



## ANALISIS UNJUK KERJA POMPA SIRKULASI MINYAK SAWIT PADA TEKNOLOGI CONCENTRATED SOLAR POWER (CSP) DI UPT BPPTK LIPI YOGYAKARTA

**Fauzi Ahmad Tauhid (20120130120)**

**JURUSAN TEKNIK MESIN, FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
JALAN LINGKAR SELATAN TAMANTIRTO, KASIHAN, BANTUL, DI YOGYAKARTA, INDONESIA, 55183**  
[fauzivixi@yahoo.com](mailto:fauzivixi@yahoo.com)

Pompa sirkulasi minyak sawit memiliki peranan penting dalam mensirkulasi heat transfer fluid berupa minyak sawit dari thermal storage menuju solar collector yang berbentuk parabolic pada alat Concentrated Solar Power (CSP) tipe Parabolic Through. Debit aliran, temperatur dan tekanan fluida merupakan parameter penting dalam operasi pompa sirkulasi heat transfer fluid. Pada dasarnya alat Concentrated Solar Power ini masih tahap prototype dan butuh pengembangan lebih lanjut serta perlu dilakukannya evaluasi. Peran pompa sirkulasi minyak sawit sangat vital pada operasional Concentrated Solar Power, maka perlu dilakukannya analisis unjuk kerja pompa sirkulasi minyak sawit tersebut. Data yang diperlakukan untuk evaluasi antara lain tekanan dan temperatur pada bagian suction, tekanan dan temperatur pada bagian discharge, kapasitas aliran dan putaran poros pompa selama CSP beroperasi. Pada penelitian ini data diambil mulai bulan Januari – Desember 2015. Pengolahan data dilakukan menggunakan kalkulasi pompa sentrifugal, disajikan dalam bentuk tabel dan grafik menggunakan MS Excell. Analisis data menggunakan interpretasi kualitatif dari data kuantitatif pada parameter pompa. Hasil analisis diperoleh bahwa efisiensi pompa sirkulasi minyak sawit selama beroperasi pada tahun 2015 mengalami penurunan efisiensi pada bulan Februari ke Maret untuk pompa sirkulasi minyak sawit A yaitu sebesar 2,74 % dan untuk pompa sirkulasi minyak sawit B terjadi penurunan efisiensi pada bulan Januari ke Februari sebesar 4,14%. Efisiensi tertinggi pompa sirkulasi minyak sawit A di dapat pada bulan September sebesar 86,36% dan terendah pada bulan Maret sebesar 66,05%. Efisiensi tertinggi pompa sirkulasi minyak sawit B di dapat pada bulan November sebesar 85,23% dan terendah pada bulan Februari sebesar 65,5%. Perubahan kinerja dari pompa sirkulasi minyak sawit pada Concentrated Solar Power dapat terjadi karena perubahan load steam generator CSP yang menyebabkan adanya perubahan tekanan dan perubahan kapasitas aliran. Faktor lain yang dapat menurunkan kinerja dari pompa sirkulasi minyak sawit adalah sifat kerja pompa sirkulasi minyak sawit pada Concentrated Solar Power ini yang beroperasi selama 9 jam/hari dan usia kerja pompa sirkulasi minyak sawit dapat memungkinkan telah terjadinya penurunan performance dari kondisi awal pompa beroperasi pada tahun 2013 hingga tahun 2015.

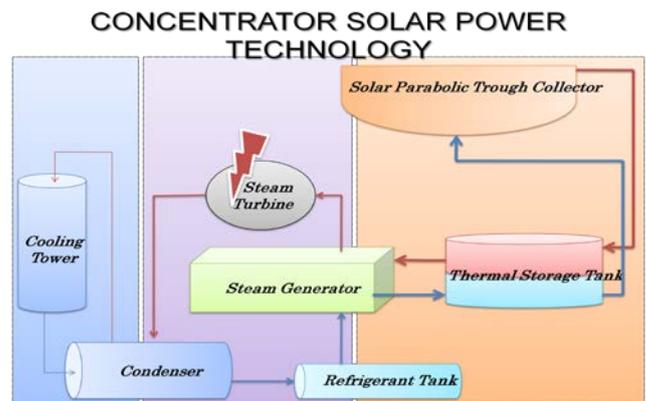
Kata kunci : unjuk kerja, tekanan, temperatur, pompa sirkulasi minyak sawit, *Concentrated Solar Power*

### Pendahuluan

Kebutuhan manusia akan ketersediaan energi khususnya energi listrik dari waktu ke waktu semakin meningkat. Semakin meningkatnya permintaan terhadap penggunaan energi, maka akan berakibat pula pada kebutuhan sistem pembangkit yang lebih banyak. Energi listrik merupakan bentuk energi yang fleksibel. Energi listrik kebanyakan tidak dimanfaatkan secara langsung, namun biasanya dikonversikan terlebih dahulu dan baru setelah itu dimanfaatkan dalam bentuk energi lain, seperti panas, dingin, cahaya, bunyi, gerak, dorong, tarik dan lain-lain. Tentunya energi listrik tidak tersedia di alam secara langsung dalam jumlah besar. Oleh karena itu dibutuhkan suatu teknik merubah energi yang tersedia di alam ke dalam bentuk energi listrik.

