

Optimasi Pemakaian Sendiri PLTU dengan Metode Audit Energi pada Motor Listrik 3 Fasa di PLTU X

Rio Afrianda¹, Samsurizal²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Ketanagalistrikan dan Energi Terbarukan, Institut Teknologi PLN, Jakarta, DKI Jakarta.

Informasi Artikel

Naskah Diterima: 9 Oktober 2020

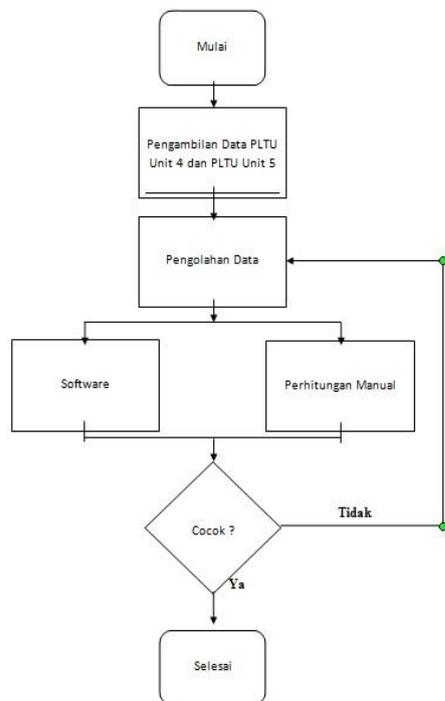
Direvisi: 21 Desember 2020

Disetujui: 21 Desember 2020

***Korespondensi Penulis:**

rio.sttpln@gmail.com

Graphical abstract



Abstract

PLTU X is an industrial power plant with a large consumption of electrical energy for its own use. In ISO50001, every industry with a large Energy Consumption Intensity (IKE) needs to be audited for energy consumption. The company performance contract also regulates that the percentage of own use should not exceed 6% of electricity production. Currently, the percentage of own use in PLTU X unit 5 is greater than unit 4. For this reason, it is necessary to conduct an energy audit for own use with the aim of reducing the percentage of own use in unit 5 by 0.5% from current conditions and finding opportunities for energy savings at PLTU X unit 5. To analyze this problem using the energy audit method, analysis using the performance test method using the "gate cycle" and testing the quality of the voltage source by measuring using power quality analysis. After finding the equipment with the greatest energy consumption, fish bone tools were used to find the main cause of this abnormality.

Keywords: Optimization, Auxiliary Ower, Energy Audit

Abstrak

PLTU X merupakan suatu industri pembangkit listrik dengan konsumsi energi listrik yang besar untuk pemakaian sendiri. Didalam ISO50001 setiap industri dengan Intensitas Kosumsi Energi (IKE) yang besar perlu dilakukan audit kosumsi energi. Pada kontrak kinerja perusahaan juga diatur prosentase pemakaian sendiri tidak boleh melebihi 6% dari produksi listrik. Saat ini Posentase konsumsi pemakain sendiri pada PLTU 5 lebih besar dibandingkan PLTU 4. Untuk itu perlu dilakukan audit energi untuk pemakain sendiri dengan tujuan menurunkan presentase pemakaian sendiri pada unit 5 sebesar 0.5% dari kondisi saat ini dan menemukan peluang penghematan energi pada PLTU 5.

Untuk menganalisis permasalahan ini menggunakan metode audit energi, analisis dengan metode performance test menggunakan "gate cycle" dan pengujian kualitas sumber tegangan dengan pengukuran menggunakan power quality analisis. Setelah ditemukan peralatan dengan komsumsi energi terbesar digunakan tools fish bone untuk menemukan penyebab utama kelainan ini.

Kata kunci: Optimasi, Pemakaian Sendiri, Audit Energi

© 2020 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Manajemen energi adalah suatu penerapan ilmu manajemen di bidang energi untuk meningkatkan efektifitas pemakaian energi oleh manusia maupun oleh industri. Manajemen energi dalam suatu industri pembangkit listrik sangat diperlukan sebagai upaya untuk meningkatkan daya saing suatu pembangkit. Selain itu dengan adanya manajemen energi di suatu pembangkit dapat meningkatkan keuntungan baik dari sektor *financial* maupun sektor lingkungan. Dari sektor *financial* dengan penerapan ilmu manajemen energi maka dengan menggunakan energi seminimal mungkin untuk memperoleh keuntungan semaksimal mungkin.

