

# PENGARUH BOILER FEED PUMP TERHADAP KEVAKUMAN DI KONDENSOR DAN EFEKTIFITAS KEVAKUMAN KONDENSOR DI PLTUG BELAWAN

Oleh:

Dani David F. Lumban Raja <sup>1)</sup>

Sawin Sebayang <sup>2)</sup>

Hodmiantua Sitanggang <sup>3)</sup>

Universitas Darma Agung <sup>1,2,3)</sup>

E-mail:

[jendribudi@gmail.com](mailto:jendribudi@gmail.com) <sup>1)</sup>

[sawinsebayang@gmail.com](mailto:sawinsebayang@gmail.com) <sup>2)</sup>

[hodmiantuasitanggang@gmail.com](mailto:hodmiantuasitanggang@gmail.com) <sup>3)</sup>

## ABSTRACT

*Belawan PLTU is one of the power plants with a total capacity of 730 MW located in Belawan Sicanang Island, Medan Kota Belawan, Medan City, North Sumatra Province. In this discussion, the author will discuss the analysis of the effect of condensate pump on condenser vacuum and condenser effectiveness. In general, learning how to improve the performance of components in the current power plant based on the first thermodynamic law is by analysing its effectiveness. The purpose of this research is to be able to determine the effect of condensate pump on condenser vacuum and factors that can affect condenser effectiveness. From the research conducted, it is concluded that the higher the vacuum level (gauge), the lower the heat transfer rate. The higher the gauge level, the higher the efficiency value, the highest value at a pressure of 704.015 mmhg, while at a vacuum gauge pressure of 704 mmhg the efficiency value is not much lower than the efficiency value at an empty pressure of 704.015 mmhg with a five-point calculation, the optimal condenser efficiency value is located at a vacuum pressure of 702-704 mmhg, because the difference in efficiency is not too far away. It can be concluded that the condenser pressure can be maintained within the range of 702-704 mmhg vacuum gauge pressure. To prevent the performance degradation of the boiler feed pump, check the cooling and lubrication system of the machine and clean the suction pump strainer. The solution to overcome the decline in boiler feed pump performance is to n wear ring and stator winding, replace wear and rewind the rotor and stator.*

**Keywords:** *Condenser, Vacuum and Boiler Feed Pump*

## ABSTRAK

PLTU Belawan merupakan salah satu pembangkit listrik dengan total kapasitas 730 MW yang terletak di Belawan Pulau Sicanang, Medan Kota Belawan, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Pada Pembahasan ini, penulis akan membahas analisa pengaruh pompa kondensat terhadap kevakuman kondensor dan efektivitas kondensor. Secara umum pembelajaran cara peningkatan peforma komponen di pembangkit saat ini berdasarkan hukum termodinamika yang pertama yaitu dengan analisa efektivitasnya. Tujuan dari penelitian ini untuk dapat mengetahui pengaruh pompa kondensat pada kevakuman kondensor serta faktor yang dapat mempengaruhi efektivias kondensor. Dari penelitian yang dilakukan disimpulkan bahwa semakin tinggi tingkat vakum (pengukur), semakin rendah laju perpindahan panas. Semakin tinggi level gauge maka semakin tinggi nilai efisiensinya, nilai tertinggi pada tekanan 704,015 mmhg, sedangkan pada tekanan vakum gauge 704 mmhg nilai efisiensinya tidak jauh lebih rendah dari nilai efisiensi pada tekanan kosong 704,015 mmhg dengan perhitungan lima titik, nilai efisiensi kondensor yang optimal terletak pada tekanan

vakum 702-704 mmhg, karena perbedaan efisiensinya tidak terlalu jauh. Dapat disimpulkan bahwa tekanan kondensor dapat dipertahankan dalam kisaran tekanan pengukur vakum 702-704 mmhg. Untuk mencegah penurunan kinerja pompa umpan boiler, periksa sistem pendinginan dan pelumasan mesin dan bersihkan saringan pompa hisap. Solusi untuk mengatasi penurunan kinerja boiler feed pump adalah dengan n wear ring dan stator winding, mengganti keausan dan memundurkan rotor dan stator.

