

ANALISIS PENGGUNAAN KAPASITOR BANK DALAM UPAYA PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA LOW VOLTAGE MAIN DISTRIBUTION PANEL (LVMDP) DI PT.PERMATA HIJAU PALM OLEO (PHPO) KIM II

ANALYSIS OF THE USE OF BANK CAPACITORS IN AN EFFORT TO IMPROVE POWER FACTORS IN LOW VOLTAGE MAIN DISTRIBUTION PANEL (LVMDP) AT PT. PERMATA HIJAU PALM OLEO (PHPO) KIM II

Hormat Ferdinto Situmorang¹, Pristisal Wibowo², Zulkarnain Lubis³

^{1,2,3}Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi
ferdisitumorang37@gmail.com¹, pristisawibowo@dosen.pancabudi.ac.id²,
zulkarnainlubis@dosen.pancabudi.ac.id³

ABSTRACT

Reactive power must be provided because the majority of the electrical power in PT Permata Hijau Palm Oleo KIM II's system is inductive and is produced by large-capacity electric motors. The power system's power factor (Cosphi) value decreases with increasing reactive power requirements. Smaller power factors will result in more big power losses in PT Permata Hijau Palm Oleo's current power system. The method that is frequently used to increase power factor is the use of capacitor banks, which attempts to decrease the phi angle so that the resulting cos phi is close to 1. Reduced power losses can be obtained by getting cos phi close to 1. The installation of this capacitor bank, which has 12 steps and 23 units of installed capacitors, aims to control power factor up to 0.97 in the electrical power system. Each capacitor has a reactive load of 80KVAR, which can be absorbed, bringing the total reactive load that can be absorbed to 1840KVAR.

Keywords: Capacitor Bank, induktive power, Reaktive Power, Cosphi, Motor Induktive.

ABSTRAK

Sistem Tenaga listrik pada PT Permata Hijau Palm Oleo KIM II sebagian besar beban bersifat induktif yang dihasilkan oleh motor listrik dengan kapasitas yang besar, sehingga kebutuhan daya reaktif yang dibutuhkan juga besar. Semakin besar kebutuhan daya reaktif maka akan semakin kecil nilai faktor daya (Cosphi) yang ada pada sistem tenaga. Apabila faktor daya semakin kecil maka akan meningkatkan rugi daya yang besar pada sistem tenaga yang ada di PT Permata Hijau Palm Oleo. Penggunaan capasitor bank merupakan salah satu cara yang sering digunakan untuk memperbaiki faktor daya yang bertujuan untuk memperkecil sudut phi sehingga cos phi yang dihasilkan mendekati 1. Dengan pencapaian cosphi mendekati 1 maka akan menghasilkan rugi daya yang semakin kecil. PT Permata Hijau Palm Oleo memiliki kapasitor bank dengan 12 step dengan jumlah kapasitor yang terpasang total 23 dengan beban reaktif yang mampu diserap masing-masing kapasitor senilai 80KVAR sehingga total beban reaktif yang mampu diserap mencapai 1840KVAR, Dimana pemasangan kapasitor bank ini bertujuan untuk mengontrol faktor daya hingga mencapai 0,97 pada sistem tenaga kelistrikan yang digunakan.

Kata Kunci: Kapasitor Bank, Daya Induktif, Daya Reaktif, Cosphi, Motor Induktif.

PENDAHULUAN

Energi Listrik merupakan sumber daya yang sangat dibutuhkan dalam dunia industry bahkan dalam skala yang sangat besar. PT Permata Hijau Group (PHG) merupakan salah satu Perusahaan yang berdiri pada tahun 1984 yang bergerak dibidang Perkebunan kelapa sawit dan industry pengolahan kelapa sawit. Seiring dengan kemajuan jaman dan teknologi PT Permata Hijau Group juga terus berkembang dengan memiliki beberapa anak Perusahaan dan bahkan PT Permata

Hijau Group sudah merencanakan akan Go Public untuk kemajuan Perusahaan.

PT Permata Hijau Plam Oleo (PHPO) yang berlokasi di KIM II Mabar-Medan merupakan salah satu anak perusahaan PT Permata Hijau Group yang berdiri sejak tahun 2015 dan beroperasi pada akhir tahun 2016 yang bergerak dibidang Pengolahan minyak inti kelapa sawit (Oleochemical). Untuk kegiatan prosesnya Perusahaan ini menggunakan banyak peralatan-peralatan yang membutuhkan energi listrik yang bebannya

bersifat induktif, dimana beban ini sangat berpengaruh pada nilai besarnya power faktor ($\cos \phi$). Peralatan-peralatan tersebut seperti motor listrik sebagai penggerak awal pada setiap mesin prosesnya.

PT Permata Hijau Palm Oleo memiliki Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan kapasitas 12MW untuk memenuhi kebutuhan energi listrik setiap mesin-mesin prosesnya. Pembangkit ini menghasilkan Tegangan 6,3KV dan diturunkan menjadi Tegangan 400V dan 220V menggunakan 3 unit Transformator Step Down dengan kapasitas masing-masing transformator 5000KVA yang dipararelkan menggunakan sistem sinkron di Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP). Berdasarkan pengukuran pada power meter digital Pembangkit ini menghasilkan Power Faktor ($\cos \phi$) 0,80 sampai 0,85.

Faktor daya ($\cos \phi$) merupakan perbandingan dari daya aktif dan daya semu. Semakin besar nilai dari faktor daya maka daya Listrik yang disalurkan semakin efektif. Khanci (2013) menyatakan bahwa penghematan Listrik dapat dicapai dengan memperbaiki faktor daya. Penambahan kapasitor bank bertujuan untuk memperbaiki faktor daya sehingga menghasilkan nilai daya reaktif yang relative kecil sehingga dapat mengurangi rugi-rugi daya.

Pada kesempatan ini penulis bertujuan untuk membandingkan hasil dari current, daya aktif, daya reaktif dan daya semu sebelum dan sesudah dengan simulasi menggunakan capasitor bank yang ada di PT Permata Hijau Palm Oleo sehingga dapat diketahui seberapa besar pengaruh kapasitor bank ini dalam memperbaiki faktor daya ($\cos \phi$) pada sistem kelistrikan PT Permata Hijau Palm Oleo.