Pembangkit konvensional yang digunakan saat ini pada umumnya menggunakan bahan bakar yang berasal dari fosil atau minyak bumi, sedangkan biaya untuk mendapatkannya pun akan semakin meningkat. Oleh karena beberapa hal diatas cukup menjadi alasan untuk mencari sumber energi alternatif lain yang dapat menopang penyediaannya dalam waktu yang panjang. Salah satu sumber tersebut berasal dari daya yang berasal dari matahari, yang memiliki beberapa keunggulan seperti

ketersediaannya yang sangat melimpah dan tidak terbatas, bebas biaya, dan bebas CO<sub>2</sub>.



Pembangkit listrik dengan menggunakan sumber panas matahari ini ada 4 macam yaitu: parabolic trough, solar tower, parabolic dish, dan fresnel. Unit Pelaksana Teknis Balai Pengembangan Proses dan Teknologi Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (UPT BPPTK LIPI) adalah salah satu lembaga penelitian terkemuka di Indonesia yang merupakan Lembaga Milik Negara. UPT

BPPTK LIPI Yogyakarta sebagai salah satu Lembaga Penelitian Milik Negara tentu saja ikut andil dalam perkembangan teknologi di Indonesia. Salah satu teknologi yang dimiliki UPT BPPTK LIPI Yogyakarta dalam bidang energi adalah Teknologi Concentrated Solar Power (CSP) tipe parabolic trough. Concentrated Solar Power (CSP) tipe parabolic trough yang berada di UPT BPPTK LIPI Yogyakarta sendiri masih bersifat prototype sehingga dalam proses pengembangannya masih banyak terjadi kendala salah satu diantaranya terjadi pada pompa sirkulasi minyak sawit. Concentrated Solar Power (CSP) tipe parabolic trough yang berada di UPT BPPTK LIPI Yogyakarta sendiri memiliki 2 unit pompa A dan B sirkulasi minyak sawit untuk mengalirkan minyak sawit dari thermal storage tank menuju 2 layer parabolic trough. (Eva Dayat, 2015)

Pompa sirkulasi minyak sawit berfungsi untuk mensirkulasi minyak sawit dari thermal storage tank menuju absorber berupa pipa panjang yang di lewatkan heat transfer fluida sebagai fluida pengambil panas. Concentrated Solar Power (CSP) tipe parabolic trough yang berada di UPT BPPTK LIPI Yogyakarta menggunakan 2 layer parabolic trough dimana sirkulasi minyak sawit harus stabil dan mencapai suhu yang diinginkan untuk memenuhi ketentuan suhu minimal 70°C guna menggerakkan sistem steam generator. Peranan pompa sirkulasi minyak sawit sangat penting pada siklus operasi Concentrated Solar Power (CSP) tipe parabolic trough maka perlu dilakukannya performance test, hal tersebut bertujuan untuk mengetahui performansi dari pompa sirkulasi minyak sawit selama beroperasi pada tahun 2015. Dengan dilakukannya performance test, diharapkan mampu mengetahui karakteristik kinerja pompa sirkulasi minyak sawit A dan B pada Concentrated Solar Power (CSP) tipe parabolic trough selama beroperasi di tahun 2015. Jika terdapat permasalahan pada kinerja pompa sirkulasi minyak sawit A dan B pada Concentrated Solar Power (CSP) tipe parabolic trough dapat dijadikan data rekaman untuk proses evaluasi. Hasil evaluasi kinerja pompa sirkulasi minyak sawit pada Concentrated Solar Power (CSP) tipe parabolic trough di UPT BPPTK LIPI Yogyakarta untuk pengembangan lebih lanjut karena alat ini masih tahap prototype yang suatu saat nanti akan digunakan di Indonesia terutama daerah khatulistiwa serta daerah timur Indonesia yang intensitas hujannya sedikit.