**Kata Kunci : Kondensor, Kevakuman Dan Boiler Feed Pump**

## 1. PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

PLTU merupakan pembangkit listrik utama yang diandalkan pemerintah Indonesia untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Kebutuhan listrik di Indonesia terbilang cukup besar, baik untuk industri, fasilitas publik, dan tentunya untuk masyarakat luas. PLN sebagai perusahaan yang ditunjuk oleh pemerintah sebagai badan usaha milik Negara untuk mengelola dan memasarkan energy listrik, saat ini juga masih mengandalkan PLTU sebagai pemasok energy listrik. PLTU dengan bahan bakar batubara merupakan jenis PLTU yang paling banyak digunakan di Indonesia, mengingat bahan bakar jenis batubara masih melimpah di sebagian pulau Indonesia. Kebutuhan batubara untuk pembangkit energi listrik diperkirakan meningkat dari 90 juta ton pada saat ini menjadi 150 juta – 160 juta ton pada tahun 2028-2030.( Sujiman., 2015).

Kebutuhan energi listrik saat ini sangat dibutuhkan bagi Indonesia untuk PLTU Belawan merupakan salah satu pembangkit listrik dengan total kapasitas 730 MW yang terletak di Belawan Pulau Sicanang, Medan Kota Belawan, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Pada Pembahasan ini, penulis akan membahas analisa pengaruh pompa kondensat terhadap kevakuman kondensor dan efektivitas kondensor. Secara umum pembelajaran cara peningkatan peforma komponen di pembangkit saat ini berdasarkan hokum termodinamika yang pertama yaitu dengan analisa efektivitasnya.

### 2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh pompa kondensat pada kevakuman kondensor.
2. Dapat menghitung efektivitas kondensor
3. Mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi efektifias kondensor.
4. Mengetahui dan menghitung efektivitas *Boiler Feed Pump*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Siklus Utama Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) menghasilkan listrik dengan menggunakan uap yang memutar turbin. Putaran turbin memutar generator, dan generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, yang selanjutnya diolah menjadi energi listrik yang kita gunakan sehari-hari. Sistem pembangkit listrik tenaga uap didasarkan oleh siklus *Rankine*. Pada siklus ini fluida kerja yang biasanya air disirkulasikan melalui 4 komponen utama untuk menghasilkan energi. Komponen utama tersebut adalah turbin uap, pompa, kondensor dan ketel. Agar PLTU dapat menghasilkan energi, komponen pembentuk siklus ini haruslah bekerja secara bersamaan terus menerus.

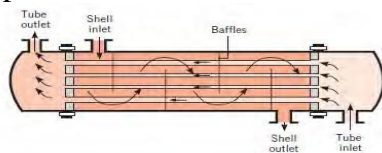
Prinsip utama dari siklus *Rankine* adalah memanfaatkan konservasi energi untuk menghasilkan kerja yang dapat dimanfaatkan. Siklusnya dapat dimulai dari air yang dipanaskan dengan ketel hingga mencapai tingkat keadaan uap jenuh atau uap panas lanjut, lalu uap tersebut dialirkan ke turbin sehingga memutar turbin. Energi putaran mekanik

turbin digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya menghasilkan listrik. Uap air keluaran dari turbin lalu dikondensasikan dengan penukar panas hingga tingkat keadaannya cair. Lalu air tersebut dipompakan kembali ke ketel. Siklusnya pun terulang kembali.

## 2.2. Utama Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Kondensor adalah alat penukar panas yang berfungsi untuk menkondensasikan uap keluaran dari turbin uap ke tingkat keadaan cair jenuh sebelum dipompakan lagi ke ketel. Cara kerja kondensor adalah menggunakan aliran cairan pendingin. Cairan pendingin yang disirkulasikan akan menyerap panas dari uap keluaran turbin sehingga cairan pendingin memanas, sedangkan fluida kerja berubah fasa.

Kondensor adalah penukar panas yang digunakan untuk mengembunkan uap atau mengubah fase uap menjadi cair. Ada dua teknik dalam proses kondensasi, yaitu penggunaan kapasitor kontak langsung dan kapasitor non kontak.

