

# ANALISIS OPERASI POMPA CHILLER MENGUNAKAN *FIXED SPEED DRIVE* DAN *VARIABLE SPEED DRIVE* (STUDI KASUS : FOUR SEASON HOTEL JIMBARAN)

Hasan Dedy Sudono<sup>1</sup>, I N. Satya Kumara<sup>2</sup>, WG. Ariastina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Jl. Raya Kampus Unud No.88, Jimbaran, Kec. Kuta Sel., Kabupaten Badung, Bali 80361  
hasandedysudono@gmail.com<sup>1</sup>, ins\_kumara@yahoo.com<sup>2</sup>, w.ariastina@unud.ac.id<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Hotel *Four Season* Jimbaran merupakan salah satu hotel di Bali yang menggunakan sistem pendinginan yang biasa disebut *water chiller*. Konsumsi energi listrik di hotel *Four Season* menjadi salah satu pemicu pemborosan penggunaan energi listrik, dimana sistem starter disana masih menggunakan *star delta* untuk menyalakan sebuah pompa. Seiring dengan tarif listrik yang terus meningkat tiap tahunnya, maka penggunaan konsumsi energi listrik di hotel *Four Season* dapat menyebabkan biaya operasional yang ikut meningkat. Salah satu beban yang mengkonsumsi energi listrik yang cukup besar adalah pada pompa *water chiller*. Pompa *water chiller* merupakan pompa yang digunakan untuk mendorong aliran air menuju kondensor *water chiller* dan *air handling unit* (AHU) pada saat sistem *water chiller* dalam kondisi hidup. Starter pompa *chiller* yang digunakan di hotel *Four Season* Jimbaran adalah inverter dan *star delta*. Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian adalah dengan menghitung kebutuhan energi listrik dan biaya pada kedua pompa yang dicatu *star delta* dengan frekuensi semula 50 Hz pada pompa *water chiller* 160 TR dan dibandingkan dengan sistem inverter dengan penurunan frekuensi sebanyak 5 Hz (45Hz) pada pompa *water chiller* 230 TR. Monitoring energi dilakukan dengan menganalisis konsumsi penggunaan energi listrik (kWh), suhu (°C), dan *humidity* (%) pada setiap pompa yang dicatu setiap sistem. Pada kedua pompa tersebut dibandingkan konsumsi penggunaan energi (kWh) dan biaya (*cost*) dalam kebutuhan setiap hari, minggu, bulan dan setiap tahunnya. Dari hasil penelitian, pada sistem inverter dalam penurunan frekuensi sebanyak 5 Hz pada pompa *water chiller* 230 TR dapat menghemat penggunaan energi listrik sebesar 117.120 kWh dan penggunaan biaya sebesar Rp. 130.471.680,00 dalam kurun 5 tahun kedepan. Perbandingan analisis operasi pompa *chiller* yang dicatu *star delta* (*fixed speed drive*) dengan inverter (*variable speed drive*) memiliki selisih konsumsi energi sebesar 117.120 kWh pada kedua sistem dan selisih biaya Rp. 130.471.680,00 dalam kurun 5 tahun.

**Kata kunci** : *water chiller*, inverter, *star delta*, pompa *chiller*, AHU

## ABSTRACT

*Four Season Jimbaran Hotel is one of the hotels in Bali using a cooling system which is usually called the water chiller. The electrical energy consumption in Four Season Hotel is one of the factors that increase the use of electrical energy in which the star delta system is still used to switch on the pump. Along with the electricity rate which keeps increasing every year, the electrical energy consumption in Four Season Hotel can increase the operational cost. It is concluded that one of the largest electrical energy consumptions is water chiller pump. Chiller pump is a pump used for pushing water flow towards chiller condenser and Air Handling Unit (AHU) when the water chiller system is still active. Starters of the chiller pump used in Four Season Jimbaran Hotel are inverter and star delta. The method used in conducting research*

