

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PABRIK KERTAS DENGAN MEMPERTIMBANGKAN POWER FAKTOR DAN MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK DI PT DAYASA ARIA PRIMA

Rezza Agung Fahlevi¹, Prihono²

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.

Jl. Dukuh Menanggal XII, Dukuh Menanggal, Kec. Gayungan, Kota Surabaya, Jawa Timur 60234.

*Email: rezzaagungfahlevi@gmail.com

Abstract

This study aims to determine the increase in paper mill productivity with the ETAP 12.6 simulation method. The progress of the company as a business organization has increased activity, increased performance and increased productivity in the electrical system at PT Dayasa Aria Prima to take strategic steps in minimizing expenditure costs on the electrical system and developing an electrical system based on ETAP 12.6 analysis and simulation at PT Dayasa Aria Prima. Changes in the value of the power factor will have an impact on decreasing the value of $\cos \phi$. Based on the analysis and simulation of ETAP 12.6 it is known that the power factor of PT. Dayasa Aria Prima is around 0.70% where the company has to pay a fine to PLN. To eliminate or eliminate fines, an increase is made to meet the standard requirements for power factor which must be more than 0.85%. Installing a capacitor bank with a power factor is an effective and efficient way to increase productivity so that companies can control and measure the productivity and cost efficiency of the company.

Keywords: *Productivity improvement, Power Factor, Capacitor Bank*

1. Pendahuluan

Perkembangan industri pada saat ini menuntut industri untuk terus meningkatkan produktivitas dan memperbaiki kinerja agar dapat bersaing. Peningkatan produktivitas dapat dicapai dengan cara meningkatkan produktivitas sistem kelistrikan di PT Dayasa Aria Prima. Secara segi ekonomi, biaya *energy* listrik sangat berpengaruh pada pabrik kertas di PT Dayasa Aria Prima. Oleh karena itu kajian dalam artikel ini difokuskan pada langkah-langkah strategis yang dapat dilakukan untuk meminimalkan biaya pengeluaran operasional pada sistem kelistrikan dan pengembangan sistem kelistrikan berdasarkan analisis dan simulasi ETAP 12.6 di pabrik kertas PT Dayasa Aria Prima.

PT. Dayasa Aria Prima merupakan perusahaan yang berbisnis pada produksi kertas, anak perusahaan PT. Fajar Paper Surya Wisesa Tbk. Berkedudukan di Jalan Raya Driyorejo No. Km 25, Dusun Karanglo, Kecamatan Driyorejo, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur.

Permasalahan yang timbul di PT. Dayasa Aria Prima adalah perubahan pada nilai faktor daya reaktif (kVAR), perubahan nilai faktor daya akan berdampak pada menurunnya nilai $\cos \phi$. Berdasarkan analisa dan simulasi *software* ETAP 12.6 menemukan bahwa faktor daya PT. Dayasa Aria Prima sekitar 0,70% artinya PT. Dayasa Aria Prima harus membayar lebih banyak ke PLN untuk pinalti daya reaktif *power* atau membayar lebih banyak ke PGN (Perusahaan Gas Negara) jika Gas Turbin (GT) naik dengan daya faktor rendah untuk mengkompensasi faktor daya PLN.

Oleh karena itu PT. Dayasa Aria Prima berencana untuk meningkatkan untuk memenuhi persyaratan standar faktor daya yang harus lebih dari 0,85%. Untuk menghilangkan denda atau pinalti pada sistem kelistrikan PT. Dayasa Aria Prima dengan cara memasang kapasitor bank dengan faktor daya di targetkan mencapai 0.95%.

Penambahan pemasangan kapasitor bank inilah metode yang berhasil dan efisien untuk mengatasi perbaikan nilai $\cos \phi$ menurun pada *power faktor*. Selain menghilangkan denda atau pinalti PT. Dayasa Aria Prima juga meningkatkan

produktivitas untuk mengetahui total biaya yang dikeluarkan setiap bulan nya dalam satuan rupiah, sehingga biaya pengeluaran produktivitas menjadi lebih efisien.

2. Landasan Teori

Setiap bisnis harus memprioritaskan produktivitas karena produktivitas yang lebih tinggi berarti pendapatan yang lebih tinggi (Pristianingrum, 2017). Akibat penggunaan energi listrik yang tidak efisien, PT. Dayasa Aria Prima mengalami penurunan laba yang pada gilirannya menurunkan laba yang dihasilkan. (Bakar dkk., 2017) Perusahaan harus memutuskan tindakan korektif untuk meningkatkan produktivitas maka demikian, harus dilakukan analisis untuk mengidentifikasi penyebab dan *variabel* yang mempengaruhi penurunan kualitas tenaga listrik di PT. Dayasa Aria Prima.

Dalam rangkaian arus bolak-balik (AC), tegangan dan arus menghasilkan sudut cosinus, yang merupakan faktor daya. Faktor daya yang sering disebut dengan $\cos \phi$ adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan beda fasa potensial antara tegangan dan arus pada arus AC (Purwadi, 2019).

