

Evaluasi Kinerja *Hot Well Pump Tipe Vertical Mixed Flow Centrifugal*

Alvera Apridialianti Melkias¹, Abdullah Noor Salim²

¹Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : alveramelkias@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung 40012
E-mail : abdullah.noor.tpt117@polban.ac.id

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan uap panas dari *reservoir* di dalam perut bumi. Uap panas dari perut bumi ini membawa partikel dan juga merupakan campuran dari fasa gas dan cair, sehingga perlu dilakukan pemisahan oleh separator, uap panas akan melewati dan memutar turbin untuk menggerakkan generator, sedangkan air panas akan diinjeksikan kembali ke dalam perut bumi. *Hot Well Pump* merupakan pompa pendingin utama yang digunakan untuk memompa air kondensat yang berasal dari kondenser menuju *Cooling Tower* untuk kemudian didinginkan. Kinerja komponen ini dalam mempertahankan laju air kondensat menuju *Cooling Tower* sangat berpengaruh dalam efisiensi sistem PLTP. Tujuan penelitian adalah analisis kinerja *Hot Well Pump* berdasarkan hasil perhitungan data aktual dan data teknis. Batasan masalah pada penelitian ini yaitu menganalisis pengaruh dari nilai temperatur, tekanan dan laju fluida terhadap kinerja dari *Hot Well Pump*. Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan bahwa kinerja *hot well pump A & B* yang didapat dari hasil perhitungan data aktual pada tanggal 10 September – 11 September 2020 memiliki nilai rata-rata sebesar 83,27% (*hot well pump A*) dan 82,95% (*hot well pump B*). Kinerja *hot well pump A & B* jika dibandingkan dengan data Teknik perusahaan pembuat mengalami penurunan kinerja 2% karena pompa bekerja pada laju aliran maksimal 9900-10000 t/h.

Kata Kunci

PLTP, evaluasi kinerja, *hot well pump*.

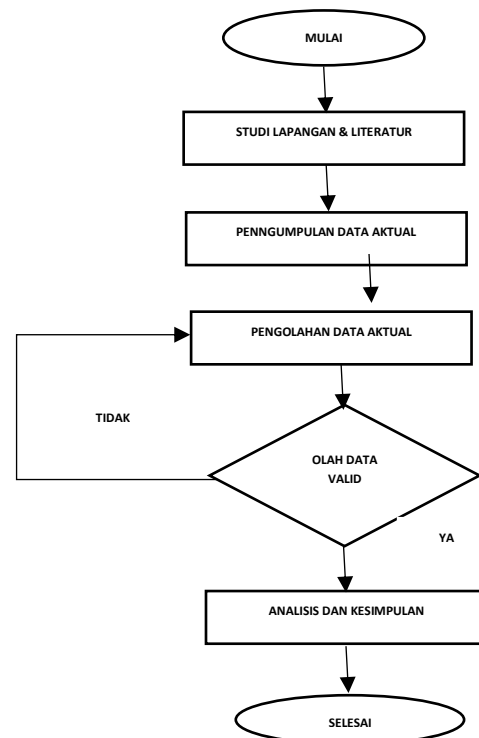
1. PENDAHULUAN

Panas bumi merupakan *renewable energy* yang sangat berpotensi di Indonesia, karena Indonesia terdiri atas kepulauan dan juga berada di *Ring of Fire*. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan uap panas dari *reservoir* di dalam perut bumi. Uap panas dari perut bumi ini membawa partikel dan juga merupakan campuran dari fasa gas dan cair, sehingga perlu dilakukan pemisahan oleh separator. Setelah melewati pemisahan pada separator, uap panas akan melewati dan memutar turbin untuk menggerakkan generator, sedangkan air panas akan diinjeksikan kembali ke dalam perut bumi. *Exhaust steam* (uap bekas) dari turbin akan dikondensasikan di dalam kondenser menggunakan air pendingin. Hasil kondensasi dari kondenser akan dialirkan ke *Cooling Tower* menggunakan pompa pendingin utama. *Hot Well Pump* merupakan pompa pendingin utama yang digunakan untuk memompa air kondensat yang berasal dari kondenser menuju *Cooling Tower* untuk kemudian didinginkan. Kinerja komponen ini dalam mempertahankan laju air kondensat menuju *Cooling Tower* sangat berpengaruh dalam efisiensi sistem PLTP.

Tujuan penelitian adalah analisis kinerja *Hot Well Pump* berdasarkan hasil perhitungan data aktual dan data teknis di PLTP PT. Pertamina Geothermal Energy Area Ulubelu Unit 4. Rumusan masalah pada penelitian ini. Batasan masalah pada penelitian ini yaitu menganalisis pengaruh dari nilai temperatur, tekanan

dan laju fluida terhadap kinerja dari *Hot Well Pump* .