was calculation of the electrical energy requirement and cost in two pumps set by star delta at an initial frequency of 50Hz in water chiller pump 160 TR, compared with inverter system with the decrease of frequency by 5Hz (45Hz) in water chiller pump 230 TR. Monitoring was performed by analyzing the consumption of electrical energy (kWh), temperature (°C), and humidity (%) in every pump set by every system. In these two pumps, energy consumption (kWh) and cost were compared in daily, weekly, and monthly needs. From the result of research, in inverter system, the frequency reduction by 5Hz in water chiller pump 230 TR can save electrical energy of 117,120 kWh and the cost of IDR 130,471,680 in the next five years. The comparison analysis of operation of the chiller pump supplied with star delta (fixed speed drive) with an inverter (variable speed drive) has a difference energy consumption of 117,120 kWh in both systems and the difference cost is Rp. 130,471,680.00 in next 5 years.

**Keywords** : water chiller, inverter, star delta, chiller pump, AHU

## 1. PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal merupakan peralatan yang banyak digunakan pada berbagai macam aplikasi industri dan beberapa sektor lain. Cara kerja pompa sentrifugal adalah dengan mengkonversi energi mekanik menjadi tekanan atau menjadi energi kinetik. Kemudian tekanan pada pompa meningkat dengan menghasilkan bagian dengan tekanan rendah pada bagian sisi hisap pompa dan tekanan tinggi pada bagian keluaran pompa. Oleh karena rendahnya tekanan hisap, fluida mengalir menuju ke pompa dari *reservoir*. Fluida masuk secara axial melalui lubang hisap pada tengah pompa kemudian fluida tersebut berputar bersama dengan putaran sudut atau *impeller* pompa [1].

Banyak gedung besar maupun industri menggunakan pompa sentrifugal sebagai salah satu komponen penggerak mesin *chiller*. Penggunaan pompa sentrifugal ini membutuhkan konsumsi penggunaan energi listrik yang cukup besar. Jika tanpa upaya penghematan, penggunaan pompa sentrifugal dapat menyebabkan pemborosan energi listrik yang tentunya dapat memakan banyak biaya listrik [2].

Penggunaan pompa sentrifugal yang dicatu dengan sistem *star delta* atau *fixed speed drive*, merupakan contoh aplikasi penggunaan motor yang tidak efisien. Pada kedua sistem, pompa sentrifugal dijalankan dengan putaran yang maksimal dan dilakukan secara terus menerus tanpa ada yang dapat mengatur kecepatan putar motor, sehingga dapat menyebabkan penggunaan energi listrik yang berlebihan. Dengan penggunaan inverter atau *variable speed drive*, dapat menghemat konsumsi energi listrik dengan cara mengatur frekuensi kecepatan putar motor listrik [3].

Hotel *Four Season* merupakan salah satu hotel di Bali yang menggunakan pompa sentrifugal sebagai salah satu penggerak mesin *chiller*. Akan tetapi penggunaan sistem starter yang ada disana masih menjadi perbincangan dan berpotensi menjadi kendala dalam penggunaan konsumsi energi listriknya untuk menjalankan suatu pompa sentrifugal. Dalam hal ini akan dilakukan studi perbandingan sistem starter yang dipasang di *Four Season* Jimbaran agar upaya penghematan energi dapat dilakukan. Penggunaan starter pompa sentrifugal di *Four Season* Jimbaran dipasang dengan dua sistem starter, yakni *star delta* dan inverter. Salah satu penelitian yang telah dilakukan untuk melakukan penghematan energi listrik adalah dengan menggunakan inverter atau *variable speed drive* yang akan dipakai kedepannya sebagai starter pompa sentrifugal sekaligus sebagai pengganti sistem *star delta*.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Water Chiller

*Water chiller* merupakan mesin pendingin yang digunakan untuk mendinginkan ruangan dengan media air sebagai media pendingin. *Water chiller* terdiri dari instrument – instrument penting yang terintegrasi menjadi satu. Instrumen tersebut berupa *compressor*, *condenser*, *expansion valve* dan *evaporator*. Untuk mendistribusikan air dingin hasil produksi dari mesin *chiller*, maka digunakanlah pompa distribusi. Pompa distribusiberfungsi untuk mendistribusikan air dingin dengan temperatur sekitar 6 – 7 °C ke beban pendingin. Beban pendingin tersebut berupa *cooling coil*, *air handling unit* (AHU), evaporasi, insernerasi dan *cooling tower* [4].