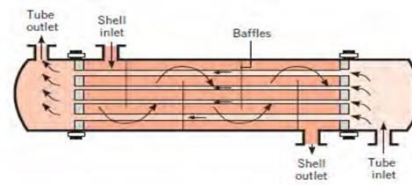


Sumber : Incropera, *Introduction to Heat Transfer 6<sup>th</sup> Ed., 2011*

Gambar 1 Skema Penukar Panas *Shell and Tube*

### 1. Kondensor dan Prinsip Kerjanya

Kondensor adalah suatu alat yang terdiri dari jaringan pipa dan digunakan untuk mengubah uap menjadi zat cair (air). dapat juga diartikan sebagai alat penukar kalor (panas) yang berfungsi untuk mengkoondensasikan fluida. Dalam penggunaannya kondensator diletakkan diluar ruangan yang sedang didinginkan supaya panas yang keluar saat penngoprasiannya dapat dibuang keluar sehingga tidak mengganggu proses pendinginnan.



Sumber : Incropera, *Introduction to Heat Transfer 6<sup>th</sup> Ed., 2011*

Gambar 2 *Shell and Tube condenser*

## 3. METODE PENELITIAN

### 1. Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan dan pengujian dilakukan di PT PLN Sektor Pembangkitan Belawan Jl Sicanang No. 1 Belawan



Sumber : PT PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Belawan

Gambar 3. PT PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Belawan

### 2. Prosedur Pengambilan Data

Beberapa Metode yang digunakan untuk pengambilan data dalam menyusun Tugas Akhir ini adalah :

#### 1. Metode Observasi

Yaitu metode pengumpulan data langsung mendatangi PLTU Unit sektor pembangkitan Belawan serta melihat kegiatan operasional unit condenser dan mencari data-data yang diperlukan.

#### 2. Metode Wawancara

Yaitu metode pengumpulan data dengan cara mengadakan Tanya jawab kepada operator, teknisi ataupun supervisor serta bagian yang terkait dalam proses operasional *Condenser* untuk memperoleh data yang diperlukan.

#### 3. Diskusi

Diskusi dilakukan dengan pembimbing, teman kerja praktek untuk memperoleh pengetahuan tentang analisa

yang dilakukan.

#### 4. Analisis Permasalahan

Analisis dilakukan dengan arahan pembimbing sehingga analisis dapat diambil kesimpulan dan saran perbaikan yang sesuai dengan disiplin ilmu teknik mesin.

#### 5. Metode Kepustakaan

Yaitu, metode untuk mengumpulkan informasi melalui penelitian literatur, seperti dokumen dan manual untuk mesin yang digunakan dalam manufaktur. Metode ini mendukung data yang diperoleh dari kedua metode di atas.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas langkah-langkah dimana dalam menghitung laju perpindahan panas dan efisiensi. Perhitungan dilakukan berdasarkan data aktual berupa data spesifikasi dan data kinerja kapasitor unit IV.

#### 1. Data Spesifikasi dan Data Aktual Kondensor Blok IV

**Tabel 1. Mechanic Specification**

Design Spesification	
Type	Two passes, reverse flow, divided water box, horizontal surface type
Tube material	Titanium
Total Number of Tube (N)	15136
Outside Diameter (Do)	25 mm
Thickness	1,25 mm
Effective Length (L)	11797 mm
Overall Width	6750 mm
Height with Neck	10432 mm
Neck Width	6372 mm
Neck Length	5198 mm
Cooling Water	
Cooling Water Source	Sea water
Flow rate (Qcooling)	21660 m <sup>3</sup> /h

Velocity in tube (V)	2m/s
----------------------	------

**Tabel 2 Data Operasi Aktual Kondensor**

Actual Data	
Condenser Vacuum	702.05 mmHg
Sea water inlet temperature (Tci)	29.48 °C
Sea water outlet temperature (Tco)	38.82 °C
Steam inlet temperature (Thi)	41.99 °C
Steam outlet temperature (Tho)	40.38 °C