Peralatan listrik untuk meningkatkan faktor daya (pf) disebut kapasitor bank, yang terdiri dari rangkaian kapasitor yang ditempatkan pada panel (Meilvinasvita., 2020). Memanfaatkan bank kapasitor sebagai teknik untuk meningkatkan faktor daya adalah salah satu kegunaannya. Faktor daya yang diperbolehkan standar PLN adalah $> 0,85$ (Almanda & Majid, 2019)

Menurut (Noor dkk., 2017). Daya aktif adalah jumlah energi yang dikonsumsi dan diukur pada beban. Berdasarkan cara penggunaannya yaitu dalam satu fasa atau tiga fasa, daya aktif dibedakan. Dalam matematis, berikut ini dapat dinyatakan :

- Untuk 1 fasa : $P = V \cdot I \cdot \cos \phi$
- Untuk 3 fasa : $P = V \cdot I \cdot \cos \phi \cdot \sqrt{3}$

Keterangan :

P = Daya aktif (*Watt*)

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

Menurut (Kurnia & Hariman, 2021). Daya semu adalah jumlah energi listrik yang mengalir melalui suatu penghantar. Tegangan dan arus yang melalui konduktor dikalikan untuk memberikan daya yang di dapatkan. Berdasarkan penggunaannya, daya semu dapat dibagi menjadi

satu fasa dan tiga fasa. Dalam matematis, berikut ini dapat dinyatakan :

- Untuk 1 fasa : $S = V \cdot I$
- Untuk 3 fasa : $S = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$

Keterangan :

S = Daya semu (*VA*)

V = Tegangan (*Voltage*)

I = Arus (*Ampere*)

Jumlah daya yang diperlukan untuk menciptakan medan magnet dikenal sebagai daya reaktif. Fluks medan magnet akan berkembang dari terciptanya medan magnet (Sari & Darwanto, 2021). Transformator, motor, lampu TL, dan perangkat lain adalah contoh sumber daya yang menghasilkan daya reaktif. Dalam matematis, berikut ini dapat dinyatakan:

- Untuk 1 fasa : $Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$
- Untuk 3 fasa : $S = V \cdot I \cdot \sin \phi \cdot \sqrt{3}$

Keterangan :

Q = Daya reaktif (*VAR*)

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

$\sin \phi$ = Besaran Vektor Daya

Menurut (Rohman, 2020). Segitiga daya adalah konsep yang mendefinisikan daya aktif dan daya reaktif dalam kondisi secara *kompleks*. Diagram segitiga daya induktif dengan daya *kompleks* dan daya aktif pada suatu sudut ditunjukkan sebagai. Daya aktif, daya reaktif, daya *kompleks*, dan faktor daya adalah bagian dari segitiga daya.



Gambar 1 Segitiga Daya

Rasio daya aktif (*Watt*) dengan daya nyata (*VA*) dikenal sebagai faktor daya (*PF*). Faktor daya juga dapat dinyatakan sebagai persentase dan nilainya berkisar dari 0 hingga 1. Nilai faktor daya harus sedekat mungkin dengan 1 (Yuniarto & Ariyanto, 2018). Daya aktif (P) kemudian dibagi dengan daya semu (S). Faktor daya dibagi

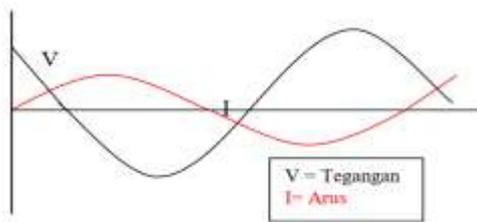
menjadi dua yaitu faktor daya tertinggal (*lagging*) dan faktor daya mendahului (*leading*) (Akhmad dkk., 2021).

$$\begin{aligned} \text{Faktor daya} &= \text{Daya aktif (P) / Daya nyata (S)} \\ &= \text{kW/kVA} \\ &= V \cdot \cos \varphi / V \cdot I \\ &= \cos \varphi \end{aligned}$$

Kedua faktor daya tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Faktor Daya Tertinggal (*Lagging*)

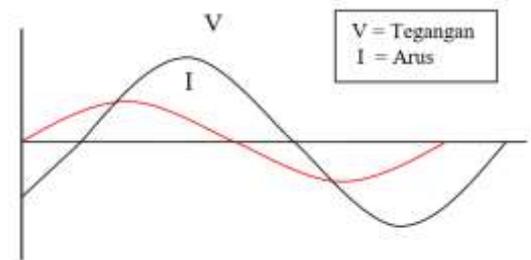
Menurut (Di & Bogowonto, 2019). Ketika suatu beban induktif dan membutuhkan daya reaktif dari jaringan, ia memiliki faktor daya *lagging*. Nilai $\cos \varphi$ saat kondisi *lagging* akan memiliki nilai positif. Kemudian saat gelombang sinus, arus (I) akan tertinggal dengan tegangan (V) atau tegangan (V) akan mendahului arus (I) dengan sudut φ . Gelombang sinus dengan faktor daya *lagging* dapat di lihat dibawah ini:



Gambar 2 Gelombang Sinus saat Faktor Daya *Lagging*

b. Faktor Daya Mendahului (*Leading*)

Menurut (Alam dkk., 1945). Ketika beban kapasitif dan memasok daya reaktif ke jaringan, faktor daya *leading* menunjukkan kondisinya. Nilai $\cos \varphi$ pada kondisi *leading* akan bernilai negatif. Kemudian pada gelombang sinus, Arus (I) akan mendahului tegangan (V) atau tegangan (V) akan tertinggal terhadap arus (I) sebesar sudut φ . Gelombang sinus dengan faktor daya *leading* dapat di lihat dibawah ini:



Gambar 3 Gelombang Sinus saat Faktor Daya *Leading*

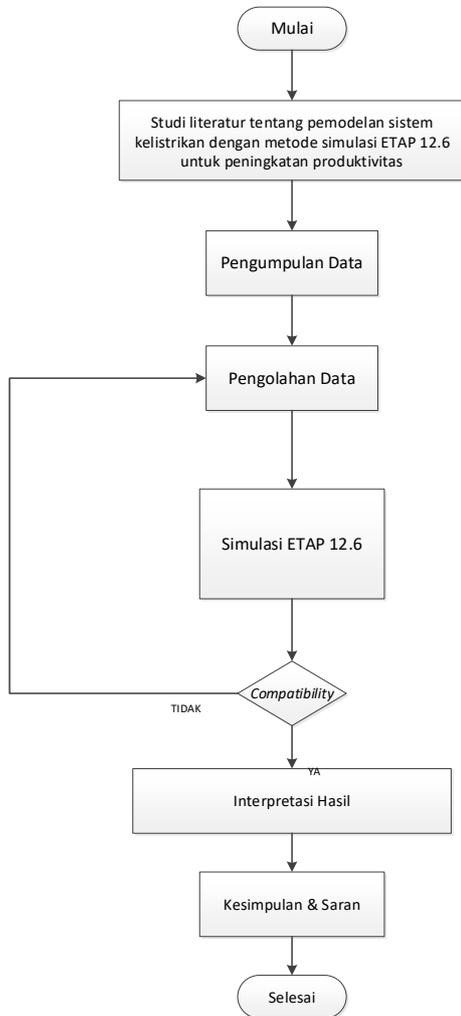
Kapasitor bank adalah peralatan listrik yang bersifat kapasitif yang berfungsi menyeimbangkan sifat induktif (Sirait dkk., 2018). Tegangan yang ditingkatkan, nilai $\cos \varphi$ yang meningkat, mengurangi rugi daya listrik, mengurangi kelebihan daya pada listrik (kVARh), dan penurunan tegangan yang dihindari adalah solusi yang untuk pemasangan kapasitor bank. Menurut (Basudewa, 2020). Kapasitor bank adalah adalah pengelompokan banyak kapasitor yang dihubungkan secara paralel untuk memberikan kapasitas kapasitif tertentu. Sementara kVAR (*kilo volt ampere aktif*) mendefinisikan atau mengandung jumlah kapasitansi, yaitu farad atau mikrofarad, kapasitor ini adalah mempunyai sifat pengukuran yang sering digunakan. Kapasitor bank memiliki karakteristik kelistrikan kapasitif (*leading*), sehingga mempunyai sifat mengurangi/menghilangkan terhadap sifat induktif (*lagging*).

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian deskriptif kuantitatif. Pendekatan penelitian deskriptif bertujuan untuk mengkarakterisasi dan memahami secara apa adanya. Pendekatan deskriptif, yaitu belajar dengan cara menggambarkan keadaan subjek/objek, penelitian saat ini berdasarkan fakta-fakta yang tampak atau sebagaimana adanya, dapat dipandang sebagai teknik pemecahan masalah. Secara deskripsi menjelaskan mengenai peningkatan produktivitas studi kasus pada sistem kelistrikan pabrik kertas PT. Dayasa Aria Prima.

Flowchart pada gambar 4 mewakili tahapan penelitian. Penelitian dilakukan dengan studi literatur menjelaskan mengenai pengertian daya & faktor daya beserta perbaikannya. Tujuan

penelitian didasarkan pada temuan penelitian. Informasi yang diperlukan kemudian dikumpulkan termasuk beban daya listrik, beban motor, kabel *schedule* (panjang kabel), data spesifikasi peralatan seperti transformer, motor, kabel, genset dll dan biaya tagihan listrik dalam satu bulan di PT. Dayasa Aria Prima.



Gambar 4 Diagram Alir Metode Penelitian

3.1. Studi Literatur

Secara teoritis, dengan menggunakan informasi dari buku, jurnal, atau media *online*, strategi ini dapat digunakan untuk melengkapi data yang sudah ada dalam *studi* pustaka. Dengan adanya kajian pustaka, diharapkan pihak lain dapat memahami pandangan dan tujuan penulis untuk artikel ini.