## 2.2 Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi adalah mesin listrik yang dapat merubah energi listrik menjadi gerak dengan menggunakan gandengan medan listrik dan memiliki slip antar medan stator dan medan rotor. Pada motor induksi, arus pada rotor didapat dari sumber tertentu, yang juga merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar yang dihasilkan oleh stator. Pada motor induksi, kumpulan medan tidak terdapat pada motor induksi sehingga pembangkit fluks hanya diperoleh dari daya masuknya stator. Stator merupakan bagian yang tidak berputar dan terletak pada bagian luar dan rotor merupakan bagian yang berputar [5].

## 2.3 Pompa Sentrifugal

Pompa adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi gerak tekan pada zat atau cairan yang dipompa. Pompa sentrifugal merupakan pompa yang dapat mengubah energi kinetik pada *impeller* yang dapat berputar menjadi energi tekan fluida. Cara kerja pompa adalah menaikkan tekanan cairan dengan cara memanipulasi kecepatan, gaya sentrifugal dan mentransformasikan gaya tersebut ke *impeller* yang berputar di dalam *casing* untuk membuat perbedaan tekanan pada sisi hisap (*suction*) dan tekan (*discharge*). Kinerja suatu pompa dapat ditentukan oleh *head*, kapasitas dan efisiensi. *Head* merupakan kemampuan pompa untuk mengangkut sebuah fluida, kapasitas merupakan jumlah volume fluida yang berpindah atau dialirkan dalam satuan waktu, efisiensi merupakan perbandingan daya pompa dibandingkan dengan energi yang dibutuhkan oleh motor penggerak untuk menjalankan pompa [6].

## 2.4 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pada prinsip kerjanya, pompa dibagi menjadi tiga jenis, yaitu pompa *rotary*, pompa piston dan pompa sentrifugal. Pemakaian pompa yang cukup banyak digunakan di lingkungan rumah tangga maupun di industri adalah jenis pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal memiliki gaya sentrifugal yang dimanfaatkan untuk

mendorong fluida keluar dari *impeller*. Ketika *impeller* berputar dalam rumah pompa, maka terjadilah proses vakum sehingga udara luar ikut terhisap dikarenakan akibat terjadi perbedaan tekanan yang dapat menyebabkan fluida terhisap. Selanjutnya fluida didorong *impeller* keluar sebagai akibat gaya sentrifugal yang terjadi pada *impeller* [7].

## 2.5 Star Delta

*Star delta* merupakan starter yang biasa dipakai untuk menjalankan motor induksi 3 fase. *Star delta* dapat menjalankan motor induksi melalui koneksi bintang sepanjang periode awal. *Star delta* akan memulai menghidupkan motor dengan belitan stator yang terhubung bintang. Ketika motor mencapai sekitar 80% dari kecepatan beban penuhnya, motor akan berjalan dalam belitan stator yang terhubung *delta*. Kemudian setelah motor mencapai kecepatannya yang diperlukan, motor terhubung melalui koneksi *delta*. *Star delta* juga dapat dikatakan sebagai sistem yang dapat mengatasi lonjakan arus starting.

