Jurnal IlmiahTeknik Elektro UML
Vol. 1, No.1, Oktober 2020
e-ISSN 2746 - 1750

Studi Pengaturan Kecepatan Motor *Hotwell Pump* (HWP) Terhadap Eefisiensi Penggunaan Daya Listrik PT PLN (PERSERO) PLTP Ulubelu

Fitriono[1] , Azril Azis[2], Agus santoso[3]
[1,2,3] Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Lampung
Jl. H. Zainal Abidin Pagar Alam No.14 Bandar Lampung 35142
E-mail : fitriono.umlampung@gmail.com

Abstract

At PLTP of Ulubelu, a hotwell pump (HWP) was a pump functioned to pump water from the condenser to the cooling tower to be cooled. This cooling process need to be maintained so that the working stability of the Ulubelu PLTP generator system could be achieved. The discarge of water that was pumped by the hotwell pump (HWP) depended on the temperature reqruitments in the condenser, so that the flowrate can be changed according to system requirements. The hotwell pump (HWP) motor was an AC motor which the basic principle of work was the same as the basic principle of AC motor work in general. Therefore, motor rotation can be adjusted by using motor speed regulation equipment, for example an inverter (variable speed drive). With the implementation of the ulubelu PLTP hotwell pump (HWP) motor speed using an inverter with a constant torque character, it can save electric power cosumption of 188.10 kW for hotwell pump (HWP) a and 167.37 kW for hotwell pump (HWP) b, if it expressed in the prencentages, therefore the saving obtained by 25.64% for motor hotwell pump (HWP) a and 23.53% for motor hotwell pump (HWP) b.

Kata kunci : *Hotwell Pump, Condenser, Cooling Tower, Inverter, Flow*

1. Pendahuluan

Pada PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi) Ulubelu terdapat 4 buah pompa *hotwell pump* (HWP) yang masing-masing digerakkan oleh motor berkapasitas 720kW, sehingga total daya maksimum yang dibutuhkan untuk menggerakkan *hotwell pump* (HWP) tersebut sebesar 2880kW atau 2,88MW. Untuk menjaga *temperature* air pendingin yang masuk ke dalam *condenser* perlu dilakukan pengaturan *flow* air pendingin yang dipompakan ke cooling tower, karena tingkat pendinginan dipengahuhi oleh beban (MW) pembangkit yang dihasilkan. Selain itu banyak faktor yang mempengaruhinya seperti, *temperature* lingkungan, *pressure* pada *condenser*, dan *flow* air pendingin tersebut. Dengan demikian berarti motor penggerak *hotwell pump* tidak perlu bekerja secara maksimal apabila *flow* air pendingin dan *temperature* air pendingin sudah tercapai.

Motor penggerak *hotwell pump* (HWP) merupakan motor AC yang mana prinsip dasar kerjanya sama dengan prinsip dasar kerja motor AC pada umumnya. Dengan demikian putaran motor ini dapat diatur dengan menggunakan peralatan pengaturan kecepatan motor, misalnya inverter (*variable speed drive*).

Variable Speed Drive atau biasa dikenal dengan VSD merupakan suatu cara pengaturan kecepatan motor AC dengan cara merubah frekuensi tegangan pada motor tersebut. Umumnya standar tegangan AC di Indonesia memiliki frekuensi 50Hz dan bersifat stabil (tidak berubah), sehingga kecepatan motor tersebut akan selalu konstan di 50Hz. Dengan dilakukannya pengaturan kecepatan motor tentu akan mempengaruhi daya yang dihasilkan, dengan demikian maka akan berubah pula konsumsi energi listrik pada motor tersebut sebanding dengan besarnya daya motor.

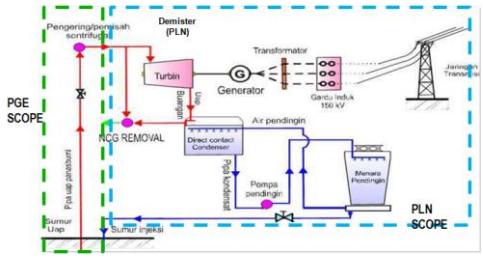
2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Buni (PLTP)

Energi panas bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang berupa air panas atau uap yang terbentuk melalui pemanasan secara alami di dalam lapisan bumi. Panas bumi yang dihasilkan pada saat ini telah banyak dimanfaatkan oleh manusia salah satunya adalah sebagai sumber pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP).