Pengertian Daya Listrik

Menurut (Dani, 2018) " Daya adalah sebuah kuantitas yang penting dalam rangkaian-rangkaian elektris. Daya merupakan ukuran disipasi energi dala

sebuah alat. Karena tegangan dan arus dapat berubah sesuai fungsi dan waktu, dapat diperkirakan bahwa nilai sesaat dan nilai rata-rata dapat digunakan untuk menggambarkan disipasi. Berdasarkan tersebut maka daya sesaat adalah hasil perkalian antara tegangan dan arus sesaat. Sehingga Daya listrik dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P = V \cdot I \quad (1)$$

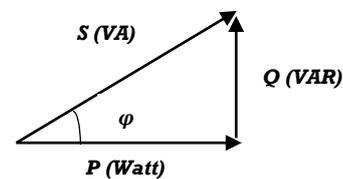
Dimana :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Kuat Arus (Ampere)

Pada sistem kelistrikan arus bolak-balik daya listrik terbagi menjadi tiga yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan daya semu (S). Hubungan dari ketiga daya tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Segitiga Daya

Daya Aktif

Daya aktif (daya nyata) merupakan daya yang dihasilkan oleh beban-beban listrik yang bersifat resistif atau beban murni. (Sharma, 2007) besarnya daya nyata sebanding dengan kuadrat arus listrik yang mengalir pada beban resistif dan dinyatakan dalam satuan Watt. Dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P_{aktif} = I^2 \cdot R \quad (2)$$

Dimana :

Paktif = Daya (Watt)

I = Kuat Arus (Ampere)

R = Resistansi atau Tahanan (Ohm)

Daya aktif pada beban impedansi (Z), beban impedansi pada suatu rangkaian disebabkan oleh beban yang bersifat resistansi (R) dan induktansi (L). Maka gelombang arus sebesar ϕ . Perkalian gelombang tegangan dan gelombang arus menghasilkan dua puncak positif yang besar dan dua puncak negatif yang kecil.

Pergeseran sudut fasa bergantung seberapa besar nilai dari komponen induktornya.

Persamaan daya aktif (P) pada beban bersifat impedansi 1 fasa dapat dirumuskan:

$$P = VL-N \cdot IL-N \cdot \cos \phi \text{ (1 fasa)} \quad (3)$$

Untuk beban bersifat impedansi 3 fasa dapat dirumuskan :

$$P = VL-L \cdot IL-L \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \phi \text{ (3 fasa)} \quad (4)$$

Atau

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2} \text{ (Watt)} \quad (5)$$

Dimana :

P = Daya Aktif (Watt)

S = Daya Semu (VA)

Q = Daya Reaktif (VAR)

VL-N = Tegangan Fasa - Netral (Volt)

VL-L = Tegangan Fasa – Fasa (Volt)

IL-N = Kuat arus Line – Netral (Ampere)

IL-L = Kuat arus Line – Line (Ampere)

Cos ϕ = Faktor Daya

Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan magnet atau daya yang ditimbulkan oleh beban yang bersifat induktif. Untuk menghemat daya reaktif dapat dilakukan dengan memasang kapasitor bank pada rangkaian yang memiliki beban yang bersifat induktif. Beban yang bersifat induktif banyak digunakan oleh setiap industri yang menggunakan banyak motor-motor Listrik sebagai penggerak awal pada setiap mesin-mesin prosesnya. Sehingga hampir disetiap industri menggunakan kapasitor bank sebagai upaya untuk memperbaiki faktor daya sehingga beban reaktifnya dapat berkurang sekecil mungkin.

Persamaan daya reaktif (R) pada beban 1 fasa dapat dirumuskan :

$$Q = VL-N \cdot IL-N \cdot \sin \phi \text{ (VAR)} \quad (6)$$

Persamaan daya reaktif (R) pada beban 3 fasa dapat dirumuskan :

$$Q = VL-L \cdot IL-L \cdot \sqrt{3} \cdot \sin \phi \text{ (VAR)} \quad (7)$$

Atau

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \text{ (VAR)} \quad (8)$$

Dimana :

Q = Daya Reaktif (VAR)

S = Daya Semu (VA)

P = Daya Aktif (Watt)

VL-N = Tegangan Fasa - Netral (Volt)

VL-L = Tegangan Fasa – Fasa (Volt)

IL-N = Kuat arus Line – Netral (Ampere)

IL-L = Kuat arus Line – Line (Ampere)

Cos ϕ = Faktor Daya

Daya Semu

Daya semu (S) merupakan gabungan antara daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dengan satuan VA (Volt Ampere). Daya semu adalah daya yang masuk kedalam sebuah rangkaian ac atau daya yang sebenarnya diterima dari pemasok sumber tegangan ac. Daya ini juga merupakan hasil perkalian antara arus dan tegangan tanpa melihat perbedaan sudut fasa antara tegangan dan arus atau tidak dipengaruhi oleh faktor daya (cos ϕ). Beban yang bersifat daya semu adalah beban yang bersifat resistansi seperti setrika, lampu pijar, pemanas air dan lain sebagainya. Beban-beban yang bersifat resistif tidak dapat dihemat karena tegangan dan arus Listrik se fasa perbedana sudut fasa adalah 0° dan memiliki nilai faktor daya adalah 1.

Persamaan daya semu (S) pada beban 1 fasa dapat dirumuskan :

$$S = VL-N \cdot IL-N \text{ (VA)} \quad (9)$$

Persamaan daya semu (S) untuk beban 3 fasa dapat dirumuskan :

$$Q = VL-L \cdot IL-L \cdot \sqrt{3} \text{ (VA)} \quad (10)$$

Atau

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (VA)} \quad (11)$$

Dimana :

S = Daya Semu (VA)

P = Daya Aktif (Watt)

Q = Daya Reaktif (VAR)

VL-N = Tegangan Fasa - Netral (Volt)

VL-L = Tegangan Fasa – Fasa (Volt)

IL-N = Kuat arus Line – Netral (Ampere)

IL-L = Kuat arus Line – Line (Ampere)

Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu / daya total (VA), atau nilai cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu hal ini dapat dilihat pada gambar 2.1 segitiga daya. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan nilai cosinus sudut dan sebagai hasilnya nilai faktor daya akan lebih rendah dan nilai faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan 1.