Kelebihan menggunakan sistem *star delta* adalah dapat mengatasi lonjakan arus starting menjadi sepertiga arus awal starting, dapat menghasilkan torsi yang tinggi dan biaya murah. Kekurangan menggunakan sistem *star delta* adalah pengoperasian dari sistem itu sendiri menjadi lebih rumit karena harus ditambahinya panel kontrol untuk kontaktor beserta komponen lainnya, torsi awal dikurangi menjadi sepertiga dari torsi beban penuh [3].

## 2.6 Inverter

Inverter merupakan sebuah rangkaian elektronika daya yang biasa digunakan untuk mengkonversi tegangan searah (DC) ke suatu tegangan bolak-balik (AC). Prinsip kerja dari inverter adalah dengan mengubah *input* motor listrik AC menjadi DC dan kemudian dijadikan AC kembali dengan frekuensi yang dikehendaki, sehingga kecepatan motor dapat dikontrol sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Inverter memiliki fungsi yaitu untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah frekuensi keluarannya. Dengan penggunaan inverter, penggunaan

motor listrik dapat lebih menjadi *variable speed*. Inverter seringkali disebut sebagai *Variabel Speed Drive (VSD)* atau *Variable Frequency Drive (VFD)* [3]. Prinsip kerja dari inverter adalah dengan mengubah tegangan DC dari akumulator menjadi tegangan AC yang dapat berupa sinyal sinus melalui pembentukan gelombang dan rangkaian filter. Tegangan *output* yang telah dihasilkan harus stabil baik *amplitude* tegangan maupun frekuensi tegangan yang dihasilkan, distorsi rendah, tidak terdapat tegangan transien serta tidak diinterupsi oleh keadaan [8].

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Gambaran Umum

Identifikasi konsumsi energi listrik pada pompa sentrifugal sebesar 22 kW di *Four Season Jimbaran* dilakukan untuk mengetahui perbedaan penggunaan energi pada pompa sentrifugal yang dicatu *star delta* dan inverter dengan cara mengumpulkan data, Dokumentasi data dan pengukuran selama 7 hari pada masing-masing sistem di hotel *Four Season Jimbaran*. Penelitian dilakukan pada tanggal 10 Juni sampai 10 Desember 2019 di *Four Season Hotel Jimbaran*. Data sekunder didapat dari pemasangan kWh meter yang dipasang pada pompa *star delta* dan inverter masing-masing selama 7 hari. Tekanan dan beban pada kedua pompa dalam penelitian ini adalah sama. Metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

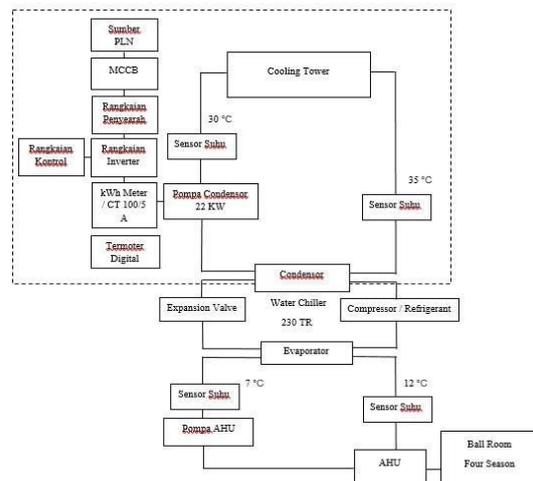
1. Survei lokasi sistem *water chiller* di *Four Season Jimbaran*
2. Mengumpulkan data-data dari komponen pendukung mesin *chiller* di *Four Season Jimbaran*.
3. Memasang alat ukur kWh meter dan CT 100/5 A pada masing-masing panel pompa sentrifugal.
4. Melakukan monitoring energi listrik pada alat ukur kWh meter pada sistem *star delta* dan inverter di *Four Season Jimbaran*.
5. Membuat data analisis perbandingan energi pada kWh meter yang dicatu *star delta* dan inverter di *Four Season Jimbaran*.
6. Melakukan perbandingan analisis energi, observasi operasi *star delta* dan inverter dalam persoalan, kelemahan dan

kelebihan beserta keuntungan pada masing-masing sistem.

