatan lain yang dilalui oleh aliran air pendingin. Analisis performance dilakukan secara Ananalitis dan secara numerik menggunakan simulasi CFD. Hasil analisis diharapkan dapat meberikan masukan guna perbaikan performa PLTU pada umumnya. Data diperoleh melalui studi kasus pada PLTU Bolok NTT.

METODE

Pengamatan Lapangan

Pada kondisi operasi kapasitas air pendingan yang dihasilkan tiap-tiap pompa hanya sebesar **1.869 m^3/h**. Hal ini sangat kurang dibanding kapasitas desain kebutuhan air pendingin saat low tidal yaitu sebesar **2253.5 m^3/h**. Selain itu data pengamatan lapangan yang memperlihatkan terjadinya penurunan performa pompa antara lain :

1. Tekanan *discharge* pompa hanya sebesar 0.15 MPa dengan kondisi berfluktuasi, dimana seharusnya konstan sebesar 0.2 MPa
2. Pada saat beroperasi djumpai terjadi penurunan level permukaan air pada *suction reservoir*.
3. Terjadi getaran pada pompa.

4. Konstruksi pemasangan pipa suction terhadap dinding suction reservoir kurang sesuai dengan standart yang selain itu juga kedalaman terbenamnya pipa suction terhadap permukaan air yang masih kurang dari standar ($H_{Sr} < H_{St}$).
5. Pada instalasi pipa *discharge*, dibeberapa lokasi dijumpai belokan yang tajam.

Kebutuhan air pendingin dan Head pada instalasi CWP

Kebutuhan air pendingin saat kondisi air laut surut dapat dilihat pada tabel 1, sedangkan data spesifikasi pompa dan estimasi *headloss* system perpipaan yang ada berturut-turt diperlihatkan pada tabel 2 dan 3.

Tabel 1. Kebutuhan air pendingin saat Low Tidal Level

No.	Item	Unit	Low Tidal Level
1	Kebutuhan air pendingin tiap unit PLTU	m^3/h	4507
2	Kapasitas pompa yang diperlukan	m^3/h	2253.5
3	Total head	m	23.45

Tabel 2. Data spesifikasi pompa

NO.	ITEM	NILAI
1	Debit	2300 m^3/h
2	Head	24 m
3	Power	220 KW
4	Speed	980 rpm
5	Efisiensi	83 %
6	Suction pipe diameter	740 mm
7	Discharge pipe diameter	600 mm

Tabel 3. Estimasi Headloss perpipaan

NO	I T E M	Head loss (m)
1	Hydraulic resistance of CWP main pipe etc	2,04
2	Hydraulic resistance of condenser	5,00
3	CWP rubber balls cleaning resistance	0.45
	Total	7.49

Indikasi Kegagalan Operasi :

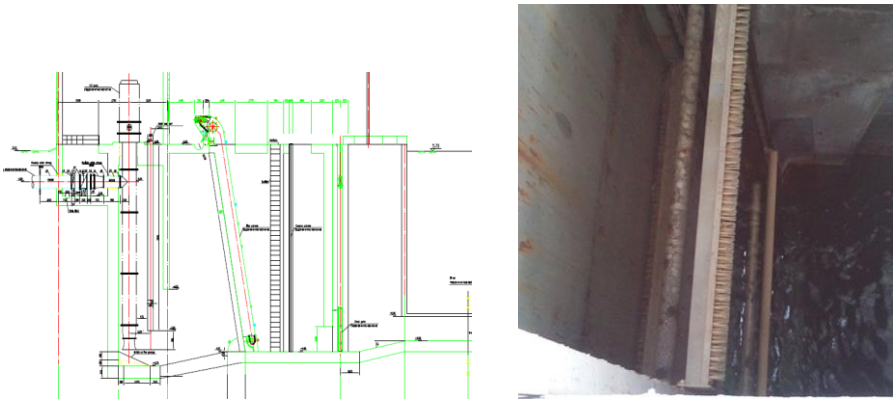
1. Tekanan *discharge* yang dihasilkan pompa mengalami penurunan hingga (p_d = 0.15 MPa) dengan kondisi berfluktuasi, sedangkan putaran tetap konstan. Indikasi faktor-faktor yang menyebabkan penurunan tekanan yang dihasilkan pompa, antara lain :
   a. Kebocoran pada pipa *discharge* (baik yang terendam maupun yang diatas permukaan air). Perlu diketahui bahwa CWP merupakan pompa centrifugal jenis *mixed flow* dengan posisi impeller terbenam (*submersible pump*). Kebocoran ini diakibatkan korosi pada pipa, seal yang kurang rapat (rusak) atau *loosesness* baut pengencang support akibat getaran pada pompa berlebihan. Tampak pada gambar 1. Diperlihatkan kebocoran pada pipa discharge pompa.
   b. Terjadi kerusakan pada sudu sudu pompa akibat korosi.
   c. Hambatan pada saluran intake yang besar.
   d. Kondisi tekanan yang berfluktuasi diindikasikan terjadinya kavitasi, hal ini disebabkan oleh tingginya *pressure drop* pada saluran *suction* pompa.

