

## KINERJA MULTISTAGE HP/IP FEED WATER PUMP PADA HRSG DI SEKTOR PEMBANGKITAN PLTGU CILEGON

F Gatot Sumarno, Suwarti

Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. H. Sudarto, S.H., Tembalang, Semarang, 50275, PO BOX 6199 / SMS  
Telp. (024) 7473417, 7499585, Faks. (024) 7472396  
<http://www.polines.ac.id>, e-mail : [secretariat@polines.ac.id](mailto:secretariat@polines.ac.id)

### ABSTRAK

“Salah satu jenis pembangkit listrik adalah pembangkit listrik tenaga gas dan uap (PLTGU). Salah satu komponen penting yang terdapat pada PLTGU adalah HP/IP FEED WATER PUMP PADA Heat Recovery Steam Generator (HRSG), dimana air pengisi ke HRSG akan diubah menjadi uap bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi. HP/IP Feed Water Pump merupakan pompa yang berfungsi untuk menciptakan tekanan pada air pengisi kemudian dialirkan menuju heat recovery steam generator (HRSG). Pompa beroperasi dengan membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Pada prinsipnya pompa mengkonversi energi mekanik menjadi energi aliran pada fluida. Fluida kerja yang digunakan merupakan air yang sudah mengalami proses kimia sehingga air tersebut dapat digunakan sebagai air pengisi HRSG. Pompa ini merupakan pompa jenis sentrifugal horizontal multistage. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa kinerja dari hp/ip feed water pump. Metode yang digunakan untuk mencari besarnya efisiensi sistem pompa dengan cara menghitung daya hidrolik dan daya listrik. Dari hasil perhitungan daya pompa diperoleh nilai terendah sebesar 1136,00KW sedangkan daya pompa tertinggi sebesar 1643,713 KW. Sehingga efisiensi terendah sebesar 73,18% dan efisiensi tertinggi sebesar 89,54%.”

**Kata kunci :** efisiensi, *head*, tekanan,

### I. PENDAHULUAN

HP/IP Feed Water Pump (HP/IP FWP) merupakan pompa yang berfungsi untuk menciptakan tekanan pada air pengisi kemudian dialirkan menuju *heat recovery steam generator* (HRSG). Fluida kerja yang digunakan merupakan air yang sudah mengalami proses kimia sehingga air tersebut sudah dapat digunakan sebagai air pengisi HRSG. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal, dengan tekanan stabil.

Setiap pompa dilengkapi dengan sisi masukan dan keluaran serta katup sirkulasi. Ketika pompa beroperasi dengan kapasitas aliran beban rendah, maka sebagian besar tenaga daya yang dibutuhkan pompa akan dirubah menjadi panas yang menaikkan suhu air pengisi. Aliran sirkulasi akan mencegah air didalam pompa menjadi terlalu panas hingga

menguap dan menyebabkan kapitasi yang akan merusak *impeller* pompa. Pipa saluran sirkulasi menghubungkan sisi keluar (*discharge*) pompa sebelum katup cek (*check valve*) kembali ke sisi masuk (*suction*) pompa, dilengkapi dengan katup kontrol sirkulasi untuk mempertahankan aliran minimum pompa, dan dua katup isolasi sebelum dan sesudah katup kontrol sirkulasi.

Salah satu bagian peralatan pada PLTGU adalah HP/IP Feed Water Pump atau pompa pengisi HRSG. Pompa ini merupakan pompa jenis sentrifugal horizontal multistage yang berfungsi sebagai pompa pengisi air HRSG. Karena operasi yang sudah cukup lama, maka HP/IP Feed Water Pump ini telah mengalami penurunan performa akibat berbagai hal. Untuk itu pada laporan tugas akhir ini, penulis akan membahas mengenai Analisa Kinerja HP/IP Feed Water Pump.

## II. DASAR TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Prinsip *bernoulli* adalah sebuah istilah dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari persamaan *bernoulli* yang menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama.