Metodologi penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1 yaitu pada diagram alur penelitian.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

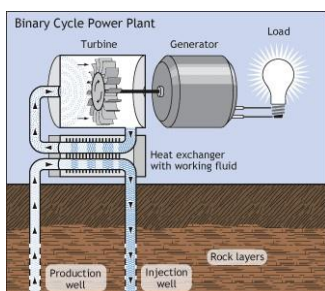
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

PLTP merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas bumi sebagai energi kinetik untuk menggerakkan turbin. Energi panas bumi yang memiliki kadar uap yang tinggi (*vapor dominated*) akan dialirkan menuju turbin. Beberapa jenis PLTP berdasarkan prosesnya yaitu *flash steam*, *dry steam* dan *binary* (DiPippo, 2012). Prinsip kerja pada PLTP pada umumnya yaitu fluida panas dari *reservoir* akan dialirkan menuju pengumpul uap (*steam receiving*), untuk dilakukan proses pemisahan partikel-partikel dan kandungan air yang terakumulasi di dalam fluida panas sebelum dilanjutkan menuju turbin. Uap yang sudah mengalami proses pemisahan di *steam receiving* akan diubah oleh turbin dari energi kinetik uap menjadi energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin akan memutar rotor generator, lalu generator akan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan akan ditransmisikan dan didistribusikan kepada masyarakat untuk dimanfaatkan. Uap bekas (*exhaust gas*) memutar turbin akan dialirkan menuju kondenser untuk proses kondensasi. Hasil kondensasi tersebut atau biasa disebut kondensat akan dialirkan menuju *Cooling Tower* untuk didinginkan lalu akan diinjeksikan kembali menuju kondenser untuk proses kondensasi selanjutnya dan dialirkan juga menuju *reservoir* agar kontinuitas potensi panas bumi tetap terjaga.

2.2 Binary Power Plant

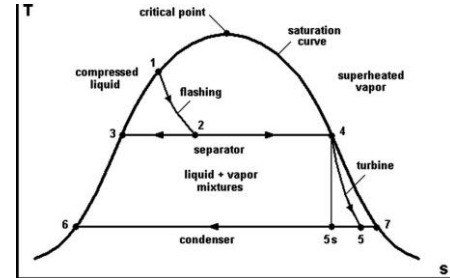
Pada *Binary Power Plant*, air panas atau uap panas yang berasal dari sumur produksi (*production well*) tidak pernah menyentuh turbin. Air panas bumi yang berasal dari sumur produksi digunakan untuk memanaskan apa yang disebut dengan fluida kerja pada *heat exchanger* (Gambar 2). Fluida kerja kemudian menjadi panas dan menghasilkan uap berupa *flash*. Uap tersebut lalu dialirkan untuk memutar turbin dan selanjutnya menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Lalu uap panas bumi atau air panas bumi yang telah melewati proses pertukaran panas pada *heat exchanger*, akan dialirkan kembali menuju sumur reinjeksi (*reinjection well*). Uap panas yang dihasilkan *heat exchanger* inilah yang disebut sebagai *secondary (binary) fluid*. *Binary Cycle Power Plants* ini sebenarnya merupakan sistem tertutup, jadi tidak ada emisi yang dilepaskan ke atmosfer (DiPippo, 2012).



Gambar 2. Binary Steam Power Plant

2.3 Siklus Termodinamika pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

Pembangkit listrik panas bumi merupakan penerapan dari Siklus Rankine. Proses termodinamika pada pembangkit listrik tenaga panas bumi dapat dilihat pada diagram temperatur (T) terhadap entropi (S) di gambar 3



Gambar 3. Siklus Rankine pada PLTP

(*Geothermal Power Plants; Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact Third Edition*. 2012)

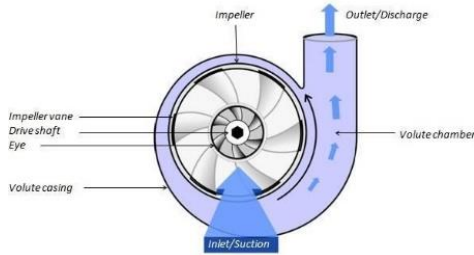
Pada proses 1-2, merupakan proses *flashing*, dimana pada proses ini, fluida panas bumi mengalami penurunan tekanan dan temperatur. Hal ini diakibatkan karena fluida panas bumi yang melewati *throttle valve*. Pada kondisi no 2, fluida panas bumi akan masuk ke dalam separator dan akan dipisahkan antara uap dan air. Air yang berhasil dipisahkan akan berada di titik 3, sedangkan uap yang keluar dari separator akan berada di titik 4. Uap yang keluar dari separator akan masuk ke dalam Turbin Uap untuk diekspansikan, dan akan berada pada posisi 5. Uap keluaran turbin kemudian akan dikondensasi di kondensor hingga berada pada titik 6. Posisi 5s merupakan kondisi ideal proses ekspansi yang terjadi di turbin uap dan analisis termodinamikanya bisa diperoleh melalui tabel properti fluida di titik 6 dan titik 7.