 ISBN 978-602-98569-1-0



Gambar 1. Kebocoran pada pipa *discharge*

2. Penurunan level permukaan air pada *suction reservoir* diakibatkan oleh besarnya hambatan pada saluran *intake*. Indikasi penyebab hal ini antara lain :
   a. Penggunaan satu buah *fine screen* dengan jarak terhadap *bellmouth* pipa *suction* relative dekat. Sehingga kotoran (sampah) yang menempel pada *fine screen* akan memperbesar *headloss* dan dapat mengurangi laju aliran masuk ke *reservoir*. Gambar 2. Memperlihatkan posisi *fine screen* pada saluran suction.



Gambar 2. Posisi *finescreen* terhadap *bellmouth* pipa *suction*

   b. Saluran *intake* kanal yang dangkal & sempit dengan dinding saluran terbuat dari susunan batu-batuan serta menggunakan sistem gravitasi. Gambar 3. memperlihatkan saluran *intake canal* pada saluran *suction*.

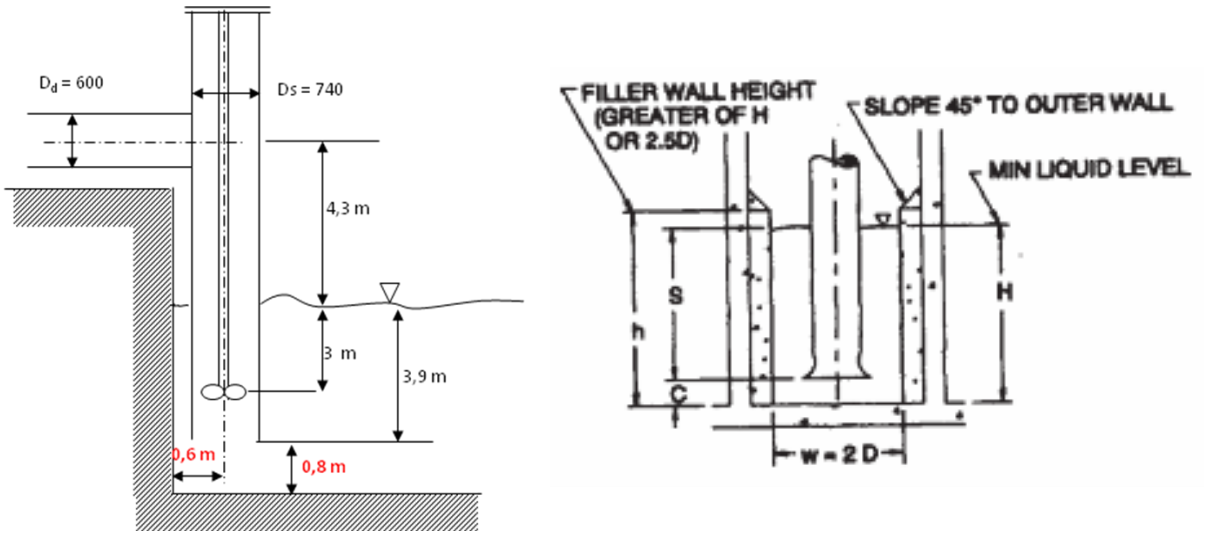


Gambar 3. Saluran *intake canal*

3. Terjadi getaran pada pompa.

   Getaran pada pompa dapat diindikasikan oleh beberapa faktor antara lain :
   a. Terjadinya kavitasi, hal ini dapat diketahui dari hasil pengamatan yang menunjukkan kondisi tekanan dischaege yang berfluktuasi. Kavitasi ini dapat terjadi akibat turunanya tekanan suction karena tingginya pressure drop yang terjadi pada suction pompa.
   b. Terjadi kelonggaran (*looseness*) pada baut pengencang support pompa dan *unbalance* atau *missalignment* pada poros pompa. Hal ini dapat dilihat pada gambar 1 bahwa terjadinya kebocoran juga diakibatkan oleh baut pengencang support yang kurang rapat.

