

ANALISIS KUALITAS DAYA LISTRIK DAN DAMPAKNYA TERHADAP OPERASI PABRIK PT. PAMIN MEDAN

Arnold Noverson Laia¹, Rahmaniar²

Universitas Pembangunan Panca Budi Medan

e-mail: ¹arnoldlaia2021@gmail.com, ²rahmaniar@dosen.pancabudi.ac.id

Abstract: *The primary energy used in the production process of PT. PAMIN is electrical energy and thermal energy. Electrical energy is supplied by PT. PLN (Persero) with a contracted power of 5540 kVA, and has 5 transformer units with a capacity of 2500 kVA (1 unit), 2,000 kVA (2 units), and 1,250 kVA (2 units). From the analysis of several potential energy savings on the supply side of the electrical system, the following can be noted: Unbalanced loads can result in a decrease in system efficiency by 2%. Optimization of the performance of the capacitor bank regulator so that the work factor reaches the optimum value (0.9). Transformer replacement is carried out according to optimal loading and maximum efficiency from 9000 kVA to 6660 kVA. This replacement will reduce losses to zero load which is usually 3%.*

Keyword: *Electrical Energy, Transformer, Power Factor*

Abstrak: Energi primer yang digunakan dalam proses produksi PT. PAMIN adalah energi listrik dan energi termal. Energi listrik dipasok oleh PT. PLN (Persero) dengan daya kontrak 5540 kVA, dan memiliki 5 unit transformator dengan kapasitas 2500 kVA (1 unit), 2.000 kVA (2 unit), dan 1.250 kVA (2 unit). Dari analisis beberapa potensi penghematan energi sisi suplai sistem kelistrikan dapat dicatat sebagai berikut: Beban yang tidak seimbang dapat mengakibatkan penurunan efisiensi sistem sebesar 2%. Optimalisasi kinerja regulator bank kapasitor sehingga faktor kerja mencapai nilai optimum (0,9). Penggantian transformator dilakukan sesuai dengan pembebanan optimal dan efisiensi maksimum dari 9000 kVA menjadi 6660 kVA. Penggantian ini akan mengurangi rugi-rugi hingga beban nol yang biasanya sebesar 3%.

Kata kunci: Energi Listrik, Transformator, Faktor Daya

PENDAHULUAN

PT. Pacific Medan Industri (PAMIN) yang berada di kawasan industri modern Medan yang didirikan pada tahun 1998, merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pangan yang memproduksi produk berbasis palmoil seperti minyak samin, *shortening*, margarin, minyak goreng, lemak khusus, botol PET termasuk metal *printing* (percetakan), tin (kaleng) dan jerigen untuk kemasan. Perusahaan berkomitmen untuk menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dan memenuhi standar internasional untuk memenuhi keamanan pangan seperti menerapkan ISO 9001 yang merupakan standar internasional untuk

sistem manajemen mutu yang bertujuan untuk menjamin bahwa perusahaan akan memberikan produk yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Energi listrik dipasok oleh PT. PLN (Persero) dengan kontrak daya sebesar 5.540 kVA, dan memiliki 5 unit trafo dengan kapasitas 2.500 kVA (1 unit), 2.000 kVA (2 unit), dan 1.250 kVA (2 unit).

Energi listrik merupakan salah satu energi yang banyak digunakan hampir di seluruh sisi kehidupan (Sukadana et al., 2021). Pusat pusat pembangkit listrik yang ada harus dapat selalu memenuhi kebutuhan beban yang berubah-ubah serta daya yang tersedia dalam sistem tenaga listrik haruslah cukup untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik untuk pelanggan.

Masalah yang unik dalam operasi sistem tenaga listrik adalah daya yang dibangkitkan atau yang diproduksi haruslah selalu sama dengan daya yang dikosumsi oleh pemakai tenaga listrik yang secara teknis umumnya dikatakan sebagai beban sistem.