Adapun peralatan yang terdapat di pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) antara lain

1. *Steam Receiving Header*
2. *Separator*
3. *Demister*
4. *Steam Turbine*
5. Generator
6. Transformator
7. *Condenser*
8. *Hotwell Pump* (HWP)
9. *Cooling Tower*
10. *Reinjection*
11. Motor dan Pompa



Gambar 2.1 Siklus Pembangkitan Listrik di PLTP Ulubelu

Adapun siklus pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) adalah sebagai berikut: (*Balance of Plant PLTP Ulubelu; 2012*)

1. Uap disuplai dari sumur produksi melalui sistem transmisi uap yang kemudian masuk kedalam *Steam Receiving Header* sebagai media mengumpul uap.
2. Setelah itu uap menuju ke *separator* yang berfungsi untuk memisahkan uap dari benda benda asing. Lalu uap masuk ke *demister* yang berfungsi sebagai pemisah air dengan uap sehingga diharapkan keluaran yang berupa uap kering.
3. Uap panas atau *steam* masuk untuk memutar *turbine*. *Turbine* yang telah dikopel dengan generator menyebabkan generator berputar dan mengubah energi kinetik menjadi energi listrik
4. Uap yang telah digunakan untuk memutar *turbine (exhaust steam)* masuk ke dalam *Condenser* untuk dikondensasikan.
5. Air hasil kondensasi kemudian dialirkan menuju ke *hotwell pump* (HWP) yang berfungsi sebagai pompa penghisap untuk kemudian dialirakan menuju ke *cooling tower* untuk didinginkan dan kemudian disirkulasikan lagi ke *condenser*. Sedangkan air yang berlebih dipompakan lagi ke bumi *(reinjection).*

2.2 *Hotwell Pump (HWP)*

Hotwell pump (HWP) merupakan pompa dengan ukuran dan kapasitas yang besar yang berfungsi untuk memompakan air kondensasi dalam *condenser* menuju ke *cooling tower* untuk didinginkan. *Hotwell pump* (HWP) juga berfungsi menjaga level air di dalam *condenser* tetap stabil. Proses pengaturan kestabilan *condenser* sangat berpengaruh terhadap tingkat kevakuman dan *temperature* di dalam *condenser* tersebut.

Untuk mencari besarnya debit fluida yang dipompakan dapat menggunakan hukum kesebangunan pompa. Hal ini dapat berlaku apabila diameter pompa tetap, namun putaran pompa bervariasi, sehingga dapat berlaku persamaan:

$$\frac{Q1}{Q2} = \frac{(N1)^2 \, x \, (D1)^2}{(N2)^2 \, x \, (D1)^2} \qquad (1)$$

Dimana:

Q_1 = Debit Fluida 1 (m^3/s)
Q_2 = Debit Fluida 2 (m^3/s)
N_1 = Putaran 1 (Rpm)
N_2 = Putaran 2 (Rpm)
D_1 = Diameter Impeller (m^3/s)

2.3 Motor Listrik

Motor listrik bekerja berdasarkan gaya gerak listrik. Gaya gerak listrik dapat diinduksikan apabila terdapat konduktor dengan panjang *l* bergerak di dalam satu medan magnet dengan kerapatan fluks rata-rata *B* dan kecepatan relatif *v* meter/detik tegak lurus terhadap arah medan magnet maka:

$$E = B \, x \, l \, x \, v \qquad (2)$$

Dimana :

E = Gaya gerak listrik (volt)
B = Medan magnet
l = Panjang konduktor (m)
v = Kecepatan relatif (m/s)

Prinsip kerja motor indusi, yaitu: (Antonov. Teni Oktriani; 2016, halaman 9)

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator, timbulah medan putar dengan kecepatan.

$$Ns = \frac{120 \, x \, f}{P} \qquad (3)$$

2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada motor.
3. Akibatnya pada kumparan rotor timbul tegangan induksi (ggl) sebesar