Tujuan dari penulisan ini untuk mencari peluang untuk menurunkan prosentase pemakaian sendiri hingga 0.5% dari kondisi saat ini.

Sebagai batasan masalah pada penelitian ini dilakukan terhadap motor listrik pemakaian sendiri yang beroperasi dengan tegangan 4,16 kV.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Langkah I dalam melakukan analisa potensi penghematan energi pada PLTU unit 5 menggunakan data dari pengukuran komputer DMPC, pemakaian sendiri dari PLTU 4 dibandingkan dengan data pemakaian sendiri dan PLTU 5. Kemudian dilakukan perbandingan hasil perhitungan intensitas kosumsi dari data tersebut.

Langkah II melakukan pemetaan kosumsi energi dari masing masing unit dengan memparetokan penyumbang kosumsi energi terbesar dari masing masing unit.

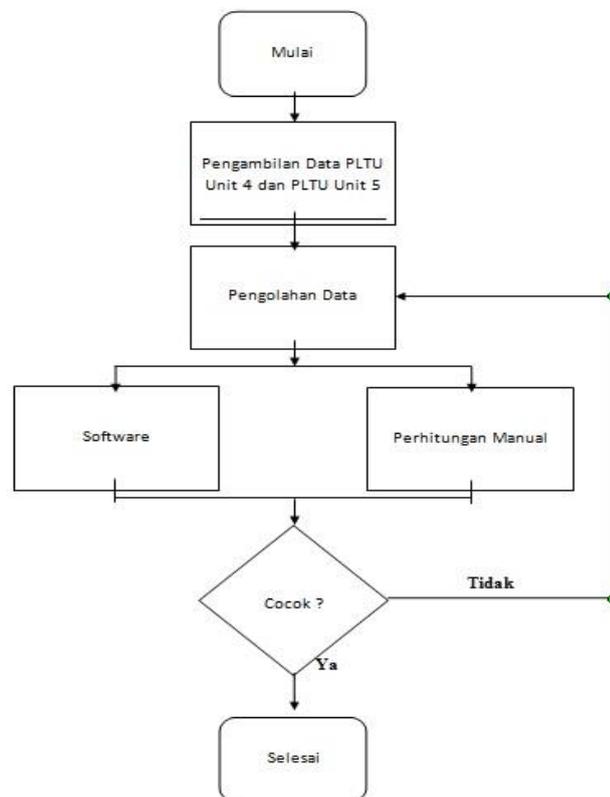
Langkah III melakukan analisa penyebab besarnya kosumsi energi dari peralatan yang telah dipetakan, dengan membandingkan ke standar, data komisioning atau data performa terbaik.

Langkah IV menganalisa pola operasi terbaik untuk peralatan-peralatan dengan kapasitas penyerapan energi besar agar dapat lebih di optimalkan.

Langkah V Melakukan pengukuran setelah dilakukan tindak lanjut dari temuan diatas untuk melihat keberhasilan dari tindak lanjut diatas dan kembali dianalisa.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Secara sederhana proses penelitian Optimasi Pemakaian Sendiri PLTU X dengan Metode Audit Energi pada Motor Listrik 3 Fasa dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.3 Perancangan Penelitian

Audit Energi adalah salah satu klausul dalam ISO 50001 tentang manajemen energi. Audit energi dapat membantu menejer energi dalam menentukan kebijakan untuk mengidentifikasi rugi-rugi (losses) energi, menghitung atau mengukur jumlah rugi-rugi energi, dan mencari peluang penghematan energi untuk menurunkan pemakaian sendiri dari suatu unit pembangkit.