Transformator merupakan alat yang dapat menyalurkan energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik kerangkaan listrik yang lainnya berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik (Permata & Lestari, 2020). Transformator biasa digunakan untuk mantransformasikan tegangan listrik (menaikkan atau menurunkan tegangan listrik). Salah satu penyebab berkurangnya umur penggunaan transformator adalah pembebanan, pembebanan mengakibatkan peningkatan temperatur pada transformator (Latuny et al., 2023). Kenaikan temperatur pada transformator juga dipengaruhi oleh temperatur lingkungan sekitar transformator beroperasi. Panas yang berlebihan pada transformator dapat merusak isolasi dan mengubah viskositas dari minyak trafo (Maruf & Primadiyono, 2021).

Salah satu dari macam-macam kualitas daya diantaranya adalah faktor daya, harmonisa, tegangan kedip, perubahan frekuensi dan ketidakseimbangan tegangan dan fasa. Faktor daya merupakan salah satu indikator baik buruknya kualitas daya listrik. Faktor daya sendiri besarnya dipengaruhi oleh jenis beban yang dipakai. Beban memiliki sifat resistif, induktif, dan kapasitif. Nilai faktor daya dibatasi dari 0 hingga 1, semakin besar nilai faktor daya yaitu mendekati 1 (daya aktif besar) maka sistem kelistrikan tersebut akan semakin bagus. Sebaliknya semakin rendah faktor daya yaitu mendekati 0 (daya reaktif besar) maka semakin sedikit daya yang bisa dimanfaatkan dari sejumlah daya tampak yang sama. Agar energi listrik dapat dimanfaatkan dengan optimal maka diperlukan pemantauan serta perbaikan pada faktor daya dengan cara pengurangan daya reaktif pada jaringan listrik (Fartino et al., 2020). Beban yang bersifat induktif

menyebabkan rendahnya kualitas faktor daya (Lisiani et al., 2020).

METODE

Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data penelitian, ada banyak alat atau cara untuk menyelesaikan atau memecahkan suatu masalah dengan aturan khusus (Rijal Fadli, 2021). Adapun beberapa pedoman dalam penulisan ini diberikan dalam langkah-langkah berikut:

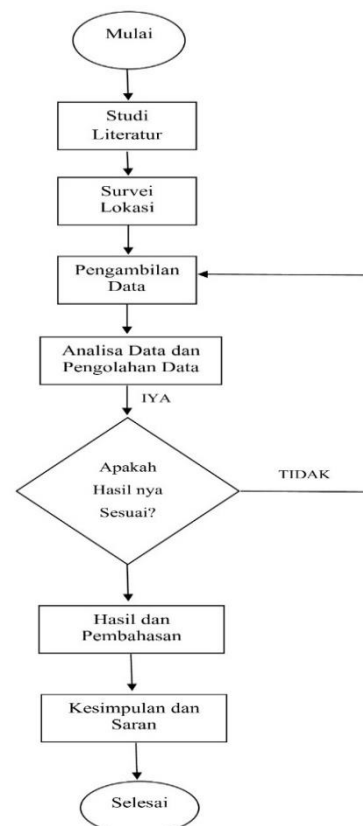
1. Observasi

Dengan teknik observasi ini, pengumpulan data dilakukan dengan cara meninjau langsung tempat penelitian untuk mendapatkan informasi yang diperlukan untuk kebutuhan penelitian.

2. Wawancara

Untuk mendapatkan data yang baik, wawancara dilakukan peneliti kepada pihak terkait yang berhubungan.