#### Analisis Pengaruh Tekanan Vacuum Kondensor Terhadap Laju Perpindahan Panas dan Efektifitas

Dengan cara yang sama digunakan untuk menghitung data aktual perbulan yang diambil selama tahun 2022. Didapatkan lima sample perhitungan untuk membandingkan pengaruh tekanan vacuum condenser dengan laju perpindahan panas dan performa. Berikut datanya dari lima sample :

**Tabel 3. Data Sample Perhitungan**

No	Tekanan Vacuum	Thi (°C)	Tho (°C)	Tci (°C)	Tco (°C)
1	690.580	45.57	43.52	30.99	41.70
2	695.509	43.15	41.57	30.36	40.43
3	696.938	42.85	41.33	30.24	40.21
4	702.046	41.99	40.38	29.48	38.82
5	704.015	41.61	39.69	29.38	38.70

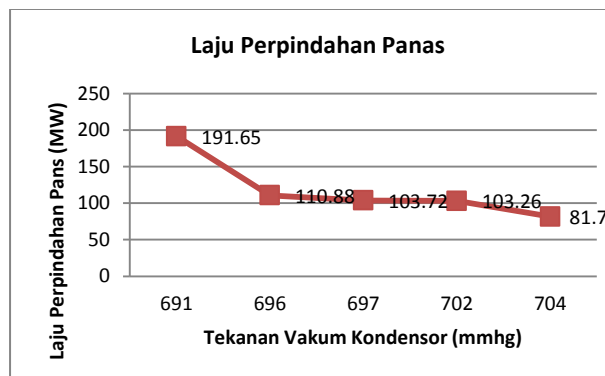
Data pertama didapatkan dengan bagaimana rata-rata data tekanan vakum 322 Thi, Tho, Tci dan Tco selama satu bulan di bulan Oktober. Seperti data pertama, data kedua adalah rata-rata dari masing-masing 340 data tekanan vakum Thi, Tho, Tci dan Tco. Data ketiga adalah rata-rata 276 tekanan vakum Thi, Tho, Tci dan Tco. Untuk datum keempat yang digunakan dalam contoh perhitungan, data bulan Juni adalah rata-rata dari semua 346

data tekanan vakum Thi, Tho, Tci dan Tco. Dan data kelima adalah data Agustus yang merupakan rata-rata dari 324 data tekanan vakum Thi, Tho, Tci dan Tco. Setelah lima sampel dihitung, diperoleh hasil sesuai dengan tabel data hasil perhitungan berikut ini:

Tabel 4 Data hasil perhitungan

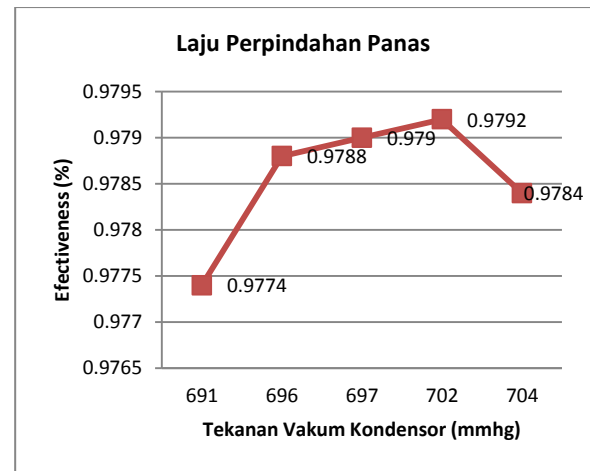
Tekanan Vaacum	laju Perpindahan	Effectiveness (%)
690.580	191.65	0.9774
695.509	110.88	0.9788
696.938	103.72	0.9790
702.046	103.26	0.9792
704.015	81.74	0.9784

Dari data tersebut dapat dibuat grafik perbandingan antaratekanan *vacuum condenser* dengan laju perpindahan panas danperforma sebagai berikut.



**Gambar 4** Grafik Perbandingan Tekanan *Vacuum condenser* dan Laju Perpindahan Panas

Berdasarkan grafik tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin rendah nilai tekanan *vacuum condenser gauge* maka semakin tinggi nilai laju perpindahan panasnya.

