

## OPTIMALISASI KAPASITOR BANK UNTUK PENINGKATAN FAKTOR DAYA PADA BEADING PLANT DI PT PERMATA HIJAU PALM OLEO KIM II

### OPTIMIZATION OF CAPACITOR BANK TO IMPROVE POWER FACTOR IN BEADING PLANT AT PT PERMATA HIJAU PALM OLEO KIM II

Charles Ricardo Sihombing<sup>1</sup>, Zuraidah Tharo<sup>2</sup>, Erpandi Dalimunthe<sup>3</sup>

Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi<sup>1,2,3</sup>

[charlesricardosihombing14@gmail.com](mailto:charlesricardosihombing14@gmail.com)<sup>1</sup>, [zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id)<sup>2</sup>,

[erpandi@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:erpandi@dosen.pancabudi.ac.id)<sup>3</sup>

#### ABSTRACT

*In the industrial world, the use of large-capacity electrical power is often found to have various problems caused by several factors. These problems include the presence of inductive loads that arise from installed loads such as electric motors, transformers, electric generators and others. Which can cause a decrease in the quality of electrical power and power losses so that it can cause harmonics that can affect electronic components. So it is necessary to improve the quality of electrical power by increasing the power factor or cos phi. Cos phi improvements can be done by adding capacitor banks, Observations made through case studies at PT. Permata Hijau Palm Oleo Kim II This investigates the effect of installing capacitor banks used to increase the power factor with capacitor bank compensators that produce capacitive reactive power (Leading) to counteract the inductive reactive power (Lagging) of three-phase electrical loads. Where through the results of calculations carried out to improve the power factor of the load at PT. Permata Hijau Palm Oleo Kim II, from an initial power factor of 0.87 to 0.97*

**Keywords:** *Transformator, insert, Drop\_Voltage*

#### ABSTRAK

Dalam dunia industri penggunaan daya listrik dengan kapasitas yang besar sering sekali ditemukan berbagai permasalahan yang disebabkan oleh beberapa factor. Permasalahan tersebut antara lain adanya beban-beban induktif yang muncul dari beban yang terpasang seperti motor listrik, trafo, generator listrik dan lainnya. Yang dapat menyebabkan menurun nya kualitas daya listrik dan rugi rugi daya sehingga dapat menimbulkan harmonisa yang dapat memengaruhi komponen komponen elektronika. Maka perlu dilakukan perbaikan kualitas daya listrik dengan menaikkan factor daya atau cos phi. Perbaikan cosphi dapat dilakukan dengan menambah kapasitor bank, Pengamatan yang dilakukan melalui studi kasus di PT.Permata Hijau Palm Oleo Kim II Ini menyelidiki tentang pengaruh pemasangan kapasitor bank yang digunakan untuk peningkatan faktor daya (power factor) dengan kompensator kapasitor bank yang menghasilkan daya reaktif kapasitif (Leading) untuk melawan daya reaktif induktif (Lagging) beban listrik tiga fasa. Dimana melalui hasil perhitungan yang dilakukan guna perbaikan faktor daya beban di PT.Permata Hijau Palm Oleo Kim II, dari faktor daya mula-mula sebesar 0,87 menjadi 0,97.

**Kata Kunci :** Daya Listrik, Factor Daya, Kapasitor Bank.

#### PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik pada dunia industri semakin tinggi seiring dengan pengembangan yang dilakukan. Pada PT. Permata Hijau Palm Oleo Kim II yang sudah memiliki pembangkit listrik sendiri yaitu power plant. hal yang paling diperhatikan adalah efisiensi. Dikarenakan banyaknya penggunaan motor-motor listrik dan komponen listrik lainnya. untuk meningkatkan efisiensi dapat dilakukan dengan menaikkan faktor daya.