Flowchart



Gambar 1 Flowchart

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Kualitas Daya

Kualitas daya sangat erat hubungannya dengan hal-hal sebagai berikut:

1. Fluktuasi tegangan, merupakan rentang perubahan tegangan maksimum dan minimum. Besarnya tegangan sangat berpengaruh terhadap pengoperasian suatu peralatan. Apabila tegangan yang disuplai ke beban melebihi tegangan nominalnya maka akan terjadi over voltage dan kemungkinan terjadinya gradien tegangan lebih besar, dan bisa menyebabkan discharge. Sebaliknya bila tegangannya rendah jauh melebihi tegangan nominalnya, akan berakibat terhadap tidak berfungsinya peralatan listrik dengan baik, dan juga dapat menyebabkan arus lebih. Fluktuasi tegangan menunjukkan karakteristik fluktuasi beban konsumen, semakin rendah fluktuasi tegangan menunjukkan kondisi beban cukup baik.
2. Ketidak seimbangan tegangan merupakan prosentase perbedaan tegangan antar fasa. Ketidak seimbangan tegangan terjadi apabila tegangan tiap fasa mempunyai besar dan sudut tegangan yang tidak standar, sehingga tegangan antara fasa tidak sama. Ketidak seimbangan tegangan sangat berpengaruh terhadap beban tiga fasa seperti transformator dan motor. Hal ini akan menyebabkan kenaikan temperatur, rugi-rugi panas dan energi serta penurunan kemampuan operasi.
3. Ketidak seimbangan arus beban. Idealnya arus masing-masing fasa sebaiknya sama besar. Bila arus fasa tidak seimbang, maka akan berakibat terhadap pemanasan peralatan terutama pada transformator dan motor.
4. Harmonisa tegangan merupakan gelombang distorsi yang merusak bentuk gelombang fundamental (sinusoidal) tegangan, sehingga bentuk gelombang tegangan menjadi buruk (tidak sinusoidal murni). Harmonisa tegangan ini dapat menyebabkan terjadinya pemanasan dan kualitas operasi yang buruk pada kinerja peralatan.
5. Harmonisa arus merupakan gelombang distorsi yang merusak bentuk gelombang fundamental (sinusoidal) arus, sehingga bentuk gelombang arus menjadi buruk (tidak sinusoidal murni). Penyebab utama timbulnya harmonik arus adalah adanya peralatan listrik yang bersifat non linier, seperti komputer, inverter, UPS, DC drive dan battery chargers. Adanya harmonisa arus ini dapat menyebabkan beberapa kerugian pada peralatan di antaranya overheating, penurunan life time peralatan dan rugi-rugi energi.
6. Faktor daya merupakan pergeseran fasa antara tegangan dan arus, yang didapatkan dari perkalian bilangan kompleksnya. Faktor daya dapat bersifat leading (arus mendahului tegangan) dan dapat juga lagging (arus tertinggal dari tegangan). Faktor daya leading disebabkan oleh beban yang bersifat kapasitif dan lagging karena beban induktif. Faktor daya yang rendah dapat menyebabkan peningkatan rugi-rugi pada saluran, tidak optimalnya kontrak daya (kVA) dan biaya tambahan akibat denda faktor daya.

Berkaitan dengan kualitas daya listrik pada PT. PAMIN, perlu dilakukan pengukuran di beberapa titik terutama pada sisi MDP (Main Distribution Panel) dan SDP (Sub Distribution Panel), namun pada saat melakukan pengukuran terdapat banyak kendala seperti, sempitnya ruang gerak untuk melakukan pengukuran, kesulitan dalam memasang alat ukur dan lain sebagainya.

Pengukuran dengan alat ukur pada trafo-1 dengan kapasitas 2.000 kVA dengan hasil seperti dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Trafo-1 (2.000 kVA)

No	Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T
1	Tegangan (V)	404,00	407,00	407,00
2	Arus (I)	96,80	65,10	125,10
3	Daya (P)	31,60	35,10	53,60
4	Harmonik Tegangan (THD V %)	4,05	4,06	4,06
5	Harmonik Arus (THD I %)	27,40	19,80	13,40
6	Faktor Daya (PF)	0,46	0,76	0,61
7	Daya Reaktif (Q)	59,90	29,60	70,00

Pengukuran dengan alat ukur pada trafo-2 dengan kapasitas 2.500 kVA dengan hasil seperti dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Trafo-2 (2.500 kVA)