Teknik Audit Energi mengevaluasi efisiensi seluruh proses peralatan/sistem yang memerlukan energi. Orang yang melakukan Audit energy di sebut auditor energi. Auditor energi memulai audit dengan megumpulkan dan mengukur penggunaan energi, menemukan semua sumber energi menuju suatu fasilitas. Kemudian auditor mengidentifikasi aliran energi setiap peralatan pengguna energi, mengukur aliran energi tersebut ke dalam fungsi diskret, mengevaluasi efisiensi setiap fungsi tersebut, dan mengidentifikasi kesempatan penghematan energi dan biaya.

Parameter yang digunakan untuk menentukan keberhasilan audit energi pada motor 4.16 kV adalah:

- 1) *Nett Plant Heat Rate (NPHR)*

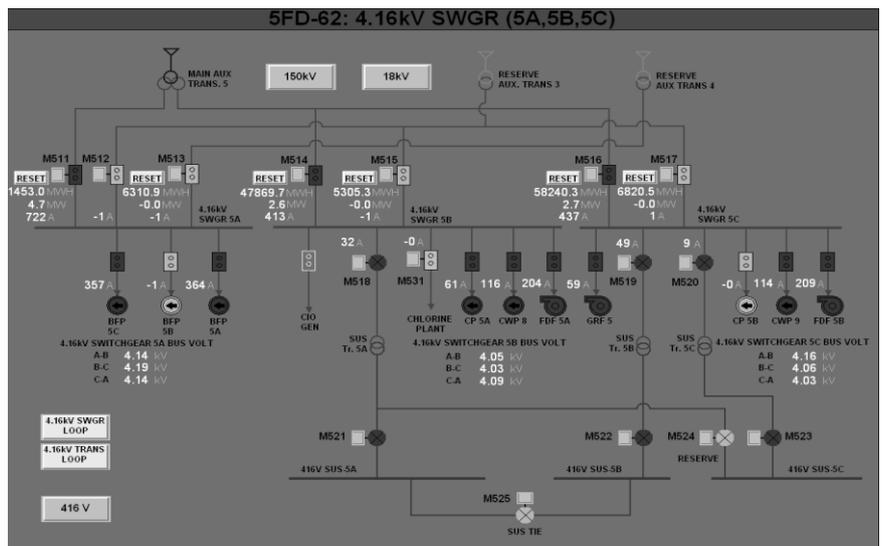
$$NPHR = \frac{\sum kCal \text{ Bahan Bakar}}{\sum kWh \times Energi \times Listrik \times Netto} \dots\dots\dots(1)$$

$$NPHR = \frac{\left[\left(\frac{Volume \text{ Gas mmbtu}}{Volume \text{ BP mmbtu}} \times Energi \text{ BP mscf} \right) \times 252000 \right]}{(Produksi \text{ Total kWh} - Pemakaian \text{ Sendiri kWh})} \dots\dots\dots(2)$$

- 2) *Auxiliary Power*

$$PS = \frac{\text{pemakaian sendiri satu bulan}}{\text{total produksi satu bulan}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Pada suatu sistem kelistrikan pemakaian sendiri pada umumnya terdiri dari Transformator pemakaian sendiri *Main Auxiliary Transformer (MAT)*, *Switchgear 4,16 kV*, *SUS 416 V*, *Motor Control Center (MCC)*, *Uninterrupted PowerSupply (UPS)*, *Emergency Power Supply (EPS)* dan Sumber Listrik Arus Searah (*DC Power Supply*)



Gambar 2. Single Line Diagram PLTU

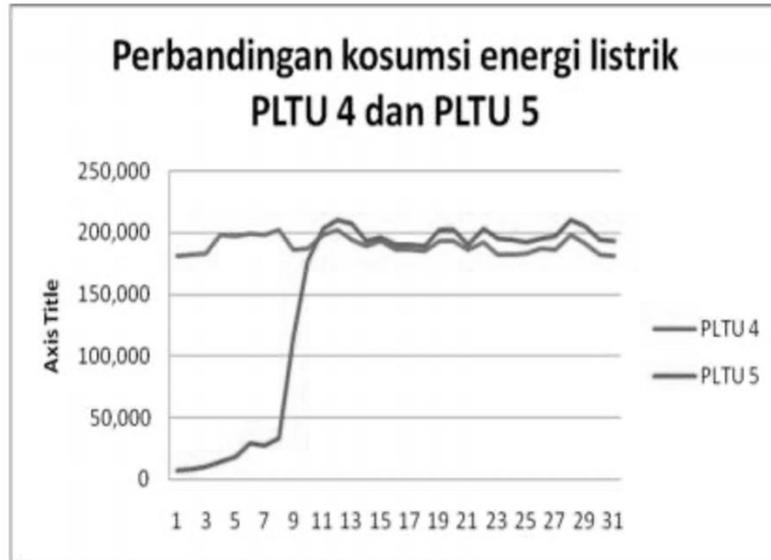
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Simulasi