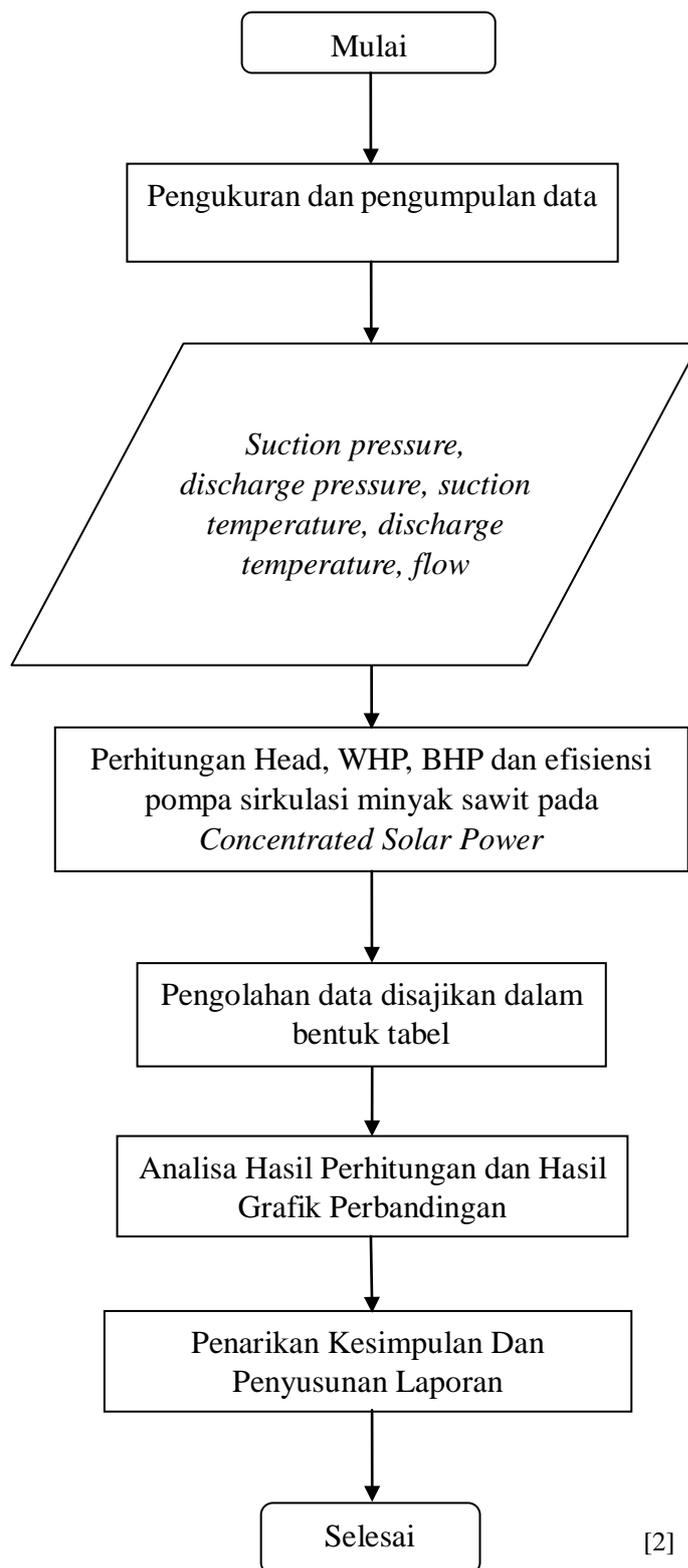
### Metodologi Penelitian

Penelitian ini diawali dari pengumpulan data di lokasi UPT BPPTK LIPI Yogyakarta pada Concentrated Solar Power unit pompa sirkulasi minyak sawit A dan B. Pengumpulan dan pengukuran data di lakukan di unit lokal dan di control room, akses data menggunakan computer. Pengumpulan data pompa sirkulasi minyak sawit menggunakan data rekaman selama prototype Concentrated Solar Power di UPT BPPTK LIPI Yogyakarta beroperasi di tahun 2015, mulai dari bulan Januari hingga Desember kecuali bulan Februari karena pada bulan Februari Concentrated Solar Power tidak beroperasi di karenakan ada penggantian layer pada Solar Parabollic Through, dengan variabel pengambilan data dalam satu hari sebanyak 3 data yaitu pagi, siang dan sore. Data yang digunakan merupakan data yang diambil rata-rata dalam satu bulan. Untuk mengetahui kinerja pompa sirkulasi minyak sawit pada CSP dibutuhkan beberapa data pengukuran antara lain suction pressure, discharge pressure, suction temperature, discharge temperature, kapasitas (flow rate), putaran (speed) dan beberapa data desain dari pompa sirkulasi minyak sawit pada CSP. Beberapa data lapangan dan data

desain yang telah diperoleh tersebut dapat dilakukan proses pengolahan untuk mengetahui kinerja dari pompa sirkulasi minyak sawit pada CSP selama beroperasi di tahun 2015.

Selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan menggunakan rumus kinerja pompa dan menggunakan program Microsoft excel. Parameter untuk mengukur kinerja pompa antara lain head pompa, WHP (Water Horse Pump), BHP (Break Horse Pump) dan efisiensi pompa.

Diagram Alir Metode Studi Kasus



**Bahan Studi Kasus**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Data pengukuran pompa sirkulasi minyak sawit pada Concentrated Solar Power selama beroperasi di tahun 2015.
- b. Minyak sawit sebagai heat transfer fluid

**Alat Studi Kasus**

- a. Pompa utama sirkulasi minyak sawit  
Berjumlah 2 unit dengan tipe pompa sentrifugal dengan kapasitas 4,5 m3/h.
- b. Control room  
Merupakan ruangan yang mengontrol, menjalankan dan memantau semua unit di local Concentrated Solar Power. Data yang di dapat akan diinput ke computer yang akan digunakan datanya untuk penelitian.
- c. Laptop  
Laptop yang digunakan untuk mengolah data yang diperlukan untuk studi kasus.
- d. Printer  
Digunakan untuk mencetak data yang diperlukan, untuk selanjutnya data tersebut dapat diolah.

**Analisis Data**

Pada tahap ini analisa dari hasil data yang diolah menggunakan intepretasi kualitatif.

1. Perubahan head tekanan pompa pada masing-masing pompa sirkulasi minyak sawit A dan B Concentrated Solar Power selama tahun 2015.
2. Perubahan debit aliran rata-rata pada masing-masing pompa sirkulasi minyak sawit A dan B Concentrated Solar Power selama tahun 2015.
3. Perubahan nilai WHP (Water Horse Power) atau daya hidraulis pada masing-masing pompa sirkulasi minyak sawit A dan B Concentrated Solar Power selama tahun 2015.
4. Perubahan harga BHP (Break Horse Power) atau daya poros dari masing-masing pompa sirkulasi minyak sawit A dan B Concentrated Solar Power selama tahun 2015.
5. Perubahan efisiensi kinerja pada masing-masing pompa sirkulasi minyak sawit A dan B Concentrated Solar Power selama tahun 2015.