Kapasitor bank merupakan salah satu alat listrik yang sering digunakan untuk memperbaiki factor daya. Untuk memperbesar nilai cos phi yang rendah adalah dengan cara memperkecil sudut phi sehingga cos phi mendekati 1. Sedangkan untuk memperkecil sudut phi hal yang mungkin dilakukan adalah memperkecil komponen daya reaktif. Jadi komponen daya reaktif yang ada bersifat induktif harus dikurangi ,dengan pengurangan ini dapat dilakukan dengan menambah suatu

sumber daya reaktif yaitu berupa kapasitor.

### 1. Daya listrik

Daya listrik merupakan kemampuan suatu peralatan listrik untuk melakukan usaha akibat adanya perubahan kerja, dan perubahan muatan listrik tiap satuan waktu. Besarnya daya listrik yang dilakukan oleh peralatan listrik dipengaruhi oleh keberadaan tegangan listrik, kuat arus listrik dan hambatan listrik di dalam rangkaian listrik tertutup, serta keadaannya terhadap waktu. Ketiga besaran listrik tersebut menjadi penentu dari besarnya daya listrik yang diperlukan oleh peralatan listrik untuk bekerja secara optimal.

Rumus daya listrik :

$$P = V \times I$$

Dimana:

P = daya listrik

V = tegangan

I = arus

#### a. Daya Aktif

Daya aktif merupakan daya sesungguhnya yang dibutuhkan beban, persamaan daya aktif (P) pada beban yang bersifat impedansi :

$$P = V_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi \text{ (1 Fasa)}$$

Untuk daya aktif pada system tegangan 3 fasa :

$$P = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \cos \varphi \text{ atau}$$

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2} \text{ (Watt)}$$

Dimana :

P = Daya aktif (watt)

S = Daya semu (VA)

Q = Daya Reaktif ( VAR)

V<sub>p</sub> = tegangan fasa (volt)

V<sub>L</sub> = Tegangan line-line (volt)

I<sub>L</sub> = arus line (A)

I<sub>P</sub> = Arus fasa (A)

Cos $\varphi$  = Faktor daya

#### b. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan atau daya yang ditimbulkan oleh beban-beban yang bersifat induktif.

Persamaan daya reaktif :

Pada system tegangan 1 fasa:

$$Q = V_p \cdot I_p \cdot \sin \varphi$$

Pada system tegangan 3 fasa:

$$Q = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \sin \varphi \text{ atau}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \text{ (Var)}$$

Dimana :

Q = Daya Reaktif ( VAR)

S = Daya semu (VA)

P = Daya aktif (watt)

V<sub>p</sub> = tegangan fasa (volt)

V<sub>L</sub> = Tegangan line-line (volt)

I<sub>L</sub> = arus line (A)

I<sub>P</sub> = Arus fasa (A)

Sin  $\varphi$  sudut beda fasa antara arus dan tegangan

#### c. Daya semu

Daya semu merupakan daya dari hasil perkalian antara arus efektif dan beda tegangan efektif, dinyatakan dalam VA (volt Ampere). Dengan kata lain daya semu adalah daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi.

Persamaan besar daya semu:

Satuan daya semu dalam system 1 fasa:

$$S = V_p \cdot I_p \text{ (VA)}$$

Satuan daya semu dalam system 3 fasa:

$$S = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \text{ (VA) atau:}$$

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \text{ (VA)}$$

Dimana : S = daya semu (VA)

P = Daya aktif (watt)

V<sub>p</sub> = tegangan fasa (volt)

V<sub>L</sub> = Tegangan line-line (volt)

I<sub>L</sub> = arus line (A)

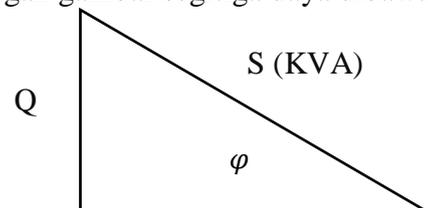
I<sub>P</sub> = Arus fasa (A)

Cos $\varphi$  = Faktor daya

## 2. Segitiga daya

Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematis antara 3 jenis daya yaitu daya semu, daya aktif dan daya reaktif dengan berdasarkan prinsip trigonometri.