4. Konstruksi pemasangan pipa suction terhadap dinding suction reservoir kurang sesuai dengan standart yang ada. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4. bahwa jarak antara pipa suction terhadap dinding suction reservoir terlalu sempit (600 mm). Begitupula kedalaman terbenamnya pipa suction terhadap permukaan air yang masih kurang dari standar ($H_{Sr} < H_{St}$). Pada tabel 4 diperlihatkan nilai ideal sesuai dengan standart ANSI/HI9.8-1998dan aktual dari pengukuran.

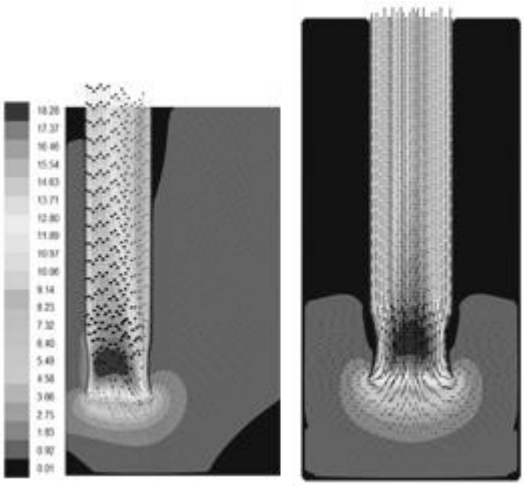


Gambar 4. Geometri konstruksi pipa suction pada suction reservoir

Tabel 4. Nilai ideal dan aktual posisi pipa terhadap *suction reservoir*

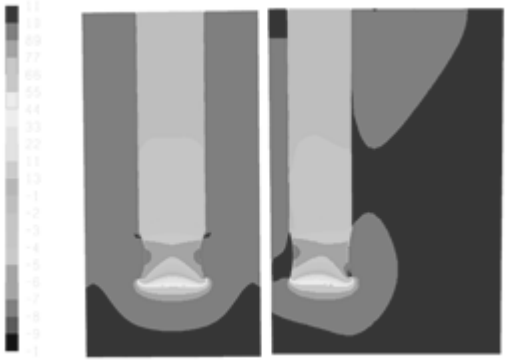
No	Parameter	Nilai Ideal	Nilai Aktual
1	H = Kedalaman minimum permukaan air	C + S = 3,444 mm	4,700 mm
2	C = Jarak clearance antara inlet bell dengan lantai dasar	0.3 s.d. 0.5 D = 222 – 370 mm	800 mm
3	S = Jarak minimum inlet bell yang terbenam ke air	D (1+2.3 Fd) = 740 (1+2,3 x1) = 2,442 mm	3,000 mm
4	w = lebar intake minimum	2D = 1,480 mm	2,000 mm
5	Jarak minimum ke dinding	D = 740 mm	**600 mm**

Kondisi ini bila di simulasikan dengan CFD maka, *velocity vector distribution* untuk aliran melintasi *bellmouth* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. *Velocity vector* aliran melintasi bellmouth pipa *siction*

Kecepatan masuk dari sisi samping kondisi seragam. Tetapi kecepatan air yang masuk dari depan cenderung tedefleksi ke dinding. Kondisi ini dapat menambah hambatan aliran karena kecepatan yang lebih tinggi sehingga akan menimbulkan gesekan yang lebih tinggi dan memicu timbulnya pusaran (*vortex*) di permukaan.
Gesekan yang tinggi di dalam pompa akan menurunkan tekanan statis air dan dapat menimbulkan kavitasi. Venomena kavitasi di pompa dapat diprediksi jika data NPSH pompa diketahui. Karena tidak ada data yang tersedia, maka simulasi tidak dapat dilakukan.