**Hasil dan Pembahasan**

Pada tahap analisa perhitungan menggunakan sample data pompa sirkulasi minyak sawit A pada Concentrated Solar Power ketika beroperasi pada bulan Desember 2015 dan beberapa data design pompa sirkulasi minyak sawit, untuk dilakukannya proses pemodelan perhitungan matematika guna mengetahui kinerja dari pompa sirkulasi minyak sawit pada Concentrated Solar Power yang berada di UPT BPPTK LIPI Yogyakarta,

Tabel 1 Data Pompa sirkulasi minyak sawit A

No	Parameter	Pagi	Siang	Sore
1	Speed (rpm)	2880,3333	2850,6333	2888,1667
2	Suction Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	0,5631	0,4985	0,5438
3	Discharge Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	18,4555	19,1586	18,807
4	Suction Temperature (°C)	46,0833	46,6667	48,4167
5	Discharge Temperature (°C)	59,5	59,6667	63
6	Flow (m <sup>3</sup> /hour)	4,2167	4,3167	4,2667

Tabel 2 Data desain pompa sirkulasi minyak sawit Concentrated Solar Power

Parameter	Pompa Design
Speed (rpm)	2900
Head (m)	15
Flow (m <sup>3</sup> /hr)	4,5
Efficiency (%)	75
Power (KW)	0,75
Weight (kg)	16
Frequency (HZ)	50
Tegangan (V)	380
Suction Pipe Dia (Inchi)	1
Discharge Pipe Dia (Inchi)	1

Diketahui :

- P1 = 0,5631 (kgf/cm<sup>2</sup>)
- P2 = 18,4555 (kgf/cm<sup>2</sup>)
- T1 = 46,0833 (°C)
- T2 = 59,5 (°C)
- Q = 4,2167 (m3/jam)  
= 0,00171 (m3/detik)
- n = 2880,3333 (rpm)
- Dia = 1 inchi = 0,0254 m
- ha = 3 m
- L1 = 32 m      L2 = 40 m
- C = 100

Jumlah belokan pompa sirkulasi minyak sawit A = 5

Jumlah belokan pompa sirkulasi minyak sawit B = 7

**Kecepatan aliran rata-rata :**

$$V_s = Q \times 4 / \pi \times D^2$$

$$= (0,00171 \text{ m}^3/\text{detik} \times 4) / \pi \times (0,0254 \text{ m})^2$$

$$= 2,3128 \text{ m/detik}$$

**Head Tekanan :**

➤ **Head Kerugian Gesek untuk Pipa Lurus**

$$h_f = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L$$

$$= \frac{10,666 \times 0,00171^{1,85}}{100^{1,85} \times 0,0254^{4,85}} \times 32 = 14,0198$$

➤ **Kerugian pada satu belokan 90°**

Menurut persamaan 2,19 (Sularso hal 34, 1996)

$$\vartheta = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{0,00171}{\frac{\pi}{4} 0,0254^2} = 2,3128 \text{ m/detik}$$

Dengan D/R = 1

$\theta = 90$ , maka

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

$$= 0,131 + 1,847 \left(\frac{0,0254}{2}\right)^{3,5} \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5}$$

$$= 0,1748$$

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} = 0,1718 \frac{2,3128^2}{2(9,8)} = 0,0477 \text{ m}$$

➤ **Kerugian pada katup isap dengan saringan**

Dari tabel 2,20 (Sularso hal 39, 1996) untuk diameter pipa  $\geq 100$  mmdiperoleh,  $f = 1,97$ , Maka

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} = 1,97 \frac{2,3128^2}{2(9,8)} = 0,5376 \text{ m}$$

➤ **Head Kecepatan Keluar**

$$\frac{v_d^2}{2g} = \frac{2,3128}{2(9,8)} = 0,27 \text{ m}$$

➤ **Head Total Pompa**

$$H = h_a + \Delta h_p + h_1 + \frac{v_d^2}{2g}$$

$$= 3 + 0 + 14,01 + (5 \times 0,04) + 0,53 + 0,27 = 18,06 \text{ m}$$

➤ **WHP (Water Horse Power)**

$$\text{WHP} = Q_f \times H \times \rho \times g$$

$$= 0,0012 \text{ m}^3/\text{detik} \times 18,0689 \text{ m} \times 940 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 196,2939 \text{ kW}$$