2.4 Hot Well Pump

Pompa adalah alat untuk memindahkan fluida dari tempat satu ketempat lainnya yang bekerja atas dasar mengkonversikan energi mekanik menjadi energi kinetik. Energi mekanik yang diberikan alat tersebut digunakan untuk meningkatkan kecepatan, tekanan atau elevasi (ketinggian). Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran. (Matlakala, 2019).

Pompa sentrifugal digunakan untuk memberikan kecepatan pada cairan dan kemudian merubahnya menjadi energi tekan (Saksono, n.d). Fluida dipaksa masuk ke *impeller*. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar *impeller* yang ada berada dalam fluida tadi. Apabila *impeller* berputar maka fluida akan ikut berputar akibat dorongan sudu-sudu *impeller*, dari proses tersebut akan timbul gaya sentrifugal maka

fluida akan mengalir dari tengah *impeller* menuju keluar melalui saluran diantara sudu – sudu dengan kecepatan tinggi. Fluida yang meninggalkan *impeller* akan dikumpulkan didalam *casing* pompa yang berbentuk spiral atau biasanya disebut *volute* dan mengarahkan fluida ke *discharge* nozel. *Discharge* nozel berbentuk seperti kerucut sehingga kecepatan aliran yang tinggi dari *impeller* bertahap menurun, kerucut ini disebut juga *diffuser* (Gambar 3).



Gambar 4. Pompa Sentrifugal
(Michael Smith Engineers Ltd, n.d.)

3. PERSAMAAN

3.1 Head pompa

Head pompa adalah energi per satuan berat atau tekanan yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah tertentu zat cair sesuai kondisi instalasi pompa. Umumnya head pompa dinyatakan dalam satuan panjang dan dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$P_h = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (1)$$

Keterangan :

- H = Total head (m)
- P_1 = Tekanan inlet (N/m²)
- P_2 = Tekanan outlet (N/m²)
- ρ = Massa jenis (kg/m³)
- g = Gravitasi (9.81 m/s²)
- V_2 = Kecepatan outlet (m/s)

3.2 Daya Hidrolik

Daya hidrolik adalah daya yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah fluida. Daya hidrolik dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$P_h = \frac{\rho g h Q}{3.6 \times 10^6} \quad (2)$$

Keterangan :

- P_h = Daya hidrolik (kW)
- ρ = Massa jenis fluida (kg/m³)
- Q = Laju aliran fluida (ton/h)
- H = Head Total (m)

3.3 Daya Listrik Motor Penggerak

Motor yang digunakan adalah motor arus bolak balik 3 fasa dengan menggunakan rumus perhitungan daya sebagai berikut.

$$= \frac{\sqrt{3} \times V \times I \times PF}{1000} \quad (3)$$

Keterangan :

- P_m = Daya Listrik Motor (kW)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (A)
- PF = Power Factor

3.4 Daya Poros Motor Penggerak

Daya poros adalah daya yang dibutuhkan untuk mengatasi kerugian pada pompa tergantung pada efisiensi motor pompa yang sudah terdapat pada data teknis motor serta daya hidrolik. Daya poros dapat dihitung menggunakan persamaan 4

$$P_s = \frac{P_h}{\eta_m} \quad (4)$$

Keterangan :

- P_s = Daya Poros (kW)
- P_h = Daya Hidrolik (kW)
- η_m = Efisiensi Motor Pompa (%)

3.5 Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan antara output dan input atau antara daya hidrolik pompa dengan daya poros pompa. Harga efisiensi yang tertinggi sama dengan satu harga efisiensi pompa yang didapat dari data teknis pompa. Rumus efisiensi dapat dilihat seperti berikut ini.