Pompa merupakan salah satu jenis mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan. Pompa beroperasi dengan membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga penggerak (*motor*) menjadi tenaga kinetis (*kecepatan*), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

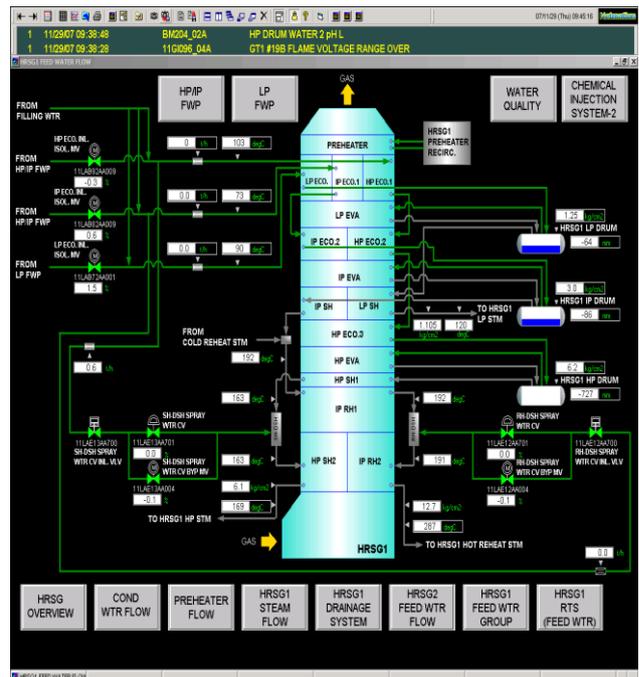
Pada prinsipnya pompa mengkonversi energi mekanik dari suatu penggerak menjadi energi aliran pada fluida yang melaluinya. Dengan demikian pompa menaikkan energi aliran pada fluida yang melaluinya. Dengan demikian pompa menaikkan energi fluida tersebut yang kemudian dapat digunakan untuk mengalirkan ke suatu tempat yang lebih tinggi dan mengatasi tahanan hidrolis dari isap dan tekan, serta mempercepat aliran. Dari sudut pandang energi, pompa merupakan kebalikan dari motor atau mesin hidrolis dimana energi fluida diubah menjadi kerja mekanik

### 2.2 Prinsip Kerja *HP/IP Feed Water Pump*

*HP/IP Feed Water Pump* ini berfungsi untuk menyalurkan air demin dimana air tersebut digunakan untuk mengisi HRSG. Dimana

nantinya air tersebut di ubah fasanya dari air menjadi uap yang siap untuk memutar steam turbine.

*HP/IP feed water pump* ini memompakan air menuju *HP/IP ekonomizer 1* kemudian setelah melewati *ekonomizer 1* dipanaskan lagi melewati *HP ekonomizer 2* dan setelah itu menuju ke *ekonomizer 3*, setelah melewati itu aliran menuju ke HRSG HP drum namun belum berubah fasa. Kemudian aliran menuju ke *evaporator*, setelah melewati *evaporator* inilah air sudah mulai berubah fasanya menjadi uap. Namun uap tersebut belum langsung bisa menuju ke *steam turbine*, uap tersebut masuk lagi kedalam HRSG HP drum dan kemudian dari situ menuju ke *HP superheat 1*, dari *superheat 1* menuju ke *HP superheat 2* uap yang dihasilkan pada *superheat 2* inilah yang dipakai untuk memutar *steam turbine*.



Gambar 2.1 Diagram Aliran Air

### 2.3 Komponen pada *HP/IP Feed Water Pump*

#### 2.3.1. Bagian yang tidak bergerak :

1. Base Plate & Frame

2. Casing
3. Difusser
4. Stuffing Box
5. Wearing-Rings

**2.3.2. Bagian Yang Bergerak**

1. Shaft (Poros Transmisi)
2. Mechanical Seal
3. Bantalan/ Bearing
4. Shaft-Sleeve
5. Impeller

**2.4 Klasifikasi Pompa**

**2.4.1 Berdasarkan Perubahan Bentuk Energi**

1. Pompa Pemindah Positif (*Positive displacement pump*)
2. Pompa Pemindah Non Positif (*non positive displacement pump*)

**2.4.2 Berdasarkan Jenis Impeller**

1. Pompa aliran radial / sentrifugal
2. Pompa aliran aksial
3. Pompa aliran campur

**2.4.3 Berdasarkan Bentuk Rumah**

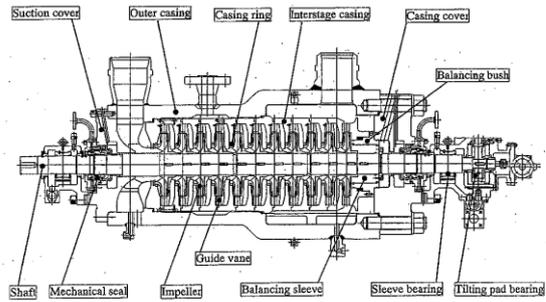
1. Pompa volut
2. Pompa difuser
3. Pompa aliran campur jenis volut