Persamaan faktor daya dapat dirumuskan :

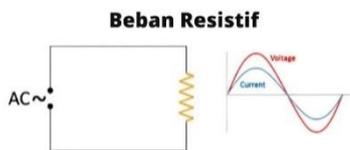
$$\text{Faktor daya} = \cos \phi = \frac{P (Kw)}{S (KVA)} \quad (12)$$

Sifat-sifat Beban

Beban listrik adalah suatu peralatan yang dapat bekerja atau berfungsi saat dialiri arus listrik yang berpotensi atau dapat bekerja dengan memanfaatkan energi listrik . Berdasarkan sifatnya beban-beban listrik dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Baban Bersifat Resistif

Beban yang memiliki sifat resistif akan memiliki sifat yang sama dengan resistor. Apabila beban tersebut dialiri oleh arus Listrik yang mengalir melalui beban tersebut adalah arus nominal pada beban dan memiliki nilai yang tetap sehingga tidak diaktifkan. Contoh beban yang bersifat resistif adalah lampu pijar, setrika, pemanas air dan biasanya banyak kita jumpai dalam peralatan rumah tangga.

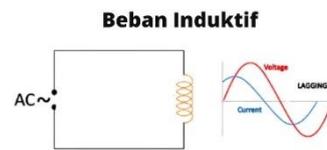


Gambar 2 . Rangkaian beban resistif

2. Beban yang bersifat induktif

Beban yang bersifat induktif memiliki sifat yang sama dengan inductor (L). arus Listrik yang mengalir melalui beban tersebut akan disimpan dalam bentuk medan magnet karena arus Listrik yang mengalir akan terinduksi dan dirubah

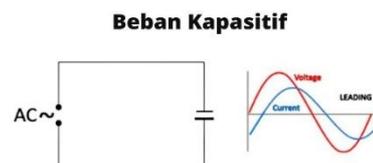
menjadi medan magnet sehingga dapat tersimpan. Misalnya motro Listrik Ketika digerakkan dengan cara dialiri arus listrik maka nilai arus startnya akan tiga kali lebih besar dari arus nominal, dan ketika motor Listrik telah running maka nilai arus Listrik akan sama dengan nilai arus nominal. Contoh beban Listrik yang bersifat induktif adalah motor Listrik,kipas angin, blender,mesin cuci dan Peralatan-peralatan Listrik lainnya yang memanfaatkan energi Listrik yang menghasilkan energi gerak sebagai penggerak beban utama. Beban induktif biasanya banyak dijumpai pada mesin-mesin industry dengan kapasitas yang sangat besar.



Gambar 3. Rangkaian beban induktif

3. Beban bersifat kapasitif

Beban yang bersifat kapasitif memiliki sifat yang sama dengan kapasitor (C). hampir sama dengan inductor yang menyimpan energi Listrik hanya saja,beban yang bersifat kapasitif menyimpan energi Listrik murni. Pada industry – industry besar yang menggunakan penggerak berupa motor Listrik memerlukan kapasitor untuk menghemat daya. Beban bersifat kapasitif dapat juga dikatakan dengan Tingkat kemampuan energi Listrik sementara. Jadi nantinya daya aktif akan diserap dan sebaliknya daya reaktif ini akan hilang.



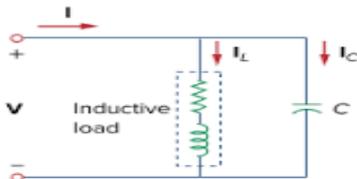
Gambar 4. Rangkaian beban kapasitif

Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah peralatan listrik yang bersifat kapasitif yang

berfungsi sebagai penyeimbang bagi beban yang bersifat induktif. Salah satu solusi dari penggunaan kapasitor adalah memperbaiki profil tegangan, memperbaiki power faktor ($\cos \phi$), mengurangi rugi-rugi daya, menghilangkan kelebihan biaya (kVARh) dan menghindari drop line voltage.

Dalam penelitian tugas akhir ini kapasitor akan digunakan untuk melakukan perbaikan faktor daya. Kapasitor ini akan dipasang secara paralel terhadap beban yang bersifat induktif seperti dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Rangkaian Beban Induktif Menggunakan Kapasitor Bank

Dalam perbaikan faktor daya dan menjaga kestabilan tegangan pada sebuah sistem kelistrikan yang memiliki banyak beban-beban induktif, para engineering banyak memanfaatkan kapasitor bank dengan sistem kompensasi daya reaktifnya.

Pemasangan kapasitor bank adalah usaha yang dilakukan untuk memberikan daya supply reaktif. Sehingga penggunaan kapasitor bank akan mengurangi penyerapan daya reaktif oleh beban. Hal ini dilakukan agar jatuh tegangan dan rugi-rugi jaringan dapat dikurangi secara umum fungsi kapasitor pada sistem tenaga Listrik adalah :

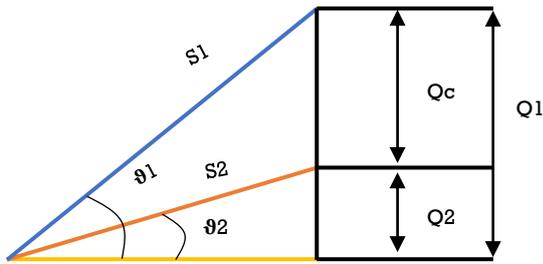
1. Menyimpan serta meningkatkan energi Listrik pada kurun waktu tertentu
2. Memperbaiki power faktor apabila dipakai pada jenis arus AC dan bebannya bersifat induktif
3. Mencegah timbulnya daya reaktif yang secara otomatis terhidar dari pembayaran denda oleh karena kelebihan daya reaktif (kVARh)
4. Mengurangi potensi resiko terjadinya penurunan tegangan listrik atau voltage drop akibat beban yang sangat besar

5. Mencegah terjadinya kelebihan beban atau overload pada tranformator. Hal ini terjadi karena komponen/kapasitor bank sebagai penambah daya.

