



**ANALISA PENGGUNAAN KAPASITOR BANK PADA MESIN
PEMBUAT PREFORM DI PT. UNIPLASTINDO
INTERBUANA PADANG**

*Disusun dan diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menempuh Ujian Akhir
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi*

SKRIPSI

OLEH :

NAMA : FAISAL HARAPAN NASUTION
NPM : 1614210180
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : MEKATRONIKA

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2020**

ANALISA PENGGUNAAN KAPASITOR BANK PADA MESIN PEMBUAT PREFORM DI PT. UNIPLASTINDO INTERBUANA PADANG

Faisal Harapan Nasution
Hamdani
Amani Darma Tarigan

Universitas Pembangunan Panca Budi

ABSTRAK

Kapasitor bank adalah peralatan listrik yang bersifat kapasitif yang berfungsi menyeimbangkan sifat induktif. Salah satu solusi kapasitor adalah memperbaiki profil tegangan, memperbaiki $\cos \phi$, mengurangi rugi-rugi daya, menghilangkan kelebihan biaya (kVARh) dan menghindari drop line voltage. Dengan menggunakan perhitungan perbaikan faktor daya $QC = P (\tan \phi_2 - \tan \phi_1)$ untuk memperbaiki $\cos \phi_1 = 0,7$ semula di PT. Uniplastindo Interbuana Padang menjadi $\cos \phi_2 = 0,9$ dapat memberikan banyak efek perbedaan pada beban pemakaian, dimana daya awal daya reaktif yang terpakai sebesar 11,450 MVARh menjadi 9,688 MVARh setelah perbaikan $\cos \phi$. Dari hasil analisa juga dapat memberikan efek penghematan total pada tarif tenaga listrik yang dibayar perbulan pada PT. Uniplastindo Interbuana Padang sebesar Rp 145.931.884,2. Dari hasil perhitungan Kelayakan Ekonomis Pemasangan Kapasitor Bank dengan metode BCR (*Benefit Cost Ratio*) dapat dihasilkan pengembalian modal pemasangan kapasitor bank per tahun sebesar 1,178 sehingga dikatakan bahwa keuntungan dari penghematan netto pertahun tersebut lebih besar dari pada biaya total pemasangan Kapasitor Bank yang dikeluarkan, sehingga pemasangan kapasitor bank tersebut dikatakan layak sehingga dalam kurun waktu tidak sampai 1 tahun sudah dapat mengembalikan modal pemasangan kapasitor bank.

Kata Kunci: Penggunaan Kapasitor Bank Pada Mesin Pembuat Preform

* Mahasiswa Program studi Teknik Elektro : faisalharapannst@gmail.com

** Dosen Program Studi Teknik Elektro

**ANALYSIS OF THE USE OF BANK CAPACITORS ON PREFORM MAKING
MACHINES AT PT. UNIPLASTINDO
INTERBUANA PADANG**

**Faisal Harapan Nasution
Hamdani
Amani Darma Tarigan**

University Of Pembangunan Panca Budi

ABSTRACT

Capacitor banks are capacitive electrical equipment that functions to balance inductive properties. One solution for the capacitor is to improve the voltage profile, improve $\cos \phi$, reduce power losses, eliminate excess charge (kVARh) and avoid line voltage drops. By using the power factor improvement calculation $QC = P (\tan \phi_2 - \tan \phi_1)$ to improve $\cos \phi_1 = 0.7$ originally at PT. Uniplastindo Interbuana Padang to $\cos \phi_2 = 0.9$ can have many different effects on usage loads, where the initial reactive power used is 11,450 MVARh to 9,688 MVARh after repairing $\cos \phi$. From the results of the analysis can also provide a total saving effect on the electricity rates paid per month at PT. Uniplastindo Interbuana Padang, amounting to IDR 145,931,884.2. From the calculation of the Economic Feasibility of Installing Capacitor Banks using the BCR (Benefit Cost Ratio) method, it can produce a return of capital for installing capacitor banks per year of 1.178 so that it is said that the profit from the net savings per year is greater than the total cost of installing the capacitor banks issued, so that the installation The bank capacitor is said to be feasible so that within less than 1 year it can return the capital for installing the bank capacitor.

Keywords: *Use of Capacitor Banks in Preform Making Machines*

* Mahasiswa Program studi Teknik Elektro : faisalharapannst@gmail.com

** Dosen Program Studi Teknik Elektro

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

ABSTRAC

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metode Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4

BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Daya	6
2.1.1 Daya Aktif (P, watt)	8
2.1.2 Daya Reaktif	8
2.1.3 Daya Nayata	9
2.1.4 Segitiga Daya	10
2.2 Sifat Beban Listrik	11
2.3 Faktor Daya	16
2.3.1 Faktor Daya <i>Leading</i>	18
2.3.2 Penyebab Rendahnya Faktor Daya	19
2.3.3 Akibat Rendahnya Faktor Daya	20
2.3.4 Keuntungan Perbaikan faktor daya	20
2.4 Kapasitor Bank	21
2.4.1 Kapasitor Seri	22
2.4.2 Kapasitor Shunt	23
2.5 Konsep Kualitas Daya Listrik	26
2.5.1 Jenis – Jenis Permasalahan Kualitas Daya Listrik	28
2.5.2 Besaran Listrik Dasar	29
2.5.3 Gejala Peralihan Transient	29
2.5.4 Beda Potensial	30

2.5.5	Arus Listrik.....	32
2.5.6	Frekuensi.....	32
2.5.7	Sags.....	33
2.5.8	Over Voltage.....	35
2.5.9	Under voltage.....	35
2.5.10	Ketidak-seimbangan Tegangan.....	35
2.5.11	Fluktuasi Tegangan.....	36
2.6	Kontaktor.....	38
2.6.1	Prinsip Kerja Kontactor.....	39
2.6.2	Karakteristik.....	40
2.7	Miniature Circuit Breaker (MCB).....	41
2.7.1	Konstruksi MCB (Miniatur Circuit Breaker).....	43
2.7.2	Sifat dan Kegunaan MCB (Miniatur Circuit Breaker).....	46
2.7.3	Spesifikasi MCB (Miniature Circuit Breaker).....	46
2.7.4	Rating MCB dan Daya listrik PLN.....	49
2.7.5	Prinsip Kerja MCB (Miniature Circuit Breaker).....	50
2.7.6	Proteksi Beban Lebih.....	50
2.7.7	Proteksi Arus Hubung Singkat.....	51
2.7.8	Memasang Unit MCB.....	53
2.8	Push Button.....	54
2.8.1	Prinsip Kerja Push Button.....	55

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	57
3.2	Jenis Penelitian.....	57
3.3	Jenis Data Penelitian.....	57
3.4	Sumber Data.....	58
3.5	Kondisi Sistem Kelistrikan Di PT.UNIPLASTINDO INTERBUANA.....	58
3.6	Data Penelitian.....	60
3.6.1	Data Biaya Pemakaian Listrik Industri.....	62
3.7	Diagram Alir Penelitian.....	63

BAB 4 HASIL DAN ANALISA

4.1	Perhitungan Faktor Daya.....	64
4.2	Menghitung Kompensasi Daya Reaktif.....	64
4.3	Estimasi dengan Nilai Kapasitor Tetap dari Rata-rata terhadap Nilai Cos θ_2 & Daya Reaktif yang dihasilkan (Qc).....	68

BAB 5 PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daya Pada Hambatan (Resistor).....	6
Gambar 2.2	Penjumlahan trigonometri daya aktif, daya reaktif, dan daya semu.....	10
Gambar 2.3	Diagram Daya.....	11
Gambar 2.4	Beban Resistif Murni.....	12
Gambar 2.5	Arus dan tegangan pada beban resistif.....	13
Gambar 2.6	Rangkaian Beban Induktif.....	14
Gambar 2.7	Arus dan tegangan pada beban induktif.....	15
Gambar 2.8	Rangkaian beban kapasitif.....	15
Gambar 2.9	Arus tegangan pada beban kapasitif.....	16
Gambar 2.10	Vektor arus dan tegangan pada faktor daya leading.....	18
Gambar 2.11	Kapasitor Bank.....	22
Gambar 2.12	Transient impuls arus petir.....	30
Gambar 2.13	Transient Arus Switching pada kapasitor daya.....	30
Gambar 2.14	Gelombang tegangan sinusoidal.....	33
Gambar 2.15	Sag tegangan karena gangguan satu fasa ke tanah.....	34
Gambar 2.16	Ketidak seimbangan tegangan pada sistem tenaga.....	36
Gambar 2.17	Fluktuasi Tegangan.....	37
Gambar 2.18	Kontaktor.....	39
Gambar 2.19	Prinsip Kerja Kontaktor.....	40
Gambar 2.20	MCB 3 fasa dan 1 fasa.....	42
Gambar 2.21	Konstruksi Dalam MCB.....	44
Gambar 2.22	Konstruksi MCB (<i>Miniature Circuit Breaker</i>).....	50
Gambar 2.23	Operasi Proteksi Beban Lebih.....	51
Gambar 2.24	Operasi Proteksi Arus Hubung Singkat.....	52
Gambar 2.25	Kurva Karakteristik MCB Type B,C, dan D.....	53
Gambar 2.26	Bentuk Push Button.....	54
Gambar 2.27	Prinsip Kerja Push Button.....	55
Gambar 3.1	Blok Diagram Sistem kelistrikan PT. UNIPLASTINDO INTERBUANA.....	59
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian.....	63
Gambar 4.1	Hasil Perhitungan Segitiga Daya Panel LVMDP pada jam 01.00.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel 2.1 Pemilihan Pemakaian Kapasitor Seri dan paralel...	25
Tabel 2.2	Rating Arus MCB dan Daya Listrik PLN.....	49
Tabel 2.3	Type "B", "C" dan "D"	53
Tabel 3.1	Data Pengukuran Daya & Cos ϕ	60
Tabel 4.1	Data Pengukuran dan Perhitungan Daya Reaktif Pada Panel LVMDP.....	67

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor industri merupakan konsumen PLN yang cukup besar menyerap energi listrik, pada industri umumnya mempunyai beban-beban induktif berupa motor-motor listrik yang membutuhkan daya aktif dan daya reaktif yang cukup besar. Kebutuhan daya reaktif yang cukup besar akan menyebabkan faktor daya menurun, dengan menurunnya faktor daya akan menyebabkan meningkatnya rugi-rugi listrik pada sistem yang bersangkutan, salah satu contoh yang terjadi dengan menurunnya faktor daya, menyebabkan daya aktif yang dapat disediakan oleh sistem menjadi berkurang sedangkan daya reaktif akan bertambah besar.(Yudistira Heri Istanto, 2019)

Kapasitor merupakan salah satu alat listrik yang sering digunakan untuk memperbaiki faktor daya, untuk memperbesar nilai $\cos \phi$ yang rendah adalah dengan cara memperkecil sudut ϕ sehingga $\cos \phi$ mendekati nilai 1. Sedangkan untuk memperkecil sudut ϕ hal yang mungkin dilakukan adalah memperkecil komponen daya reaktif. Berarti komponen daya reaktif yang ada bersifat induktif harus dikurangi dan pengurangan itu bisa dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif yaitu berupa kapasitor. Pada skripsi ini akan dianalisa besar nilai kapasitor yang diperlukan untuk menaikkan $\cos \phi$ di PT UNIPLASTINDO INTERBUANA dari nilai $\cos \phi$ saat ini 0,71 menjadi 0,9, kelayakan pemasangan

kapasitor bank pada gardu distribusi dengan tujuan untuk memperbaiki faktor daya dalam rangka menekan biaya operasi, pengaruh yang ditimbulkan dengan pemasangan kapasitor bank tersebut, dan besarnya investasi yang diperlukan untuk pengadaan dan pemasangan kapasitor bank. Berdasarkan tujuan tersebut maka penulis mengambil judul skripsi tentang “**Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Pada Mesin Pembuat Preform Di PT. Uniplastindo Interbuana Padang**”

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah pada penulisan skripsi ini yaitu:

1. Bagaimana Menghitung Kompensasi Daya Reaktif pada kelistrikan PT. UNIPLASTINDO INTERBUANA?
2. Bagaimana Estimasi dengan Nilai Kapasitor Tetap dari Rata-rata terhadap Nilai $\cos \theta_2$ & Daya Reaktif yang dihasilkan (Q_c)?