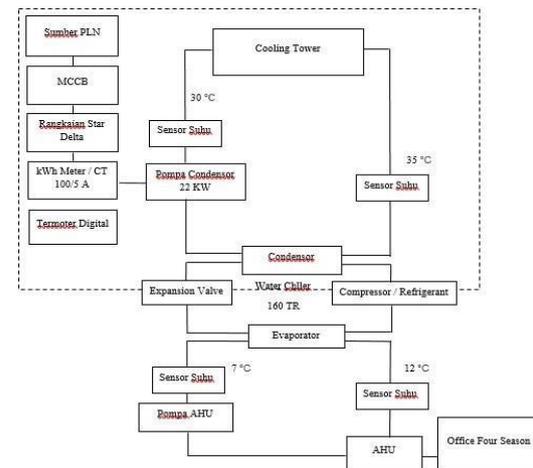
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum Sistem

Mesin *water chiller* 160 TR beroperasi dari pukul 06.00 pagi hingga 10.00 malam selama 5 hari setiap minggunya. Mesin *water chiller* 230 TR beroperasi dari pukul 06.00 pagi hingga 10.00 malam selama 2 hari setiap minggunya.



Gambar 1. Blok diagram *water chiller* 230 TR

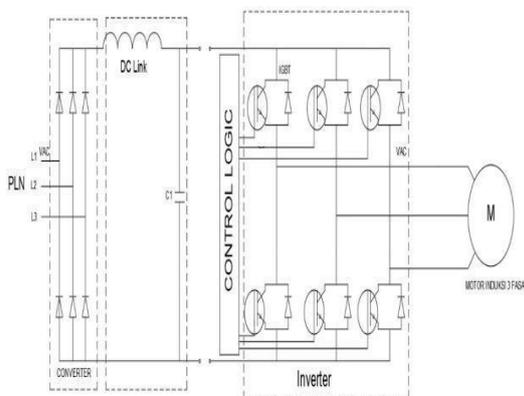


Gambar 2. Blok diagram *water chiller* 160 TR

### 4.2 Sistem Inverter

Prinsip dasar inverter dalam penelitian ini adalah mengatur besar kecilnya nilai frekuensi dan tegangan yang dialirkan ke motor listrik 3 fasa dimana tegangan listrik PLN dalam bentuk tegangan AC yang

dialirkan ke inverter melewati bagian Konverter. Konverter akan mengubah tegangan yang sudah disearahkan DC akan ditampung dalam DC bus (*capasitor bank*) C1 untuk mendapatkan tegangan arus searah (DC) yang konstan atau tetap. Tegangan arus searah (DC) tersebut kemudian dialirkan ke dalam bagian inverter untuk dicacah dan dimodulasi oleh rangkaian *flip-flop* untuk dihasilkan tegangan AC berupa gelombang *pseudo-sine* atau biasa disebut *pulse wide modulation* (PWM) dengan frekuensi yang akan dipakai. Pada rangkaian inverter terdapat suatu alat elektronik yang disebut IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*). Prinsip kerjanya pada saat gate diberi tegangan positif, arus yang akan mengalir melalui kolektor dan emiter. IGBT akan mati saat tegangan positif dihilangkan dari gate.



Gambar 3. Rangkaian inverter 3 fasa

### 4.3 Data Hasil Pengukuran

Bedasarkan data hasil pengukuran pompa *star delta* dan inverter yang menggunakan CT 100/5 A, didapat data penggunaan konsumsi energi yang memiliki waktu jeda terkecil yang berada ditanggal 7 November 2019 untuk sistem *star delta* dan 21 November 2019 untuk sistem inverter.