Dalam industry pemanfaatan kapasitor bank sangat berpengaruh pada Harga Pokok Penjualan dari hasil produksinya, karena dengan memanfaatkan kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya sehingga dapat menurunkan biaya produksi. Sehingga setiap industri yang memanfaatkan kapasitor bank ini dapat menghasilkan keuntungan yang maksimal. Dan sebaliknya apabila dalam memanfaatkan kapasitor bank ini tidak sesuai dengan hasil perhitungan atau tidak sebanding dengan beban reaktifnya maka kapasitor tersebut juga akan menjadi beban yang dapat menimbulkan kerugian yang besar. Jadi dalam pemanfaatan kapasitor harus sesuai dan benar sehingga tidak ada kerugian yang besar. Dalam pemasangan kapasitor bank ini dalam dunia industri sudah dijalankan dengan secara otomatis dengan mengatur nilai $\cos \phi$ yang diinginkan, sehingga apabila $\cos \phi$ turun maka kapasitor akan otomatis aktif dan begitu juga sebaliknya apabila $\cos \phi$ sudah melebihi maka kapasitor akan otomatis tidak aktif sehingga pemanfaatan kapasitor ini sesuai dengan yang diinginkan.

Perbaikan Faktor Daya

Dalam hal melakukan perbaikan faktor daya sesuai dengan judul penelitian tugas akhir ini yaitu “anlisis penggunaan kapasitor bank dalam Upaya perbaikan faktor daya di PT Permata Hijau Palm Oleo Kim II” maka banyak hal yang perlu kita ketahui data dianalisis sehingga dapat dilakukan perhitungan berapa besar nilai kapasitansi kapasitor yang akan digunakan untuk mencapai power faktor yang diinginkan, sehingga pemanfaatan kapasitor ini dalam Upaya perbaikan faktor daya tepat dan benar. Dalam prinsip perbaikan faktor daya dapat kita lihat pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Prinsip Perbaikan Faktor Daya

Dari gambar diatas perhitungan nilai kapasitansi dapat dilakukan terlebih dahulu dengan mencari nilai daya reaktif kompensator (Q_c). Pada prinsipnya dalam perbaikan faktor daya bertujuan untuk mencari nilai PFnya mendekati atau sama dengan 1. Sebuah daya kapasitor ac harus mempunyai nilai daya reaktif kompensator (Q_c) yang sama dengan nilai daya reaktif (Q) dari sistem yang akan diperbaiki faktor dayanya atau dapat dirumuskan.

$$P = S1 \cdot \cos \phi1 \quad (13)$$

$$Q1 = S1 \cdot \sin \phi1 = P \cdot \tan \phi1 \quad (14)$$

Untuk meningkatkan nilai faktor dayanya menjadi $\phi2$ maka :

$$Q2 = P \cdot \tan \phi2 \quad (15)$$

Selanjutnya menghitung selisih antara daya reaktif awal dengan daya reaktif sesudah perbaikan maka :

$$Q_c = Q1 - Q2 \quad (16)$$

Berdasarkan nilai Q_c maka dapat dihitung nilai kapasitor yang dibutuhkan dengan persamaan berikut :

$$Q_c = \frac{V^2}{X_c} \quad (17)$$

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \quad (18)$$

$$C = \frac{1}{\omega X_c} = \frac{Q_c}{\omega V^2} = \frac{P (\tan \phi1 - \tan \phi2)}{\omega V^2_{rms}} \quad (19)$$

Dimana :

$S1$ = Daya Semu sebelum perbaikan faktor daya (VA)

P = Daya Aktif (Watt)

$Q1$ = Daya Reaktif sebelum perbaikan faktor daya (VAR)

$Q2$ = Daya Reaktif sesudah perbaikan faktor daya (VAR)

Q_c = Daya Reaktif kompensator (VAR)

V = Tegangan (Volt)

C = Kapasitansi

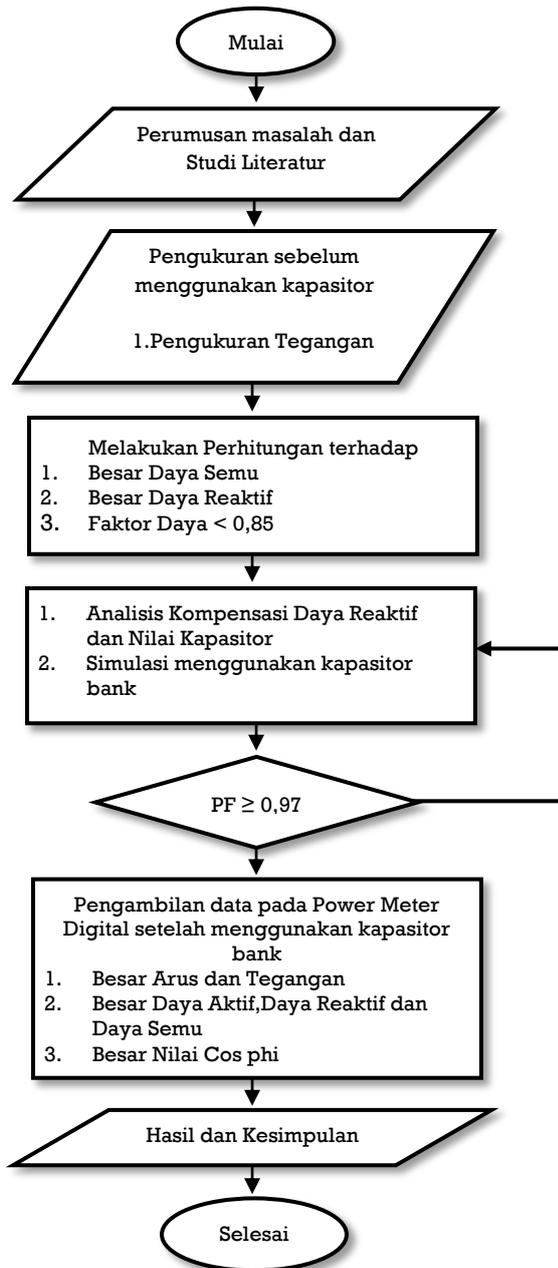
X_c = Reaktansi kapasitif

Pada prinsipnya perbaikan faktor daya dilakukan untuk mengurangi daya

reaktif karena diserap oleh kapasitor bank, sehingga oleh karena perubahan sudut phasanya maka daya semu akan berkurang secara otomatis sehingga penggunaan kapasitor ini dinilai sangat efektif dalam upaya melakukan perbaikan faktor daya

METODE

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis besaran nilai faktor daya yang ada di PT Permata Hijau Palm Oleo yang berada dikawasan industri Medan (KIM II) Sumatera Utara. Untuk meningkatkan nilai faktor daya engineering Elektrikal & Instrument telah memilih dan menggunakan kapasitor bank. Penelitian ini bertujuan untuk lebih memahami bagaimana kapasitor bank melakukan perbaikan faktor daya pada sistem kelistrikan yang ada di PT Permata Hijau Palm Oleo.