Konsumsi energi listrik pada peralatan di suatu unit pembangkit selalu di monitor untuk mengetahui konsumsi dari tiap-tiap peralatan dengan tujuan apabila terjadi kejanggalan pada konsumsi suatu peralatan pada pembangkit dapat diketahui sejak dini sehingga dapat dilakukan penanganan secara cepat dan tepat. Seperti pada Tabel 1, Terlihat terdapat selisih yang cukup besar pada pemakaian sendiri antara PLTU 4 dan PLTU 5, Sehingga pada kondisi ini PLTU 5 lebih boros penggunaan energi hingga 258.700 KWH pada bulan Januari 2016, atau jika dihitung dalam rupiah senilai Rp.336.310.000,- lebih boros dari unit 4.

Tabel 1. Tabel Pemakaian Sendiri 2016

TANGGAL	PLTU 4	PLTU 5	Selisih (KWH)
1	181.300	7.000	-174.300
2	182.100	7.900	-174.200
3	182.800	10.000	-172.800
4	198.600	13.900	-184.700
5	197.300	18.300	-179.000
6	199.200	29.600	-169.600
7	197.900	27.400	-170.500
8	202.200	33.100	-169.100
9	186.600	114.700	-71.900
10	187.000	176.700	-10.300
11	198.000	202.900	4.900
12	202.100	209.700	7.600
13	194.500	207.400	12.900
14	189.000	192.900	3.900
15	193.400	196.000	2.600
16	186.200	189.800	3.600
17	186.000	189.800	83.800
18	185.500	189.300	3.800
19	193.000	201.800	8.800
20	192.900	202.300	9.400
21	186.200	190.300	4.100
22	192.400	202.600	10.200
23	181.900	194.500	12.600
24	181.800	194.100	12.300
25	182.700	192.000	9.300
26	187.200	195.200	8.000
27	186.400	197.000	10.600
28	197.800	210.000	12.200
29	191.000	205.000	14.000
30	182.000	194.300	12.300
31	181.200	193.000	11.800
Total Selisih Satu Bulan			258.700 KWH
Harga Listrik Rp/KWH			Rp 1300
Nilai kerugian			Rp 336.310.000



Gambar 3. Selisih NPHR PLTU 4 dengan PLTU 5

3.2 Analisis Kosumsi Energi pada PLTU 4 dan PLTU 5

Dari data pengukuran di PLTU 4 dan PLTU 5 pada saat beban yang sama untuk beban-beban mulai dari tegangan 4160 Volt hingga 380 untuk mengetahui performa masing masing peralata, dengan cara membandingkan performa saat ini dengan performa saat komisioning. Dengan menggunakan persamaan:

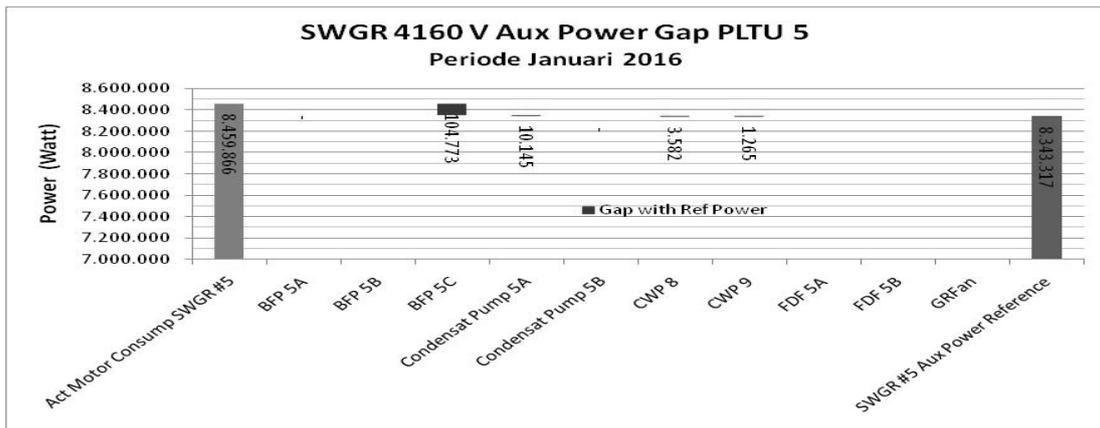
$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \Theta \dots\dots\dots(4)$$

Tabel 2. Tabel Pengukuran SWGR 4

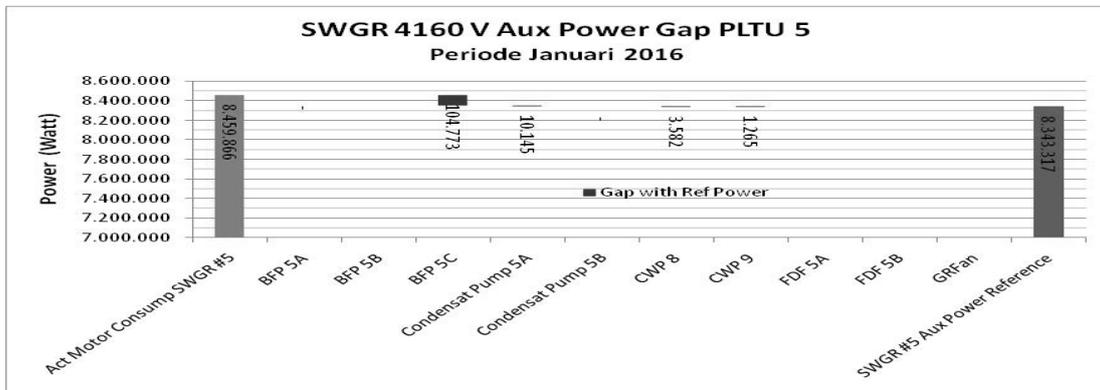
SWGR PLTU 4			
Peralatan	P act	P ref	P loss
	Watt		
BFP 4A	-	-	-
BFP 4A	2.019.896	2.013.402	6.494.8
BFP 4A	2.045.876	2.019.896	25.979.4
CP 4A	280.378	280.378	0
CP 4B	-	-	-
CWP 5	634.122	634.122	0.1
CWP 6	660.713	655.531	5.181.7
CWP 7	-	-	-
FDF 4A	1.053.819	1.053.819	0
FDF 4B	1.012.706	1.012.706	0
GRF	253.150	250.100	3.050
Total	7.960.663	7.919.957	40.706

Tabel 3. Tabel Pengukuran SWGR 5

SWGR PLTU 5			
Peralatan	P act	P ref	P loss
	Watt		
BFP 4A	-	-	-
BFP 4A	2.135.752	2.135.753	-0.4
BFP 4A	2.242.965	2.138.196	104.773
CP 4A	300.314	290.168	10.145
CP 4B	-	-	-
CWP 5	651.971	648.398	3.581
CWP 6	637.012	635.748	1.264
CWP 7	-	-	-
FDF 4A	1.070.351	1.072.505	-2.153
FDF 4B	1.040.091	1.041.153	-1.061
GRF	381.402	381.403	-0.5
Total	8.459.865	8.343.316	116.548