1.3 Batasan Masalah

Agar masalah yang dibahas menjadi jelas dan tidak menyimpang dari topik yang akan dibahas, maka dalam penulisan skripsi ini penulis menekankan, bahwa Permasalahan yang akan dibahas adalah:

1. Penelitian ini dilakukan di PT. Uniplastindo Interbuana Padang.
2. Parameter yang dianalisa pada sistem kelistrikan PT. Uniplastindo Interbuana Padang.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Berdasarkan Hasil nilai Pengukuran data panel Utama dengan waktu yang ditentukan.
2. Dengan nilai rata-rata kapasitor yang digunakan di PT.Uniplastindo Interbuana sehingga dapat dihitung penghematan daya reaktif dan nilai $\text{Cos } \phi$ dengan nilai kapasitor yang tetap dari rata-rata hasil perhitungan per jam

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari pembuatan alat ini adalah:

1. Meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik
2. Untuk mengatasi masalah faktor daya yang terjadi pada mesin produksi PT.Uniplastindo Interbuana Padang.
3. Sebagai sumber pembelajaran bagi mahasiswa teknik elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan maupun siapa saja yang membutuhkannya.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan oleh penulis dalam menyelesaikan skripsi ini ada beberapa tahap antara lain:

1. Studi Literatur

Studi ini digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori-teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi ini. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang

diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, Jurnal, datasheet, dan buku-buku yang berhubungan dengan skripsi ini.

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap awal untuk mencoba memahami, menerapkan, dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari.

3. Uji Sistem

Uji sistem ini berkaitan dengan pengujian sistem secara langsung dengan menggunakan alat ukur atau lainnya.

4. Metode Analisis

Metode ini merupakan pengamatan terhadap data yang diperoleh dari hasil perancangan. Setelah itu dilakukan analisis sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman pembahasan skripsi ini maka penulis menyajikan dalam beberapa bab sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisi dasar-dasar teori tentang, Sistem Kelistrikan, daya rektif daya semu kapasitor bank, beban listrik, daya dan faktor daya yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi gambaran tentang metode penelitian dan berisi tentang jenis data yang dibutuhkan, teknik analisa data dan diagram alir penelitian.

BAB 4 HASIL DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan mengenai analisa data untuk menghitung besarnya faktor daya yang dihasilkan dari pemasangan kapasitor bank serta pengaruh dari pemasangan kapasitor bank.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi berupa kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil perhitungan atau analisa data.

DAFTAR PUSTAKA

Sebagai refrensi-refrensi pendukung dalam penulisan skripsi ini untuk menghindari terjadinya kesamaan penulis atau plagiat.

BAB 2

LANDASAN TEORI

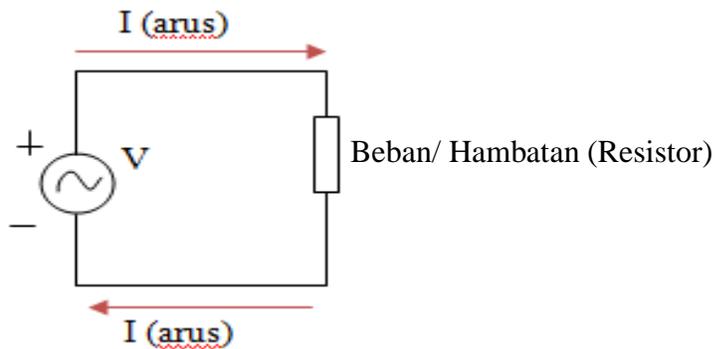
2.1 Pengertian Daya

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha dari definisi ini, maka daya listrik (P) dapat dirumuskan:

$$\text{Daya} = \text{Tegangan} \times \text{Arus atau } P = v.i$$

1. Daya Pada Hambatan (Resistor)

Ketika sebuah tegangan (V) dikenakan pada sebuah hambatan / Resistor (R) seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 Daya Pada Hambatan (Resistor)

Sumber: Abdul Haris,dkk, 2017

Maka besarnya arus mengalir:

$$I = \frac{V}{R}$$

Dan daya yang diberikan sebesar:

$$P = V.I$$

$$P = I^2 R$$

$$P = \frac{V^2}{R} \text{ (dalam satuan volt-ampere, VA)}$$

2. Satuan Daya Listrik

$$\text{Watt (W)} = \frac{\text{jule}}{\text{Detik}}$$

$$\text{Kilowatt (kW)} : 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

Dari satuan daya listrik maka muncul satuan energi lain yaitu satuan energi yang menyatakan daya dalam kilowatt (kW) dan waktu dalam jam, maka satuan energi adalah kilowatt jam atau kilowatt – hour (kWh). (Ahmad Dani,dkk 2018). 1 kWh = 36 x 10⁵ joule. Dalam satuan internasional (SI), satuan daya adalah watt (W) atau setara joule per detik (J/sec). Daya listrik juga diekspresikan dalam watt (W) atau kilowatt (kW). Konversi antara satuan HP dan watt, dinyatakan dengan formula sebagai berikut:

1 HP = 746 W = 0,746 kW. 1kW = 1,34 HP. Sedangkan menurut standar Amerika (US standard), daya dinyatakan dalam satuan Horse Power (HP) atau:

$$\frac{(ft).(lb)}{sec} \text{ atau } \frac{lbft}{second}$$

2.1.1 Daya Aktif (P, watt)

Daya aktif (active power) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi yang sebenarnya satuan daya aktif adalah watt:

$$P = V_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi \text{ (1 phasa)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Untuk daya aktif atau daya kerja pada sistem tegangan tiga phasa :

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \text{ (3 phasa)} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

P = Daya aktif (watt)

V_L = Tegangan line (volt)

V_p = Tegangan phasa (volt)

I_L = Arus line (A)

I_p = Arus phasa (A)

$\cos \varphi$: Faktor Daya

Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja. Denny R. Pattiapon,dkk 2017

2.1.2 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang disebabkan karena beda fasa antara arus dan tegangan. Definisi yang umum lainnya dari daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah : Heater, transformator, motor, lampu neon yang menggunakan ballast dan lain

lain. Satuan daya reaktif adalah VAR. Persamaan Daya reaktif pada sistem tegangan satu phasa adalah:

$$Q = V_p \cdot I_p \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk daya reaktif pada sistem tegangan tiga phasa adalah:

$$Q = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

Q = Daya reaktif (VAR)

V_L = Tegangan line (volt)

V_p = Tegangan phasa (volt)

I_L = Arus line (A)

I_p = Arus phasa (A)

$\sin \varphi$ = Sudut beda phasa antara arus dan tegangan. (Rusda,dkk 2017).

2.1.3 Daya Nyata

Daya nyata adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan (penghantar) atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif, dengan kata lain daya nyata adalah daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi.

Satuan daya nyata adalah VA untuk daya nyata pada sistem 1 phasa

$$S = V_p \cdot I_p \dots\dots\dots (2.5)$$

Untuk daya nyata pada sitem tegangan tiga phasa, adalah

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

S = Daya nyata (VA)

V_L = Tegangan line (volt)

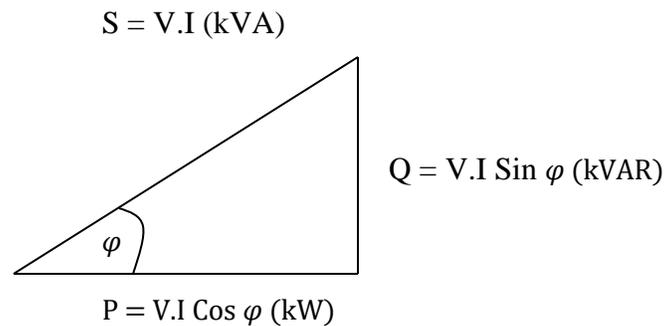
V_p = Tegangan phasa (volt)

I_L = Arus line (A)

I_p = Arus phasa (A). (Wisnu Djatmiko,2017)

2.1.4 Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematis antara tipe daya yang berbeda berdasarkan prinsip trigonometri. Hubungan ketiga daya tersebut dapat dijelaskan melalui segitiga daya seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.2 Penjumlahan trigonometri daya aktif, daya reaktif, dan daya semu

Sumber: Ir. H. Mohammad Amir., M.Eng, 2017

Dimana:

$S = P + jQ$ mempunyai nilai dan sudut

$S = S \angle \varphi$

$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \angle \varphi$ (2.7)

Untuk mendapatkan daya satu phasa, maka dapat diturunkan persamaannya seperti berikut:

$S = P + jQ$

Dari Gambar diatas Terlihat bahwa:

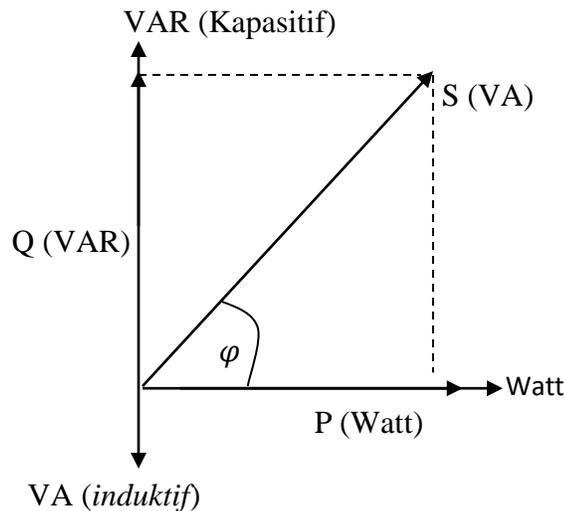
$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (2.8)$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (2.9)$$

$$P = \frac{S}{\cos \varphi} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$Q = \frac{S}{\sin \varphi} \dots\dots\dots (2.11)$$