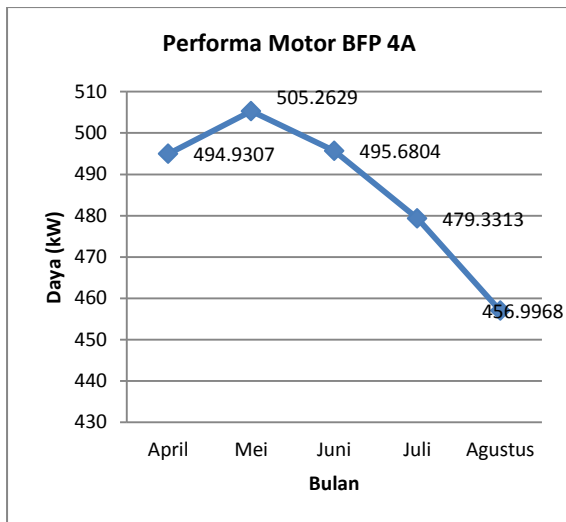


**Gambar 5** Grafik Perbandingan Tekanan Vacuum dan *Effectiveness*

Sedangkan dari grafik perbandingan tekanan *vacuum condenser* dan *effectiveness* (performa) dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi nilai tekanan *vacuum condenser gauge* maka semakin tinggi *effectiveness*-nya.

#### 4.6. Analisa Performa Boiler Feed Pump (BFP)

Penurunan Performa Boiler Feed Pump (BFP) disebabkan oleh faktor eksternal dan internal. Penurunan penurunan performa Boiler Feed Pump (BFP) 4A disebabkan oleh faktor eksternal dan internal. Penurunan performa dari *Boiler Feed Pump* unit 4A dikategorikan tidak membahayakan kondisi pompa dan dikarenakan penurunan kapasitas yang terjadi masih dapat dicover oleh *Boiler Feed Pump* 4B (total kapasitas merupakan hasil dari jumlah kapasitas BFP 4A + BFP 4B), maka *Boiler Feed Pump* 4A tidak disubjekkan untuk breakdown maintenance. Maintenance *Boiler Feed Pump* unit 4A dilakukan ketika *overhaul* rutin. Berdasarkan data yang diperoleh dari lapangan maka perbandingan Performa Boiler Feed Pump dapat dilihat dari grafik dibawah ini.



Gambar 6. Perbandingan performa Boiler Feed Pump

Energi yang dihasilkan oleh motor dilambangkan dengan nominal torsi (putaran per menit). Jadi semakin besar torsi yang dihasilkan oleh motor, maka semakin besar kapasitas pompa. Sebaliknya, jika torsi yang dihasilkan motor rendah, maka daya pompa akan semakin rendah. Fenomena ini sesuai dengan dasar teori persamaan (2.blabla). Berikut beberapa hal yang menurunkan performa mesin

### 1. Winding Stator Kotor

Winding stator merupakan kumparan yang masing-masing kumparannya dihubungkan menjadi rangkaian star atau delta, tergantung dari bagaimana metode untuk memutar mesin yang digunakan dan jenis rotor yang digunakan. Untuk rotor jenis sarang tupai umumnya menggunakan rangkaian delta sedangkan rotor jenis slip ring bisa menggunakan salah satu dari keduanya. Stator winding dipasang pada sela-sela inti stator dan berfungsi untuk menghasilkan fluks. Stator winding juga dikenal sebagai kumparan medan.



Gambar 7. Stator

### 2. Resistansi isolasi belitan turun

Penyebab penurunan tahanan isolasi belitan rotor adalah kontaminasi gemuk (oli pelumas bantalan). Pencemaran ini disebabkan oleh kelebihan lemak (penggunaan lemak yang berlebihan). Jika rumah bantalan penuh dengan gemuk dan terus melumasi (menambahkan gemuk), kelebihan gemuk akan mengalir melalui poros dan masuk ke motor. Ini mengarah pada pembentukan lemak menutupi ujung-ujung winding sehingga memungkinkan timbulnya kerusakan pada winding. Penurunan isolasi pada belitan ini nantinya akan menyebabkan parasitic energy loss dan high operating temperature yang secara keseluruhan mempengaruhi performa motor