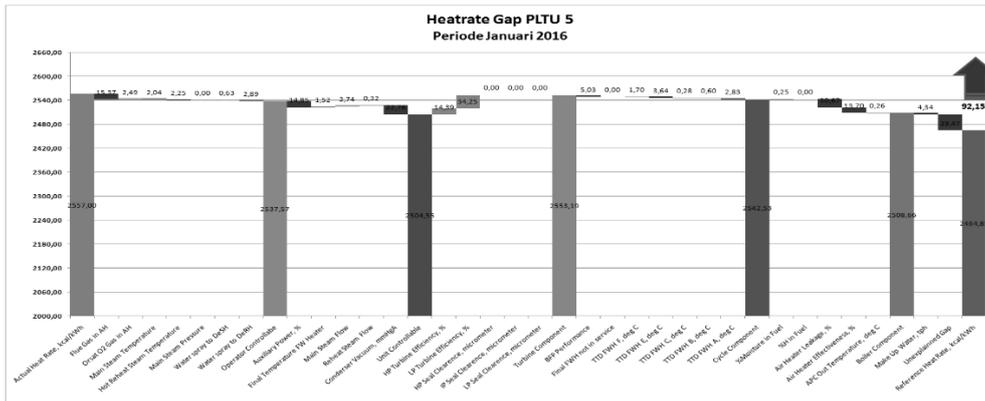


Gambar 4. Pareto SWGR 4160 Volt PLTU 4



Gambar 5. Pareto SWGR 4160 Volt PLTU 5

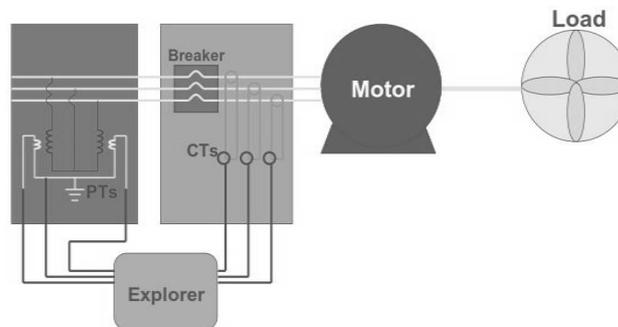
Dari review terhadap power gap motor motor peralatan *auxiliary* PLTU 4 dan PLTU 5 dengan *power reference* terhadap data komisioning diketahui beberapa peralatan yang mempunyai *gap power* cukup besar sebagai berikut



Gambar 7. Pareto Hasil Performance Test PLTU 4

3.4 Analisis Performance Test PLTU 4 dan 5

Untuk mengetahui kinerja masing-masing motor PT PJB Bekerjasama dengan Pihak ketiga untuk melakukan pengukuran. dengan melakukan pengukuran motor-motor dengan alat *Power Quality Analyzer*



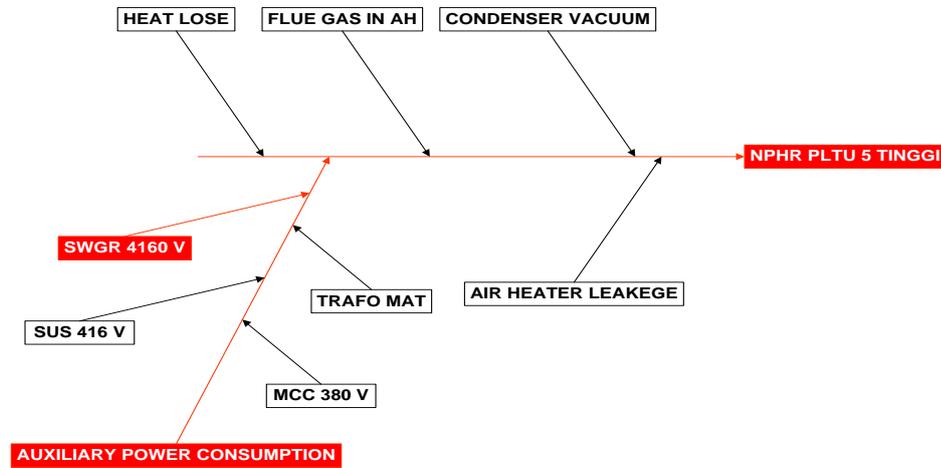
Gambar 8. Cara Pemasangan Power Quality Analysis