Diagram daya dari hubungan antara ketiga daya tersebut digambarkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.3 Diagram Daya

Sumber: Ir. H. Mohammad Amir., M.Eng, 2017

2.2 Sifat Beban Listrik

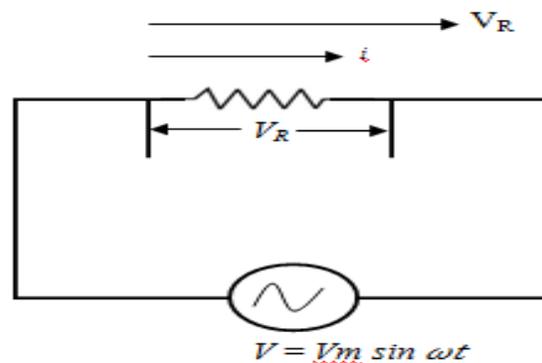
Dalam suatu rangkaian listrik kita kenal sumber dan beban, bila sumber listrik DC, maka sifat beban hanya bersifat resistif murni, karena frekuensi DC adalah nol. Reaktansi Induktansi (X_L) akan menjadi nol yang berarti bahwa induktor tersebut akan short circuit. Sedangkan reaktansi kapasitif (X_C) akan menjadi tak terhingga

yang berarti bahwa kapasitif tersebut akan open circuit. Jadi sumber DC akan mengakitbatkan beban induktif dan beban kapasitif tidak akan berpengaruh pada rangkaian.(Fachry Azharuddin Noor,dkk 2017)

Untuk sistem listrik menggunakan sumber tegangan bebentuk sinusoidal murni (AC) dan beban linier, yaitu beban yang menghasilkan bentuk arus sama dengan bentuk tegangan. Pada kasus sumber tegangan berbentuk sinusoidal murni, beban linier mengakibatkan arus yang mengalir pada jaringan berbentuk sinusoidal murni. Menurut BL thereja, A Text Book Of Electrical Technology hal 330 – 335 bab 12 - 28. ~ 12 – 32, beban linier dapat di klarifikasikan menjadi 3 macam sebagai berikut:

1. Beban Resistif

Beban resistif yang merupakan suatu resistor murni, contoh : Lampu pijar, pemanas, dinyatakan dengan tegangan dan arus yang se fasa. Disini beban (resistor) ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali. Sebuah rangkaian beban resistor murni digambarkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.4 Beban Resistif Murni
Sumber: Fachry Azharuddin Noor,dkk 2017

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa ketika sebuah tegangan (V) dinyatakan dengan:

$$V = V_m \sin \omega t$$

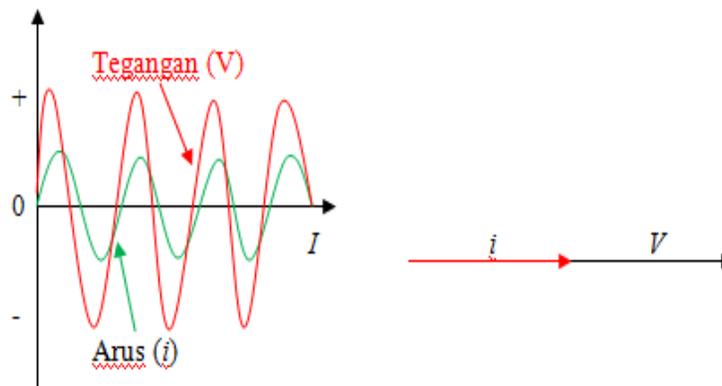
$$V = I \cdot R$$

Maka arus (i) yang melalui rangkaian tersebut di atas dinyatakan dengan:

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$i = \frac{V_m}{R}$$

Ketika beban resistif murni dinyatakan dalam tegangan dan arus yang sefasa, maka karakteristik beban dan vektor arus dan tegangan di tunjukan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.5 Arus dan tegangan pada beban resistif

Sumber: Fachry Azharuddin Noor,dkk 2017

2. Beban Induktif

Beban induktif, dinyatakan dengan arus yang tertinggal terhadap tegangan sebesar 90° (Lagging). Dalam sebuah rangkaian dengan beban induktif

murni, jika diberikan tegangan sebesar $V = V_m \sin \omega t$ maka arus (i) yang melalui rangkaian:

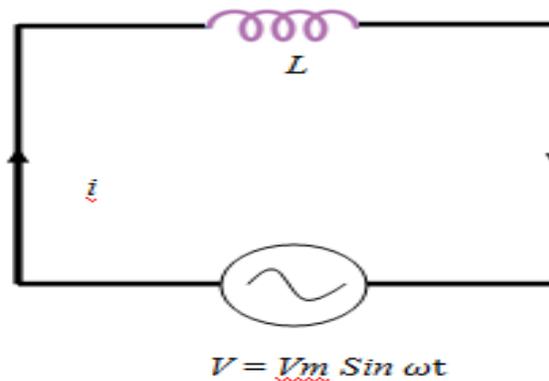
$$i = I_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

$$\text{Dimana } I_m = \frac{V_m}{\omega L}$$

Dan $\omega L =$ Reaktansi yang ditimbulkan oleh coil atau lilitan. Dan ωL adalah bagian dari resistansi yang disebut reaktansi (induktif) yang dinyatakan dengan 'ohm', sedangkan 'L' dinyatakan dengan Henry dan ω dalam radian/detik. Untuk menghitung reaktansi induktif X_L digunakan persamaan sebagai berikut:

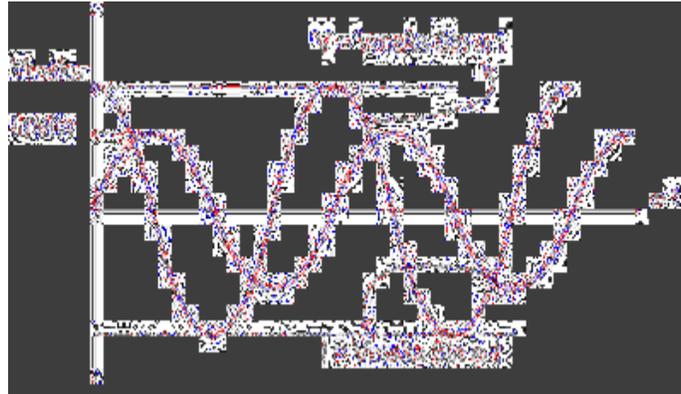
$$X_L = \omega L = 2\pi fL \dots\dots\dots (2.12)$$

Rangkaian sederhana beban induktif murni, di tunjukan dalam gambar berikut ini:



Gambar 2.6 Rangkaian Beban Induktif
Sumber: Fachry Azharuddin Noor,dkk 2017

Ketika beban induktif murni dinyatakan dalam arus yang tertinggal dari tegangan sebesar 90° , maka karakteristik beban ditunjukkan pada gambar di bawah ini:

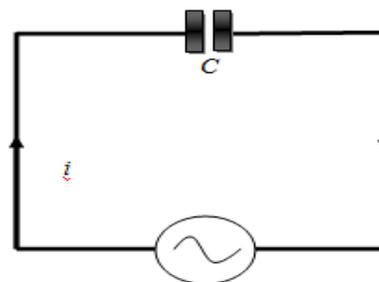


Gambar 2.7 Arus dan tegangan pada beban induktif

Sumber: Fachry Azharuddin Noor, dkk 2017

3. Beban Kapasitif

Beban kapasitif ialah suatu rangkaian dalam beban yang terdapat rangkaian kapasitor, dimana arus mendahului terhadap tegangan sebesar 90° (*Leading*). Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan mengeluarkan daya reaktif (kVAR). Berikut rangkaian sederhana dengan beban kapasitif murni, ditunjukkan pada gambar Berikut:



$$V = V_m \sin \omega t$$

Gambar 2.8 Rangkaian beban kapasitif

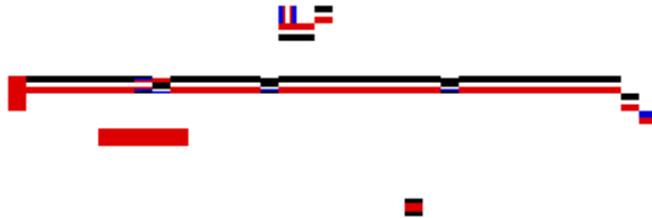
Sumber: Fachry Azharuddin Noor, dkk 2017

Jika tegangan $v = V_m \sin \omega t$ maka arus (i) di nyatakan,

$$i = I_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\text{Dimana : } I_m = \frac{V_m}{1/\omega C} \quad \text{dan} \quad \frac{1}{\omega C} = \text{reaktansi}$$

Dan ωC adalah bagian dari resistansi yang disebut reaktansi (kapasitif) yang dinyatakan dengan 'ohm' sedangkan 'C' dinyatakan dengan Farad dan ω dalam radian / detik. Karakteristik beban kapasitif, dimana Arus mendahului tegangan (*leading*) dan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.9 Arus tegangan pada beban kapasitif

Sumber: Fachry Azharuddin Noor,dkk 2017

2.3 Faktor Daya

Faktor daya ($\cos \varphi$) adalah rasio atau perbandingan antara daya aktif dan daya nyata atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya di nyatakan dalam $\cos \varphi$.

$$\text{Factor Daya} = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Nyata (S)}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{V.I.\cos\varphi}{V.i} \\ &= \cos\varphi \end{aligned}$$

Faktor daya bisa di katakan sebagai besaran yang menunjukkan seberapa efisien jaringan yang kita miliki dalam menyalurkan daya yang bisa kita manfaatkan. Faktor daya yang baik apabila bernilai mendekati 1 atau pun 1. Seblainya semakin rendah faktor daya maka semakin sedikit daya yang bisa kita manfaatkan dari sejumlah daya nyata yang sama:

$$\tan\varphi = \frac{\text{Daya Reaktif (Q)}}{\text{Daya Aktif (P)}}$$

Karena Komponen daya aktif umumnya konstan, komponen VA dan VAR berubah sesuai dengan faktor daya, maka dapat di tulis seperti berikut: Daya Reaktif = Daya aktif x $\tan\varphi$

Untuk perbaikan faktor daya sebagai berikut:

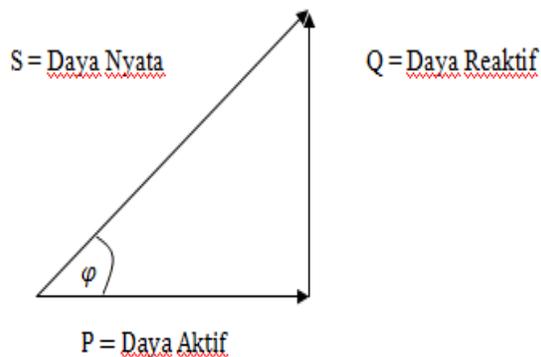
Daya reaktif pada faktor daya awal = Daya aktif x $\tan\varphi_1$. Daya reaktif pada faktor daya yang di perbaiki = Daya aktif x $\tan\varphi_2$, Sehingga rating kapasitor yang diperlukan, Daya reaktif (kVAR) = Daya aktif x ($\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2$). $Q_c = P. (\tan\varphi_1 - \varphi_2)$.