Hubungan ketiga daya ini dapat dilihat dengan gambar segitiga daya dibawah:



(KVAR)

P (KW)

Dimana :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \text{ (1 fasa)}$$

$$P = V \times I \times \cos \varphi \times \sqrt{3} \text{ (3 fasa)}$$

$$S = V \times I \text{ (1 fasa)}$$

$$S = V \times I \times \sqrt{3} \text{ (3 fasa)}$$

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \text{ (1 fasa)}$$

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \times \sqrt{3} \text{ (3 fasa)}$$

### 3. Faktor daya (Cos $\varphi$ )

Faktor daya merupakan perbandingan dari daya aktif dan daya semu (C. Sankaran, 2002). Factor menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Daya aktif digunakan untuk mengoperasikan beban-beban pada komponen-komponen listrik. Daya semu dihasilkan dari pembangkit yang di transmisikan ke pelanggan listrik. Daya reaktif yang bertambah akan menyebabkan turunnya factor daya listrik.

Jenis factor daya :

#### a. Faktor daya leading

Faktor daya leading yaitu arus mendahului tegangan. Factor daya leading adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi beban atau peralatan listrik memberikan daya reaktif dari system atau beban bersifat kapasitif.

#### b. Faktor daya lagging

Faktor daya lagging yaitu tegangan mendahului arus. Faktor daya lagging adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi beban atau peralatan listrik memerlukan daya reaktif dari system atau beban yang bersifat induktif.

Perbaikan faktor daya untuk memperbesar harga cos phi ( $\varphi$ ) yang rendah, hal yang mudah dilakukan adalah dengan dengan cara memperkecil sudut phi. Untuk memperkecil sudut phi hal yang mungkin dilakukan adalah memperkecil komponen daya reaktif (VAR) (Dhida Aditya Putra, 2012).

Efisiensi daya yang lebih baik adalah ketika P sama atau mendekati S, yaitu ketika cos phi = 1 atau mendekati

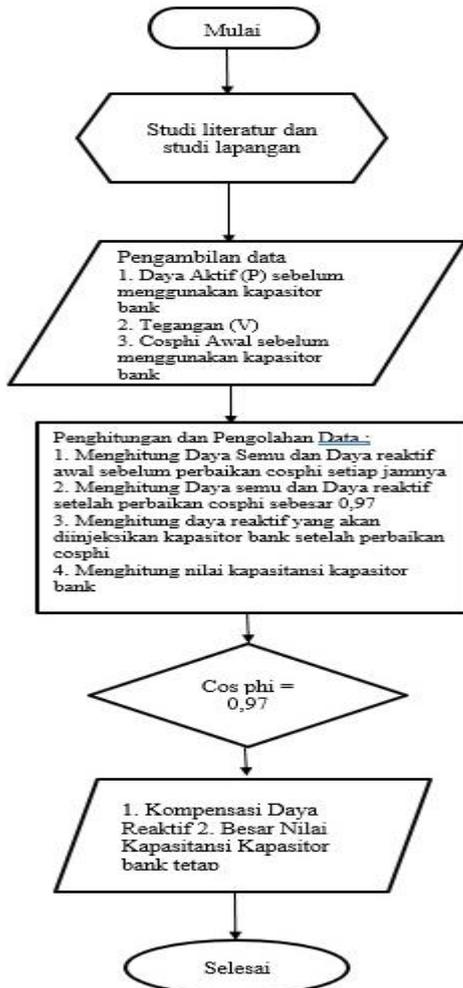
1'faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi. Oleh karena itu dalam perbaikan faktor daya diperlukan keseimbangan antara sifat kapasitif dan induktif dalam rangkaian. Perbaikan faktor daya ini dapat dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif yang berupa kapasitor bank.

### 4. Kapasitor Bank

Bank kapasitor adalah rangkaian yang terdiri dari beberapa kapasitor yang disusun secara seri maupun parallel untuk memperbaiki kualitas daya listrik dengan cara menaikkan faktor daya atau cos phi.