➤ **BHP (Break horse Power)**

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP}}{n_t}$$

$$= \frac{196,2939 \text{ kW}}{0,7076}$$

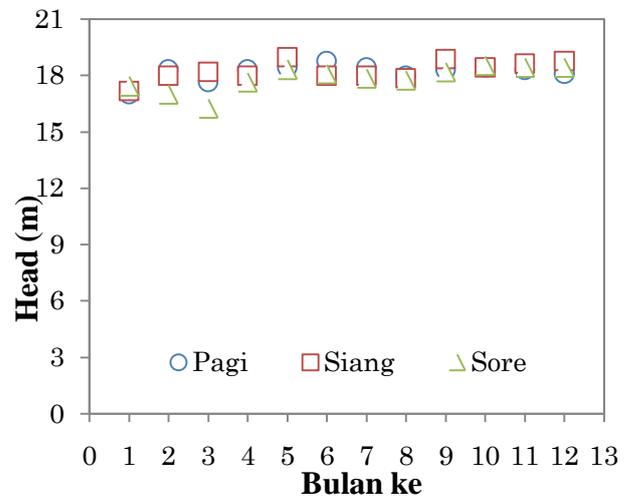
$$= 277,4173 \text{ kW}$$

➤ **Efisiensi Pompa ( $\eta_p$ )**

$$\eta_p = \frac{\text{WHP}}{\text{BHP}} \times 100 \%$$

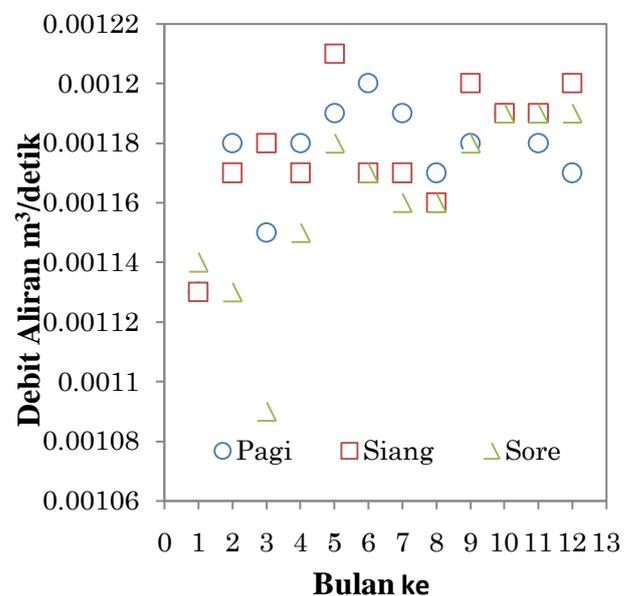
$$= \frac{196,2939 \text{ kW}}{277,4173 \text{ kW}} \times 100\% = 70,76 \%$$

Gambar 1 Head pompa sirkulasi minyak sawit A selama tahun 2015



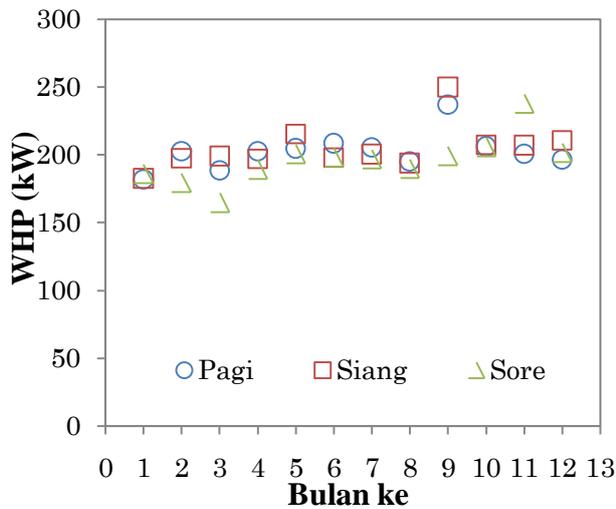
Hasil perhitungan head tekanan pompa, terlihat pada gambar 1, Terlihat pada bulan Maret head pompa mengalami penurunan yang cukup signifikan, Pompa sirkulasi minyak sawit A pada Concentrated Solar Power memiliki nilai head tertinggi pada bulan Mei sebesar 18,9674 m dan nilai head terendah pada bulan Maret sebesar 16,2398 m,

Gambar 2 Debit aliran fluida pompa sirkulasi minyak sawit A selama tahun 2015



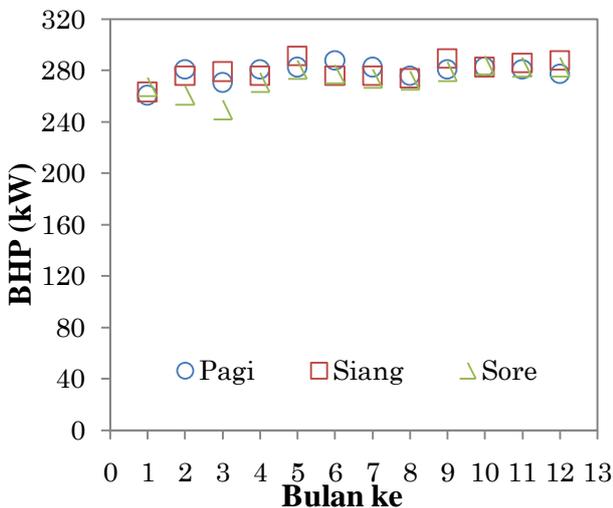
Terlihat pada gambar 2. Adanya penurunan debit aliran di bulan Maret pada pompa sirkulasi minyak sawit A. Pompa sirkulasi minyak sawit A dan B pada Concentrated Solar Power sama-sama memiliki debit tertinggi pada bulan Mei sebesar 0,00121 m<sup>3</sup>/detik dan, sedangkan debit terendah terjadi pada bulan Maret pada pompa sirkulasi minyak sawit A Concentrated Solar Power yaitu sebesar 0,00109 m<sup>3</sup>/detik.