**2.4.4 Berdasarkan Letak Poros**

1. Pompa jenis poros mendatar/horizontal
2. Pompa jenis poros tegak

**2.5 Pompa Sentrifugal Multistage**

Pompa ini menggunakan beberapa *impeller* yang dipasang secara seri pada satu poros. Zat cair yang keluar dari *impeller* pertama dimasukkan ke *impeller* berikutnya dan seterusnya hingga *impeller* terakhir. Head total pompa merupakan penjumlahan dari head yang ditimbulkan oleh masing-masing *impeller* sehingga relatif tinggi. Pompa ini merupakan pompa yang mampu untuk meningkatkan tekanan tinggi dan memiliki kapasitas menengah.



Gambar 2.2 Pompa Sentrifugal *Multistage*

**2.6 Persamaan Perhitungan Dalam Analisis Kinerja HP/IP Feed Water Pump**

**2.5.1 Kapasitas**

Kapasitas pompa adalah sejumlah volume cairan yang dihasilkan pompa secara kontinu dalam satuan waktu. Kapasitas yang dihasilkan pompa biasanya direncanakan sesuai kebutuhan operasi atau dapat dihitung berdasarkan instalasi perpipaan pada sisi hisap (suction) atau sisi tekan (discharge), sebagai berikut :

$$Q = \frac{\pi}{4} d_s^2 \cdot v_s = \frac{\pi}{4} d_d^2 \cdot v_d \dots \dots (2.1)$$

Dimana,

$Q$  = Kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/s)

$d_s$  = Garis Tengah bagian dalam pipa suction (m)

$v_s$  = Kecepatan cairan pipa suction (m/s)

$d_d$  = Garis Tengah bagian dalam pipa discharge (m)

$v_d$  = Kecepatan cairan pipa discharge (m/s)

**2.5.1 Head**

Head adalah energi setiap satuan berat dengan unit satuan panjang. Sedang yang dimaksud dengan head sistem pemompaan adalah head total yaitu selisih head pada sisi discharge dan sisi suction yang terdiri dari :

- Head tekanan ( $\frac{p}{\rho g}$ ) → m (2.2)

- Head kecepatan ( $\frac{v^2}{2g}$ ) → m (2.3)

- Head statis (ha) → m (2.4)

- Head rugi-rugi akibat gesekan cairan dengan media sepanjang pengaliran

### 2.5.1 Daya Motor Pompa

Daya motor adalah daya yang harus disediakan oleh mesin penggerak pompa ( motor / turbin ) untuk memindahkan fluida. Dalam hal motor penggerak pompa 3 fasa, untuk sistem yang setimbang, daya total yang dikonsumsi ke beban adalah:

$$P_1 = \sqrt{3} V_l I \cos \phi \quad (2.6)$$

Di mana:

$P_1$  = Daya Motor Pompa (KW)

$V$  = Voltage (V)

$I$  = Kuat Arus (I)

$\cos \phi$  = faktor daya

### 2.5.4 Daya Pompa

Daya fluida adalah daya pompa yang bisa digunakan dan dipindahkan ke fluida :

$$P_h = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (2.7)$$

Dimana :

$P_h$  = Daya fluida ( KW )

$Q$  = Kapasitas yang dihasilkan pompa (  $m^3/s$  )

$H$  = Head total ( m )

$\rho$  = Massa jenis fluida (  $kg/m^3$  )

$g$  = Percepatan gravitasi (  $m/s^2$  )

### 2.5.4 Efisiensi Sistem

Efisiensi adalah perbandingan antara daya fluida dengan daya pompa.

$$\eta_s = \frac{P_h}{P_1} \times 100\% \quad (2.8)$$

## III. METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Pengambilan Data

Metode yang digunakan dalam pengambilan dan pengumpulan data dijelaskan dalam uraian berikut ini :

#### 3.1.1 Secara Langsung

- Pengambilan data dengan cara meng-copy data melalui jaringan intranet di PLTGU

Cilegon. Besarnya nilai parameter-parameter dalam proses pembangkitan listrik terekam dalam komputer di *Center Control Room* (CCR) secara kontinyu. Data-data nilai alat ukur tersebut akan di *upload* ke intranet sehingga dapat di akses oleh seluruh pegawai dan peserta magang kerja.