Studi Literatur yang digunakan sebagai bahan pendukung dikumpulkan dari berbagai sumber antara lain buku pustaka, data dari pabrik kertas

PT. Dayasa Aria Prima, dan informasi media *online*. Topik-topik berikut dicakup oleh penelitian literatur sebagai berikut:

- 1) Peningkatan Produktivitas
- 2) Pabrik Kertas
- 3) Power Faktor
- 4) Kapasitor Bank

3.2. Pengolahan Data

Penelitian ini bertujuan untuk mengolah informasi dan data yang dikumpulkan dari berbagai sumber terkini dalam hal pengolahan data. Pemrosesan data telah disesuaikan untuk pembahasan diskusi penelitian yaitu Peningkatan Produktivitas Pabrik Kertas dengan Mempertimbangkan *Power* Faktor dan menggunakan Kapasitor Bank di PT. Dayasa Aria Prima. *Software* ETAP 12.6 akan digunakan untuk menjalankan simulasi sebagai tahapan dalam pengolahan data ini.

3.3. Simulasi dan Analisa Software ETAP 12.6

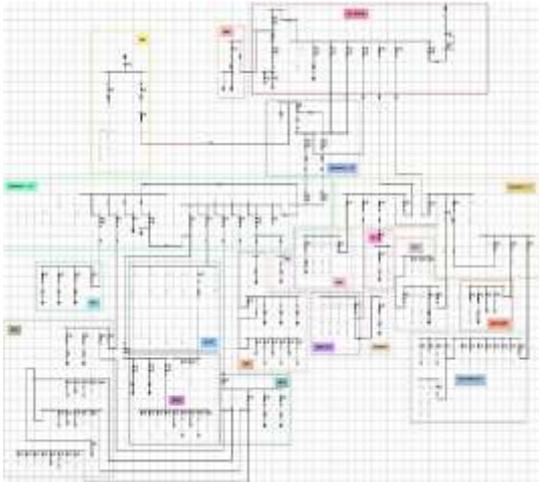
Software yang disebut ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) membantu sistem tenaga listrik. Untuk simulasi sistem tenaga, program ini dapat beroperasi secara *offline*, dan juga dapat beroperasi secara *online* untuk pengelolaan data secara *real-time* atau pengendalian sistem secara *real-time*. Ini memiliki berbagai fitur, seperti untuk menganalisis pembangkit listrik, sistem transmisi, dan sistem distribusi daya. Proyek sistem tenaga listrik yang dapat dibuat menggunakan ETAP 12.6 meliputi diagram garis tunggal (*single line diagram*) dan rute sistem untuk jenis analisis, sebagai berikut

- 1) *Load Flow Analysis*
- 2) *Short Circuit* atau hubung singkat
- 3) *Starting Motor*
- 4) *Transient Stability*
- 5) *Coordination Relay Protection*
- 6) *Harmonics Analysis*

3.4. Interpretasi Hasil

Pemodelan sistem kelistrikan dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP versi 12.6, untuk tujuan analisis. Data peralatan sistem kelistrikan Pabrik kertas PT. Dayasa Aria Prima digunakan sebagai dasar pemodelan yang dilakukan pada kondisi pembebanan maksimum.

Pemodelan sistem kelistrikan dilakukan dengan menggunakan software ETAP versi 12.6, untuk keperluan analisis. Diagram garis tunggal (*single line diagram*) ETAP 12.6, yang merupakan *output* dari perangkat lunak analisis aliran beban, dan tegangan dan faktor daya setiap bus serta aliran daya yang mengalir ke beban



Gambar 5 Model Sistem Kelistrikan PT. Dayasa Aria Prima

Penelitian Analisa menggunakan *software* ETAP 12.6 ini dilakukan dengan serangkaian langkah sebagai berikut:

- 1) Pengumpulan data, meliputi diagram garis tunggal (*single line diagram*), daftar beban aliran listrik, spesifikasi kabel, dan informasi spesifikasi peralatan listrik (transformator, generator, motor, panel, dan kabel).
- 2) Data *entry* dan pemodelan sistem tenaga listrik menggunakan *software* ETAP 12.6P
- 3) Verifikasi data untuk melihat apakah hasil simulasi sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan.
- 4) Analisa hasil simulasi.