Gambar 3 WHP pompa sirkulasi minyak sawit A selama tahun 2015



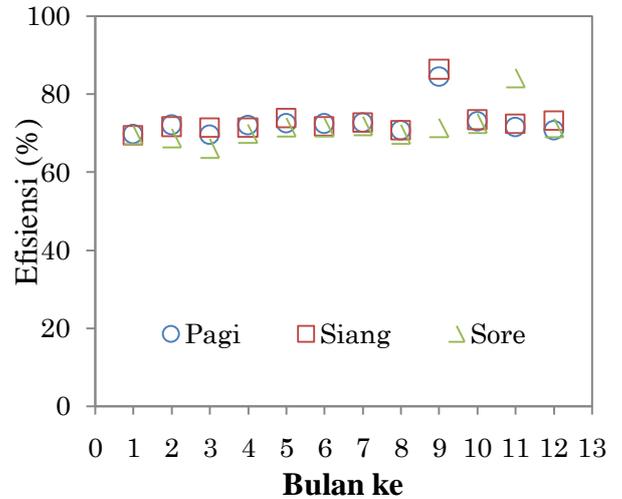
Pada gambar 3 menunjukkan nilai daya hidrolis pada masing-masing pompa sirkulasi minyak sawit A dan B pada Concentrated Solar Power. Terlihat pada bulan Maret WHP (Water Horse Power) pompa sirkulasi minyak sawit A mengalami penurunan dengan nilai terendah sebesar 164,6755 kW. Sedangkan untuk nilai WHP tertinggi terjadi pada bulan September untuk pompa sirkulasi minyak sawit A dengan nilai 249,9964 kW.

Gambar 4 BHP pompa sirkulasi minyak sawit A selama tahun 2015



Terlihat pada gambar 4 menunjukkan nilai dari BHP (Break Horse Power) atau daya input dari pompa sirkulasi minyak sawit. Pada pompa sirkulasi minyak sawit A dan B terlihat nilai BHP tidak banyak mengalami perubahan dan cenderung stabil, hanya saja terjadi penurunan nilai BHP pada pompa sirkulasi minyak sawit A di bulan Maret pada shift sore sebesar 249,3348 kW. Sedangkan nilai BHP tertinggi terjadi pada bulan Mei pada shift siang untuk pompa sirkulasi minyak sawit A dengan nilai 291,2127 kW dan 348,2155 kW untuk pompa sirkulasi minyak sawit B.

Gambar 5 Efisiensi pompa sirkulasi minyak sawit A selama tahun 2015

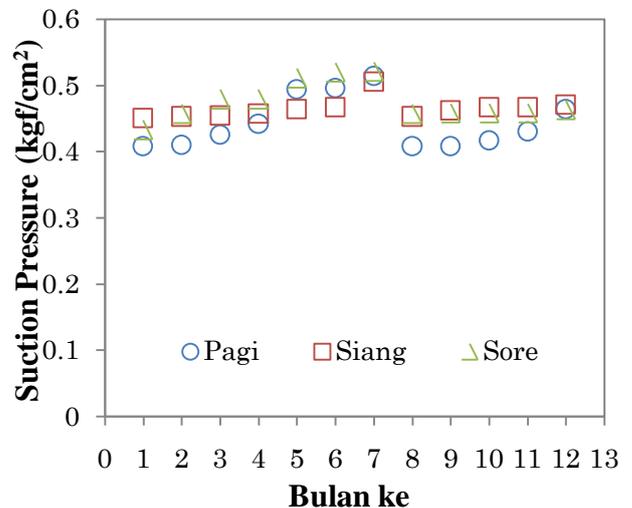


Berdasarkan data indikator performansi pompa performansi pompa sirkulasi minyak sawit terlihat pada gambar 5. Diperoleh nilai efisiensi pompa sirkulasi minyak sawit A dan pompa sirkulasi minyak sawit B, adanya penurunan efisiensi pada bulan Februari ke Maret untuk pompa sirkulasi minyak sawit A yaitu sebesar 2,74 % dan untuk pompa sirkulasi minyak sawit B terjadi penurunan efisiensi pada bulan Januari ke Februari sebesar 4,14%. Efisiensi tertinggi pompa sirkulasi minyak sawit A di dapat pada bulan September sebesar 86,36% dan terendah pada bulan Maret sebesar 66,05%. Efisiensi tertinggi pompa sirkulasi minyak sawit B di dapat pada bulan November sebesar 85,23% dan terendah pada bulan Februari sebesar 65,5%.

Adanya perubahan kinerja dari pompa sirkulasi minyak sawit dapat terjadi karena sifat kerja dari Concentrated Solar Power yang beroperasi terus menerus dimulai dari shift pagi, siang dan sore serta usia kerja pompa tersebut dapat memungkinkan telah terjadinya penurunan unjuk kerja dari kondisi awal pompa beroperasi.