No	Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T
1	Tegangan (V)	386,00	386,00	385,00
2	Arus (I)	36,90	34,70	36,00
3	Daya (P)	22,80	20,70	21,30
4	Harmonik Tegangan (THD V %)	2,50	2,50	2,90
5	Harmonik Arus (THD I %)	23,30	26,10	26,40
6	Faktor Daya (PF)	0,92	0,89	0,89
7	Daya Reaktif (Q)	9,40	10,50	10,90

Pengukuran dengan alat ukur pada trafo-3 dengan kapasitas 2.000 kVA dengan hasil seperti dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Trafo-3 (2.000 kVA)

No	Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T
1	Tegangan (V)	389,00	384,00	381,00
2	Arus (I)	257,00	248,00	262,00
3	Daya (P)	127,90	115,00	123,60
4	Harmonik Tegangan (THD V %)	5,10	4,50	5,30
5	Harmonik Arus (THD I %)	8,70	8,20	7,70
6	Faktor Daya (PF)	0,74	0,70	0,71
7	Daya Reaktif (Q)	116,10	117,70	120,90

Pengukuran dengan alat ukur pada trafo-4 dengan kapasitas 1.250 kVA dengan hasil seperti dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengukuran Trafo-4 (1.250 kVA)

No	Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T
1	Tegangan (V)	387,00	386,00	383,00
2	Arus (I)	214,00	215,00	194,50
3	Daya (P)	100,70	99,20	88,70
4	Harmonik Tegangan (THD V %)	3,70	3,00	4,60
5	Harmonik Arus (THD I %)	8,10	6,80	11,00
6	Faktor Daya (PF)	0,70	0,69	0,69
7	Daya Reaktif (Q)	101,50	104,00	93,50

Pengukuran dengan alat ukur pada trafo-5 dengan kapasitas 1.250 kVA dengan hasil seperti dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengukuran Trafo-5 (1.250 kVA)

No	Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T
1	Tegangan (V)	392,00	388,00	389,00
2	Arus (I)	230,00	239,00	229,00
3	Daya (P)	128,20	130,30	124,70
4	Harmonik Tegangan (THD V %)	3,90	5,20	4,80
5	Harmonik Arus (THD I %)	5,30	5,10	5,90
6	Faktor Daya (PF)	0,82	0,81	0,81
7	Daya Reaktif (Q)	89,80	93,70	90,40

Dari hasil pengukuran kualitas daya listrik terlihat bahwa:

1. Terjadi ketidak seimbangan beban yang didasarkan pada besarnya arus yang dilayani oleh masing-masing fasa pada sebagian trafo yang diukur (trafo-1, trafo-3, dan trafo-4) seperti ditunjukkan pada tabel 6. Ketidak seimbangan beban ini juga menyebabkan terjadinya ketidak seimbangan arus.

Tabel 6 Hasil Ketidak Seimbangan Arus pada Trafo

No	Panel	Arus (I)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
1	Trafo-1	96.8	65.1	125.1
2	Trafo-3	257.0	248.0	262.0
3	Trafo-4	214.0	215.0	194.5

2. Beberapa panel mengalami faktor daya yang sangat rendah yaitu 0,46 dan yang tertinggi mencapai 0,92 seperti ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7 Panel Dengan Faktor Daya Rendah

No	Panel	Faktor Daya (PF)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
1	Trafo-1	0,46	0,76	0,61
2	Trafo-3	0,74	0,70	0,71
3	Trafo-4	0,70	0,69	0,69
4	Trafo-5	0,82	0,81	0,81

3. Beberapa panel (trafo-1 dan trafo-4) mengalami fluktuasi daya reaktif

yang cukup tajam seperti ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8 Panel Dengan Daya Reaktif Cukup Tajam

No	Panel	Faktor Daya (PF)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
1	Trafo-1	59,90	29,60	70,00
2	Trafo-4	101,50	104,00	93,50