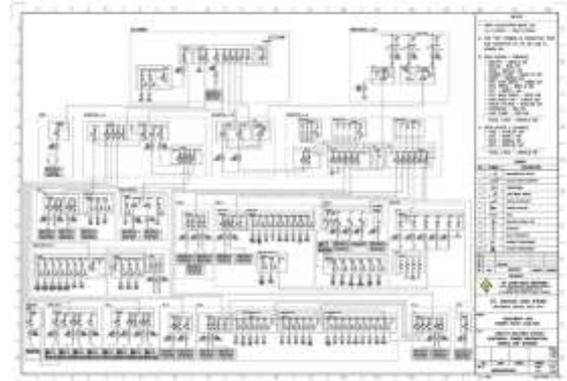
3.5. Variabel Penelitian

Berdasarkan variabel-variabel yang diperoleh dari penelitian terdahulu, maka, demikian variabel berikut diidentifikasi dan diteliti meliputi:

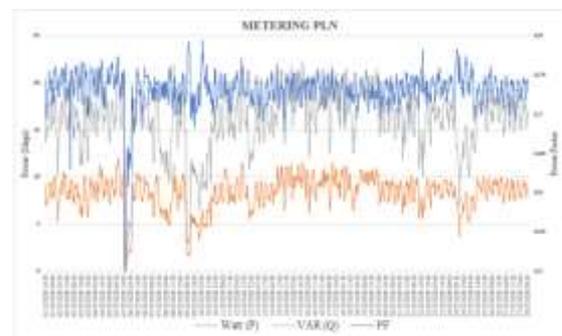
- 1) Variabel *input*
Y1 : Peningkatan produktivitas
- 2) Variabel *output*
X1 : Power faktor
X2 : Kapasitor bank

4. Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini, simulasi dilakukan dari data yang diperoleh, termasuk SLD (*Single Line Diagram*) saat ini, hingga pembebanan data. Informasi tersebut mengacu pada kondisi yang existing pabrik kertas PT. Dayasa Aria Prima saat ini. Pemodelan dan simulasi dilakukan dengan bantuan program ETAP 12.6.



Gambar 6 Single Line Diagram Eksisting PT. Dayasa Aria Prima



Gambar 7 Load Curve selama 1 Bulan PT. Dayasa Aria Prima

Pembebanan pabrik kertas PT. Dayasa Aria Prima bagi menjadi 2 area yaitu area trafo 1A dan trafo 1C. Dimana trafo 1A membebani beberapa Sub-area di Substation 1. Sedangkan trafo 1C membebani Sub-area di Substation 1, Power plant, dan Substation 2.



SLD (*Single Line Diagram*) simulasi ETAP 12.6 diberikan 2 *colouring*, yakni :

- **Biru** untuk menandakan sub-area yang terbebani melalui trafo **TX-01A**
- **Merah** untuk menandakan sub-area yang terbebani melalui trafo **TX-01C**

4.1. Perhitungan Perbaikan Produktivitas Sebelum Perbaikan Power Faktor

Perbandingan antara daya aktif (P) dan daya nyata (S) dikenal sebagai faktor daya. Faktor daya didasarkan pada jumlah total arus listrik pada suatu rangkaian listrik dan perbandingannya dengan besarnya arus yang digunakan, dan berguna untuk menentukan tingkat efisiensi energi pada suatu beban listrik dengan memperhitungkan besarnya daya yang dihasilkan. hilang atau terbuang saat beban sedang dikerjakan, sehingga dapat menimbulkan kerugian. Permasalahan inilah yang terjadi pada pabrik PT. Dayasa Aria Prima yang mengalami penurunan efisiensi energi dikarenakan faktor daya yang buruk. Data pengukuran faktor daya pada PT. Dayasa Aria Prima sebelum dilakukan perbaikan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Hasil Simulasi

Table 1 Hasil sebelum Perbaikan Simulasi ETAP 12.6 PT Dayasa Aria Prima

Bus ID	Nominal	Voltage	PU
6_1A_LINE-1	6	5.816	0.97
6_1A_LINE-2	6	5.926	0.99
6_BOI/WT-T	6	5.816	0.97
6_DIP-2	6	5.808	0.97
6_DP	6	5.875	0.98
6_PM-2	6	5.923	0.99
6_PM-3	6	5.912	0.99
6_PM-123	6	5.814	0.97
6_SP-2	6	5.924	0.99
6_SP-3	6	5.913	0.99
11.5_IB_SWG-2	11.5	11.579	1.01
11.5_GTG	11.5	11.566	1.01
11.5_SUB2A	11.5	11.566	1.01

Table 2 Hasil sebelum Perbaikan Simulasi ETAP 12.6 Source Power PT Dayasa Aria Prima

Bus ID	MW	Mvar	% PF
PLN	10.1	7.6	79.8
TX-01A	4.9	2.6	88.3
TX-01C	5.2	5.0	71.0

Pada tabel 2 di atas 10,1 MW di asumsikan pabrik PT. Dayasa Aria Prima menggunakan *full load* beban sistem kelistrikan.