Gambar 6 Suction Pressure pompa sirkulasi minyak sawit B selama tahun 2015

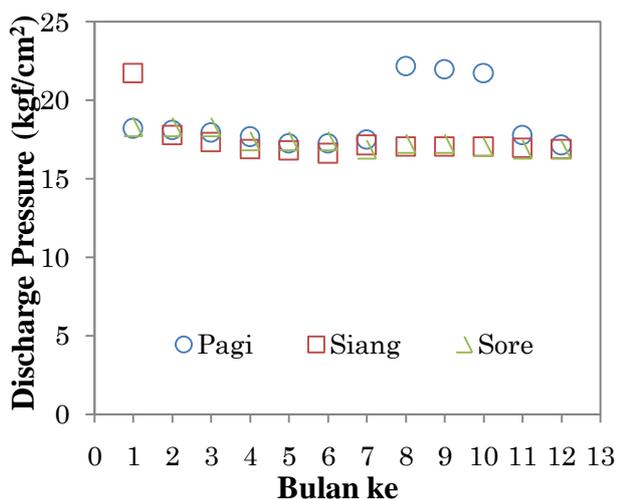
Berdasarkan data indikator performansi pompa



performansi pompa sirkulasi minyak sawit terlihat pada gambar 6. Diperoleh nilai  $P_{suction}$  pompa sirkulasi minyak sawit B, adanya kenaikan nilai  $P_{suction}$  dari bulan Januari sampai bulan Juli dan pada bulan Agustus dilakukan overhaul pada pompa B, sehingga nilai  $P_{suction}$  akan kembali turun. Hal ini dilakukan untuk mendapat daya isap pompa yang maksimal. Pada pompa A didapat  $\Delta P_{suction}$  sebesar 0,5068 kgf/cm<sup>2</sup> dan pada pompa B didapat  $\Delta P_{suction}$  sebesar 0,4608 kgf/cm<sup>2</sup>. Setelah dilakukan overhaul pada pompa B terlihat kenaikan nilai  $P_{suction}$  pada pompa lebih stabil dinilai 0,4588 kgf/cm<sup>2</sup>, hal ini menandakan bahwa daya isap pada pompa B lebih stabil di kisaran bulan Agustus sampai dengan bulan Desember setelah dilakukan overhaul. Persentase kenaikan nilai  $P_{suction}$  pada pompa sirkulasi minyak sawit B sebesar 20,4% pada bulan Januari hingga Juli, dengan persentase kenaikan nilai  $P_{suction}$  sebesar itu maka perlu dilakukan overhaul, dan setelah dilakukan overhaul persentase kenaikan nilai  $P_{suction}$  lebih stabil hanya 7,07% .

Gambar 7 Discharge Pressure pompa sirkulasi minyak sawit B selama tahun 2015

Berdasarkan data indikator performansi pompa



performansi pompa sirkulasi minyak sawit terlihat pada gambar 7. Diperoleh nilai  $P_{discharge}$  pompa sirkulasi minyak sawit B, adanya penurunan nilai  $P_{discharge}$  dari bulan Januari sampai bulan Juli dan pada bulan Agustus dilakukan overhaul pada pompa B, sehingga nilai  $P_{discharge}$  akan kembali naik. Hal ini dilakukan untuk mendapat daya dorong pompa yang maksimal dan stabil. Pada pompa A didapat  $\Delta P_{discharge}$  sebesar 19,6664 kgf/cm<sup>2</sup> dan pada pompa B didapat  $\Delta P_{discharge}$  sebesar 17,8574 kgf/cm<sup>2</sup>. Setelah dilakukan overhaul pada pompa B terlihat penurunan nilai  $P_{discharge}$  pada pompa lebih stabil dinilai 17,7109 kgf/cm<sup>2</sup>, hal ini menandakan bahwa daya dorong pada pompa B lebih stabil di kisaran bulan Agustus sampai dengan bulan Desember setelah dilakukan overhaul. Persentase penurunan nilai  $P_{discharge}$  pada pompa sirkulasi minyak sawit B sebesar 26,6% pada bulan Januari hingga Juli, dengan persentase penurunan nilai  $P_{discharge}$  sebesar itu maka perlu dilakukan overhaul, dan setelah dilakukan overhaul persentase kenaikan nilai  $P_{suction}$  lebih stabil hanya 1,41% .

## Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan kinerja pompa sirkulasi minyak sawit A dan B pada Concentrated Solar Power (CSP) selama beroperasi tahun 2015.