Tabel 7. Tabel Hasil Pengukuran menggunakan Power Quality Analysis

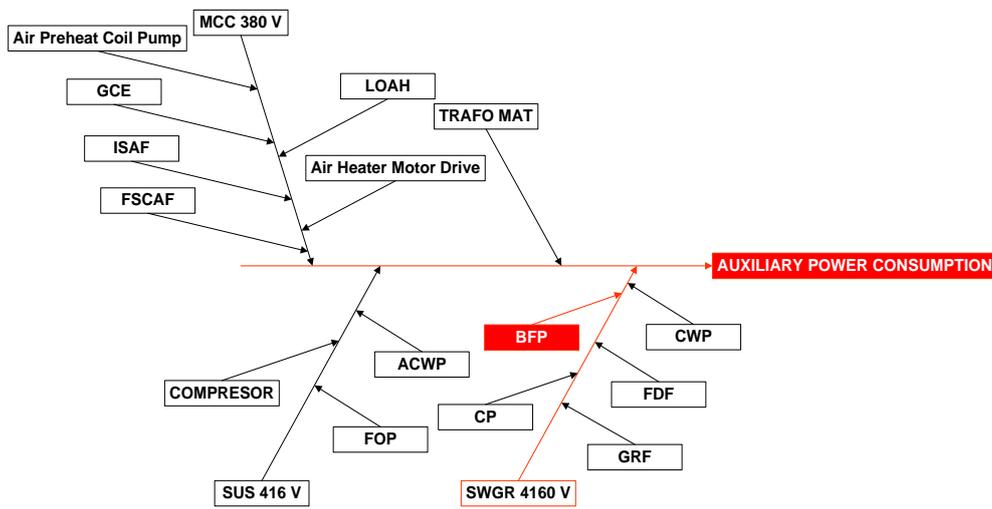
No.	Motor ID	Power Quality	Current Unbalance
1	BFP 4A	Pass	Pass
2	BFP 4B	Pass	Pass
3	BFP 4C	Pass	Pass
4	CP 4A	Pass	Pass
5	CP 4B	Pass	Pass
6	CWP 6	Pass	Pass
7	CWP 7	Pass	Pass
8	DFD 4A	Pass	Pass
9	DFD 4B	Pass	Pass
10	Gas Recirculation Fan 4	Pass	Pass
11	BFP 5A	Pass	Pass
12	BFP 5B	Pass	Pass
13	BFP 5C	Pass	Pass
14	CP 5A	Pass	Pass
15	CP 5B	Pass	Pass
16	CWP 8	Pass	Pass
17	CWP 9	Pass	Pass
18	DFD 5A	Pass	Pass
19	DFD 5B	Pass	Pass
20	Gas Recirculation Fan 5	Pass	Pass

3.5 Analisis Akar Masalah dengan Fish Bone Diagram

Untuk menemukan akar permasalahan dari tingginya penyerapan energi listrik dari PLTU 5 dibuat *fish bone* diagram untuk mempermudah dalam menemukan akar permasalahan.