Gambar 7. Flowchat Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di PT Permata Hijau Group KIM II Medan dengan melakukan pengukuran dan pengambilan data pada Low Voltage Main Distribution Panel dengan menggunakan alat ukur yang sudah terpasang di panel dan juga alat ukur portable seperti clamp ampere meter dan multi meter. Penelitian dilakukan dengan pengambilan data selama 3 hari mulai tanggal 15 April 2023 (08:00 – 16:00) sampai 17 April 2024 (08:00 – 16:00), data tersebut akan

dilakukan perhitungan terhadap Daya Semu, Daya Reaktif dan Cos-phi sebelum menggunakan kapasitor bank setelah itu dilakukan perhitungan terhadap kompensasi daya reaktif untuk mendapatkan Cos-phi 0,97. Apabila kompensasi Daya Reaktif (QC) sudah diperoleh selanjutnya akan dilakukan penambahan kapasitor sesuai dengan hasil yang dihitung dan selanjutnya dilakukan pengambilan data untuk mengambil kesimpulan.

Data Hasil Pengukuran Pada Low Main Distribution Panel (LVMDP)

Tabel 1. Data Pengukuran Pada Hari Pertama

Waktu	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya Aktif (P)
15 April 2024 (08:00)	392	5930	3224
15 April 2024 (09:00)	390	6298	3446
15 April 2024 (10:00)	391	6211	3403
15 April 2024 (11:00)	392	5864	3221
15 April 2024 (12:00)	392	5649	3107
15 April 2024 (13:00)	392	5457	3005
15 April 2024 (14:00)	390	5496	3019
15 April 2024 (15:00)	392	6338	3468
15 April 2024 (16:00)	392	5899	3240

Tabel 2. Data Pengukuran Pada Hari Kedua

Waktu	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya Aktif (P)
16 April 2024 (08:00)	392	5935	3260
16 April 2024 (09:00)	391	6069	3345
16 April 2024 (10:00)	391	5551	3041
16 April 2024 (11:00)	391	5693	3119
16 April 2024 (12:00)	390	6007	3287
16 April 2024 (13:00)	392	5096	2799
16 April 2024 (14:00)	392	5246	2885

16 April 2024 (15:00)	392	4923	2704
16 April 2024 (16:00)	392	5092	2797

Tabel 3. Data Pengukuran Pada Hari Ketiga

Waktu	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya Aktif (P)
17 April 2024 (08:00)	392	5184	2851
17 April 2024 (09:00)	392	5540	3043
17 April 2024 (10:00)	391	5288	2901
17 April 2024 (11:00)	392	5153	2834
17 April 2024 (12:00)	392	5114	2809
17 April 2024 (13:00)	392	4981	2736
17 April 2024 (14:00)	392	5082	2795
17 April 2024 (15:00)	392	4902	2696
17 April 2024 (16:00)	392	4949	2722

Menghitung Daya Semu, Daya Reaktif dan Cos-phi serta Kompensasi Daya Reaktif

Berdasarkan data tabel diatas, data pengukuran pada Incoming LVMDP maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui Daya Semu (S), Daya Reaktif (Q) dan Cos-phi (PF) sebelum menggunakan kapasitor, serta menghitung kompensasi daya reaktifnya untuk mencapai Cos-phi 0,97. Dari data tersebut diatas maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Dari data tanggal 15 April 2024 (08:00)

Diketahui :

$$P = 3224 \text{ KW atau } 3.324.000 \text{ Watt}$$

$$V = 392 \text{ V}$$

$$I = 5930 \text{ A}$$

Menghitung Daya Semu sebelum perbaikan Faktor Daya :

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

$$= 392 \text{ V} \cdot 5930 \text{ A} \cdot 1,73$$

$$= 4.021.488,8 \text{ VA}$$

$$= 4.021,48 \text{ KVA}$$

Menghitung Daya Reaktif (Q1) sebelum perbaikan Faktor Daya :

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

$$= \sqrt{(4.021,48)^2 \text{ KVA} - (3224)^2 \text{ Watt}}$$

$$= \sqrt{5.778.125,3} \text{ KVAR}$$

$$= 2403,77 \text{ KVAR}$$

Menghitung nilai Cos θ_1 atau sebelum perbaikan Faktor Daya :

$$\text{Cos } \theta_1 = \frac{P \text{ (Kw)}}{S1 \text{ (KVA)}}$$

$$= \frac{3224 \text{ Kw}}{4021,48 \text{ KVA}}$$

$$= 0,80$$

$$\theta_1 = \text{Cos}^{-1} 0,80$$

$$= 36,86$$

Menghitung kompensasi Daya Reaktif untuk mencapai Cos θ_2 (0,97)

$$\text{Cos } \theta_2 = 0,97$$

$$\theta_2 = \text{Cos}^{-1} 0,97$$

$$= 14,06$$

Maka :

$$QC = P (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

$$= 3224 \text{ KW} (\tan 36,86 - \tan 14,06)$$

$$= 3224 \text{ KW} (0,745 - 0,251)$$

$$= 1592,6 \text{ KVAR}$$

Menghitung Kapasitas Kapasitor :

$$C = \frac{QC}{2 \cdot \pi \cdot F \cdot (V)^2}$$

$$= \frac{1592,6 \text{ KVAR}}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (392)^2}$$

$$= 0,0330069 \text{ F}$$

$$= 33006,9 \mu\text{F}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui untuk Besar Daya Semu (S1) 4021KVA, Daya Reaktif (Q1) 2403KVAR, cos θ_1 0,80 dan besar kompensasi daya reaktif yang dibutuhkan untuk mencapai cos θ_2 0,97. Selanjutnya akan dilakukan penambahan kapasitor bank sesuai dengan kompensasi daya reaktif yang diperoleh berdasarkan dengan hasil perhitungan dan dilakukan pengambilan data Daya Semu (S2), Daya Reaktif (Q2), Current setelah dilakukan perbaikan faktor daya pada logic power meter yang sudah terpasang pada panell LVMDP. Dan setiap perhitungan dan pengambilan data sudah dirangkum pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Data Perhitungan hari pertama