E = 4.44 x f x Φ x N (untuk satu fasa) (4)

dimana :

E = tegangan induksi pada satu rotor berputar (v)

4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, ggl (E) akan menghaasilkan arus (I).
5. Adanya arus (I) di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada motor.
6. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
7. Seperti telah dijelaskan pada (3) tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relaive antara kecepatan medan putar stator (Ns) dengan kecepatn berputar rotor (Nr).
8. Perbedaan kecepatan antara Ns dan Nr disebut slip (s) dinyatakan dengan:

$$S = \frac{Ns - Nr}{Ns} x \, 100\% \qquad (5)$$

9. Bila Ns=Nr, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila Nr lebih kesil dari Ns.
10. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak stau asinkron.

2.4 *Variable Speed Drive (VSD)*

Pada umumnya *variabel speed drive* (VSD) atau bisa disebut dengan inverter adalah peralatan yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor. Penggunaan *variabel speed drive* (VSD) bisa untuk mengaplikasikan motor AC maupun DC. Akan tetapi istilah inverter sering digunakan untuk

aplikasi motor AC. Inverter menggunakan frekuensi tegangan masuk untuk mengatur kecepatan putaran motor. Jadi dengan memainkan perubahan frekuensi tegangan yang masuk pada motor, maka kecepatan putaran motor akan berubah. Karena itu inverter disebut juga *variable speed drive* (VSD). *(Huda, Nurul Deni; Pengujian Unjuk Kerja Variable Speed Drive VF-S9 Dengan Beban Motor Induksi 3 Fasa 1 HP)*
Kecepatan putaran medan stator dapat di ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$Ns = \frac{120\ x\ f}{p} \qquad (6)$$

Dimana :
Ns = Kecepatan putaran medan stator (RPM)
f = Ferekuensi (Hz)
P = Jumlah Kutup Motor (Pole)

Pada sebuah induktor, tahanan AC atau yang kita kenal dengan reaktansi induktif akan berubah ketika suplay daya lisrik yang dialiri ke induktor tersebut divariasikan. Hal ini sesuai dengan rumus :

$$X_L = 2\ x\ \pi\ x\ f\ x\ L \qquad (7)$$

Dimana :
X_L = Reaktansi induktif (ohm)
π = 3.14
f = Frekuensi suplay daya listrik ke motor (Hz)
L = Induktansi gulungan (Hendri)

Dari persamaan X_L (*Reaktansi Induktif*) tersebut terlihat bahwa nilai X_L akan berubah jika nilai F (*Frekuensi*) di variasikan. Semakin dinaikan nilai F (*Frekuensi*) maka nilai X_L akan bertambah. Dan ketika nilai tegangan V dijaga tetap, maka kenaikan nilai X_L, akan menyebabkan penurunan pada besarnya arus, sesuai dengan formula :

$$I = \frac{V}{XL} \qquad (8)$$

Dimana :
X_L = Reaktansi induktif (ohm)
I = Arus Listrik (A)
V = Tegangan (V)

2.5 Efisiensi Motor

Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai "perbandingan keluaran daya motor yang dirgunakan terhadap keluaran daya totalnya."
Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah:

1. Usia. Motor baru lebih efisien.
2. Kapasitas. Sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
3. Kecepatan. Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
4. Jenis. Sebagai contoh, motor kandang tupai biasanya lebih efisien daripada motor cincin geser.
5. Suhu. Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total (TEFC) lebih efisien daripada motor *screen protected drip-proof* (SPDP).
6. Beban.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Motor *Hotwell Pump* (HWP)

Mengingat pentingnya fungsi air pendingin dalam operasi unit, maka parameter kerja motor *hotwell* kerusakan ataupun keabnormalan kerja. Berikut data table parameter rata-rata kerja motor hotwell pump (HWP) PLTP Ulubelu Unit 1 di bulan Januari 2019.