Tabel 1. Data konsumsi energi listrik tanggal 7 November 2019 dan 21 November 2019

7 Nov 19 & 21 Nov 19  (kWh/Jam)	kWh Pompa	
	Star Delta (kWh)	Inverter (kWh)
6:00 AM	659,8	738,4
7:00 AM	0	0
8:00 AM	0	0
9:00 AM	662,7	0
10:00 AM	663,6	741,3
11:00 AM	664,6	742,1
12:00 PM	665,5	742,8
1:00 PM	666,5	743,5
2:00 PM	667,4	744,3
3:00 PM	668,4	745
4:00 PM	669,3	745,7
5:00 PM	670,3	746,5
6:00 PM	671,3	747,2
7:00 PM	672,2	747,9
8:00 PM	673,2	748,7
9:00 PM	674,1	749,4
10:00 PM	0	750,1

Bedasarkan data hasil pengukuran pompa *star delta* pada tanggal 7 November 2019 dan 21 November 2019, dapat dilihat bahwa konsumsi energi rata-rata pada sistem *star delta* adalah sebesar 0,90 kWh dan inverter sebesar 0,70 kWh. Data hasil pengukuran tanggal 7 November 2019 dan 21 November 2019 digunakan sebagai acuan pengukuran, karena pada kedua data menunjukkan waktu jeda terkecil untuk dijadikan acuan pengukuran.

### 4.4 Perhitungan Kapasitas Pompa

Untuk mendapatkan hasil pengukuran secara *real time*, maka dilakukan pengukuran langsung pada pompa *star*

*delta* dengan menggunakan tang ampere dan cosphi meter. Berdasarkan hasil pengukuran dengan tang ampere secara langsung, didapat tegangan sebesar 391,4 V dan arus sebesar 30,98 A. Dalam hasil pengukuran cosphi didapat sebesar 0,85 dalam kondisi beban penuh. Dalam menentukan nilai daya motor (kW) secara *realtime*, didapat perhitungannya daya motor sebesar :

$$P = 391,4 \times 30,98 \times 1,73 \times 0,85$$

$$P = 17,830 = 18 \text{ kW}$$

Perhitungan energi motor (kWh) secara *realtime* didapat sebagai berikut :

$$\text{Energi (kWh)} = 18 \text{ kW} \times 1 \text{ (hour)} = 18 \text{ kWh}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapat konsumsi energi (kWh) pada sistem star delta sebesar 18 kWh. Penggunaan CT 100/5 menyebabkan pembacaan 18 kWh menjadi 0,90 kWh pada sistem *star delta*. Perhitungan rasio pembacaan didapat :

$$\text{Rasio CT} = \frac{100}{5} = 20$$

Dalam hal ini akan ditentukan besar konsumsi energi listrik secara langsung pada sistem *star delta* dan inverter. Untuk menentukan hasil energi pompa inverter secara *real time* atau yang tidak dipengaruhi CT, didapat :

$$\text{Energi (star delta)} = 0,90 \times 20 = 18 \text{ kWh}$$

Nilai besar konsumsi energi listrik pada sistem inverter secara real time, didapat :

$$\text{Energi (inverter)} = 0,70 \times 20 = 14 \text{ kWh}$$

Kebutuhan hidup pompa *star delta* dan inverter masing-masing hidup terhitung selama 16 jam/hari. Maka dapat ditentukan perhitungan konsumsi energi selama 1 hari pada pompa star delta dan inverter. Perhitungan pada sistem *star delta* didapat sebagai berikut :

$$= 18 \text{ kWh} \times 16 \text{ jam}$$

$$= 288 \text{ kWh/hari}$$

Kebutuhan hidup pompa inverter terhidung selama 16 jam/hari. Perhitungan pada sistem inverter didapat sebagai berikut :

$$= 14 \text{ kWh} \times 16 \text{ jam}$$

$$= 224 \text{ kWh/hari}$$

#### 4.5 Data Konsumsi Energi 7 Hari

Berdasarkan hasil pengukuran data konsumsi energi *star delta* dengan inverter selama 1 hari dimana masing-masing pompa hidup selama 16 jam setiap harinya, didapat setiap harinya sebesar 288 kWh untuk star delta dan 224 kWh untuk inverter.