- Pengambilan data pada *local sheet* di CCR. Apabila data-data yang didapatkan melalui intranet ada yang kurang, maka pengambilan data dapat dilakukan pada *local sheet* yang berada di CCR. *Local sheet* merupakan lembaran data yang berisi nilai parameter-parameter alat ukur yang diambil secara langsung di *local area*. Pengambilan data di *local area* dilakukan oleh operator setiap 2 jam.

#### 3.1.2 Secara Tidak Langsung

Sedangkan pengambilan data secara tidak langsung dilakukan dengan cara perhitungan dan pembacaan pada tabel yang dibutuhkan yaitu tabel air. Data yang dibutuhkan yaitu massa jenis air (  $\rho$  ), jika temperatur airnya berubah maka massa jenis airnya juga berubah sesuai dengan perubahan temperaturnya.

### 3.2 Cara Pengolahan Data

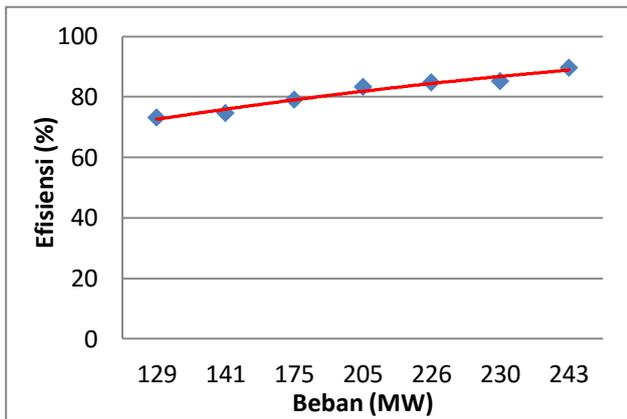
Setiap perhitungan yang dilakukan berdasarkan perubahan beban yang ditentukan untuk dianalisa. Variasi beban pembangkit digunakan untuk mengetahui apakah pada setiap pembangkit mengalami perubahan beban akan berpengaruh terhadap kinerja dari *multistage hp/ip feed water pump* ataukah tidak.

Setelah semua perhitungan selesai dilakukan, maka hasilnya akan dibuat dalam bentuk tabel untuk kemudian dikonversi menjadi grafik agar mudah untuk dianalisa. Beberapa hal yang dapat dianalisa nantinya berupa pengaruh dari variasi beban pembangkit terhadap kinerja dari *multistage hp/ip feed water pump* itu sendiri.

**IV. PEMBAHASAN DAN ANALISIS DATA**

Dari hasil perhitungan data yang telah dilakukan dapat digunakan sebagai pembanding antara data satu dengan data lainnya, sehingga dapat dianalisis antara beban ,daya pompa, efisiensi, debit, head sebagai berikut :

**a. Grafik Hubungan Beban Dengan Efisiensi**

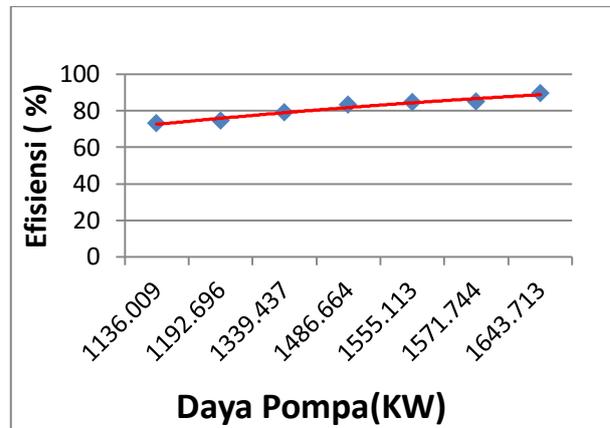


Gambar 4.1 Grafik Hubungan Beban Dengan Efisiensi

Grafik diatas merupakan hubungan antara perubahan beban dengan efisiensi yang diperoleh. Terlihat bahwa efisiensi tertinggi didapatkan saat beban yang digunakan sebesar 243 MW. Dimana semakin besar beban yang digunakan maka efisiensi yang diperoleh juga semakin besar. Namun efisiensi tersebut tidak akan terus naik pasti terdapat titik puncak, jika beban terus naik namun sudah melampaui titik puncak efisiensinya maka justru akan turun. Efisiensi tertinggi yang diperoleh sebesar 89,54% dimana beban yang digunakan sebesar 243MW.