Faktor daya juga menunjukan besar pemanfaatan dari peralatn listrik di jaringan terhadap investasi yang di bayarkan. Sebagaimana kita tahu semua peralatan listrik memiliki kapasitas maksimum penyaluran arus apabila faktor daya rendah maka walaupun arus yang mengalir di jaringan sudah maksimum namun

kenyataannya hanya porsi kecil saja yang bermanfaat bagi pemilik jaringan. Baik penyedia layanan maupun konsumen berupaya untuk membuat jaringannya memiliki faktor daya yang bagus. Bagi penyedia layanan, jaringan dengan faktor daya yang jelek mengakibatkan dia harus menghasilkan daya yang lebih besar untuk memenuhi daya aktif yang diminta oleh para konsumen. Pada konsumen skala besar atau industri, faktor daya yang baik menjadi keharusan karena beberapa penyedia layanan kadang membebankan pemakaian daya aktif dan daya reaktif, tentu saja konsumen merasa berat untuk membayar mahal untuk daya yang tidak bermanfaat bagi mereka. (Ahmad Dani,dkk 2018)

2.3.1 Faktor Daya *Leading*

Faktor daya leading atau lagging akan tergantung terhadap beban yang terpasang. Dimana tegangan diambil sebagai referensi untuk menentukan keadaan leading atau lagging. Faktor daya dikatakan leading jika arus mendahului tegangan sebesar φ° . Faktor daya menyerap daya aktif dan memberikan daya reaktif. Dapat di lihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.10 Vektor arus dan tegangan pada faktor daya leading

Sumber: Amiq Uli Ulya,2019

2.3.2 Penyebab Rendahnya Faktor Daya

Faktor daya yang rendah dihasilkan oleh peralatan seperti motor induksi, terutama pada beban rendah, unit – unit ballast lampu yang memerlukan arus magnetisasi reaktif. Alat – alat las listrik juga mempunyai faktor daya yang rendah. Medan magnet dari peralatan seperti ini memerlukan arus yang melakukan kerja yang bermanfaat dan tidak mengakibatkan panas atau daya mekanis, tetapi yang diperlukan hanyalah untuk membangkitkan medan magnet. Faktor daya sangat mempengaruhi besar kecilnya komponen arus reaktif sehingga daya tersebut tentu akan mempengaruhi jatuh tegangan. Dengan faktor daya rendah, maka akan sulit untuk mendapatkan kestabilan tegangan sisi beban, dengan kata lain akan menyebabkan jatuh tegangan pada sisi penerima. Sedangkan faktor daya yang tinggi akan memperbaiki nilai komponen reaktif sehingga jatuh tegangandapat diminimalisir. (Amiq Uli Ulya,2019)

Ada beberapa penyebab rendahnya faktor daya, diantaranya penggunaan beban induktif berupa:

1. Pemakaian motor induksi

Faktor daya pada motor induksi bervariasi, tergantung pada pembebanannya. Untuk motor induksi tanpa beban atau dengan beban ringan menunjukkan faktor daya yang rendah.

2. Transformator

Faktor daya pada transformator sangat bervariasi sebagai fungsi dari beban. transformator tanpa beban akan sangat induktif dan menunjukkan faktor daya yang rendah

3. Peralatan lain yang memerlukan daya reaktif seperti generator induksi.

2.3.3 Akibat Rendahnya Faktor Daya

1. Arus yang mengalir akan lebih besar, pada daya yang sama sehingga memerlukan penghantar (kabel) yang lebih besar. Dengan demikian biaya atau investasi yang dikeluarkan akan lebih besar.
2. Pada bushbar dan switching, bertambahnya arus akan membutuhkan penampang bushbar serta kapasitas switch yang lebih besar
3. Arus yang besar mengakibatkan umur pemakaian peralatan semakin pendek
4. Menurunnya kapasitas daya nyata (kVA) transformer
5. Arus yang mengalir pada saluran semakin besar sehingga terjadi jatuh tegangan (drop voltage, ΔV) yang besar. Hal ini menyebabkan beban serta peralatan lainnya bekerja dibawah tegangan nomina.
6. Daya yang terpakai (daya aktif) yang dipergunakan semakin kecil, dengan demikian efisiensi sistem semakin rendah
7. Untuk menghindari kerugian-kerugian tersebut diatas, menjadi sangat penting untuk memperbaiki/ menaikkan faktor daya

2.3.4 Keuntungan Perbaikan faktor daya

Seperti pada bahasan sebelumnya Faktor Daya atau faktor kerja menggambarkan sudut phasa antara daya aktif dan daya reaktif. Beberapa keuntungan dilakukan perbaikan faktor daya adalah:

1. Untuk mengurangi arus beban yang tinggi karena adanya faktor daya yang rendah, sehingga penampang dan pengaman yang dipasang relatif lebih kecil dan lebih ekonomis
2. Untuk memaksimalkan pemakaian daya yang terpasang dari PLN (VA)
3. Pada skala besar (Industri) dapat mengurangi cost akibat denda dari kVARh yang digunakan
4. Memperbaiki daya yang disalurkan oleh PLN karena daya reaktifnya kecil
5. Mengurangi besarnya tegangan jatuh yang biasadisebabkan pada saat transmisi daya.

Jika faktor daya lebih kecil dari 0,85 maka kapasitas daya aktif (kW) yang digunakan akan berkurang. Kapasitas ini akan terus menurun seiring dengan menurunnya faktor daya sistem kelistrikan. Denda atau biaya kelebihan daya reaktif di karenakan apabila jumlah pemakaian kVARh yang tercatat dalam sebulan. (Amiq Uli Ulya,2019)

2.4 Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah peralatan listrik untuk meningkatkan power faktor (pf), yang terdiri dari rangkaian-rangkaian kapasitor yang dirangkai dalam suatu panel yang disebut panel kapasitor bank, yang disusun seri atau paralel dalam suatu grup dengan lapisan logam. Dalam kapasitor bank terdapat resistor yang berfungsi sebagai alat internal untuk membuang sisa tegangan. Biasanya kapasitor bank disusun dalam variasi rating tegangan sekitar 240 V – 24940 V dan dalam rating kapasitas sekitar 2,5 – 1000 kVAr. (Ahmad Yani,2017)

Untuk konstruksi kapasitor bank dapat di lihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.11 Kapasitor Bank

Sumber: Penulis,2020

Biasanya kapasitor seri dipasang pada sistem dengan kebutuhan daya lebih besar daripada kapasitor paralel dan peralatan proteksi yang dibutuhkan lebih kompleks sehingga biaya pemasangan kapasitor seri juga lebih besar daripada pemasangan kapasitor paralel. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan antara kapasitor paralel dan seri dapat dilihat pada table dibawah ini:

2.4.1 Kapasitor Seri

Kapasitor seri dalam pemakaian system daya listrik dapat dipasang pada jaringan-jaringan transmisi ataupun pada jaringan distribusi. Kapasitor seri yang dilalui arus beban mempunyai sifat yang menonjol dalam mengkompensasi secara langsung, kerugian tegangan yang disebabkan dengan adanya reaktansi induktif sesuai dengan perubahan yang ada. (Ahmad Yani,2017)

2.4.2 Kapasitor Shunt

Pemakaian kapasitor shunt dalam daya listrik paling banyak dijumpai, dengan tujuan untuk memperbaiki faktor daya maupun untuk mengurangi kerugian tegangan. Pemilihan kapasitor shunt sebagai salah satu alat pengatur tegangan dalam system daya berdasarkan sifatnya yang dapat menaikkan tegangan pada titik pemasangannya. Untuk menjalankan secara otomatis, memerlukan bantuan alat yaitu PFC (Power Faktor Controller). Alat ini bekerja berdasarkan perubahan arus beban dan $\cos \varphi$. Apabila perubahan beban bersifat induktif, maka PFC akan secara otomatis mendeteksi step-step mana saja yang perlu dioperasikan. Demikian juga jika beban bersifat kapasitif, maka PFC secara otomatis mengurangi step-step dari kapasitor. PFC ini bekerja otomatis sesuai dengan setting program dari operator. Pada PFC ini juga terdapat tampilan nilai dari $\cos \varphi$ beban. (Ahmad Yani, 2017)

Secara otomatis akan dijalankan oleh PFC (*Power Faktor Controller*) yang akan mengerjakan step-step unit kapasitor bank jika beban yang terdeteksi sudah dianggap memenuhi persyaratan dari PFC itu sendiri. Persyaratan tersebut adalah:

1. Arus minimal beban yang terdeteksi oleh PFC yaitu sebesar $I_{\min} = \text{Setting PFC} \times \text{Perbandingan CT yang Terpasang}$.
2. $\cos \varphi$ sistem sebelum diperbaiki yaitu 0,76 lagging (sesuai perhitungan awal)

Apabila kedua syarat sudah terpenuhi maka secara otomatis PFC tersebut akan mengerjakan step unit kapasitor bank secara bertahap. Jika suatu waktu salah satu atau kedua syarat diatas dianggap sudah tidak terpenuhi maka PFC akan

menghentikan atau bahkan mengurangi kerja dari step unit kapasitor bank misalnya jika $\cos \varphi$ sudah bersifat kapasitif/ leading. Untuk mencegah agar tidak melebihi batas tersebut, beberapa grup kapasitor pada rating tegangan rendah dihubungkan seri dengan lebih sedikit unit dalam paralel per grup dan ini mungkin adalah solusi yang cocok. Sedang pada tegangan yang lebih tinggi atau lebih dari 12 kV pembagian kapasitor bank ke dua bagian dalam rangkaian double wye adalah pilihan solusi yang bagus dan pada hubungan double wye sebagai pengaman untuk proteksi pendeteksian ketidak seimbangan menggunakan rele, kemungkinan lain adalah membatasi arus menggunakan fuse. (Ahmad Yani,2017)

Hubungan yang optimum untuk kapasitor paralel harus didukung peralatan pengaman yang handal pada kapasitor yaitu pengaman arus, dan rele proteksi. Penentuan hubungan kapasitor bank yang akan dipakai mengacu pada standar yang ada. Kapasitor bank dengan total kapasitas dibawah 1000 kVAR pada rating tegangan dibawah 12 kV akan dihubungkan delta. Hal ini dijelaskan pada “IEEE Guide for Application of Shunt Capacitors” (IEEE Std 1036-1992). Sedang kapasitor berkapasitas lebih dari 1000 kVAR dengan rating tegangan yang lebih tinggi di atas 12 kV dihubungkan wye yang dilengkapi proteksi ketidak seimbangan.