Tabel 2. Data konsumsi energi listrik star delta dan inverter selama 7 hari

Total Konsumsi Energi (7 hari)	Konsumsi Energi Pompa	
	Star Delta (kWh)	Inverter (kWh)
Senin	288	224
Selasa	288	224
Rabu	288	224
Kamis	288	224
Jumat	288	224
Sabtu	288	224
Minggu	288	224
Total Konsumsi Energi	2016	1568

#### 4.6 Hasil Perbandingan Konsumsi Energi dan Biaya Star Delta dan Inverter

Dalam Menentukan perhitungan energi setiap bulannya pada pompa *star delta*, didapat :

$$= 288 \text{ kWh/hari} \times 30 \text{ hari}$$

$$= 8.640 \text{ kWh/bulan}$$

Menentukan perhitungan biaya pompa star delta selama setiap bulannya, didapat :

= 8.640 kWh x 1.114,00 (PLN 2020 I-3/TM)  
 = Rp. 9.624.960,00/bulan.

Menentukan perhitungan energi pompa inverter setiap bulannya, didapat :

= 224 kWh/hari x 30 hari  
 = 6.720 kWh/bulan

Menentukan perhitungan biaya pompa inverter setiap bulannya, didapat :

= 6.720 kWh x 1.114,00 (PLN 2020 I-3/TM)  
 = Rp. 7.486.080,00/bulan.

Menentukan perhitungan energi pompa *star delta* setiap tahunnya, didapat

= 288 kWh/bulan x 366 hari  
 = 105.408 kWh/tahun

Menentukan perhitungan biaya pompa *star delta* Setiap tahunnya, didapat

= 105.408 kWh x 1.114,00 (PLN 2020 I-3/TM)  
 = Rp. 117.424.512,00/tahun.

Menentukan perhitungan energi pompa inverter setiap tahunnya, didapat :

= 224 kWh/bulan x 366 hari  
 = 81.984 kWh/tahun

Menentukan perhitungan biaya pompa inverter setiap tahunnya, didapat :

= 81.984 kWh x 1.114,00 (PLN 2020 I-3/TM)  
 = Rp. 91.330.176,00/tahun.

Bedasarkan perbandingan sistem *star delta* dan inverter, masing-masing memiliki selisih energi 23.424 kWh/tahun dan selisih biayanya pada kedua pompa sebesar Rp. 26.094.336,00/tahun.

#### 4.7 Hasil Perbandingan Konsumsi Energi dan Biaya 5 tahun Mendatang

Dalam menentukan konsumsi energi 5 tahun mendatang pada pompa *star delta*, didapat :

= 105.508 kWh/tahun x 5 tahun  
 = 527.040 kWh

Menentukan perhitungan konsumsi energi 5 tahun mendatang pada pompa inverter, didapat :

= 81.984 kWh x 5 tahun  
 = 409.920 kWh

Menentukan perhitungan biaya dalam kurun 5 tahun mendatang pada pompa *star delta*, didapat

= Rp. 117.424.512,00 kWh/tahun x 5 tahun  
 = Rp. 587.122.560,00

Menentukan perhitungan biaya dalam kurun 5 tahun mendatang pada pompa inverter, didapat :

= Rp. 91.330.176,00 kWh x 5 tahun  
 = Rp. 456.650.880,00

Selisih konsumsi energi 5 tahun mendatang pada kedua pompa, didapat :

= 527.040 kWh – 409.920 kWh  
 = 117.120 kWh

Selisih penggunaan biaya 5 tahun mendatang pada kedua pompa, didapat :