Tabel 1. Data Parameter Kerja Motor *Hotwell pump*

Jam	Power Gen (MW)	Flow HWP (ton/jam)	Tegangan Bus (kV)	Arus Motor HWP A (A)	Arus Motor HWP B (A)	Cos Phi
00:00:00	47.17	12397.10	6.408	82.78	80.19	0.80
01:00:00	47.13	12394.35	6.410	82.85	80.33	0.80
02:00:00	47.15	12408.94	6.408	82.84	80.32	0.80
03:00:00	47.17	12400.00	6.411	82.90	80.35	0.80
04:00:00	47.15	12399.94	6.404	82.86	80.38	0.80
05:00:00	47.21	12389.26	6.395	82.78	80.11	0.80
06:00:00	47.21	12393.26	6.386	82.88	80.26	0.80
07:00:00	47.18	12394.03	6.391	82.89	80.35	0.80
08:00:00	47.16	12373.26	6.389	82.71	80.23	0.80
09:00:00	47.14	12364.48	6.388	82.88	80.38	0.80
10:00:00	47.20	12357.06	6.389	82.80	80.18	0.80
11:00:00	47.12	12350.50	6.391	82.76	80.28	0.80
12:00:00	47.13	12298.06	6.397	82.82	80.34	0.80
13:00:00	47.10	12317.97	6.394	82.75	80.16	0.80
14:00:00	47.08	12318.77	6.392	82.85	80.39	0.80
15:00:00	47.12	12312.55	6.396	82.79	80.45	0.80
16:00:00	47.10	12315.42	6.393	82.74	80.21	0.80
17:00:00	47.08	12333.29	6.392	82.77	80.15	0.80
18:00:00	47.11	12360.68	6.393	82.60	80.01	0.80
19:00:00	47.13	12366.03	6.395	82.56	80.11	0.80
20:00:00	47.10	12384.03	6.395	82.71	80.18	0.80
21:00:00	47.10	12394.06	6.400	82.77	80.10	0.80
22:00:00	47.11	12409.13	6.404	82.71	80.24	0.80
23:00:00	47.15	12410.10	6.401	82.80	80.32	0.80
Average	47.14	12368.43	6.397	82.78	80.25	0.80

Berdasar pada tabel 4.1 di atas maka besarnya daya input motor dapat dihitung.

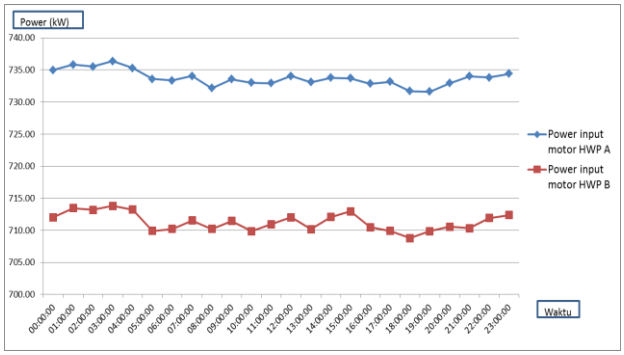
- Daya motor *hotwell pump* (HWP) A dan B pada jam 00.00

  Daya motor *hotwell pump* A
  P in = √3 x V x I x cosØ
  P in = √3 x (6408 V) x (82.78 A) x 0.8
  P in = 734987 Watt = 734.98 kW

  Daya motor *hotwell pump* B
  P in = √3 x V x I x cosØ
  P in = √3 x (6408 V) x (80.19 A) x 0.8

  P in = 712009 Watt = 712.01 kW

Berdasar perhitungan di atas, maka besarnya pemakaian daya input harian motor *hotwell pump* (HWP) dapat dilihat pada garfik berikut:



Gambar 2. Grafik pemakaian daya *input* harian motor *hotwell pump* (HWP)

Menghitung daya output (P out) motor *hotwell pump* (HWP) A dan motor *hotwell pump* (HWP) B

- Daya motor *hotwell pump* (HWP) A dan B pada jam 00.00

  Daya motor *hotwell pump* A

  P out = P in x η

  P out = (734987 Watt) x (95,5%)

  P out = 701.91 kW

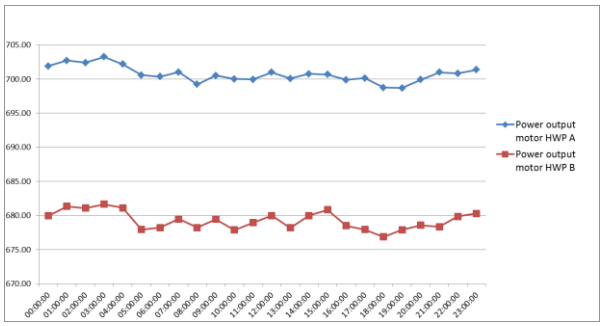
  Daya motor *hotwell pump* B

  P out = P in x η

  P out = (712009Watt) x (95,5%)