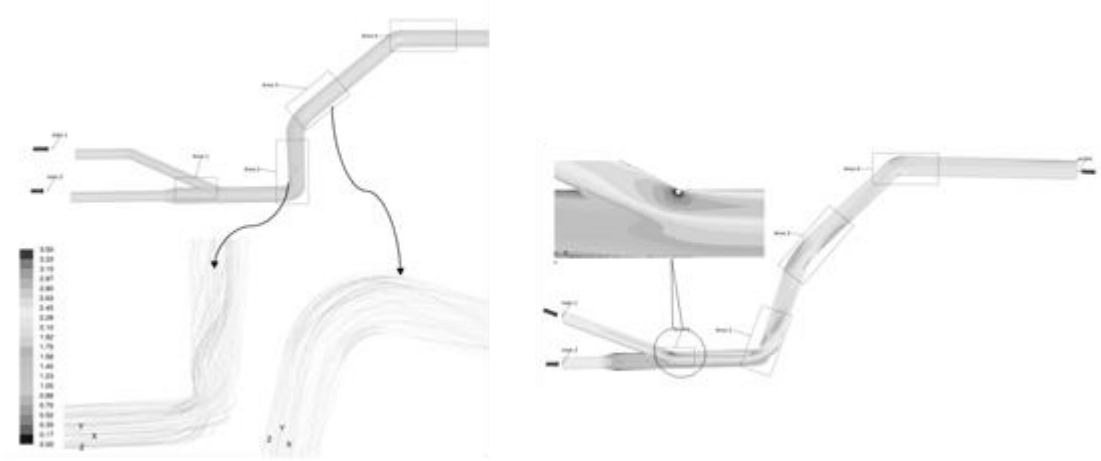


Gambar 6. *Pressure distribution* aliran melintasi *bellmouth* pipa *suction*

Tekanan minimal terjadi pada kondisi *bellmouth* nozzle hingga *inlet impeller* pompa (P_S = **550** Pa), sedangkan tekanan uap air laut pada kondisi temperatur pemompaan (diasumsikan T = 20^0 C) sebesar P_V = 2.340 Pa.
Karena tekanan inlet pompa lebih rendah dibandingkan dengan tekanan uap pada kondisi itu, dengan demikian maka pada inlet pompa terjadi kavitasi yang dapat menyebabkan kerusakan pada impeller (akibat erosi), juga dapat menurunkan performance pompa, terutama Debit dan Head yang dihasilkan.