Daya yang digunakan di PT. Dayasa Aria Prima 10,1 MW dalam 30 hari dengan kontrak daya golongan I-4/Tegangan Tinggi (TT) diatas 30.000 kVA, Rp 996,74 per kWh.

$$W = P \times t$$

$$W = 10,1 \times 24 \times 30 = 7.272 \text{ MWh}$$

Besar *energy* yang di butuhkan PT Dayasa Aria Prima dalam 1 bulan sebesar 303 MWh.

$$\text{Tagihan Listrik} = W \times 996,74 \text{ per kWh}$$

$$\text{Tagihan Listrik} = W \times 996,74 \text{ per kWh} \\ = \text{Rp } 7.248.293.280$$

Besar tagihan listrik PT Dayasa Aria Prima dalam 1 bulan dengan asumsi *full load* 1 bulan sebesar Rp 7.248.293.280 dengan keadaan faktor daya sebesar 79,8%. Sehingga besar denda daya reaktif sebagai berikut :

$$\text{Denda Tagihan} = Q \times 24 \times 30$$

$$= 7,6 \text{ mVAR} \times 24 \times 30$$

$$= 7.600 \times 24 \times 30$$

$$= 5.472.000 \text{ kVARh}$$

$$\text{Denda COS } \phi = 5.472.000 \times 996,74$$

$$= \text{Rp } 5.454.161.280$$

Sehingga total tagihan daya listrik dengan kondisi faktor daya dibawah standard PLN sebesar Rp **12.702.454.560,-**

4.2. Perbaikan Power Faktor

Perbaikan power faktor dilakukan adalah dengan melakukan dalam penelitian ini penambahan kapasitor sebanyak 7 paket di area *Substation* 1. Dimana 5 paket di tegangan 11, 5 kV dengan daya reaktif sebesar 2.000 kVAR total daya reaktif yang di gunakan 10.000 kVAR dan 2 paket di tegangan 6,3 kV dengan daya reaktif 1.200 kVAR total daya reaktif yang di gunakan 2.400 kVAR. Perbaikan ini dilakukan sesuai dengan kondisi yang ada pada lapangan, kapasitor bank yang di pakai merupakan kapasitor baru dengan merk ABB-Hitachi, type ABBACUS D-Series, Model MECB12SI10-D.



Gambar 8 Kapasitor Bank, ABB-Hitachi, ABBACUS D-Series



Gambar 9 Komponen Kapasitor Bank Model ABBACUS D-Series MECB

Nilai power faktor dari PT. Dayasa Aria Prima sangat rendah (jauh di bawah standar normal PLN sebesar <85%) mengenakan denda dan ketidakefisiensian terhadap sistem akibat adanya aliran arus daya semu jika tidak segera di perbaiki. Maka, demikian besarnya pemakaian daya pada PT. Dayasa Aria Prima disediakan oleh PLN dapat menentukan pemasangan kapasitor bank yang akan di pasang di PT. Dayasa Aria Prima.



Gambar 10 Perbaikan Power Faktor dengan Pemasangan Kapasitor Bank

- Dapat dilihat dalam hasil simulasi ETAP 12.6, dengan memasang kapasitor bank sebesar 3 MVAR sudah dapat memperbaiki PF sistem secara keseluruhan di bawah 85% dalam berbagai kondisi. Sedangkan dengan 4 MVAR yang hampir selalu di atas 85%.

- Hasil simulasi *base case* menunjukkan bahwa dengan menambahkan 4 MVAR ke area TX-01C, tegangan area TX-01A akan meningkat menjadi sekitar 102% dan PF sistem akan meningkat dari 79,8% menjadi 95%. Penggunaan *step* kapasitor bank disarankan untuk mencegah lonjakan tegangan ini, terutama pada situasi beban rendahh

Hasil Simulasi

Tabel 3 Hasil sesudah Perbaikan Simulasi ETAP 12.6 PT Dayasa Aria Prima

Bus ID	Nominal	Voltage	PU
6_1A_LINE-1	6	5.903	0.98
6_1A_LINE-2	6	5.926	0.99
6_BOI/WT-T	6	5.903	0.98
6_DIP-2	6	5.895	0.98
6_DP	6	5.968	0.99
6_PM-2	6	5.923	0.99
6_PM-3	6	5.912	0.99
6_PM-123	6	5.901	0.98
6_SP-2	6	5.924	0.99
6_SP-3	6	5.913	0.99
11.5_1B_SWG-2	11.5	11.74	1.02
11.5_GTG	11.5	11.736	1.02
11.5_SUB2A	11.5	11.736	1.02
11.5_SUB2B	11.5	11.735	1.02

Tabel 4 Hasil sesudah Perbaikan Simulasi ETAP 12.6 Source Power PT Dayasa Aria Prima

Bus ID	MW	Mvar	% PF
PLN	10.4	3.34	94.9
TX-01A	4.9	2.6	88.3
TX-01C	5.2	0.7	99.0

Melihat area TX-01A, sudah ada kapasitor bank 600 kVAR, dan area tersebut sudah memiliki nilai faktor daya yang layak. Dengan kapasitor bank 3 MVAR, dimungkinkan untuk menyalakannya sebagai kompensasi tambahan. Namun, karena area tersebut hampir mendekati 1 berdasarkan pengukuran nilai faktor daya, disarankan untuk memindahkan koneksi instalasi ke area TX-01C, yang akan menghemat pembelian kapasitor bank yang cukup sebesar 3 MVAR saja.