Hasil Pengukuran Kelistrikan Sisi Suplai

Dari analisis di atas beberapa potensi penghematan energi sistem kelistrikan sisi suplai dapat dicatat sebagai berikut:

Penyeimbangan Beban

Beban yang tidak seimbang dapat mengakibatkan penurunan efisiensi sistem sebesar 2%. Pengoptimalan kinerja regulator kapasitor bank sehingga faktor kerja kembali mencapai nilai optimumnya (0,9). Losses yang timbul karena rendahnya faktor daya dapat dihitung berdasarkan pada pendekatan berikut:

$$\text{Losses} = 1 - \left(\frac{\text{PF rendah}}{\text{PF tinggi}} \right)^2$$

Pada Trafo-1:

$$\text{Losses} = 1 - (0,47/0,9)^2 = 0,7399$$

$$\text{Potensi losses} = 0,7399 \times 100\% = 73,99\%$$

Pada Trafo-3:

$$\text{Losses} = 1 - (0,69/0,9)^2 = 0,4171$$

$$\text{Potensi losses} = 0,4071 \times 100\% = 41,71\%$$

Pada Trafo-4:

$$\text{Losses} = 1 - (0,69/0,9)^2 = 0,4171$$

$$\text{Potensi losses} = 0,4171 \times 100\% = 41,71\%$$

Pada Trafo-5:

$$\text{Losses} = 1 - (0,81/0,9)^2 = 0,1000$$

$$\text{Potensi losses} = 0,1000 \times 100\% = 10,00\%$$

SIMPULAN

Pada penggunaan energi listrik pada PT. PAMIN ada beberapa panel yang diukur terjadi ketidakseimbangan beban, faktor daya yang rendah, THD tegangan dan THD arus yang berfluktuasi. Terdapat beberapa penghematan energi listrik yaitu penyeimbangan beban akibat ketidakseimbangan arus, pengoptimalan kinerja regulator kapasitor bank, pengurangan THD, baik THD arus maupun THD tegangan, pemasangan ballast elektronik untuk mengganti ballast biasa lampu TL, dan penggantian transformator sehingga sesuai dengan pembebanan optimum dan efisiensi maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

Fartino, N., Tarmizi, T., & Syukri, M. (2020). KAJIAN PERANCANGAN ALAT PERBAIKAN FAKTOR DAYA OTOMATIS. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 5(1). <https://doi.org/10.24815/kitektro.v5i>

Latuny, I., Latupeirissa, H. L., & Jamlaay, M. (2023). ANALISA PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP SUSUT UMUR TRANSFORMATOR DISTRIBUSI

JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20 KV PADA PENYULANG LAHA. *Jurnal ELKO (Elektrikal Dan Komputer)*, 2(2). <https://doi.org/10.54463/je.v2i2.46>

Lisiani, Razikin, A., & Syaifurrahman. (2020). Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi). *Jurnal Untan*, 1(3).

Maruf, A., & Primadiyono, Y. (2021). Analisis Pengaruh Pembebanan Dan Temperatur Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga 60 Mva Unit 1 Dan 2 Di Gi 150 Kv Kalisari. *Edu Elekrika Journal*, 10(1).

Permata, E., & Lestari, I. (2020). MAINTENANCE PREVENTIVE PADA TRANSFORMATOR STEP-DOWN AV05 DENGAN KAPASITAS 150KV DI PT. KRAKATAU DAYA LISTRIK. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, 3(1), 485–493.

Rijal Fadli, M. (2021). Memahami desain metode penelitian kualitatif. *Humanika, Kajian Ilmiah Mata Kuliah Umum*, 21(1), 33–54. <https://doi.org/10.21831/hum.v21i1>

Sukadana, I. W., Prayoga, D., & Suriana, I. W. (2021). Sistem Monitoring dan Audit Energi Listrik Berbasis Internet Of Things (IOT). *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 7(2). <https://doi.org/10.24036/jtev.v7i2.112081>