Waktu	Data perhitungan sebelum menggunakan kapasitor			
	S1 (KVA)	Q1 (KV AR)	Cos θ 1	QC (KVA R)
15 April 2024 (08:00)	4021	2403	0,80	1592
15 April 2024 (09:00)	4271	2523	0,81	1660
15 April 2024 (10:00)	4212	2483	0,81	1630
15 April 2024 (11:00)	3977	2332	0,81	1526
15 April 2024 (12:00)	3831	2241	0,81	1463
15 April 2024 (13:00)	3700	2160	0,81	1407
15 April 2024 (14:00)	3727	2186	0,81	1430
15 April 2024 (15:00)	4298	2539	0,81	1670
15 April 2024 (16:00)	4000	2346	0,81	1535
Rata-Rata	4004	2357	0,81	1546

Tabel 5. Data Perhitungan Hari Kedua

Waktu	Data perhitungan sebelum menggunakan kapasitor			
	S1 (KVA)	Q1 (KVAR)	Cos θ 1	QC (KVAR)
16 April 2024 (08:00)	4004	2325	0,81	1509
16 April 2024 (09:00)	4114	2395	0,81	1557
16 April 2024 (10:00)	3745	2186	0,81	1424
16 April 2024 (11:00)	3841	2242	0,81	1460
16 April 2024 (12:00)	4053	2371	0,81	1548
16 April 2024 (13:00)	3438	1996	0,81	1295
16 April 2024 (14:00)	3539	2050	0,82	1327
16 April 2024 (15:00)	3321	1929	0,81	1251
16 April 2024 (16:00)	3435	1995	0,81	1295
Rata-Rata	3721	2165	0,81	1407

Tabel 6. Data Perhitungan Hari Ketiga

Waktu	Data perhitungan sebelum menggunakan kapasitor			
	S1 (KVA)	Q1 (KVAR)	Cos θ 1	QC (KVAR)
17 April 2024 (08:00)	3497	2026	0,82	1312
17 April 2024 (09:00)	3738	2171	0,81	1408
17 April 2024 (10:00)	3668	2077	0,81	1350
17 April 2024 (11:00)	3476	2014	0,81	1304
17 April 2024 (12:00)	3450	2004	0,81	1300
17 April 2024 (13:00)	3360	1951	0,81	1266
17 April 2024 (14:00)	3429	1986	0,82	1350
17 April 2024 (15:00)	3307	1916	0,82	1240
17 April 2024 (16:00)	3339	1934	0,82	1252
Rata-Rata	3473	2008	0,82	1309

Tabel 7. Pengambilan Data Hari Pertama

Waktu	Data setelah menggunakan kapasitor				
	S2 (KVA)	Q2 (KVAR)	Arus (I)	Cos θ 2	C(μ F)
15 April 2024 (08:00)	3271	709	4840	0,97	33006,9
15 April 2024 (09:00)	3545	817	5246	0,97	34401,5
15 April 2024 (10:00)	3503	783	5153	0,97	33782,5
15 April 2024 (11:00)	3310	739	4886	0,97	31616,8
15 April 2024 (12:00)	3192	721	4699	0,97	30324,7
15 April 2024 (13:00)	3092	701	4527	0,97	29161,7
15 April 2024 (14:00)	3104	697	4562	0,97	29634,1
15 April 2024 (15:00)	3546	788	5256	0,97	34621,1
15 April 2024 (16:00)	3318	733	4934	0,97	31803,3
Rata-Rata	3320	743	4900	0,97	32041,9

Tabel 7. Pengambilan Data Hari Kedua

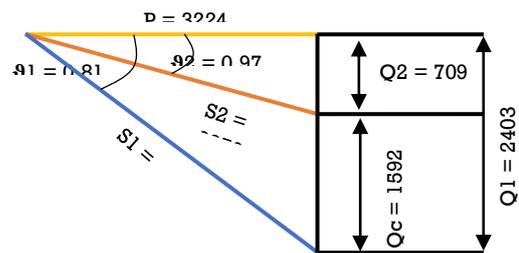
Waktu	Data setelah menggunakan kapasitor				
	S2 (KVA)	Q2 (KVAR)	Arus (I)	Cos θ 2	C(μ F)
16 April 2024 (08:00)	3359	769	4962	0,97	31270,4
16 April 2024 (09:00)	3425	754	5073	0,97	32273
16 April 2024 (10:00)	3121	787	4616	0,97	29510,2
16 April 2024 (11:00)	3206	694	4720	0,97	30267,1
16 April 2024 (12:00)	3375	763	5172	0,97	32081,5
16 April 2024 (13:00)	2862	649	4239	0,97	26848,4
16 April 2024 (14:00)	2968	683	4362	0,97	27511,8
16 April 2024 (15:00)	2770	621	4086	0,97	25937,2
16 April 2024 (16:00)	2873	645	4231	0,97	26829,2

Rata-Rata	3320	743	4934	0,97	29169,9
------------------	-------------	------------	-------------	-------------	----------------

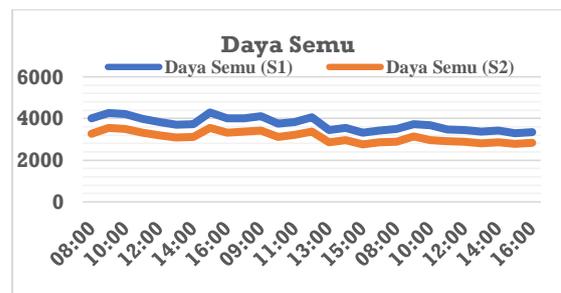
Tabel 8. Pengambilan Data Hari Ketiga

Waktu	Data setelah menggunakan kapasitor				
	S2 (KVA)	Q2 (KVAR)	Arus (I)	Cos θ 2	C(μ F)
17 April 2024 (08:00)	2891	670	4313	0,97	27187,7
17 April 2024 (09:00)	3130	771	4602	0,97	29188,9
17 April 2024 (10:00)	2971	693	4424	0,97	27989,2
17 April 2024 (11:00)	2917	667	4303	0,97	27025,5
17 April 2024 (12:00)	2887	659	4256	0,97	26944,3
17 April 2024 (13:00)	2807	627	4134	0,97	26244,1
17 April 2024 (14:00)	2865	610	4227	0,97	27969,7
17 April 2024 (15:00)	2773	635	4185	0,97	25709,5
17 April 2024 (16:00)	2839	663	4118	0,97	25957,4
Rata-Rata	2897	666	4284	0,97	27135,1