Perhatian terhadap identifikasi gangguan yang akan terjadi diperlukan untuk menentukan hubungan kapasitor. Pada kapasitor tegangan rendah hubungan delta peralatan proteksi harus dapat mengamankan kapasitor dari arus transien bila ada kapasitor yang meletus. Arus transien ini sekitar 2,5-3 kali dari arus kapasitor. Sedang pada kapasitor hubungan wye pada tegangan tinggi harus ada pengaman

gangguan ketidak seimbangan tegangan menggunakan rele proteksi karena akan mempunyai nilai tegangan line to netral.

Tabel 2.1 Pemilihan Pemakaian Kapasitor Seri dan parallel

No	Tujuan	Pemilihan Prioritas Kapasitor	
		Seri	Paralel
1	Memperbaiki Faktor Daya	Kedua	Pertama
2	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran udara dengan faktor daya normal dan rendah	Pertama	Kedua
3	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran udara dengan faktor daya normal dan tinggi	--	Pertama
4	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran bawah tanah dengan faktor daya normal dan rendah	Pertama	--
5	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluranbawa tanah dengan faktor daya normal dan rendah	--	--
6	normal dan rendah		
7	Mengurangi kerugian saluran	Kedua	Pertama
	Mengurangi fluktuasi tegangan	Pertama	Kedua

Sumber: Ahmad Yani, 2017

Fungsi utama dari kapasitor bank adalah:

1. Menghilangkan denda / kelebihan biaya (kVARh)
2. Menghindari kelebihan beban transformator
3. Menghindari kenaikan suhu pada kabel
4. Memaksimalkan pemakaian (kVA)

2.5 Konsep Kualitas Daya Listrik

Perhatian terhadap kualitas daya listrik dewasa ini semakin meningkat seiring dengan peningkatan penggunaan energi listrik dan utilitas kelistrikan. Istilah kualitas daya listrik telah menjadi isu penting pada industri tenaga listrik sejak akhir 1980-an. Istilah kualitas daya listrik merupakan suatu konsep yang memberikan gambaran tentang baik atau buruknya mutu daya listrik akibat adanya beberapa jenis gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan. (Ojak Abdul Rozak, 2015).

Terdapat empat alasan utama, mengapa para ahli dan praktisi di bidang tenaga listrik memberikan perhatian lebih pada isu kualitas daya listrik yaitu:

1. Pertumbuhan beban-beban listrik dewasa ini bersifat lebih peka terhadap kualitas daya listrik seperti sistem kendali dengan berbasis pada mikroprosesor dan perangkat elektronika daya
2. Meningkatnya perhatian yang ditekankan pada efisiensi sistem daya listrik secara menyeluruh, sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan penggunaan peralatan yang mempunyai efisiensi tinggi, seperti pengaturan kecepatan motor listrik dan penggunaan kapasitor untuk perbaikan faktor daya. Penggunaan peralatan – peralatan tersebut dapat mengakibatkan peningkatan terhadap tingkat harmonik pada sistem daya

listrik, di mana para ahli merasa khawatir terhadap dampak harmonisa tersebut di masa mendatang yang dapat menurunkan kemampuan dari sistem daya listrik itu sendiri.

3. Meningkatnya kesadaran bagi para pengguna energi listrik terhadap masalah kualitas daya listrik. Para pengguna utilitas kelistrikan menjadi lebih pandai dan bijaksana mengenai persoalan seperti interupsi, sags, dan peralihan transien dan merasa berkepentingan untuk meningkatkan kualitas distribusi daya listriknya.
4. Sistem tenaga listrik yang saling berhubungan dalam suatu jaringan interkoneksi, di mana sistem tersebut memberikan suatu konsekuensi bahwa kegagalan dari setiap komponen dapat mengakibatkan kegagalan pada komponen lainnya.

Terdapat beberapa definisi yang berbeda terhadap pengertian tentang kualitas daya listrik, tergantung kerangka acuan yang digunakan dalam mengartikan istilah tersebut. Sebagai contoh suatu pengguna utilitas kelistrikan dapat mengartikan kualitas daya listrik sebagai keandalan, di mana dengan menggunakan angka statistik 99,98 persen, sistem tenaga listriknya mempunyai kualitas yang dapat diandalkan. Suatu industri manufaktur dapat mengartikan kualitas daya listrik adalah karakteristik dari suatu catu daya listrik yang memungkinkan peralatan-peralatan yang dimiliki industri tersebut dapat bekerja dengan baik. Karakteristik yang dimaksud tersebut dapat menjadi sangat berbeda untuk berbagai kriteria.

Kualitas daya listrik adalah setiap masalah daya listrik yang berbentuk penyimpangan tegangan, arus atau frekuensi yang mengakibatkan kegagalan ataupun

kesalahan operasi pada peralatan-peralatan yang terjadi pada konsumen energi listrik. Daya adalah suatu nilai dari energi listrik yang di kirimkan dan di distribusikan, di mana besarnya daya listrik tersebut sebanding dengan perkalian besarnya tegangan dan arus listriknya. Sistem suplai daya listrik dapat dikendalikan oleh kualitas dari tegangan, dan tidak dapat dikendalikan oleh arus listrik karena arus listrik berada pada sisi beban yang bersifat individual, sehingga pada dasarnya kualitas daya adalah kualitas dari tegangan itu sendiri. (Ojak Abdul Rozak,2015)

2.5.1 Jenis – Jenis Permasalahan Kualitas Daya Listrik

Permasalahan kualitas daya listrik disebabkan oleh gejala-gejala atau fenomena-fenomena elektromagnetik yang terjadi pada sistem tenaga listrik. Gejala elektromagnetik yang menyebabkan permasalahan kualitas daya adalah:

1. Gejala Peralihan (Transient), yaitu suatu gejala perubahan variabel (tegangan, arus dan lain-lain) yang terjadi selama masa transisi dari keadaan operasi tunak (steady state) menjadi keadaan yang lain.
2. Gejala Perubahan Tegangan Durasi Pendek (*Short-Duration Variations*), yaitu suatu gejala perubahan nilai tegangan dalam waktu yang singkat yaitu kurang dari 1 (satu) menit.
3. Gejala Perubahan Tegangan Durasi Panjang (*Long-Duration Variations*), yaitu suatu gejala perubahan nilai tegangan, dalam waktu yang lama yaitu lebih dari 1 (satu) menit
4. Ketidakseimbangan Tegangan, adalah gejala perbedaan besaryategangan dalam sistem tiga fasa serta sudut fasanya

5. Distorsi Gelombang, adalah gejala penyimpangan dari suatu gelombang (tegangan dan arus) dari bentuk idealnya berupa gelombang sinusoidal
6. Fluktuasi Tegangan, adalah gejala perubahan besarnya tegangan secara sistematis
7. Gejala Perubahan Frekuensi Daya yaitu gejala penyimpangan frekuensi daya listrik pada suatu sistem tenaga listrik. (Adhi Kusmantoro, 2015)

2.5.2 Besaran Listrik Dasar

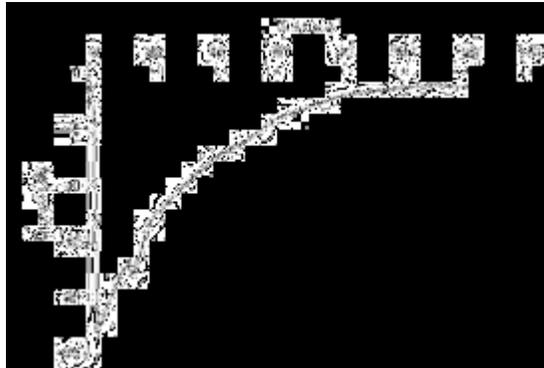
Terdapat tiga buah besaran listrik dasar yang digunakan di dalam teknik tenaga listrik, yaitu beda potensial atau sering disebut sebagai tegangan listrik, arus listrik dan frekuensi. Ketiga besaran tersebut merupakan satu kesatuan pokok pembahasan di dalam masalah – masalah sistem tenaga listrik. Selain ketiga besaran tersebut, masih terdapat satu faktor penting di dalam pembahasan sistem tenaga listrik yaitu daya dan faktor daya. (Hartono BS, dkk 2017)

2.5.3 Gejala Peralihan Transient

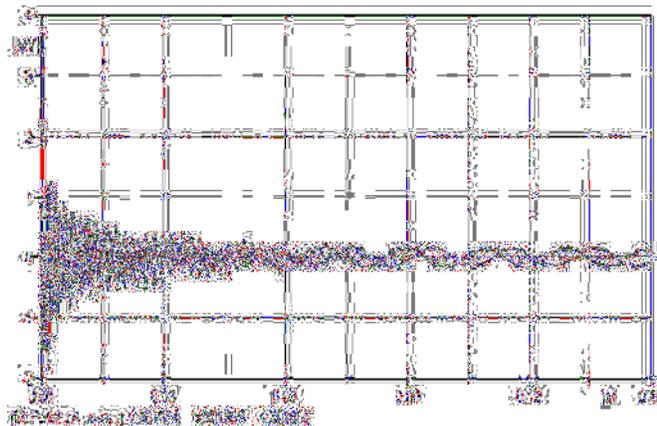
Gejala peralihan (transient) terdiri dari dua jenis yaitu transient impuls dan transient osilasi. Transient impuls adalah gejala transient yang mempunyai satu arah polaritas, yaitu polaritas positif atau negatif. Sedangkan transient osilasi adalah gejala transient yang mempunyai dua arah polaritas, yaitu polaritas positif dan negative. Sumber utama gejala peralihan (transient) yang terjadi pada sistem utilitas kelistrikan adalah petir dan pensaklaran kapasitor. Tegangan tinggi petir merupakan sumber gejala peralihan impuls, di mana surja petir hanya mempunyai satu polaritas saja. Sedangkan proses membuka dan menutupnya saklar kapasitor daya dapat

menghasilkan gejala peralihan osilasi, karena mempunyai dua polaritas, yaitu positif dan negative. (Arfita Yuana Dewi, 2016)

Berikut adalah gambar Transient impuls arus petir dan Transient Arus Switching pada kapasitor daya:



Gambar 2.12 Transient impuls arus petir
Sumber: Arfita Yuana Dewi, 2016



Gambar 2.13 Transient Arus Switching pada kapasitor daya
Sumber: Arfita Yuana Dewi, 2016

2.5.4 Beda Potensial

Ketika suatu muatan listrik positif mengalami perpindahan sepanjang lintasan di dalam medan listrik E , maka energi potensial elektro statiknya adalah:

$$W = -q \int E \cdot dl \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana: W = perubahan energi potensial (J)

q = muatan listrik (C)

E = Medan Listrik (N/C)

$d\mathbf{l}$ = panjang lintasan (m)

Beda potensial V sebagai kerja (sumber dari luar) yang digunakan untuk memindahkan suatu muatan listrik positif dari suatu titik ke titik lain adalah perubahan energi potensial listrik yang sebanding dengan muatan listriknya.

$$v = \frac{w}{q} = - \int_{\text{awal}}^{\text{akhir}} E dl \dots\dots\dots (2.14)$$