Gambar.8 Belitan pada stator

### 3. Packing Cover Barrel mengalami Kebocoran

Packing pada pompa sentrifugal berguna untuk mencegah dan mengurangi kebocoran cairan dari ruang koil. Pada packing pompa terdapat suatu seal yang fungsinya untuk menutup celah atau membuat sambungan kedap fluida sehingga pada saat pengoperasian pompa tidak terjadi kebocoran (leaking) Secara umum, segel terbagi dalam dua kategori, yaitu segel statis dan dinamis. Segel statis adalah jenis segel di mana proses penyegelan terjadi di antara permukaan yang tidak bergerak relatif satu sama lain. Contoh seal statis ini adalah seal yang

digunakan untuk menyambung pipa pada flensa. Segel dinamis, yaitu jenis segel di mana proses penyegelan terjadi antara permukaan yang bergerak relatif satu sama lain, seperti gerakan putar poros dalam bantalan atau gerakan bolak-balik piston dalam silinder hidrolis. Hampir semua roda gigi dan bantalan memerlukan pelumasan yang konstan untuk kelancaran operasi dan mengurangi keausan. Oleh karena itu segel diperlukan untuk menjaga keberadaan pelumas di sekitar bagian yang bergerak dan untuk mencegah keluarnya pelumas dan masuknya kotoran dan debu ke dalam sistem. Seal juga diperlukan untuk mencegah bocornya cairan dari winding chamber ke dalam sistem karena dikhawatirkan akan mengganggu proses pelumasan dan mempercepat korosi/pengkaratan pada bearing. Selain meningkatkan efisiensi pompa secara keseluruhan, penggunaan seal (mechanical seal) pada seal pompa juga mencegah kerusakan pada pompa. Namun, seal pompa dapat rusak karena alasan berikut:

**a. Kualitas gasket (mechanical seal) kurang bagus.**

Pemasangan pompa sentrifugal baik perakitan awal ataupun pemasangan setelah dilakukannya pembongkaran harus sesuai dengan prosedur yang diterima dari produsen. Kesalahan pemasangan, baik kecil maupun besar, berdampak signifikan pada kinerja dan masa pakai pompa. b) Pemasangan yang salah/salah. Segel mekanis sangat dianjurkan untuk pompa sentrifugal. Oleh karena itu pemilihan jenis mechanical seal yang tepat untuk jenis pompa sangatlah penting dan kualitas mechanical seal harus diperhatikan. penggunaan mechanical seal di bawah standar menyebabkan kesalahan dalam perawatan preventif yang dapat menyebabkan kerusakan ringan hingga fatal.



**Gambar 9** Cover Barrel

Kesalahan prediktif maintenance yang dimaksudkan adalah ketika terjadinya kesalahan pemilihan waktu ketika menjadwalkan preventif maintenance sehingga kerusakan yang terjadi pada mechanical seal terlambat untuk diantisipasi mechanical seal terlambat untuk diantisipasi

**4. Terjadinya aliran balik ke deaerator/suction BFP, yang disebabkan oleh terjadinya kebocoran valve minimum flow BFP.**

Istilah minimum flow pada umumnya memiliki arti batas minimal aliran sebuah pompa diijinkan untuk beroperasi tanpa adanya pertimbangan lain seperti durasi/masa aktif pompa, level vibrasi atau kriteria lain. Dan ketika suatu pompa diijinkan untuk beroperasi dengan flow dibawah batas minimum, maka motor pompa perlahan – lahan temperaturnya akan naik sehingga casing dan bearing pompa akan menjadi semakin panas dan jika kondisi seperti ini berlangsung terus menerus akan memungkinkan terjadinya kerusakan pada sealing pompa.