$$= \frac{P_h}{P_s} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

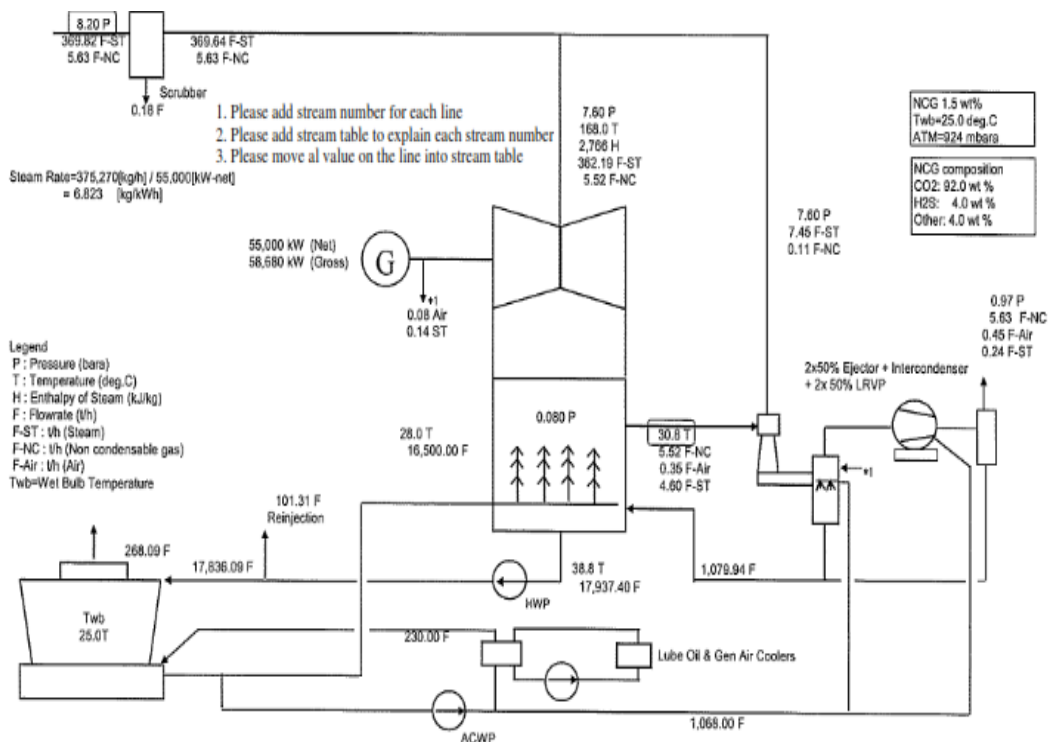
- η_p = Efisiensi Pompa (%)
- P_h = Daya Hidrolik (kW)
- P_s = Daya Poros (kW)

4. DATA PENELITIAN

4.1 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Area Ulubelu

Fluida panas dari sumur produksi mengalir ke permukaan, karena tekanan di dalam perut bumi lebih tinggi dibandingkan tekanan atmosfer sehingga fluida panas mengalir ke tekanan yang lebih rendah. Fluida panas berada dalam kondisi *superheated*, saat sumur dibuka pertama kali, untuk memastikan uap yang akan dialirkan tidak akan mengalami gangguan dialirkan ke *Atmosphere Flash Vessel* agar dibersihkan terlebih dahulu lalu dialirkan menuju *separator*. Di *separator*, fluida panas akan dipisahkan antara partikel-partikel padat atau kotoran-kotoran yang terbawa, fasa cair dan fasa gas (uap). Pemisahan ini menggunakan prinsip massa jenis dan gaya setrifugal dimana zat dengan massa jenis yang besar akan terbawa kebawah untuk diinjeksikan kembali ke dalam sumur reinjeksi dan fasa gas (uap) yang memiliki massa jenis yang kecil akan terbawa ke atas keluar *separator* untuk masuk ke *demister* sehingga terpisahkan butiran-butiran air yang terbawa dengan plate bergelombang, butiran-butiran air akan terjebak pada plate sedangkan uap kering akan dialirkan menuju *scrubber*, di dalam *Scrubber* uap tersebut di saring lagi untuk membuang kondensat yang terbentuk sebelum masuk ke dalam turbin sehingga uap yang digunakan diharapkan uap yang betul-betul kering dan bersih. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya vibrasi, korosi, erosi, dan pembentukan kerak pada sudu dan bagian turbin lainnya. Lalu energi mekanik yang dihasilkan turbin, akan diubah oleh generator menjadi energi listrik.

Uap sisa (*exhaust steam*) dari turbin akan dialirkan menuju kondenser untuk proses kondensasi. Proses ini dilakukan agar terbentuk uap dengan tekanan yang lebih rendah sehingga tidak terjadi tekanan balik menuju turbin agar turbin tetap bekerja secara efisien. Jenis kondenser yang digunakan dalam proses ini adalah kontak langsung (*direct contact*) dan dipasang dibawah turbin. *Exhaust steam* akan masuk melalui sisi atas kondenser, kemudian akan terkondensasi oleh air pendingin yang diinjeksikan melalui *spray nozzle*. Air hasil kondensasi yang biasa disebut kondensat akan dialirkan menuju *cooling tower* menggunakan dua buah *hot well pump*. Air kondensat akan didinginkan di *cooling tower* untuk nantinya diinjeksikan kembali ke kondenser sebagai air pendingin. Demi menjaga kevakuman kondenser, jika ada uap sisa (*exhaust steam*) yang tidak terkondensasi di dalam kondenser akan dihisap oleh ejektor menuju sistem ekstraksi gas. Dalam sistem GES (*Gas Extraction System*), uap sisa akan dihisap oleh ejektor untuk dialirkan menuju interkondenser agar bisa dikondensasikan kembali. Hasil kondensasi akan dialirkan kembali menuju kondenser sebagai air pendingin. Sehingga sistem pendinginan di PLTP Area Ulubelu merupakan sistem tertutup yang memanfaatkan hasil kondensasi uap sebagai air pendingin. Jika level air pendingin berlebih, maka akan dire-injekasikan kembali ke dalam sumur injeksi (Gambar 4).