Beda potensial dinyatakan dalam satuan Joule per Coulomb yang didefinisikan sebagai Volt, sehingga beda potensial sering disebut sebagai voltase atau tegangan listrik. Beda potensial V_{AB} adalah beda potensial berasal dari luar, yang digunakan untuk memindahkan satu muatan listrik dari titik awal B sampai titik akhir A, Sehingga:

$$V_{AB} = - \int_B^A E dl \dots\dots\dots (2.15)$$

$$V_{AB} = - V_B - V_A \dots\dots\dots (2.16)$$

Setiap potensial diukur terhadap suatu titik acuan nol. Didalam pengukuran eksperimental, titik acuan yang sering digunakan adalah “bumi”, yaitu potensial permukaan bumi. Sehingga setiap titik mempunyai potensial terhadap titik nol. Potensial A adalah nilai yang diukur dari titik A terhadap titik acuan nol dan

potensial B adalah nilai yang diukur dari titik B terhadap acuan nol. (Irwan Dinata,dkk 2015)

2.5.5 Arus Listrik

Arus listrik didefinisikan sebagai laju aliran sejumlah muatan listrik yang melalui suatu luasan penampang melintang. Menurut konvensi, arah arus listrik dianggap searah dengan aliran muatan positif. Arus listrik diukur dalam satuan Ampere (A), adalah satu *Coulomb* per detik. Arus listrik dirumuskan.(Yosi Apriani,dkk 2018)

$$I = \frac{dq}{dt} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana : I = Arus Listrik (A)

dq = Sejumlah Muatan (C)

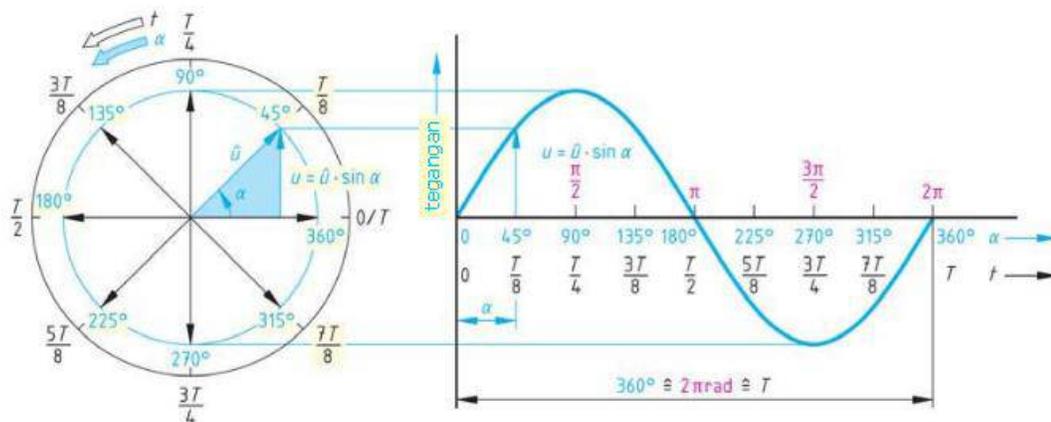
dt = Waktu (Detik)

2.5.6 Frekuensi

Tegangan dan arus listrik yang digunakan pada sistem kelistrikan merupakan listrik bolak-balik yang berbentuk sinusoidal. Tegangan dan arus listrik sinusoidal merupakan gelombang yang berulang, sehingga gelombang sinusoidal mempunyai frekuensi. Frekuensi adalah ukuran jumlah putaran ulang per peristiwa dalam selang waktu yang diberikan. Satuan frekuensi dinyatakan dalam hertz (Hz) yaitu nama pakar fisika Jerman Heinrich Rudolf Hertz yang menemukan fenomena ini pertama kali. Frekuensi sebesar 1 Hz menyatakan peristiwa yang terjadi satu kali per detik, di mana frekuensi (f) sebagai hasil kebalikan dari periode (T), seperti rumus di bawah ini:

$$f = \frac{1}{T} \dots\dots\dots (2.18)$$

Di setiap negara mempunyai frekuensi tegangan listrik yang berbeda-beda. Frekuensi tegangan listrik yang berlaku di Indonesia adalah 50 Hz, sedangkan di Amerika berlaku frekuensi 60 Hz, berikut pada gambar dibawah ini dengan bentuk gelombang tegangan sinusoidal:



Gambar 2.14 Gelombang tegangan sinusoidal
Sumber: Mediyanto Samuel Panaha,dkk 2018

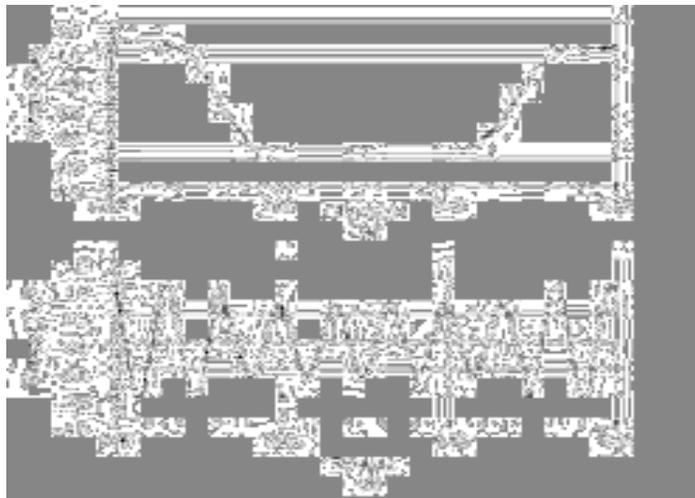
2.5.7 Sags

Sags atau dips atau jatuh tegangan adalah suatu peristiwa penurunan tegangan antara 0,1 dan 0,9 pu dari rms tegangan pada frekuensi dayanya selama 0,5 siklus sampai 1 menit (Barry W. Kennedy, 2000). Komunitas peneliti tentang kualitas daya telah menggunakan istilah sags selama bertahun-tahun untuk menggambarkan peristiwa penurunan tegangan dalam waktu yang pendek. Meskipun istilah ini tidak ditetapkan secara resmi, tapi semakin diterima dan digunakan oleh pengguna dan

produsen sistem tenaga listrik. Namun IEC mendefinisikan untuk fenomena ini sebagai dip. (Bambang Prio Hartono, dkk 2018)

Terminologi yang digunakan untuk menggambarkan besarnya penurunan tegangan masih sering membingungkan. "Sag 20 persen" dapat memberikan gambaran terhadap menurunnya tegangan menjadi 0,8 atau 0,2 pu. Jika tidak ditentukan lain, sag 20 persen akan dianggap sebagai suatu peristiwa di mana terjadinya penurunan tegangan rms sebesar 20 persen hingga 0,8 pu. Nilai nominal atau nilai dasar dari suatu tegangan juga harus ditentukan.

Sags tegangan biasanya terkait dengan kesalahan atau gangguan dari sistem, tetapi dapat juga terjadi karena penyulangan terhadap suatu beban besar atau memulai pengoperasian motor berkapasitas besar. Gambar II.14 di bawah ini memperlihatkan sebuah sag tegangan karena adanya gangguan satu fasa ke tanah. Dan berikut adalah gambar sag karena gangguan satu fasa ke tanah. (Bambang Prio Hartono, Dkk 2016)



Gambar 2.15 Sag tegangan karena gangguan satu fasa ke tanah
Sumber: (Bambang Prio Hartono, dkk 2018)

2.5.8 Over Voltage

Overvoltage atau tegangan lebih adalah suatu gejala peningkatan nilai tegangan rms bolak-balik sebesar lebih dari 110 persen pada frekuensi daya untuk waktu lebih dari 1 menit. Overvoltages biasanya akibat operasi pensaklaran beban (misalnya, switching dari sebuah beban besar atau kapasitor bank). Overvoltage dapat dihasilkan oleh terlalu lemahnya pengaturan tegangan yang dikehendaki terhadap sistem tenaga listrik tersebut atau kendali terhadap tegangan tidak memadai. Kesalahan pengaturan pada tap transformer juga dapat mengakibatkan tegangan lebih atau overvoltages pada sistem tenaga listrik. (Kukuh Widarsono,2019)

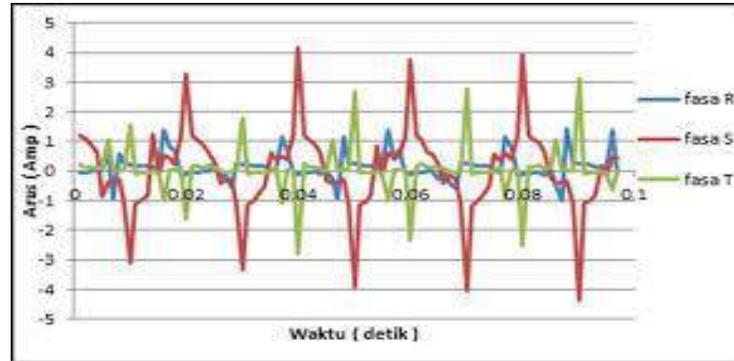
2.5.9 Undervoltage

Undervoltage adalah suatu gejala penurunan tegangan rms bolak-balik sebesar kurang dari 90 persen dari nilai tegangan nominal pada frekuensi daya untuk durasi lebih dari 1 menit. Undervoltages adalah hasil dari suatu peristiwa kembalinya keadaan overvoltage menuju keadaan normalnya. Sebuah operasi pensaklaran beban atau atau memutuskan bank kapasitor dapat menyebabkan undervoltage, sampai keadaan di mana peralatan pengaturan tegangan pada sistem tegangan tersebut dapat membawa kembali pada toleransi nilai tegangan yang standar. Keadaan overload atau beban lebih pada rangkaian dapat mengakibatkan penurunan tegangan atau *undervoltages*.(Kukuh Widarsono,2019).

2.5.10 Ketidak-seimbangan Tegangan

Ketidak-seimbangan tegangan (voltage imbalance, atau voltage (unbalance) didefinisikan sebagai penyimpangan atau deviasi maksimum dari nilai rata-rata tegangan sistem tiga fase tegangan atau arus listrik , dibagi dengan nilai rata-rata

tegangan tiga fase atau arus tersebut, dan dinyatakan dalam persentase berikut adalah gambar ketidak seimbangan tegangan pada sistem tenaga.