$$W = P \times t$$

$$W = 10,4 \times 24 \times 30 = 7.488 \text{ MWh}$$

Besar *energy* yang di butuhkan PT Dayasa Aria Prima dalam 1 bulan sebesar 303 MWh.

$$\text{Tagihan Listrik} = W \times 996,74 \text{ per kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Tagihan Listrik} &= 7.488.000 \times 996,74 \\ &= \text{Rp } 7.463.589.120 \end{aligned}$$

Sehingga total tagihan *energy* listrik yang digunakan PT. Dayasa Aria Prima dengan kondisi faktor daya sebesar 94,9% sebesar **Rp 7.463.589.120.**

4.3. Peningkatan Produktivitas terhadap Power Faktor

Pengukuran produktivitas berbasis efisiensi menjelaskan hubungan antara *input* sumber daya dan *output* yang dihasilkan. Ketika *output* tertentu dapat diproduksi dengan sumber daya paling sedikit, produktivitas dianggap efisien. Efisiensi ditentukan oleh rasio *input* terhadap *output*. Semakin banyak *output* relatif terhadap *input*, semakin efisien suatu organisasi. Peningkatan produktivitas dicapai dengan mencari tahu nilai gabungan dari setiap *input* dan *output*. Total *Output* dan *Input* ditentukan oleh hasil pengurangan itu besar energi listrik yang dibutuhkan pada pabrik PT. Dayasa Aria Prima. Untuk meningkatkan produktivitas terhadap *power faktor*, berdasarkan data yang digunakan perlu dilakukan pemasangan kapasitor bank untuk memperbaiki *power faktor* secara keseluruhan dari sistem kelistrikan PT. Dayasa Aria Prima.

Pemasangan kapasitor bank dengan 10.000 kVAR & 1.200 kVAR memberikan dampak positif terhadap *power faktor* sehingga dapat mengurangi pengeluaran biaya pabrik PT. Dayasa Aria Prima. Hal tersebut adalah salah satu cara efisiensi untuk peningkatan produktivitas terhadap *power faktor* yang memberikan kontribusi secara signifikan akan baiknya nilai *power faktor* yang dimiliki PT. Dayasa Aria Prima. Untuk mengetahui peningkatan produktivitas terhadap *power faktor* dengan cara menghitung hasil sebelum perbaikan kemudian di kurangi hasil setelah perbaikan. Sehingga dari pengurangan tersebut dapat mengetahui peningkatan produktivitas sebesar Rp 7.463.589.120.

Analisa peningkatan produktivitas menurut efektifitas dan efisiensi sebagai berikut :

- 1) Asumsi biaya kualitas daya listrik pabrik kertas PT. Dayasa Aria Prima *full load* selama 30 hari sebesar Rp 7.248.293.280,- mampu menghasilkan *output* sebanyak Rp 12.702.454.560,-. *Input* yang digunakan dalam proses produktivitas yaitu Rp 7.463.589.120,-. *Output* lebih besar dari *input*, ini mendandakan bahwa peningkatan produktivitas menghasilkan efisiensi.
- 2) Perusahaan memperoleh keuntungan sebesar Rp 5.238.865.440,- yang merupakan selisih antara *output* dengan *input*. Tujuan

perusahaan ditinjau dari segi keuangan yaitu memperoleh laba / *surplus*. Karena perusahaan memperoleh *surplus*, maka peningkatan produktivitas adalah efektif.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

- 1) Perubahan nilai faktor daya akan berdampak pada menurunnya nilai $\cos \phi$. Berdasarkan analisa dan simulasi ETAP menemukan bahwa faktor daya PT. Dayasa Aria Prima sekitar 0,70% dimana perusahaan harus membayar denda kepada PLN. Untuk meminimalisir atau menghilangkan denda maka dilakukan peningkatan untuk memenuhi persyaratan standar faktor daya yang harus lebih dari 0,85%.
- 2) Berdasarkan data yang digunakan, perlu dilakukan pemasangan kapasitor bank untuk memperbaiki *power faktor* keseluruhan dari sistem kelistrikan PT. Dayasa Aria Prima.
- 3) *Studi Load Flow* sebelum dipasang kompensasi daya reaktif yaitu kapasitor bank, hasil simulasi *Load Flow Analysis* sistem kelistrikan pabrik kertas PT. Dayasa Aria Prima menunjukkan bahwa terdapat tegangan pada *Bus ID* PLN yang mempunyai nilai daya sebesar 10.1 MW dengan *power faktor* minimum 79,8% di bawah standar PLN. (Data hasil simulasi bisa dilihat pada tabel 1).
- 4) *Studi Load Flow* setelah dilakukan pemasangan kompensasi daya reaktif yaitu kapasitor bank, hasil simulasi *Load flow Analysis* sistem kelistrikan pabrik kertas PT. Dayasa Aria Prima menunjukkan nilai daya sebesar 10.4 MW dengan *power faktor* 94,9% dimana nilai ini sudah di atas standar rata-rata PLN. (Data hasil simulasi bisa dilihat pada tabel 3).