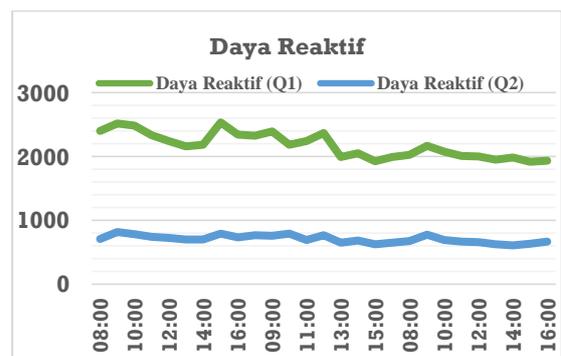
Untuk lebih mudah memahami dan melihat setiap perubahan yang terjadi pada Daya Semu, Daya Reaktif, Arus dan Cos θ (sudut θ) sebelum dan sesudah menggunakan kapasitor bank sesuai dengan data pada tanggal 15 April 2024 jam 08:00 dapat dilihat pada gambar 7 dan grafik dibawah ini.



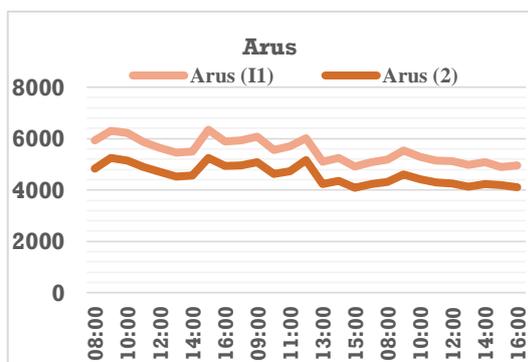
Gambar 8. Segitiga Daya Sebelum Dan Sesudah Menggunakan Kapasitor



Grafik 1 Daya Semu Sebelum Dan Sesudah Menggunakan Kapasitor



Grafik 2 Daya Reaktif Sebelum Dan Sesudah Menggunakan Kapasitor



Grafik 3 Arus Sebelum Dan Sesudah Menggunakan Kapasitor

Berdasarkan gambar 1 dapat dilihat bahwa perubahan sudut θ sangat jauh berbeda sebelum dan sesudah menggunakan kapasitor bank, dimana sebelum menggunakan kapasitor bank $\cos \theta_1 = 0,80$ atau sudut sekitar $36,69^\circ$. Namun setelah dilakukan perbaikan faktor daya $\cos \theta_2$ menjadi $0,97$ atau sudut sekitar $14,07^\circ$, oleh karena perubahan sudut θ daya semu dan daya reaktif juga menurun yang sebelumnya daya semu (S_1) = 4021 KVA berkurang menjadi (S_2) 3270 KVA atau berkurang sekitar 751 KVA, sedangkan pada daya reaktif sebelum menggunakan kapasitor bank $Q_1 = 2403$ KVAR berubah menjadi (Q_2) 709 KVAR atau berkurang sekitar 1694 KVAR setelah menggunakan kapasitor bank. Selain perubahan pada daya semu dan daya reaktif sebelum dan sesudah menggunakan kapasitor bank, besarnya arus juga berubah dimana sebelum menggunakan kapasitor bank besar arus = 5930 A berubah menjadi 4840 A atau berkurang sekitar 1090 A perubahan arus ini dinilai efektif untuk mengurangi panas pada transformator.

Perbandingan kinerja transformator daya (Step Down) sebelum dan setelah menggunakan kapasitor bank

Berdasarkan spesifikasi transformator yang ada di PT Permata Hijau Palm Oleo memiliki Daya Semu 5000 KVA yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari 6300 V menjadi 400 V yang akan disupply ke LVMDP untuk memenuhi kebutuhan setiap mesin-mesin proses. Sesuai dengan data tanggal 15 April 2024 jam 08:00 akan dihitung

berapa persen kinerja trafo sebelum dan setelah menggunakan kapasitor bank. Kinerja trafo sebelum menggunakan kapasitor

$$= \frac{\text{Daya Semu (S1)}}{\text{Daya Semu (kapasitas trafo)}} \times 100 \% \\ = \frac{4021 \text{ KVA}}{5000 \text{ KVA}} \times 100 \% \\ = 80,42 \%$$

Kinerja trafo sebelum menggunakan kapasitor

$$= \frac{\text{Daya Semu (S2)}}{\text{Daya Semu (kapasitas trafo)}} \times 100 \% \\ = \frac{3270 \text{ KVA}}{5000 \text{ KVA}} \times 100 \% \\ = 65,4 \%$$

Sesuai dengan hasil perhitungan diatas dapat dilihat perbandingan kinerja transformator sebelum dan setelah menggunakan kapasitor bank, dimana sebelum menggunakan kapasitor bank beban trafo sekitar 80,42 % sedangkan setelah menggunakan kapasitor bank menjadi 65,4%. Dapat disimpulkan setelah menggunakan kapasitor bank kinerja transformator lebih efisien dibandingkan dengan sebelum menggunakan kapasitor bank.

Berdasarkan pengalaman yang pernah terjadi di PT Permata Hijau Palm Oleo bahwa beban 80% keatas temperature transformator naik mencapai 97°C yang seharusnya temperature normalnya sekitar dibawah 60°C . Manfaat dari menjaga transformator adalah untuk menjaga masa pakai dari transformator tersebut lebih lama

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisa diatas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya nilai Faktor Daya ($\cos \theta$) yang ada di PT Permata Hijau Palm Oleo masih terbilang rendah karena masih dibawah dari $0,85$ sesuai dengan ketentuan PLN minimal $0,85$.
2. Sesuai dengan data yg diperoleh bahwa kapasitor bank mampu menyerap daya reaktif rata-rata 1472 KVAR untuk mencapai $\cos \theta$ $0,97$ sehingga dapat

mengubah besarnya daya semu mendekati besarnya daya aktif.