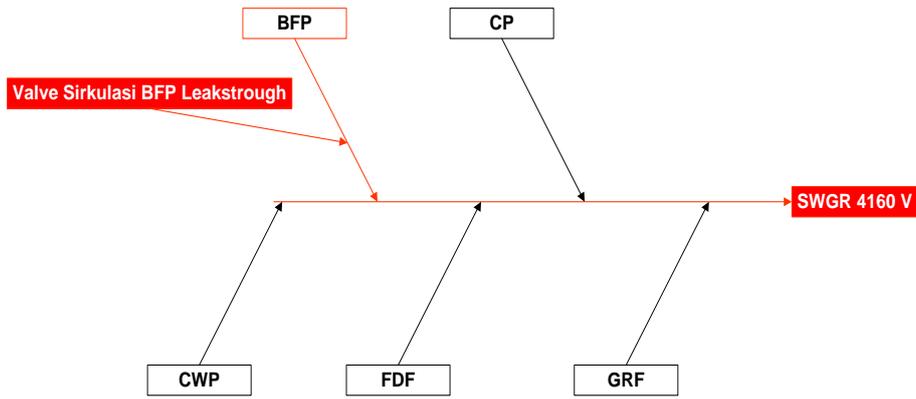


Gambar 9. Fish Bone NPHR



Gambar 10. Fish Bone Auxiliary Power

Dari hasil analisa menggunakan *fish bone* di dapatkan penyumbang tingginya berasal dari SWGR 4160 Volt, dan apabila di lakukan penarikan akar permasalahan selanjutnya di dapatkan permasalahan besarnya kosumsi pemakaian energi listrik pada SWGR 4160 Volt berasal dari BFP 5B yang di sebabkan oleh *leakstrough* pada valve sirkulasi yang menyebabkan BFP bekerja lebih berat untuk memompakan air menuju drum, karena sebagian air yang di pompakan menuju drum kembali ke deaerator lewat kebocoran pada Valve sirkulasi



Gambar 11. Fish Bone SWGR 4160 Volt

3.5 Analisis Nilai Penghematan Energi

Dengan mengambil peluang di atas dapat dilakukan penghematan sebesar 266.46 KW per jam atau 6.3 MW per hari. Dan dapat menurunkan pemakaian sendiri sebesar 0.29 % dari 5.82 % menjadi 5.53 %

$$PS = \frac{\text{pemakaian sendiri satu bulan} - (6.3 \text{ MW} \times 23 \text{ hari})}{\text{total produksi satu bulan}} \times 100\%$$

$$\text{Pemakaian Sendiri} = \frac{2921.7 - (6.3 \times 23 \text{ hari})}{50.193.3 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$\text{Pemakaian Sendiri} = 5.53\%$$



Gambar 12. Grafik Pemakaian Sendiri Setelah Dilakukan Audit

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Hasil simulasi dari Optimasi Pemakaian Sendiri PLTU X dengan Metode Audit Energi pada Motor Listrik 3 Fasa menghasilkan beberapa kesimpulan, yaitu:

- a. Dari penelitian di atas di dapatkan yang menjadi penyebab terbesar tingginya prosentase pemakaian sendiri dari PLTU 5 berasal dari BFP 5C .
- b. BFP 5C yang menyumbang sekitar 250 KW lebih boros setiap jam atau lebih boros 0.29% dari seharusnya, yang disebabkan oleh kebocoran pada valve sirkulasi dan mengakibatkan beban kerja dari BFP menjadi lebih besar.
- c. Salah satu penyebab tingginya NPHR pada PLTU 5 karena nilai vakum kondenser sebesar 690 mmHg. Disebabkan banyak menghisap lumpur/kotoran.

4.2 Saran

Dalam penelitian ini masih banyak sekali kekurangan dan ketidaksempurnaan. Untuk itu, perlu dilakukan pengembangan agar ke depannya menjadi sempurna ataupun lebih baik lagi sehingga memiliki beberapa saran, diantaranya:

- a. Melakukan *change over* peralatan setiap sebulan sekali untuk memantau kesiapan dan kehandalan tiap peralatan.
- b. Melakukan pengecekan berkala terhadap kualitas daya listrik.
- c. Melakukan perbaikan dan penggantian pada peralatan-peralatan yang sudah tidak efisien pada PLTU 4 maupun PLTU 5 saat overhoul untuk menurunkan NPHR.

REFERENSI

- [1] Appiarius, J. C. Electric Utility System And Practice. Edited by Homer M. Rustebakke. New York: John Wiley & Sons, 1983.
- [2] Cengel, Y. A. and Michael A. Boles. Thermodynamics: An Engineering Approach. Singapore : McGraw- Hill, 1989.
- [3] Eastop, T. D. and D. R. Croft. Energy Efficiency. Harlow : Longman, 1990.
- [4] El-Wakil, M.M. Power Plant Technology. New York: Butterworths, 1984.
- [5] Cogeneration Pembangkit Listrik yang Ideal, Deni Almanda, FT UGM, Yogyakarta, 1999.
- [6] Miller, R. H. and James H. Malinowski. Power System Operation. Singapore: McGraw-Hill International Editions, 1994.
- [7] Reynolds, W. C. and Henry C. Perkins. Engineering Thermodynamics . Translated by Filino Harahap. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1977.