Kapasitor bank yang akan digunakan menaikkan cos phi dipasang secara parallel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan keluar dari kapasitor dan akan mengalir ke rangkaian yang memerlukan nya

**METODE**



**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini dilakukan di Beading Plant PT.Permata Hijau Group Palm Oleo Kim II dengan melakukan pengukuran dan pengambilan data pada panel LVMDP. Data yang di ambil merupakan nilai daya semu daya reaktif, tegangan dan arus sebelum menggunakan kapasitor bank maupun setelah menggunakan kapasitor bank. Perbandingan cosphi sebelum dan sesudah menggunakan kapasitor bank serta besar kapasitor bank yang digunakan untuk memepbaiki cosphi pada system kelistrikan.

Tanggal/ waktu	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya aktif (P)
28-10-2024 (17.00)	392	1317	785
28-10-2024 (18.00)	391	1308	774
28-10-2024 (19.00)	392	1228	726
28-10-2024 (20.00)	392	1211	720
28-10-2024 (21.00)	392	1205	718
28-10-2024 (22.00)	392	1193	708
28-10-2024 (23.00)	392	1186	701

Pengukuran daya aktif, daya semu, tegangan, arus dan cosphi sebelum

menggunakan kapasitor bank yang terdapat pada logic power meter panel LVMDP Perhitungan nilai daya semu, daya reaktif, cosphi dan kompensasi daya reaktif Dari table diatas dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai dari daya semu, daya reaktif, cosphi dan besar daya kapasitif kapasitor yang dibutuhkan Diketahui data tanggal 28-10-2024 jam 17.00 yaitu:

$P = 785 \text{ KW}$  atau  $785.000 \text{ watt}$

$V = 393 \text{ V}$

$I = 1317 \text{ Ampere}$

Maka daya semu (S) sebelum perbaikan cosphi:

$$S1 = VL-L.I.\sqrt{3}$$

$$= 393V.1317 \text{ A}. 1.73$$

$$= 895.415,13 \text{ VA}$$

$$= 895.41 \text{ KVA}$$

Daya reaktif (Q) sebelum perbaikan cosphi:

$$Q1 = \sqrt{S1^2 - P^2}$$

$$= \sqrt{(895,41)^2 - 785^2}$$

$$= \sqrt{185.534,06}$$

$$= 430,73 \text{ KVAR}$$

Nilai cosphi ( $\phi$ ) sebelum perbaikan cos

phi:  $\phi1 = \frac{P}{S1}$

$$= \frac{785 \text{ KW}}{895,41 \text{ KVA}}$$

$$= 0,87$$

Menghitung kompensasi daya reaktif untuk mencapai cosphi ( $\phi$ ) 0.97 :

$$\phi2 = 0.97$$

$$S2 = \frac{P}{\text{Cos } \phi2}$$

$$= \frac{785 \text{ kw}}{0,97}$$

$$= 809,27 \text{ kva}$$

Maka :  $Q2 = \sqrt{S2^2 - P^2}$

$$= \sqrt{809,27^2 - 785^2}$$

$$= \sqrt{654.917,93 - 616.225}$$

$$= \sqrt{38.692,93}$$

$$= 196,70 \text{ kvar}$$

Jadi besar daya reaktif kapasitor yang dibutuhkan (QC) yaitu :

$$QC = Q1-Q2$$

$$= 430,73 - 196,70$$

$$= 234,03 \text{ Kvar}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas telah didapatkan nilai dari:

$$\begin{aligned}
 S1 &= 895,41 \text{ Kva} \\
 S2 &= 809,27 \text{ Kva} \\
 Q1 &= 430,73 \text{ Kvar} \\
 Q2 &= 196,70 \text{ Kvar} \\
 \text{Cos}\phi_1 &= 0,87 \quad \text{Cos}\phi_2 = 0,97
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan yang diperoleh pada jam pertama akan dilakukan juga perhitungan setiap jam nya serta nilai kompensasi daya reaktif kapasitor yang akan dirangkum pada tabel berikut:

Menghitung nilai kapasitansi kapasitor terhadap nilai daya reaktif yang dihasilkan (QC) Berdasarkan perhitungan sebelumnya didapatkan hasil dari kompensasi daya reaktif (QC) pada jam 17.00 sebesar 234,03 Kvar. Sehingga dapat dihitung besar nilai kapasitor bank yang diinjeksikan dengan menggunakan rumus dibawah ni :

$$\begin{aligned}
 QC &= 234,03 \text{ kvar} = 234.030 \text{ var} \\
 VL-L &= 393V
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka : } C &= \frac{QC}{2 \cdot \pi \cdot F \cdot (VL-L)^2} \\
 &= \frac{234.030}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (392)^2} \\
 &= \frac{48.250.496}{0.00485031283F} \\
 &= 4850,31 \text{ Mikrofarad}/\mu\text{f}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat dirangkum besar nilai kapasitor bank tanggal 28-10-2024 mulai pukul 17.00-23.00 pada table dibawah:

Tanggal/ waktu	Cos ( $\phi_2$ )	S2 (Kva)	Q2 (Kvar)	Arus (I)	C ( $\mu\text{F}$ )
28-10-2024 (17.00)	0,97	809,27	196,70	1107	4850,31
28-10-2024 (18.00)	0,97	797,93	193,95	1031	4934,1
28-10-2024 (19.00)	0,97	748,45	181,93	1028	4726,16
28-10-2024 (20.00)	0,97	742,26	180,41	1103	4489,69
28-10-2024 (21.00)	0,97	740,20	179,92	1088	4415,49
28-10-2024(22.00)	0,97	729,89	177,41	1075	4478,08
28-10-2024 (23.00)	0,97	722,68	175,68	1065	4571,55

Dari hasil rata-rata perhitungan pada tabel diatas maka dapat dihitung nilai estimasi dengan nilai kapasitor dari rata-rata 4637,91 Mikrofarad/ $\mu\text{f}$  yang akan diinjeksikan. Sehingga dapat dihitung penghematan daya reaktif QC dan nilai cos phi2 dengan nilai kapasitor yang tetap dari rata-rata hasil perhitungan perjamnya.

Diketahui data rata –rata tabel:

$$\begin{aligned}
 C &= 4637,91 \mu\text{f} = 0,00463791 \text{ f} \\
 P &= 733,14 \text{ KW} \\
 S1 &= 838,71 \text{ KVA} \\
 VL-L &= 392V
 \end{aligned}$$

Tanggal/ waktu	Cos ( $\phi_1$ )	S1 (Kva)	Q1 (Kvar)	QC (Kvar)
28-10-2024 (17.00)	0,87	895,41	430,73	234,03
28-10-2024 (18.00)	0,87	885,82	430,81	236,86
28-10-2024 (19.00)	0,87	833,76	409,97	228,04
28-10-2024 (20.00)	0,87	822,22	397,04	216,63
28-10-2024 (21.00)	0,87	818,51	392,98	213,05
28-10-2024 (22.00)	0,87	810	393,49	216,07
28-10-2024 (23.00)	0,87	805,25	396,26	220,58

$$\text{Maka } QC = C \times 2 \times \pi \times F \times (V^2)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,00463791 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times (392)^2 \\
 &= 223.781,45 \text{ Var} \\
 &= 223,78 \text{ Kvar}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q1 &= \sqrt{S1^2 - P^2} \\
 &= \sqrt{(838,71)^2 - (733,14)^2} \\
 &= 407,35 \text{ Kvar}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q2 &= Q1 - QC \\
 &= 407,35 - 223,78 \\
 &= 183,57 \text{ Kvar}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S2 &= \sqrt{Q^2 + P^2} \\
 &= \sqrt{(183,57)^2 + (733,14)^2} \\
 &= 755,77 \text{ Kva}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } \cos \phi &= \frac{P}{S2} \\
 &= \frac{733,14}{755,77} \\
 &= 0,9700570279317
 \end{aligned}$$

$$\cos \phi = 0,97$$

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengukuran yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