Gambar 2.16 Ketidak seimbangan tegangan pada sistem tenaga

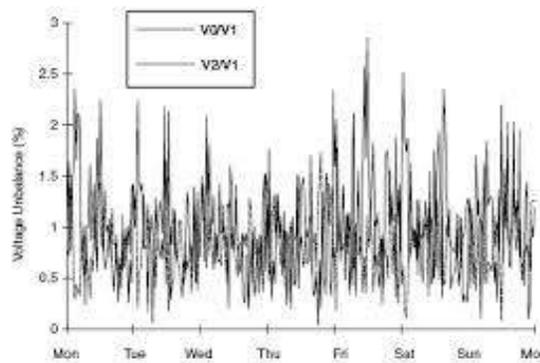
Sumber:Kukuh Widarsono,2019

Ketidak-seimbangan dapat didefinisikan menggunakan komponen simetris. Rasio atau perbandingan nilai tegangan komponen urutan negatif atau urutan nol dengan nilai tegangan komponen urutan positif dapat digunakan untuk menentukan persentase ketidakseimbangan. Gambar dibawah menunjukkan contoh kedua buah perbandingan tersebut, yang menggambarkan ketidak-seimbangan tegangan selama 1 minggu yang terjadi pada saluran tenaga untuk perumahan. Besarnya ketidak-seimbangan tegangan yang pada sumber utama tidak boleh lebih dari 2 persen. Nilai kritis dari keadaan ketidakseimbangan tegangan adalah jika nilai persentase perbandingannya melebihi 5 persen, hal ini biasanya terjadi karena terputusnya salah satu fasa dari sistem tenaga listrik tiga fasa. (Kukuh Widarsono, 2019)

2.5.11 Fluktuasi Tegangan

Fluktuasi tegangan adalah suatu perubahan tegangan yang sistematis atau serangkaian perubahan tegangan secara acak, di mana magnitud dari tegangan

mempunyai nilai yang tidak semestinyaitu di luar rentang tegangan ditentukan oleh ANSI C84.1 sebesar 0,9 sampai 1,1 pu. Menurut IEC 61000-2-1 salah satu fluktuasi tegangan, mempunyai karakteristik sebagai rangkaian tegangan acak yang berfluktuasi secara terus menerus. Beban yang berubah sangat cepat dan terjadi terus-menerus, dan menghasilkan arus bebanyang besar dapat menyebabkan variasi tegangan yang sering disebut sebagai flicker atau kedip tegangan. Istilah flicker atau kedip tegangan berasal dari dampak adanya fluktuasi tegangan terhadap lampu, yang dianggap seperti mata manusia yang berkedip, berikut ini adalah gambar fluktuasi tegangan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.17 Fluktuasi Tegangan
Sumber: M. Wildan Nasution Sabara, 2016

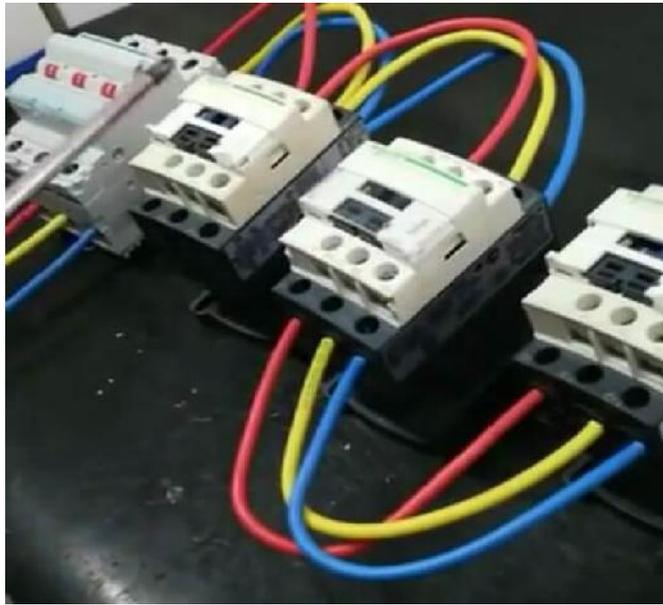
Gambar diatas adalah contoh dari gelombang tegangan yang menghasilkan flicker yang disebabkan oleh sebuah busur bunga api, salah satu faktor paling umum penyebab fluktuasi tegangan pada transmisi dan distribusi sistem tenaga listrik. Sinyal flicker didefinisikan dengan besarnya rms tegangan dan dinyatakan sebagai persentase dari nilai dasarnya. Flicker tegangan diukur dengan sensitivitas mata manusia. Biasanya, flicker yang besarnya lebih rendah 0,5 persen dapat

menyebabkan lampu nampak berkedip, jika frekuensi berada dalam kisaran antara 6 sampai 8 Hz. (M. Wildan Nasution Sabara, 2016)

IEC 61000-4-15 mendefinisikan suatu metodologi dan spesifikasi untuk mengukur flicker. IEEE mengadopsi standar yang berasal dari sistem tenaga 60Hz yang digunakan di Amerika Utara. Standar ini secara sederhana menggambarkan potensi cahaya berkelip melalui pengukuran tegangan. Metode pengukuran tersebut mensimulasikan lampu/mata/otak sebagai transfer fungsi dan menghasilkan suatu metrik dasar yang disebut sensasi flicker jangka pendek. Nilai ini normalnya sampai 1.0, di mana nilai tersebut mempresentasikan tingkat fluktuasi tegangan yang cukup menyebabkan kedip 50 persen dari sampel yang diamati. Gambar II-16 mengilustrasikan kecenderungan Pst yang merupakan hasil dari pengukuran pada bus gardu induk 161 kV yang melayani suatu beban yang menghasilkan busur api.. Sampel Pst sampel biasanya dilaporkan pada setiap interval 10-mnt.

2.6 Kontaktor

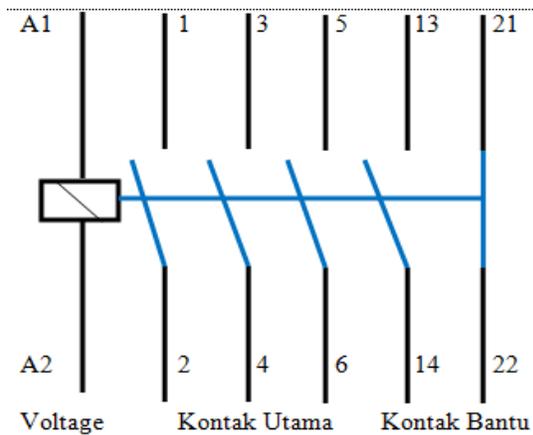
Kontaktor adalah jenis saklar yang bekerja secara magnetik yaitu kontak bekerja apabila kumparan diberi energi. The National Manufacture Assosiation (NEMA) mendefinisikan kontaktor magnetis sebagai alat yang digerakan secara magnetis untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik. Tidak seperti relay, kontaktor dirancang untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik tanpa merusak. Beban-beban tersebut meliputi lampu, pemanas, transformator, kapasitor, dan motor listrik. Adapun peralatan elektromekanis jenis kontaktor magnet dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.18 Kontaktor
Sumber: Penulis,2020

2.6.1 Prinsip Kerja Kontaktor

Sebuah kontaktor terdiri dari koil, beberapa kontak Normally Open (NO) dan beberapa Normally Close (NC). Pada saat satu kontaktor normal, NO akan membuka dan pada saat kontaktor bekerja, NO akan menutup. Sedangkan kontak NC sebaliknya yaitu ketika dalam keadaan normal kontak NC akan menutup dan dalam keadaan bekerja kontak NC akan membuka. Koil adalah lilitan yang apabila diberi tegangan akan terjadi magnetisasi dan menarik kontak-kontaknya sehingga terjadi perubahan atau bekerja. Kontaktor yang dioperasikan secara elektromagnetis adalah salah satu mekanisme yang paling bermanfaat yang pernah dirancang untuk penutupan dan pembukaan rangkaian listrik maka gambar prinsip kerja kontaktor magnet dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.19 Prinsip Kerja Kontaktor
 Sumber: I Gede Siden Sudaryana, 2015

Kontaktor termasuk jenis saklar motor yang digerakkan oleh magnet seperti yang telah dijelaskan di atas. Bila pada jepitan a dan b kumparan magnet diberi tegangan, maka magnet akan menarik jangkar sehingga kontak-kontak bergerak yang berhubungan dengan jangkar tersebut ikut tertarik. Tegangan yang harus dipasangkan dapat tegangan bolak balik (AC) maupun tegangan searah (DC), tergantung dari bagaimana magnet tersebut dirancangkan. Untuk beberapa keperluan digunakan juga kumparan arus (bukan tegangan), akan tetapi dari segi produksi lebih disukai kumparan tegangan karena besarnya tegangan umumnya sudah dinormalisasi dan tidak tergantung dari keperluan alat pemakai tertentu. (I Gede Siden Sudaryana, 2015)

2.6.2 Karakteristik

Spesifikasi kontaktor magnet yang harus diperhatikan adalah kemampuan daya kontaktor ditulis dalam ukuran Watt / KW, yang disesuaikan dengan beban yang dipikul, kemampuan menghantarkan arus dari kontak – kontaknya, ditulis dalam satuan ampere, kemampuan tegangan dari kumparan magnet, apakah untuk

tegangan 127 Volt atau 220 Volt, begitupun frekuensinya, kemampuan melindungi terhadap tegangan rendah. Dengan demikian dari segi keamanan dan kepraktisan, penggunaan kontaktor magnet jauh lebih baik dari pada saklar biasa. (I Gede Siden Sudaryana, 2015)

2.7 *Miniature Circuit Breaker*(MCB)

MCB (Miniatur Circuit Breaker) adalah komponen dalam instalasi listrik rumah tinggal mempunyai peran yang sangat penting. Komponen ini berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik bila terjadi beban lebih dan hubung singkat arus listrik (short circuit atau konsleting). Dasar pemilihan rating arus MCB yang ingin dipakai di instalasi rumah tinggal tentu disesuaikan dengan besarnya langganan daya listrik PLN yang terpasang. Karena PLN sendiri menetapkan besar langganan listrik sesuai rating arus dari MCB yang di produksi untuk pasar dalam negeri. (Wiranata Sentosa,dkk 2017)

Miniature Circuit Breaker memainkan peranan penting dalam hal proteksi arus lebih dan juga sebagai alat disconnect pada jaringan listrik. Sebuah breaker merupakan alat yang didesaian untuk mengisolasi rangkaian dari gangguan arus lebih : overload (beban lebih) dan short circuit (hubung singkat). Miniature Circuit Breaker, atau yang lebih dikenal MCB adalah alat pemutus yang sangat baik digunakan untuk mendeteksi besaran arus lebih. Seperti halnya pada Thermostat Load Relay, MCB mempunyai Bimetalic; elemen jika terkena panas akan memuai secara langsung maupun tidak langsung yang diakibatkan dengan adanya arus mengalir, alat Bimetalic ini dibuat dan direncanakan sesuai dengan ukuran standar (arus nominal MCB), dimana dalam waktu yang sangat singkat dapat bekerja sehingga rangkaian

beban terlindungi, MCB juga dilengkapi dengan magnet tripping yang bekerja secara cepat pada beban lebih atau arus hubung singkat yang besar, juga dioperasikan secara manual dengan menekan tombol. Karakteristik arus waktu untuk jenis MCB, hampir sama dengan pengaman lebur. Oleh karena itu sering kali MCB dan pengaman lebur digunakan secara bersamaan.