1. Performansi pompa sirkulasi minyak sawit selama beroperasi tahun 2015 mengalami perubahan dengan beberapa indikator. Unjuk kerja pompa sirkulasi minyak sawit A didapat nilai head tertinggi pada bulan Mei sebesar 18,9674 m dan pompa sirkulasi minyak sawit B sebesar 22,6801 m. Nilai head terendah pompa sirkulasi minyak sawit A pada bulan Maret sebesar 16,2398 m dan pompa sirkulasi minyak sawit B pada bulan Februari sebesar 19,1932 m. Kapasitas aliran tertinggi pompa sirkulasi minyak sawit A dan B terjadi pada bulan Mei sebesar 4,356 m<sup>3</sup>/jam dan kapasitas aliran terendah pompa sirkulasi minyak sawit A terjadi pada bulan Maret sedangkan untuk pompa sirkulasi minyak sawit B terjadi pada bulan Februari sebesar 3,924 m<sup>3</sup>/jam. Nilai efisiensi tertinggi pompa sirkulasi minyak sawit A tertinggi terjadi pada bulan September sebesar (86,36%), pada pompa sirkulasi minyak sawit B terjadi pada bulan November sebesar (85,23%) dan efisiensi pompa sirkulasi minyak sawit A terendah terjadi pada bulan bulan Maret sebesar (66,05%) sedangkan pada pompa sirkulasi minyak sawit B terjadi pada bulan Februari sebesar (65,5%).
2. Perubahan kinerja dari pompa sirkulasi minyak sawit pada Concentrated Solar Power dapat terjadi karena perubahan load steam generator CSP yang menyebabkan adanya perubahan tekanan dan perubahan kapasitas aliran. Faktor lain yang dapat menurunkan kinerja dari pompa sirkulasi minyak sawit adalah sifat kerja pompa sirkulasi minyak sawit pada Concentrated Solar Power ini yang beroperasi selama 9 jam/hari dan usia kerja pompa sirkulasi minyak sawit dapat memungkinkan telah terjadinya penurunan performance dari kondisi awal pompa beroperasi pada tahun 2013 hingga tahun 2015.

## Daftar Pustaka

- Ansaah. 2011. Pompa rumah keong tipe radial. Diakses pada 21 Juni 2016, dari [http://ansaah.blogspot.co.id/2011\\_11\\_01\\_archive.html](http://ansaah.blogspot.co.id/2011_11_01_archive.html).
- Alam, Bahrul. 2012. Impeller. Diakses pada 21 Juni 2016, dari <http://nikball.blogspot.co.id/2012/03/impeller.html>
- Church. A.H. 1990. Pompa dan Blower Sentrifugal. Jakarta: Erlangga.
- Croma. 2009. Solar Thermal. Diakses pada 26 Desember 2015, dari <http://www.cromasolar.com/solarthermal.asp/Solar-parabolic-trough>.
- Delly, Jenny. 2009. "Pengaruh Temperatur Terhadap Terjadinya Kavitasasi Pada Sudu Pompa Sentrifugal". Jurnal Penelitian Dinamika Vol-1 Nomor 1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Haluoleo, halm. 21-27.
- Dietzel, F. 1980. Turbin Pompa dan Kompresor. Jakarta: Erlangga.
- Harianja, Jimmi. 2014. "Analisa Kinerja Pompa di Perusahaan Daerah Air Minum". Jurnal Penelitian Elektronik SANTEK Vol-1 Nomor 1 Fakultas Teknik USI halm. 15-20.

- Nugroho, Sigit. dkk. 2014. "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja dan Kavitas Pompa Sentrifugal". Jurnal Penelitian Mekanika Vol-12 Nomor 2 Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, halm. 78-83.
- Saputra, Yoga Rendra. dkk. 2016. Laporan Kerja Praktik "Perbaikan dan Perawatan Berkala pada Concentrated Solar Power Technology (CSP) di UPT BPPTK LIPI Yogyakarta Playen Gunungkidul". Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin UMY.
- Situmorang, Harison B. dkk. 2014. "Unjuk Kerja Pompa Shimizu Type PS-128 BIT yang Difungsikan Sebagai Turbin Air". Jurnal Online Poros Vol-3 Nomor 1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi, halm. 52-65.
- Sudarja. dkk. 2015. Modul Praktikum Mekanika Fluida. Yogyakarta: Graha Cendekia.
- Sukamta. 2015. ". Jurnal Ilmiah Semesta Teknika" Vol. 18, No.1. 21-29 Mei 2015
- Sukardi, Anusarto Sukardi. dkk. 2012. "Studi Awal Kajian Buble pada Pompa Sentrifugal Yang Diukur Dengan Sinya Vibrasi". Jurnal Penelitian Dinamis Vol-1 Nomor 11 Jurusan Teknik Mesin Universitas Sumatra Utara, halm. 1-13.
- Sularso dan Haruo Tahara. 1996. Pompa dan Kompresor. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suroso. Dkk. 2003. "Evaluasi Unjuk Kerja Pompa Sekunder Reaktor Serbaguna G.A Siwabessy Setelah Beroperasi Selama 15 Tahun". Jurnal Penelitian P2TRR Batan , halm. 105-116.
- Suwasono, Agus. 2012. Manajemen Pemeliharaan Pompa sentrifugal. Diakses pada 18 Juni 2016, dari <http://www.agussuwasono.com/artikel/teknologi/mechanical/481-manajemen-pemeliharaan-pompa-sentrifugal.html>
- Pracintia, Evi. 2013. Laporan Massa Jenis Fluida (Oli dan Minyak Goreng). Diakses pada 5 Agustus 2016, dari <http://evipracintia.blogspot.co.id/2013/06/laporan-pratikum-fisika-massa-jenis.html>
- Riyanto, Andi. 2013. "Analisa Pengaruh Jumlah Sudu Impeler Terhadap Getaran Pada Pompa Sentrifugal". Jurnal Penelitian Mekanika Vol-1 Nomor Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, halm. 5-14.
- Wathon, M. Mujaddid Ighna. 2015. Tugas Akhir "Analisis Unjuk Kerja Boiler Feed Pump Turbine Untuk Kapasitas Ketel Uap 2000 Ton/Jam Di PLTU Cirebon Jawa Barat". Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin UMY.