**Gambar 10.** Minimum Flow Valve

Kebocoran pada minimum flow valve selanjutnya akan mengurangi kapasitas cairan yang berasal dari boiler feed pump karena cairan yang seharusnya mengalir ke high pressure heater akan mengalir kembali ke vent. Kebocoran dari

minimum flow valve boiler feed pump PLTU unit 4A kemungkinan disebabkan oleh keausan pada valve plate dan valve seat. Hal ini menyebabkan retakan/celah yang memungkinkan terjadinya kebocoran

## 5. SIMPULAN

### 1 Simpulan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan seperti berikut.

1. Semakin tinggi tingkat vakum (meter), semakin rendah perpindahan panasnya. Semakin tinggi tingkat kevakuman (meter), semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Dari hasil perhitungan lima titik vakum diperoleh nilai efisiensi tertinggi yaitu pada tekanan 704,015 mmhg, sedangkan pada tekanan berlebih 704 mmhg nilai efisiensinya tidak jauh lebih rendah dari nilai efektif pada tekanan vakum 704,015 mmhg .
2. Berdasarkan perhitungan lima titik, nilai efisiensi kondensor yang optimal terletak pada tekanan vakum 702-704 mmhg, karena perbedaan efisiensinya tidak terlalu jauh. Dengan demikian, diasumsikan bahwa tekanan kondensor dapat dipertahankan dalam kisaran tekanan pengukur vakum 702-704 mmhg.
3. Masalah yang menyebabkan penurunan kinerja pompa umpan disebabkan oleh cincin aus dan kerusakan motor. Kerusakan wear ring disebabkan oleh adanya kotoran pada celah antara wear ring dan seal pompa yang menyebabkan gesekan yang menyebabkannya. Pada saat yang sama, penyebab kerusakan motor adalah kontaminasi stator, yang menyebabkan motor menjadi terlalu panas dan hambatan belitan berkurang. Solusi untuk mencegah penurunan kinerja boiler feed pump adalah dengan memeriksa pendinginan dan pelumasan mesin serta membersihkan suction pump.

4. Solusi untuk mengatasi kerusakan kinerja boiler feed pump adalah dengan membersihkan wear ring dan stator winding, mengganti keausan dan memundurkan rotor dan stator

### 2. Saran

1. Buat jadwal perawatan preventif dan preventif baru
2. Penggunaan SOP harus dilaksanakan agar tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan yang merugikan karyawan dan pihak.
3. Penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Hal ini disebabkan banyak parameter yang tidak dimasukkan dalam perhitungan, seperti penurunan tekanan, faktor eksternal diabaikan karena pengambilan data faktor terbatas. Jadi informasi tertentu harus diasumsikan. Seperti penulisan penulis yang kurang runtut dan rapi.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Tunggul M. Sitompul. (1993), *Alat Penukar Kalor*, edisi 1. Cet . 1. Rajawali Pers, Jakarta
- Holman, J.P. (1986). *Perpindahan Kalor*. Erlangga, Jakarta
- Mauzalana F, Bono dan Wiwik Purwati W, (2014), *Analisa kinerja kondensor terhadap perubahan tekanan vakum di PT PLN (Persero) Sektor Pembangkitan PLTGU Cilegon*, Jurnal Teknik energi Vol 10 No. 1 Januari 2014; 29-34
- Anggun Sukarno, Bono dan Budhi Prasetyo, (2014), *Analisa Perubahan Tekanan Vakum Kondensor terhadap Kinerja Kondensor di PLTU Tanjung Jati B unit 1*, Jurnal Teknik Energi Vol 10 No.2 Mei 2014;65-71
- Sert Robert W, (2007). *Process Heat Transfer Principles and Applications*



- D.Q. KERN, (1950), *Proses Heat Transfer*. Mc Grawill Book Company, Inc NewYork
- Mukherjee Rajiv, (1998), *Effectivity Design Shell and Tube Heat Exchanger*, Chem, Eng . Progress
- Taborek, J. (1982), *Shell and tube heat exchanger single phase flow*, In *heat Exchanger Design handbook*, section 3.3 Hemisphere, New York
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan, (2010), *Heat Exchanger*. PT. Perusahaan ListrikNegara (PERSERO)
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan, (2011), *Effisiensi*. PT. Perusahaan Listrik Negara(PERSERO)
- VDI- Verlag GmbH, (1983). *Heat Exchanger Design Hand Book*. Hemisphere Publishing Corporation, Washington.