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pembahasan penelitian yang sudah dilakukan, maka penulis sedikit memberikan saran sebagai berikut :

- 1) Penulis menyarankan agar hasil studi ini digunakan sebagai referensi dalam sistem kelistrikan pabrik kertas PT. Dayasa Aria Prima

- 2) Hasil studi ini juga dapat digunakan sebagai bahan atau referensi dalam membuat kajian-kajian sistem kelistrikan pada industri yang serupa.
- 3) Hasil studi ini juga dapat digunakan sebagai bahan atau referensi dalam membuat kajian-kajian sistem kelistrikan pada industri yang serupa.

DAFTAR REFERENSI

- Akhmad, S. S., Budi, M. Z., & Sultan, A. R. (2021). Analisis Perbaikan Faktor Daya Pada PT. Sari Usaha Mandiri. *Seminar Nasional Teknik Elektro ...*, September. <http://118.98.121.208/index.php/sntei/article/view/2841>
- Alam, S., Wijaya, I., Santoso, K. A., Sebastian, D., Khana, R., Rofii, A., & Simanjuntak, R. F. (1945). *Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta*. 3(1).
- Almanda, D., & Majid, N. (2019). Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank Sub Station Welding di PT. Astra Daihatsu Motor. *RESISTOR (ElektRONIKA KEndali TelekomunikaSI Tenaga LiStrik KOmputeR)*, 2(1), 7. <https://doi.org/10.24853/resistor.2.1.7-14>
- Bakar, A., Suprianto, O., & Yuniati, Y. (2017). Usulan Peningkatan Produktivitas Berdasarkan Metode Mundel Dan Apc Di Pt. Raffsya Media. *Journal of Industrial Engineering Management*, 2(2), 1. <https://doi.org/10.33536/jiem.v2i2.147>
- Basudewa, D. A. (2020). Analisa Penggunaan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory UNESA. *Jurnal Teknik Elektro*, 09(03), 697–707.
- Daya, P., & Listrik, M. (2019). *Pengaruh Power Faktor Terhadap Sistem*. 130–136.
- Di, L., & Bogowonto, P. T. (2019). *MENGGUNAKAN SIMULINK PADA SISTEM TENAGA*. 12(1).
- Kurnia, H., & Hariman, H. (2021). Analisis Pengaruh Pemakaian Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Motor Induksi 3 Fasa Dengan Daya 1 Hp 380 / 660 V Di Smkn 01 Rejang Lebong. *Jurnal Teknik Elektro Raflesia*, 1(2), 13–19.
- Li, H. H. H. B., Zhang, F. F., Werf, W. Van Der, Sakai, H., Murphy, J., Riley, J. P., BADU-APRAKU, B., HUNTER, R. B., TOLLENAAR, M., Joergensen and Mueller, 1996, Bharati, K., Mohanty, S. R., Singh, D. P., Rao, V. R., Adhya, T. K., Andrews, S. S., Karlen, D. L., Mitchell, J. P., Chen, M. Y., ... Zang, H. (2020). 李欣 1,2 李渊 1 任亚鹏 2. *Science of the Total Environment*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147444><https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108211><https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117597><https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147016><https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147133>
- Meilvinasvita, D., Safaruddin, & Yuliana. (2020). Vocational education and technology journal. *Vocational Education and Technology Journal*, 1(2), 21–27. <http://ojs.aknacehbarat.ac.id/index.php/vocatech/index>
- Noor, F. A., Ananta, H., & Sunardiyo, S. (2017). Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(2), 66–73.
- Pristianingrum, N. (2017). Peningkatan Efisiensi Dan Produktivitas Perusahaan Manufaktur Dengan Sistem Just In Time. *ASSETS - Jurnal Ilmiah Ilmu Akuntansi Keuangan Dan Pajak*, 1(1), 41–53.
- Rohman, A. A., & Semarang, U. (n.d.). *Analisis pengaruh beban puncak terhadap efisiensi dan umur transformator daya 30 mva di pt. pln (persero) gardu induk 150 kv blora*. 1–12.
- Sari, F., & Darwanto, A. (2021). Analisis Sistem Eksitasi Pada Generator Pararel Terhadap Daya Reaktif. *Jurnal Teknologi*, 14(1), 10–19. <https://doi.org/10.34151/jurtek.v14i1.3276>
- Sirait, L. S., Sirait, B., & Arsyad, I. (2018). Studi Evaluasi Pemasangan Kapasitor Bank Pada Pusat Perbelanjaan A. Yani Megamal Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 1–9.
- Yuniarto, Y., & Ariyanto, E. (2018). Korektor Faktor Daya Otomatis Pada Instalasi Listrik Rumah Tangga. *Gema Teknologi*, 19(4), 24. <https://doi.org/10.14710/gt.v19i4.19153>