  P out = 679.97 kW

Berdasar perhitungan di atas, maka besarnya pemakaian daya output harian motor *hotwell pump* (HWP) dapat dilihat pada garfik berikut:



Gambar 3. Grafik pemakaian daya *output* harian motor *hotwell pump* (HWP)

Slip motor merupakan perbedaan putaran antara putaran rotor motor dengan medan putar yang ditimbulkan stator motor. Biasanya slip motor dinyatakan dalam persen (%). Umumnya parameter putaran yang tertera dalam nameplate suatu motor merupakan putaran rotor, sehingga untuk menentukan besarnya slip motor perlu dihitung dengan menggunakan rumus. Pada nameplate motor HWP tertera putaran rotor (Nr) 494 rpm, dengan demikian slip yang terjadi dalam motor HWP dapat dihitung.

Menentukan putaran yang ditimbulkan medan putar stator:

$$Ns = \frac{120 \text{ x } f}{p}$$

$$Ns = \frac{120 \text{ x } (50)}{12}$$

$$Ns = 500 \text{ Rpm}$$

Menentukan slip pada motor HWP

$$S = \frac{Ns - Nr}{Ns} \text{ x } 100\ \%$$

$$S = \frac{500 - 494}{500} \text{ x } 100\ \%$$

$$S = 1.2\ \%$$

4.2 Pengaturan Kecepatan Motor Dengan Penggunaan Inverter

Untuk menentukan kapasitas motor penggerak pompa, hal utama yang perlu diperhatikan adalah torsi untuk menggerakkan pompa tersebut. Oleh karenanya torsi pompa perlu dihitung agar dalam penentuan kapasitas motor tidak keliru. Berdasarkan data operasi harian, berikut perhitungan torsi pada pompa *hotwell pump* (HWP).

- Torsi pompa pada jam 00.00

  Torsi *hotwell pump* (HWP) A

$$T = \frac{Hp \text{ x } (5250)}{Nr}$$

$$T = \frac{P \text{ out x } (5250)}{(0.746) \text{ x } Nr}$$

$$T = \frac{(679.97 \text{ kW}) \text{ x } (5250)}{(0.746) \text{ x } (494)}$$

T = 9999.43 lbn.ft = 13575.15 Nm

Torsi *hotwell pump* (HWP) B

$$T = \frac{Hp \text{ x } (5250)}{Nr}$$

$$T = \frac{P \text{ out x } (5250)}{(0.746) \text{ x } Nr}$$

T = 9686.87 lbn.ft = 13150.88 Nm

Berdasar perhitungan di atas, maka besarnya pemakaian torsi harian motor *hotwell pump* (HWP) dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 2. Torsi Harian Motor *Hotwell Pump* (HWP)

Jam	Nr	Power Output Motor		Torsi Shaft Pompa	
		HWP A (kW)	HWP B (kW)	HWP A (Nm)	HWP B (Nm)
00:00:00	494	701.91	679.97	13575.15	13150.88
01:00:00	494	702.71	681.35	13590.74	13177.47
02:00:00	494	702.40	681.09	13584.67	13172.57
03:00:00	494	703.24	681.67	13600.88	13183.83
04:00:00	494	702.19	681.15	13580.70	13173.60
05:00:00	494	700.57	677.97	13549.28	13112.12
06:00:00	494	700.35	678.24	13545.03	13117.46