Gambar 5. Siklus PLTP Area Ulubelu (PGE, 2014)

Hot well pump (HWP) adalah pompa pendingin utama yang berfungsi untuk memompakan air kondensat dari kondensator ke *cooling tower* untuk kemudian didinginkan. Jenis pompa yang digunakan di PLTP Area Ulubelu adalah *Vertical Barriell type 1 Stage Double Suction Centrifugal Pump*, dengan dua buah pompa untuk setiap unit PLTP area Ulubelu. Campuran air kondensasi, air pendingin utama dan drain dari *Gas Extraction System* dari kondensator dialirkan ke *cooling tower* dan jalur reinjeksi oleh dua buah *Hot Well Pump* (HWP) dengan konfigurasi 2 x 50%. *Hot well pump* digerakkan oleh motor induksi 3 fasa yang terletak diatas bagian pompa (Gambar 5).



Gambar 6. Hot Well Pump (PGE, 2019)

Hot well pump yang digunakan di PT. Pertamina Geothermal Energy area Ulubelu adalah pompa sentrifugal vertikal *mixed flow* dengan penggunaan 2 (dua) buah pompa untuk mengalirkan campuran air kondensat, air pendingin dan *drain* dari *Gas Extraction System* di Unit 4 PLTP PT. PGE area Ulubelu. *Hot well pump* yang digunakan merupakan hasil produksi dari perusahaan Fuji Electric Co.,Ltd. *Manual book* yang diperoleh merupakan spesifikasi *hot well pump* yang akan digunakan untuk menghitung kinerja dari *hot well pump* pada Unit 4 PLTP PT. PGE area Ulubelu.

Tabel 1. Data Teknis Hot Well Pump, Fuji Electric Co.,Ltd.

Data Teknis <i>Hot Well Pump</i>	
Type	Vertical Mixed Flow Centrifugal Pump
Liquid	Geothermal Steam Condensate
Quantity	2 set x 50% capacity
Flow Rate (Rated)	9000 t/h
(Normal)	8959 t/h
(Max)	9900 t/h
Density	1.0 kg/L
Viscosity	1.0 mPa.s
Total Head	23.5 m
Pumping Temp.	38.8 °C (Max : 65 °C)
No. of Stage	Single
Rated Efficiency	85%
Shaft Power	Less than 691 kW at 8959 t/h (690 kW at 9000 t/h)

(Sumber : Arsip PT. Pertamina Geothermal Energy Area Ulubelu)

Hot well pump menggunakan motor penggerak yang diproduksi oleh perusahaan yang sama yaitu Fuji Electric Co.,Ltd. Motor penggerak yang digunakan merupakan motor induksi 3 fasa. Dari *manual book* diperoleh spesifikasi motor yang digunakan sebagai penggerak *hot well pump* dengan penjelasan dalam tabel berikut.

Tabel 2. Data Teknis Motor Penggerak, Fuji Electric Co.,Ltd.

Data Teknis Motor Penggerak	
Type	Motor Induction
Phase	3 phase
Rated Output	750 kW
Rated Voltage	6300 V
Frequency	50 Hz
Full Load Current	94 A
Full Load Speed	490 rpm
Efficiency	94.5 %

(Sumber : Arsip PT. Pertamina Geothermal Energy Area Ulubelu)

4.2 Data Pengamatan/Data Aktual *Hot Well Pump*

Data yang diamati yaitu data aktual pada *Hot Well Pump* pada Unit 4 di PT. Pertamina Geothermal Energi Area Ulubelu. Pengambilan data dilakukan pada tahun 2020.

*Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar
Bandung, 4-5 Agustus 2021*

Tabel 3. Data Aktual Hot Well Pump (A)