5. Pada instalasi pipa *discharge*, dibeberapa lokasi dijumpai belokan yang tajam.

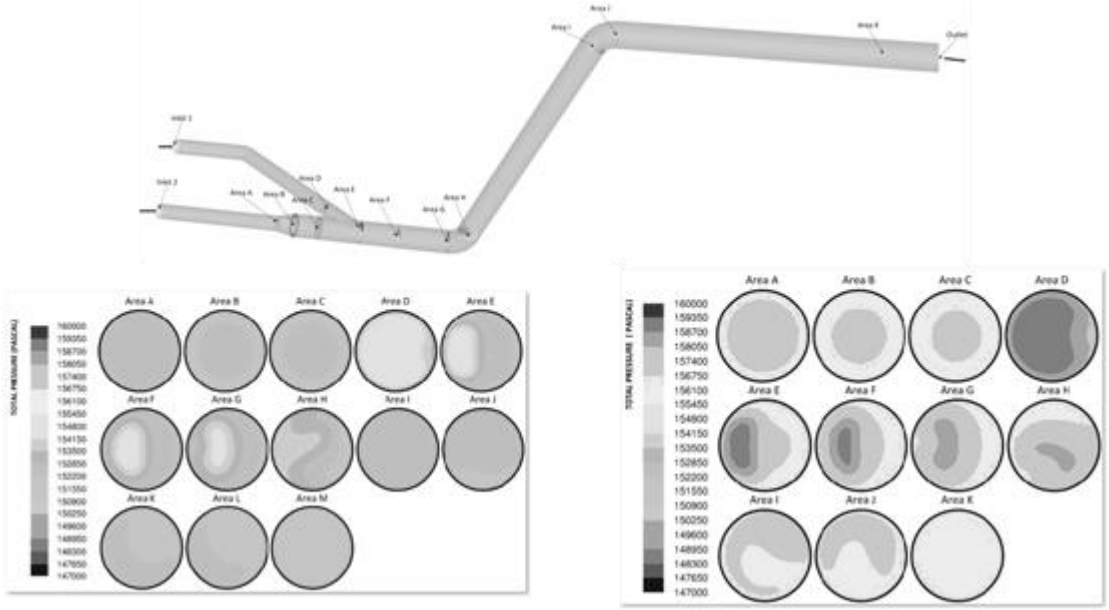
   Hasil simulasi CFD untuk pola aliran (streamline) kondisi eksisting dapat diperlihatkan pada gambar 5. Karena dibeberapa lokasi terdapat adanya belokan yang terlalu tegak maka, pola aliran yang (hasil simulasi CFD) terjadi menjadi tidak teratur dan menimbulkan pusaran.



(a) (b)

Gambar 5. Hasil simulasi numerik pada pipa discharge existing condition :
a. streasmline b. velocity vector distribution

Setelah dilakukan modifikasi pada saluran discharge maka hasil simulasi CFD (Fluent) dapat dilihat pada gambar 6. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kontur tekanan statis pada penampang pipa dari inlet sampai dengan outlet. Pada penampang outlet (penampang M) tekanan statis yang terjadi dapat mencapai tekanan yang dibutuhkan sebesar 150, 200 Pa



(a) (b)

Gambar 6. Hasil simulasi numerik pada pipa discharge modifikasi :
a. *Velocity vector* b. *Pressure distribution*

KESIMPULAN

- Pompa dioperasikan pada kapasitas dibawah kondisi desain. Tekanan discharge pompa seharusnya 0.2 MPa tetapi yang dihasilkan hanya sebesar 0.15 MPa.
- Pompa tidak memiliki sertifikat pompa sehingga tidak diketahui: kurva Head-kapasitas, NPSH pompa dan efisiensi pompa.
- Analisa vibrasi, simulasi CFD dan pengukuran tekanan menunjukkan penurunan performa pompa dapat disebabkan oleh adanya gelembung udara yang disebabkan oleh kavitasi atau akibat vortex di permukaan intake pool.
- Gelembung udara ini disebabkan oleh kedalaman kolam intake yang kurang dan hambatan tekanan akibat screen dan hydraulic resistance dari kanal intake.
- Konstruksi pipa CWP kurang ideal karena menghasilkan hambatan aliran (pressure drop) dan tegangan pipa yang besar.
- Modifikasi elbow dengan mengurangi sudut elbow dapat mengurangi pressure drop dan tegangan yang terjadi.

REFERENSI

[1] Sularso. 2000. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita
[2] Robert, W Fox & Alan T. McDonald . 2010. *Introduction to Fluid Mechanics* 8th. John Wiley & Sons, Inc, Asia.
[3] Mirmanto & Iis Rohmawati. 2014. The Effect of Adding FFST on Secondary Flow Characteristics Near Endwall of Asymmetry Airfoil, International Conference on Statistics and Mathematics AM09 paper 123, Institut teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
[4] Lin (2002), "Low-Profile Vortex Generators To Control Boundary-Layer Separation", Progress in Aerospace Sciences 38 (2002) 389–420.
[5] Igor Karassik,J. 2001. *Pump Handbook*. 3th, McGraw Hill, New York.
[6] M. Khetagurov .1954. *Marine Auxiliary Machinery and Systems* . Peace Publishers Moscow.
[7] M J. Moran & H N. Shapiro . 2006. Fundamentals of Engineering Thermodynamics 5th Edition John Wiley & Sons, Inc.

- Halaman ini sengaja dikosongkan-