07:00:00	494	701.02	679.49	13557.93	13141.64
08:00:00	494	699.22	678.25	13523.23	13117.62
09:00:00	494	700.53	679.45	13548.45	13140.81
10:00:00	494	700.02	677.90	13538.68	13110.90
11:00:00	494	699.96	678.95	13537.40	13131.21
12:00:00	494	701.00	680.00	13557.57	13151.47
13:00:00	494	700.08	678.22	13539.80	13117.00
14:00:00	494	700.75	680.01	13552.75	13151.69
15:00:00	494	700.67	680.85	13551.29	13167.96
16:00:00	494	699.88	678.52	13536.02	13122.80
17:00:00	494	700.15	677.97	13541.14	13112.11
18:00:00	494	698.75	676.90	13514.16	13091.40
19:00:00	494	698.70	677.93	13513.12	13111.33
20:00:00	494	699.93	678.58	13536.88	13124.00
21:00:00	494	701.00	678.38	13557.54	13120.06
22:00:00	494	700.81	679.87	13553.95	13149.01
23:00:00	494	701.35	680.31	13564.34	13157.45
Rata-Rata	494	700.72	679.29	13552.11	13137.77

Dengan melihat nilai parameter operasi di atas, maka dapat diketahui bahwa motor *hotwell pump* (HWP) bekerja dengan torsi konstan, sehingga untuk pengaturan kecepatan motor dengan menggunakan inverter yang memiliki karakter torsi tetap dan perbandingan tegangan per frekuensi konstan.

Maka nilai perbandingan tegangan per frekuensi motor *hotwell pump* (HWP) dapat dihitung:

$$Y = \frac{V}{f}$$
$$Y = \frac{6300}{50}$$

Y = 126 (V/Hz)

Sedangkan untuk operasi normal harian, nilai perbandingan tegangan per frekuensi motor *hotwell pump* (HWP) dapat dihitung:

$$Y = \frac{V}{f}$$
$$Y = \frac{6397}{50}$$

Y = 127.94 (V/Hz)

Pada *nameplate hotwell pump* A (HWP A) besarnya nilai slip adalah 1,2%, sehingga nilai putaran stator motor dapat dihitung:

$$Ns' = \frac{(100)\,x\,Nr'}{100\,\% - 1{,}2\%}$$
$$Ns' = \frac{(100)\,x\,(367.36)}{100\,\% - 1{,}2\%}$$

Ns' = 371.82 rpm

Setelah nilai putaran stator motor diketahui maka nilai frekuensi input motor *hotwell pump* (HWP) dapat dihitung dengan rumus:

$$Ns' = \frac{120\ x\ f'}{p}$$
$$f' = \frac{Ns'\ x\ p}{120}$$
$$f' = \frac{(371.82)\,x\,(12)}{120}$$
$$f' = 37.18\ Hz$$

Nilai putaran N2 merupakan nilai putaran rotor (Nr'). Dengan begitu, jika slip motor diasumsikan tetap maka nilai putaran medan putar stator motor dapat dihitung dengan rumus:

$$Ns' = \frac{(100)x\ Nr'}{100\,\% - 1{,}2\%}$$
$$Ns' = \frac{(100)\,x\,(377.76)}{100\,\% - 1{,}2\%}$$

Ns' = 382.35 rpm

Setelah nilai putaran stator motor diketahui maka nilai frekuensi input motor *hotwell pump* (HWP) dapat dihitung dengan rumus:

$$Ns' = \frac{120\ x\ f'}{p}$$
$$f' = \frac{Ns'\ x\ p}{120}$$
$$f' = \frac{(382.35)\ x\ (12)}{120}$$
$$f' = 38.24\ Hz$$

Dengan melihat parameter operasi di atas maka dapat diketahui bahwa untuk mengalirkan fluida dengan debit rata-rata 6097.9 ton/jam *hotwell pump* A (HWP A) memerlukan frekuensi input 37.18 Hz. Jika perbandingan tegangan per frekuensi adalah 127.94 V/Hz dan arus pada motor *hotwell pump* A (HWP A), maka daya pada rata-rata harian motor *hotwell pump* A (HWP A) dapat dihitung dengan rumus:

- Untuk *hotwell pump* (HWP) A:

$$P = \sqrt{3}\ x\ Y\ x\ f'\ x\ I\ x\ Cos\emptyset$$

P = (1.732) x (127.94) x (37.82) x (82.78) x (0.8)

$$P = 545.64\ kW$$

Sedangkan untuk mengalirkan fluida dengan debit rata-rata 6270.5 ton/jam *hotwell pump* B (HWP B) memerlukan frekuensi input 38.24 Hz. Jika perbandingan tegangan per frekuensi

adalah 127.94 V/Hz dan arus pada motor *hotwell pump* B (HWP B), maka daya pada rata-rata harian motor *hotwell pump* B (HWP B) dapat dihitung dengan rumus:

- Untuk *hotwell pump* (HWP) B:

$$P = \sqrt{3}\ x\ Y\ x\ f'\ x\ I\ x\ Cos\emptyset$$

P = (1.732) x (127.94) x (37.82) x (82.78) x (0.8)
P = 543.93 kW

4.3 Perbandingan Penggunaan Energi Listrik

Untuk mengalirkan debit air pendingin yang sama (rata-rata) 6097.9 ton/jam, motor *hotwell pump* (HWP) A eksisting memerlukan daya 733.73 kW, sedangkan motor *hotwell pump* (HWP) B eksisting untuk mengalirkan debit air pendingin sebesar 6270.53 memerlukan daya 711.3 kW.
Namun dengan menggunakan inverter untuk mengalirkan debit air pendingin yang sama (rata-rata), motor *hotwell pump* (HWP) A memerlukan daya 545.64 kW dan motor *hotwell pump* (HWP) B memerlukan daya 543.93 kW.
Berdasar data tersebut, maka penghematan daya rata-rata harian motor *hotwell pump* (HWP) dengan pengaturan kecepatan menggunakan inverter dapat dihitung dengan rumus:

- Penghematan daya motor *hotwell pump* (HWP) A:
  P save = P eksisting – P inverter
  P save = 733.73 – 545.64 kW
  P save = 188.10 kW

- Penghematan daya motor *hotwell pump* (HWP) B:
  P save = P eksisting – P inverter
  P save = 711.30 – 543.93 kW
  P save = 167.37 kW

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Hotwell pump* PT PLN (persero) PLTP Ulubelu bekerja dengan cara memompakan air kondensat dari *condenser* menuju *cooling tower* untuk didinginkan. Debit air yang dipompakan tergantung pada kebutuhan temperatur dalam *condenser*, sehingga debit dapat berubah-ubah sesuai kebutuhan sistem.
2. Pengaturan kecepatan motor *hotwell pump* dengan menggunakan *inverter* dapat menurunkan penggunaan konsumsi daya listrik sebesar 188.10 kW (untuk *hotwell pump* A) dan 167.37 kW (untuk *hotwell pump* B).
3. Penggunaan *inverter* pada *hotwell pump* (HWP) dengan karakter torsi konstan dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk penghematan penggunaan energi listrik di PLTP Ulubelu agar pemakaian listrik unit (PS unit) lebih efisien.

Daftar Pustaka

Antonov. Oktariani, Yeni. Januari. 2016. "Studi Pengaruh Torsi Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fase"; Jurnal Institut Teknologi Padang.

Direktori, Listrik., Oktober. 2017. Hubungan Volts Per Herzt (V/Hz) pada AC Drive. <https://direktorilistrik.blogspot.com/2017/10/hubungan-volts-per-herzt-vhz-pada-ac-drive.html>

Huda, Deny Nurul; "Pengujian Unjuk Kerja Variabel Speed Drive Vf-S9 Dengan Beban Motor Induksi 3 Fasa 1 Hp*"; Jurnal Politeknik Negeri Bandung.*

Manual Book, 2010. **Ulubelu Geothermal Power Plant Project :** Drawing of Cooling Tower for unit 1 and 2. PT PLN (PERSERO)

Nugroho, Emmanuel Agung. April. 2018. "Implementasi Sistem Kendali Variable Speed Drive pada Inverter 3 Fasa Menggunakan Mikrokontroller AT89S52". Jurnal Politeknik Enjinering Indorama.

Nurmalitawati, Aztrid. Amien Rahardjo. 2014. "Analisis Perbandingan Besarnya Arus Start Motor Induksi Berkapasitas Besar Terhadap Jatuh Tegangan Bus"; Jurnal Universitas Indonesia.

Windarhariadi, Stenafus., Juli. 2012. Generator Sinkron,<https://stefanuswindarhariadi.wordpress.com/2012/07/01/generator-sinkron/>