No.	Date Time	HWP A	HWP A	HWP A	HWP A	HWP	HWP Motor	HWP A	Gravity (g) m/s ²
		Flow (Q) t/h	Discharge barg	Suction barg	Total Head (H) barg	Water Temp °C	Voltage (V) kV	Motor Current (I) A	
1.	09/10/2020 20:00:00	4389.831	3.179	-0.281	2.898	28.73	6.286	72.546	9.81
2.	09/10/2020 21:00:00	5122.763	3.25	-0.049	3.201	25.227	6.305	72.066	9.81
3.	09/10/2020 22:00:00	8072.302	2.387	-0.233	2.154	35.426	6.25	74.618	9.81
4.	09/10/2020 23:00:00	9848.977	1.861	-0.237	1.624	37.477	6.225	81.988	9.81
5.	09/11/2020 00:00:00	9925.002	1.815	-0.246	1.569	34.23	6.227	82.411	9.81
6.	09/11/2020 01:00:00	9956.058	1.806	-0.246	1.56	33.961	6.208	82.663	9.81
7.	09/11/2020 02:00:00	9974.099	1.806	-0.235	1.571	37.892	6.208	82.537	9.81
8.	09/11/2020 03:00:00	9970.509	1.8	-0.244	1.556	35.927	6.208	82.766	9.81
9.	09/11/2020 04:00:00	9944.568	1.807	-0.244	1.563	35.927	6.208	82.571	9.81
10.	09/11/2020 05:00:00	9999.41	1.772	-0.239	1.533	35.859	6.21	81.416	9.81
11.	09/11/2020 06:00:00	9985.946	1.791	-0.244	1.547	35.688	6.21	83.109	9.81
12.	09/11/2020 07:00:00	9944.928	1.804	-0.246	1.558	35.707	6.208	83.144	9.81
13.	09/11/2020 08:00:00	10000	1.779	-0.244	1.535	36.134	6.208	82.205	9.81
14.	09/11/2020 09:00:00	9959.827	1.807	-0.248	1.559	36.561	6.206	82.262	9.81
15.	09/11/2020 10:00:00	9975.625	1.798	-0.243	1.555	36.561	6.204	83.258	9.81
16.	09/11/2020 11:00:00	9992.229	1.789	-0.238	1.551	36.732	6.204	82.468	9.81
17.	09/11/2020 12:00:00	9964.495	1.798	-0.244	1.554	36.732	6.208	82.88	9.81
18.	09/11/2020 13:00:00	9967.457	1.801	-0.242	1.559	37.074	6.205	82.285	9.81
19.	09/11/2020 14:00:00	9999.77	1.791	-0.237	1.554	37.587	6.206	82.228	9.81
20.	09/11/2020 15:00:00	9978.946	1.809	-0.235	1.574	37.721	6.205	82.446	9.81
21.	09/11/2020 16:00:00	9970.509	1.804	-0.236	1.568	37.208	6.205	83.189	9.81
22.	09/11/2020 17:00:00	9968.444	1.803	-0.24	1.563	36.952	6.203	82.674	9.81
23.	09/11/2020 18:00:00	10000	1.782	-0.24	1.542	37.013	6.206	82.64	9.81

Tabel 4. Data Aktual Hot Well Pump (B)

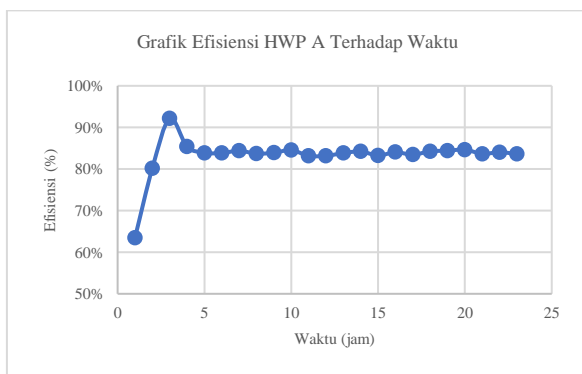
No.	Date Time	HWP B	HWP B	HWP B	HWP B	HWP	HWP Motor	HWP B	Gravity (g) m/s ²
		Flow (Q) t/h	Discharge barg	Suction barg	Total Head (H) barg	Water Temp °C	Voltage (V) kV	Motor Current (I) A	
1.	09/10/2020 20:00:00	4728.37	3.051	-0.307	2.744	28.73	6.286	71.07	9.81
2.	09/10/2020 21:00:00	4866.509	3.25	-0.074	3.176	25.227	6.305	70.532	9.81
3.	09/10/2020 22:00:00	7773.712	2.4	-0.257	2.143	35.426	6.25	72.386	9.81
4.	09/10/2020 23:00:00	9733.614	1.865	-0.263	1.602	37.477	6.225	81.049	9.81
5.	09/11/2020 00:00:00	9844.602	1.805	-0.268	1.537	34.23	6.227	79.596	9.81
6.	09/11/2020 01:00:00	9852.874	1.803	-0.268	1.535	33.961	6.208	81.313	9.81
7.	09/11/2020 02:00:00	9854.881	1.803	-0.26	1.543	37.892	6.208	82.102	9.81
8.	09/11/2020 03:00:00	9863.474	1.799	-0.266	1.533	35.927	6.208	80.889	9.81
9.	09/11/2020 04:00:00	9845.646	1.806	-0.269	1.537	35.927	6.208	81.816	9.81
10.	09/11/2020 05:00:00	9941.454	1.765	-0.264	1.501	35.859	6.21	79.424	9.81
11.	09/11/2020 06:00:00	9890.377	1.781	-0.267	1.514	35.688	6.21	81.21	9.81
12.	09/11/2020 07:00:00	9854.961	1.8	-0.27	1.53	35.707	6.208	81.416	9.81
13.	09/11/2020 08:00:00	9928.685	1.764	-0.267	1.497	36.134	6.208	81.335	9.81
14.	09/11/2020 09:00:00	9868.212	1.795	-0.268	1.527	36.561	6.206	81.313	9.81
15.	09/11/2020 10:00:00	9867.569	1.797	-0.265	1.532	36.561	6.204	82.48	9.81
16.	09/11/2020 11:00:00	9894.152	1.789	-0.262	1.527	36.732	6.204	81.061	9.81
17.	09/11/2020 12:00:00	9876.726	1.792	-0.266	1.526	36.732	6.208	81.805	9.81
18.	09/11/2020 13:00:00	9886.202	1.789	-0.264	1.525	37.074	6.205	80.706	9.81
19.	09/11/2020 14:00:00	9884.756	1.791	-0.258	1.533	37.587	6.206	81.313	9.81
20.	09/11/2020 15:00:00	9854.881	1.813	-0.258	1.555	37.721	6.205	81.736	9.81
21.	09/11/2020 16:00:00	9849.18	1.812	-0.26	1.552	37.208	6.205	82.102	9.81
22.	09/11/2020 17:00:00	9879.456	1.795	-0.261	1.534	36.952	6.203	80.603	9.81
23.	09/11/2020 18:00:00	9900.577	1.782	-0.263	1.519	37.013	6.206	81.507	9.81