3. Setelah menggunakan kapasitor bank kinerja transformator dinilai jauh lebih efisien dibandingkan dengan sebelum menggunakan kapasitor bank

DAFTAR PUSTAKA

- Amiq Uli Ulya,"Analisis dan simulasi pengaruh kapasitor bank untuk perbaikan faktor daya menggunakan simulink pada sistem tenaga listrik di PT.bogowonto primalaras." *Media ElektriKA* ,Vol 12 , No.1 Juni 2019
- Ahmad Dani,Muhammad Hasanuddin,"Perbaikan Faktor Daya menggunakan Kapasitor sebagai Kompensator Daya Reaktif." *Seminar Nasional Royal (SENAR)*,hal.673-678 2018.
- Yendi Esye,Sigit Lesmana,"Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan." *ISSN 2088-060X Volume XI. No.1 Maret 2021.*
- Nanda Fartino,Tarmizi and MAhdi Syukri," Kajian Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Otomatis." *eISSN:2252-7036 Vol.5 No. 1 2020: 11-18.*
- Danang Aji Basudewa,"Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory UNESA." *Jurnal Teknik Elektro ,Volume 9 Nomor 03 TAhun 2020 ,hal 697-707.*
- Bagas Ferdiansah, Agus Margiantoro and Fahrudin Ahmad, "Analisi Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Nilai Faktor Daya dan Nilai Jatuh Tegangan." *Jambura Journal Of Elctrical and Electronics Engineering Volume 5 Nomor 2 Juli 2023.*
- Putri Dwi Lestari,Gunawan and Ida Widiastuti," Analisa Perhitungan Kapasitor Bank untuk Perbaikan Faktor Daya pada PT. Karya Toba Putra." *ElektriKA*, Vol.12 No.1 Tahun 2020 ; hal 15-21.
- Rizky Noor Prasetyono,Rizky Mubarak,Rito Cipta Sigitta,M. Zidan Alfariki,Nasrulloh and Randi Adzin Murdiantoro,"The Effect Of Adding Capacitor Bank On Power Improvement in Direct On Line (DOL) Based on Progammmable Logic Controller (PLC) in Three-Phase Electric Motor." *Journal Of Telecommunication ,Electronic and Control Engineering (JTECE)* Vol.05,No02,PP 132-143 ,July 2023.
- ILMY HANIF ZUHUD,"Evaluasi Nilai Kapasitor BANK Guna Perbaikan Faktor Daya." *SENASTER "Semina NAsional Riset Teknologi Terapan"* Vol.4 No.1 (2023)
- Febrina Toba,Verna Albert South,Hesky Stevy Kolibu,Handy Indra,Regain Mosey,As'ari,Dolfie Paulus Pandara , "Analisis Perbandingan Daya Listrik saat Sebelum dan Sesudah Variasi Kapasitor pada Beban Listrik Rumah Tangga." *Jurnal FMIPA UNSRAT* 13(1) 11-17 2023.
- Elvira Zondra,Arlenny,"Analisi Perbaikan Faktor Daya Motor Induksi Tiga Phasa di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Lancang Kuning." *Jurnal Sains,Teknologi dan Industri Vol 12,No.2,Jun 2015.*
- Bondan Daniswara,Yahya Chusna Arif,Sutedjo,"Penggunaan Kapasitor BANK dan Tuned Filter untuk Perbaikan Faktor DAya serta Mereduksi Harmonisa pada Beban Non Linear." *Prosiding Semina Nasional Sains dan Pendidikan Sains IX,Fakultas Sains dan MAtematika,UKSW Salatiga 21 Juni 2014,Vol.5,No.1,ISSN : 20287-0922.*
- Harits Akmal Adi Wicaksono,Susatyo Handoko dan Ajub Ajulian Zahra."Analisis Perbaikan Faktor Daya dan Nilai Tegangan di Poltekkes Semarang." *Transient,Vol. !0,No.2,Jun 2021, e-issn:2685-0206.*

- I Wayan Utama, Dodik Chandra, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Pada Transformator 2500KVA /400V di Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai Bali." *Jurnal Ilmiah Telsinas* Vol.6, No.1 April 2023.
- Hasmirad Ndikade, Sardi Salim, Syahrir Abdussamad, "Studi Perbaikan Faktor Daya pada Jaringan Listrik Konsumen di Kecamatan Katobu Kabupaten Muna." *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering* Volume 1, Nomor 1 Januari 2022
- Ibnu Hajar, Suninda Megi Rahyuni, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank di Plant 6 PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. Unit Citeureup." *Jurnal Ilmiah Setrum* 9 : 1 (2020) 8-16
- Syaifurrahman Lisinai, Razikin, A., "Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi)," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. Vol 1, No, pp. 3–4, 2020,
- Ridho Widodo, "Analisa Optimalisasi Penempatan Kapasitor Bank pada Jalur Distribusi Chf 3 PT. Bukit Asam (Persero) Tbk", Universitas Islam Indonesia, 2018.
- M. Rusda, Khairuddin Karim, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Penghematan Energi Listrik Pada Politeknik Negeri Samarinda," no. November, pp. 1–9, 2017.
- S. Samsurizal and B. Hadinoto, "Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Di PT. PLN(Persero) Up3 Pondok Gede," *Kilat*, vol. 9, no. 1, pp. 136–142, 2020, doi: 10.33322/kilat.v9i1.784.
- R. L. Mega, Purwito, "Analisis Penambahan Kapasitor Shunt untuk Memperbaiki Faktor Daya pada Sisi Jaringan Tegangan Rendah di PT . Semen Tonasa Unit V," no. September, pp. 110–115, 2021.
- C. I. Cahyadi, K. Atmia, and A. Fitriani, "Analisis Pengaruh RugiRugi Daya Pada Jaringan Transmisi 150 kV Menggunakan Software Etap 12.6," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 126–130, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.13306
- Yani Ahmad, "Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya". *Journal of Electrical Technology*, Vol. 2, No. 3, 2017.
- P. A. Taufik, "Studi Penempatan Kapasitor Untuk Perbaikan Kualitas Tegangan Di Penyulang Kangkung Gi Manggala," 2016.
- M. F. Hakim, "Analisis Kebutuhan Capsitor Bank Beserta Implementasinya Untuk Memperbaiki Faktor Daya Listrik Di Politeknik Kota Malang". *Jurnal ELTEK* , Vol 12, No. 1 2014.