1. Berdasarkan perhitungan kapasitor bank untuk memperbaiki factor daya pada beban bahwa semakin besar cosphi/factor daya yang digunakan

- maka daya reaktif yang diserap beban akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya semakin kecil cosphi yang digunakan maka penggunaan daya reaktif pada system kelistrikan akan semakin besar.
2. Hasil perbaikan factor daya mampu memperbaiki system kelistrikan pada Beading Plant PT PHPO KIM II yaitu dapat dilihat pada perbandingan antara daya semu, arus listrik yang terpakai sebelum dan sesudah menggunakan kapasitor bank
  3. Nilai kapasitor tetap dari rata-rata sebesar 4637,91  $\mu\text{F}$  menghasilkan cosphi sebesar 0,97 yang semula cosphi 0,87 dengan daya reaktif yang diinjeksikan (QC) rata-rata sebesar 234,03 KVAR

#### DAFTAR PUSTAKA

- THARO, Zuraidah. Pengaruh penggunaan beban yang tidak setuju pada alat listrik. **Jurnal Elektro dan Telekomunikasi**, <<https://jurnal.pancabudi.ac.id/index.php/elektrotelkomunikasi/article/view/4091>>
- YANI, Ahmad; ADHA, Ariq Muntasir; WILYANTO, Fajar Dwi. Analisis persentase kesalahan sistem penerapan kwh meter. **Jurnal Elektro dan Telekomunikasi**, <<https://jurnal.pancabudi.ac.id/index.php/elektrotelkomunikasi/article/view/4356>>.
- ANISAH, Siti. Analisis pengukuran harmonisa pada mesin cuci kondisi berbeban dan tanpa beban. **Jurnal Elektro dan Telekomunikasi**, <<https://jurnal.pancabudi.ac.id/index.php/elektrotelkomunikasi/article/view/1181>>
- Yani, Ahmad 2017 *Journal of Electrical Technology*, Vol. 2, No. 3, Oktober 017 ISSN: 2598 – 1099 (Online) ISSN: 2502 – 3624 (Cetak)
- Zuhal, 2000 “Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya “. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Theraja BL. A text Book Electrical Technology, New Delhi: Nirja Construksion & Development Co.(P) Ltd.
- Mhawi, E., Daniyal, H., Sulaiman, M. H. 2015. Advanced Techniques in Harmonic Suppression via Active Power Filter. *Journal of Power Electronics and Drive System*, 2, 185-189.
- Ditjeng Marsudi.2006. Operasi system Tenaga Listrik. Edisi Pertama. Graha Ilmu: Yogyakarta
- Naibaho, Henri Matius 2016 “Peningkatan Kualitas Daya Listrik Dengan Menggunakan Bank Kapasitor dan Filter pada Kaji Station PT. Medco E&P”. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Julianto,S.N., & Ibnu Hajar 2021 Menghitung Kapasitas Kapasitor Sebagai Koreksi Faktor Daya pada Pelanggan Rumah Tangga 6600 VA (Hal.9697). Indonesia: Institut Teknologi PLN.
- Darusman, Marzuki 2017 “Analisis Kelayakan Pemasangan Kapasitor Bank pada Gardu Distribusi Untuk Kemampuan Layanan Di PT EPI Cabang Pontianak”. Pontianak: Universitas Tanjung Pura
- Hariyadi, Eko Budi 2015. “Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Peralatan Rumah Tangga”. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Aribowo, Widi d.k.k 2020 Analisis Penggunaan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory Unesa. Surabaya :Universitas Negeri Surabaya.
- Hakim MF. Analisis kebutuhan capacitor bank beserta implementasinya untuk memperbaiki faktor daya listrik di politeknik kota malang. *Eltek*.2014;12