5. DISKUSI

5.1 Analisis Kinerja Hot Well Pump A & B Berdasarkan Data Teknis Dan Aktual

Hot well pump berperan penting dalam proses pembangkit listrik panas bumi, jika kinerja pompa terganggu maka menyebabkan proses kondensasi di kondenser juga terganggu. Pada hasil perhitungan data teknis *hot well pump*, didapatkan nilai daya hidrolik *hot well pump* sebesar 576,34 kW, nilai daya ini didapatkan dari parameter yang tersedia di *manual book hot well pump*. Efisiensi desain pompa yaitu sebesar 85%. Pada hasil perhitungan data aktual *hot well pump A*, pengambilan data aktual pompa dilakukan saat pompa akan di-start setelah melakukan *maintenance*, sehingga waktu data pertama dilakukan perhitungan, menghasilkan efisiensi yang kecil yaitu 63%, hal ini dikarenakan laju aliran pada pompa A masih belum mencapai kondisi nominalnya yaitu masih di 4389,831 t/h. Pada PTLP area Ulubelu ini, memerlukan proses yang cukup lama untuk mencapai kondisi nominal atau beban penuh setelah dilakukan proses *maintenance*, setelah mencapai kondisi nominal dan mulai stabil, efisiensi yang dihasilkan oleh *hot well pump A* berkisar diantara 83-85%.

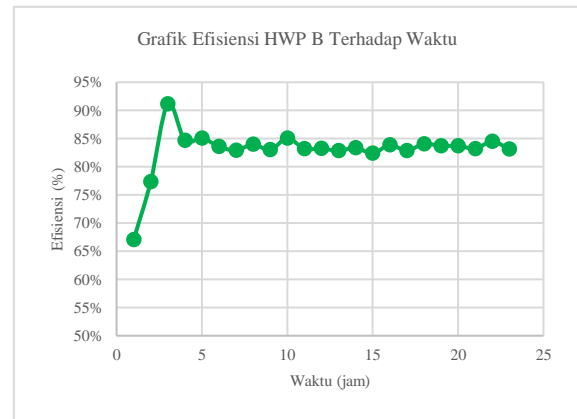
Efisiensi pompa ini diakibatkan oleh nilai tekanan atau head pompa, laju aliran fluida serta temperatur fluida yang melewati pompa. Motor penggerak pada pompa A ini juga mempengaruhi kinerja pompa, tegangan dan arus yang dihasilkan motor penggerak pompa A memiliki angka yang cukup stabil disekitar 6,2 kV untuk nilai tegangan dan 82-83 A untuk nilai arusnya.



Gambar 7. Grafik Efisiensi HWP A Terhadap Waktu

Pada hasil perhitungan data aktual *hot well pump B*, pengambilan data aktual pompa juga dilakukan saat pompa akan di-start setelah melakukan *maintenance*, sehingga waktu data pertama dilakukan perhitungan, menghasilkan efisiensi yang kecil yaitu 67% yang dikarenakan laju aliran pada pompa B masih belum mencapai kondisi nominalnya yaitu masih di 4728,37 t/h. Setelah mencapai kondisi nominal dan mulai stabil, efisiensi yang dihasilkan oleh *hot well pump B* berkisar diantara 82-85%.