= Rp. 587.122.560,00 – Rp.456.650.880,00  
 = Rp. 130.471.680,00

#### 5. KESIMPULAN

Pada hasil penilitan, pola pengoperasian kedua pompa dikatakan konstan pada konsumsi energi listrik sebesar 18 kWh pada *star delta* dan 14 kWh pada inverter yang diukur secara *real time* dengan menggunakan tang ampere dan cosphi meter. Faktor pemasangan CT 100/5 A mengakibatkan pembacaan energi (kWh) menjadi sebesar 0,90 kWh pada sistem *star delta* dan 0,70 kWh pada sistem inverter. Konsumsi penggunaan energi listrik setiap harinya untuk pompa yang dicatu sistem *star delta* adalah sebesar 288 kWh/hari dan untuk pompa inverter sebesar 224 kWh/hari. Inverter atau (*variable speed drive*) merupakan komponen elektronika daya yang mirip dengan komponen elektronika lainnya, dimana memiliki waktu estimasi kerusakan komponen yang dapat diestimasikan dalam waktu kurang lebih selama 5 tahun. Sehingga dalam hal ini selisih perbandingan konsumsi energi beserta

biaya *star delta* dan inverter diperhitungkan selama 5 tahun mendatang untuk mengetahui perbandingan konsumsi energi(kWh) dan biaya pada kedua sistem, serta menentukan salah satu pemakaian starter yang akan digunakan kedepannya. Selisih perbandingan energi dan biaya dalam waktu 5 tahun mendatang pada kedua sistem adalah sebesar 117.120 kWh dan biaya sebesar Rp. 130.471.680,00 dimana sistem inverter dalam penelitian ini dapat menggantikan sistem *star delta* dalam kurun 5 tahun mendatang pada pengiritan konsumsi penggunaan energi listrik beserta biaya.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Thoharudin, AS Nugroho, S Ujanto. 2014. 'Optimasi Tinggi Tekan dan Efisiensi Pompa Sentrifugal Dengan Perubahan Sudu Impeler dan Sudut Sudu Keluar Impeler (B2) Menggunakan Simulasi Computational Fluid Dynamics', *Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi*, pp. 35-40. Yogyakarta. Akademi Teknologi Warga Surakarta.
- [2] Nofirman F, BT Notosudjono, Y Rasyid. 2018. 'Diagnosis Kegagalan Chiller Menggunakan Analisis Parameter Operasi' *Center of Technology for System and Infrastructure of Transportation, TIRBR-BPPT Serpong Tangerang Selatan*. 12 (2) :67-78.
- [3] Novian H, D Notosudjono, DB Fiddiansyaha. 2018. 'Energy Saving Berbasis Inverter Pada Motor Induksi Air Handling Unit (AHU) 3 Phasa', *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Elektro, Universitas Pakuan Bogor*. 1 (1) : 1-13.
- [4] Budi A, H. Witono, A Istavara. 2012. 'Pengoperasian Chilled Water Sistem Pada Instalasi Pengolahan Limbah Radio Aktif', *Nuclear Knowledge Management, PPIKSN Tangerang Selatan*. pp. 775-782.
- [5] Jeffri SMP, Prabakti Endramawan, A Hariwibowo. 2016. 'Pembuatan Trainer Instalasi Motor 3 Phase'. *Electrical Engineering and Electrical Engineering Education, Universitas PGRI Madiun*. 1 (2) : 81-90.
- [6] Achmad AM, Indra HS. 2015. 'Pengaruh Kecepatan Sudut Sentrifugal Impeller Terhadap Kapasitas Dan Efisiensi Pompa Sentrifugal'. *Jurnal Online Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya*. 3 (3) : 136-144.
- [7] Wahyu Djalmono P. 2010. 'Pengujian Kinerja Pompa Sentrifugal Menggunakan Kontrol Inverter'. *Faculty of Engineering, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta* . 13(2) : 21-30.
- [8] Siti NH, Melda P. 2017. 'Prototype Rangkaian Inverter DC ke AC 900 Watt'. *Pelita Informatika : Informasi dan Informatika, STMIK Budi Darma Medan*. 6 (1) : 64-66.