Dari grafik yang diperoleh terlihat efisiensi terendah yaitu sebesar 73,18%. Dapat diketahui juga bahwa semakin beban yang digunakan naik maka efisiensi dari pompa juga akan naik, sebanding dengan naiknya beban tersebut.

**b. Grafik Hubungan Antara Daya Pompa Dengan Efisiensi**

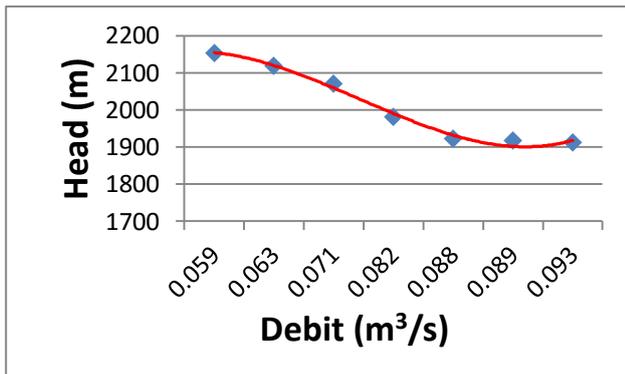


Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Daya Pompa dengan Efisiensi

Selain untuk mengetahui hubungan antara efisiensi dengan beban tugas akhir ini bertujuan juga untuk mengetahui hubungan antara daya pompa dengan efisiensi. Terlihat pada grafik di atas dimana bila daya pompa yang diperoleh itu semakin besar maka efisiensinya juga akan semakin naik. Namun hal tersebut tidak seterusnya akan naik, pasti terdapat titik puncak pada daya pompa itu sendiri. Pada grafik tersebut terlihat bahwa daya pompa tertinggi yaitu sebesar 1643,713 KW.

Dari grafik dapat diketahui saat daya pompa terkecil yaitu sebesar 1136,009 KW efisiensi yang dihasilkan juga paling kecil yaitu hanya sebesar 73,18%. Efisiensi tersebut terus naik seiring kenaikan dari daya pompa itu sendiri, dimana efisiensi tertinggi yang diperoleh sebesar 89,54%.

**c. Grafik Hubungan Antara Debit Dengan Head**



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Debit Dengan Head

Grafik diatas merupakan hubungan antara debit dengan head total pompa. Grafik ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pompa tersebut. Terlihat pada grafik yang sudah diperoleh saat debit terkecil yaitu 0,059 m<sup>3</sup>/s head yang dihasilkan tinggi yaitu mencapai 2124,102 m. Saat debit yang digunakan mencapai 0,093 m<sup>3</sup>/s justru head yang dihasilkan paling kecil yaitu sebesar 1913,221 m. Maka dapat diketahui semakin besar debit yang diperoleh maka head yang akan dihasilkan semakin kecil.

Pada pompa yang diuji kali ini efisiensi tertinggi diperoleh saat debit sebesar 0,093 m<sup>3</sup>/s dan head yang diperoleh sebesar 1913,221 m, maka dari itu pompa tersebut paling cocok digunakan saat debit dan head yang diperoleh mencapai nilai tersebut karena pompa akan menghasilkan efisiensi tertingginya.

## V. KESIMPULAN

### Kesimpulan

Dari data yang telah dianalisis, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Efisiensi tertinggi yang diperoleh dari perhitungan yang sudah dilakukan yaitu sebesar 89,54%.
2. Daya pompa tertinggi yang dihasilkan adalah sebesar 1643,713KW sehingga menghasilkan efisiensi sebesar 89,54%

3. Semakin esar beban yang digunakan efisiensi yang diperoleh semakin tinggi.
4. Dari grafik karakteristik pompa maka dapat diketahui pompa ini cocok digunakan pada debit sebesar 0,093 m<sup>3</sup>/s dan head sebesar 1913 m. Karena menghasilkan efisiensi tertinggi.

### Daftar Pustaka

- \_\_\_\_\_. 2004. *PT. PLN (Persero) Cilegon Combined Cycle Power Plant (740 MW) Design Manual*. Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
- \_\_\_\_\_.2014.*PT. TAKA TURBOMACHINERY*
- \_\_\_\_\_.2014.*Engineering PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkitan PLTGU Cilegon*
- \_\_\_\_\_.2014.*Mitsubishi Confidential And Proprietary Information*
- Sularso dan tahara haruo . 2000. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta : Pradnya paramita.