Efisiensi pompa ini diakibatkan oleh nilai tekanan atau head pompa, laju aliran fluida serta temperatur fluida yang melewati pompa. Selain itu, motor penggerak pada pompa B ini juga mempengaruhi kinerja pompa, tegangan dan arus yang dihasilkan motor penggerak pompa B memiliki angka yang cukup stabil disekitar 6,2 kV untuk nilai tegangan dan 79-82 A untuk nilai arusnya.



Gambar 8. Grafik Efisiensi HWP B Terhadap Waktu

Kinerja *hot well pump A* dan B dapat dievaluasi kinerjanya berdasarkan perhitungan daya hidrolik yang perubahannya dipengaruhi oleh nilai laju aliran fluida, tekanan atau total head pada pompa, dan temperatur fluida yang melewati pompa. Selain itu dapat dievaluasi berdasarkan perhitungan daya poros motor penggerak pompa yang perubahannya dipengaruhi oleh nilai tegangan motor, arus motor serta efisiensi motor yang digunakan. Perubahan ini yang bisa mengakibatkan menurunnya kinerja dari *hot well pump A* dan B, kinerja pompa ini menurun sekitar 2-3% namun kondisi ini masih terbilang cukup baik karena PLTP area Ulubelu Unit 4 sudah beroperasi selama 4 tahun semenjak 2016.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan bahwa kinerja *hot well pump A & B* yang didapat dari hasil perhitungan data aktual pada tanggal 10 September – 11 September 2020 memiliki nilai rata-rata sebesar 83,27% (*hot well pump A*) dan 82,95% (*hot well pump B*). Kinerja *hot well pump A & B* jika dibanding dengan data teknis dari perusahaan yang membuat pompanya mengalami sedikit penurunan kinerja sekitar 2% jika dilihat dari rata-rata kinerja, hal ini bisa diakibatkan karena pompa terus bekerja di kondisi laju aliran yang maksimal yaitu sekitar 9900-10000 t/h. Kondisi ini masih terbilang cukup baik dikarenakan *hot well pump A & B* untuk Unit 4 PLTP area Ulubelu juga beroperasi selama 4 tahun.

6.2 Saran

Saran yang penulis berikan pada hasil penelitian *hot well pump* ini yaitu :

- 1 Kesesuaian pembacaan nilai laju aliran pada *hot well pump* A & B pada *Central Control Room* (CCR) melalui DCS dengan kondisi di lapangan.
- 2 Kinerja pompa menurun sekitar 2-3% sehingga kapasitas air kondensat yang didorong oleh pompa berkurang, hal itu akan mempengaruhi pemasokan air pendingin yang dibutuhkan oleh kondensor dan menyebabkan tekanan dalam kondensor terganggu. Pengkajian penelitian kembali pada pengaruh penurunan efisiensi ini terhadap tekanan dalam kondensor dan turbin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alamendah. (2014, Oktober 27). *Kelebihan dan Kekurangan Energi Geothermal*. Retrieved from Alamendah's Blog: <https://alamendah.org/2014/10/27/kelebihan-dan-kekurangan-energi-geothermal/> [02 September 2020]
- [2] Assad, M., Bani-Hani, E., & Khalil, M. (2017). *Performance of geothermal power plants (single, dual, and binary) to compensate for LHC-CERN power consumption: comparative study*. *El Haj Assad et al. Geotherm Energy* 5:17, 1-16.
- [3] DiPippo, R. (2012). *Geothermal Power Plants : Principles, Applications, Case Studies, and Environmental Impact* 3rd Edition. North Dartmouth, Massachusetts: Elsevier Ltd.
- [4] Matlakala, M., Kallon, D., Simelane, S., & Mashinini, P. (2019). *Impact of Design Parameters on the Performance of Centrifugal Pumps*. *Procedia Manufacturing* 35, 197-206. [info/centrifugal-pumps](https://doi.org/10.1016/j.profm.2020.10.010) [01 Oktober 2020]
- [5] Noftaviani, S., Adhikihal, S., & Hamidi, E. A. (2016). *Perancangan Automasi Hotwell Pump dan Gas Extraction System di PLTP Unit IV PT Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang*. Senter 2016, 97-108.
- [6] Saksono, P. (n.d.). *Analisis Efisiensi Pompa Centrifugal Pada Instalasi Pengolahan Air Kampung Damai Balikpapan*. Fakultas Teknik Universitas Balikpapan, 1-10.
- [7] Utomo, A. P. (2019). *Geothermal Beyond Energy*. Jakarta: PT. Pertamina Geothermal Energy.
- [8] Zakariya, M. (2019). *ANALISA PROSES PRODUKSI PANAS BUMI DI PT PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGI AREA ULUBELU*. Jakarta: Universitas Pertamina.