Gambar 2.20 MCB 3 fasa dan 1 fasa
Sumber: Penulis,2020

Perlu diketahui pula kapasitas arus MCB tidak dapat dibandingkan dengan kapasitas putus pengaman lebur sesuai dengan peraturan yang berlaku bahwa setiap beban lebih dari 100 A harus dilengkapi dengan pengaman lebur. Bimetal yang terdapat pada pengaman arus lebih, biasanya alat ini bekerja 250 C apabila temperatur ruang naik, maka salah satu cara untuk mengatasinya adalah dengan menurunkan beban. Sehingga dengan diturunkannya beban berarti panas disipasi yang timbul akan berkurang. (Wiranata Sentosa,dkk 2017)

Setiap MCB direncanakan untuk karakteristik arus waktu yang berbedabeda. Perhatikan gambar dimana karakteristik H,L dan G pada hal khusus MCB hanya dapat dibebani kira-kira 1,5 x arus kerja, misalnya pada lampu TL tegangan rendah

dimana tidak dipasang kapasitor untuk perbaikan faktor kerja sehingga arus yang mengalir sangat besar dan menyebabkan tripping MCB akan bekerja. MCB jenis G mempunyai titik tripping yang besar

2.7.1 Konstruksi MCB (*Miniatur Circuit Breaker*)

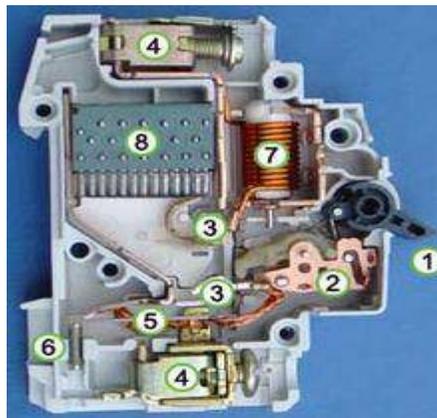
Ada dua type MCB yaitu yang 1 Phase, dan 3 Phase. Merek 2 yang beredar ada Meril Gerin, ABB dan lain lain. Miniature Circuit Breaker (MCB) berfungsi sebagai peralatan pengaman terhadap gangguan hubung singkat dan beban lebih yang mana akan memutuskan secara otomatis apabila melebihi dari arus nominalnya.

Berdasarkan konstruksinya, maka MCB memiliki dua cara pemutusan yaitu : pemutusan berdasarkan panas dan berdasarkan elektromagnetik. Pemutusan berdasarkan panas dilakukan oleh batang bimetal, yaitu : perpaduan dua buah logam yang berbeda koefisien muai logamnya. Jika terjadi arus lebih akibat beban lebih, maka bimetal akan melengkung akibat panas dan akan mendorong tuas pemutus tersebut untuk melepas kunci mekanisnya. Pemutusan berdasarkan elektromagnetik dilakukan oleh koil, jika terjadi hubung singkat maka koil akan terinduksi dan daerah sekitarnya akan terdapat medan magnet sehingga akan menarik poros dan mengoperasikan tuas pemutus. Untuk menghindari dari efek lebur, maka panas yang tinggi dapat terjadi bunga api yang pada saat pemutusan akan diredam oleh pemadam busur api (arc-shute) dan bunga api yang timbul akan masuk melalui bilah-bilah arc-shute tersebut. (Wiranata Sentosa, dkk 2017)

Keuntungan sebuah pengaman otomatis adalah dapat segera digunakan lagi setelah terjadi pemutusan, dalam pengaman otomatis terdapat kopeling jalan bebas

karena kopeling ini otomatis tidak bisa digunakan kembali kalau gangguanya belum diperbaiki. Elemen penting MCB yaitu:

1. Terminal trip (Bimetal)
2. Elektromagnetik trip (coil)
3. Pemadam busur api
4. Mekanisme pemutusan



Gambar 2.21 Kontruksi Dalam MCB
Sumber: Wiranata Sentosa, dkk 2017

Keterangan dari gambar 2 bagian bagian dalam MCB:

1. Tuas aktuaror operasi On-Off
2. Mekanisme Actuator
3. Kontak penghubung
4. Terminal Input-Output
5. Batang Bimetal
6. Plat penahan & penyalur busur api
7. Solenoid / Trip Coil

8. Kisi-kisi pemadam busur api

Berdasarkan waktu pemutusannya, pengaman otomatis dibagi atas

1. Type G (General) Biasanya digunakan untuk instalasi motor listrik. Otomat type G pada jenis ini digunakan untuk mengamankan motormotor kecil AC maupun DC, mengamankan alat-alat listrik dan juga rangkaian akhir besar untuk penerangan, seperti penerang pada bangsalpabrik dll. Pengaman elektro magnetiknya berfungsi pada $8 - 11 \times I$ nominalnya untuk AC dan $14 \times I$ nominal untuk DC.
2. Type L (Line) Biasanya digunakan untuk instalasi jala-jala. Otomat tipe L pada jenis ini pengaman thermisnya disesuaikan dengan meningkatnya suhu hantaran, kalau terjadi beban lebih dan suhu hantarnya melebihi suatu nilai tertentu, maka elemen bimetalnya akan memutuskan rangkaian. Kalau terjadi hubung singkat, maka arusnya kan diputuskan oleh pengaman elektromagnetik. Untuk AC adalah : $4 - 6 \times I_n$ dan DC adalah : $8 \times I_n$ dimana pemutusan arusnya akan berlangsung dalam waktu 2 detik.
3. Type H (Home) Biasanya digunakan untuk instalasi rumah/gedung. Otomat type H secara thermis jenis ini sama dengan otomat type L, tapi pengaman elektro magneriknya akan memutuskan dalam waktu 0,2 detik. Untuk AC $2,5-3 \times I_n$ dan DC $4 \times I_n$. jenis otomat ini digunakan untuk instalasi rumah, dimana kondisi gangguan yang relative kecil pun harus diputuskan dengan cepat, jadi kalau terjadi gangguan tanah, maka bagian – bagian yang terbuat dari logam tidak akan lama bertegangan
4. Type K&U Biasanya digunakan untuk rangkaian elektronika atau trafo.

2.7.2 Sifat dan Kegunaan MCB (*Miniatur Circuit Breaker*)

Sifat dari MCB adalah:

1. Arus beban dapat diputuskan bila panas yang ditimbulkan melebihi panas yang diizinkan
2. Arus hubung singkat dapat diputuskan tanpa adanya perlambatan
3. Setelah dilakukan perbaikan, maka MCB dapat digunakan kembali

Beberapa kegunaan MCB:

1. Membatasi Penggunaan Listrik
2. Mematikan listrik apabila terjadi hubungan singkat (Korslet)
3. Mengamankan Instalasi Listrik

2.7.3 Spesifikasi MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

Ada perbedaan antara MCB milik PLN yang terpasang di kWh meter dengan milik pelanggan yang dijual secara umum. Yang pertama adalah warna toggle switch yang berbeda (dalam produk dari produsen MCB yang sama, milik PLN memiliki warna toggle switch biru dan yang dijual untuk umum berwarna hitam) dan kedua adalah tulisan “Milik PLN” pada MCB yang dipasang di kWh meter. Walaupun ada juga produsen MCB lainnya yang menggunakan warna toggle switch biru untuk produk yang dijual di pasaran. Sedangkan, inilah arti dari kode dan simbol yang tertulis dalam nameplate MCB tersebut sebagai berikut:

1. Simbol dengan angka 1 dan 2

Ini adalah simbol dari fungsi MCB sebagai proteksi beban penuh dan hubung singkat (penjelasan detail bisa dilihat pada tulisan bagian pertama “MCB sebagai Proteksi dan Pembatas Daya Listrik”). Dari gambar

tersebut, hal ini juga menjelaskan bahwa MCB ini adalah 1 pole (karena hanya ada 1 simbol saja). Bila ada dua simbol berdampingan, maka MCBnya adalah 2 poles. Yang umum dipakai di perumahan adalah tipe MCB 1pole, yaitu hanya kabel phase saja yang diproteksi.

2. NC45a

Merupakan MCB model number yang ditentukan dari produsen MCB. Lain produsen berarti lain model number. Sebagai tambahan informasi, model NC45a ini adalah MCB yang diproduksi untuk keperluan perumahan secara umum

3. C16

Kode ini menjelaskan tripping curve MCB yaitu tipe “C”, dengan proteksi magnetic trip sebesar 5-10In (In : arus nominal atau rating arus dari MCB) dan angka “16” adalah rating arus dari MCB sebesar 16A. Rating arus ini adalah kode paling penting dalam MCB dan berguna saat pembelian MCB. Penjelasan selanjutnya mengenai rating arus ada di bagian berikutnya.

4. 230/400V

Menjelaskan rating tegangan dalam operasi MCB yaitu 230V atau 400V sesuai dengan tegangan listrik PLN 220V.

5. 4500 dan 3

“4500” menunjukkan rated breaking capacity MCB, yaitu kemampuan kerja MCB masih baik sampai arus maksimal 4500A, yang biasanya terjadi saat hubung singkat arus listrik. Dimana diatas angka ini MCB

akan berpotensi rusak. Dan angka “3” adalah I2 t classification, yaitu karakteristik energi maksimum dari arus listrik yang dapat melalui MCB

6. 12002

Catalog Number dari produsen MCB yang tujuannya sebagai nomor kode saat pembelian

7. LMK; SPLN 108; SLI 175 dan IEC 898

Menandakan bahwa MCB ini sudah lolos uji di LMK PLN (LMK : Lembaga Masalah Kelistrikan). Sedangkan tiga kode selanjutnya menyatakan bahwa MCB dibuat dengan mengacu kepada standardstandard teknis yang ditetapkan baik nasional maupun internasional

8. I-ON pada toggle *switch*

Menandakan bahwa MCB pada posisi “ON”. Untuk posisi “OFF” maka simbolnya adalah “O-OFF”

9. SNI

MCB ini sudah mendapatkan sertifikat SNI (Standard Nasional Indonesia).

Sekilas info untuk para pelanggan listrik yang merasa awam mengenai listrik, apalagi soal MCB ini, tidak perlu pusing-pusing untuk mengerti nameplate MCB. Hal yang paling penting dalam memilih MCB yang hendak dibeli adalah kode rating arus MCB yang sesuai kebutuhan, seperti contoh diatas yaitu kode “C16”, yaitu rating arus MCB sebesar 16A dengan tripping curve tipe “C”. Kode lain yang perlu

diperhatikan adalah kode “LMK” serta “SNI” yang berarti produk ini sudah memenuhi standard tersebut.

2.7.4 Rating MCB dan Daya listrik PLN

Contoh yang dibahas dalam bagian sebelumnya menggunakan MCB dengan rating 16A dan tripping curve type “C”. MCB yang dijual dipasaran mempunyai rating arus yang bermacam-macam sesuai kebutuhan. Saat membeli MCB, kita cukup menyebutkan rating arus MCB yaitu berapa ampere dan tujuan pemakaian yaitu untuk perumahan.

Dasar pemilihan rating arus MCB yang ingin dipakai di perumahan tentu disesuaikan dengan besarnya langganan daya listrik PLN yang terpasang. Karena PLN sendiri menetapkan besar langganan listrik perumahan sesuai rating arus dari MCB yang diproduksi untuk pasar dalam negeri.

Tabel 2.2 Rating Arus MCB dan Daya Listrik PLN

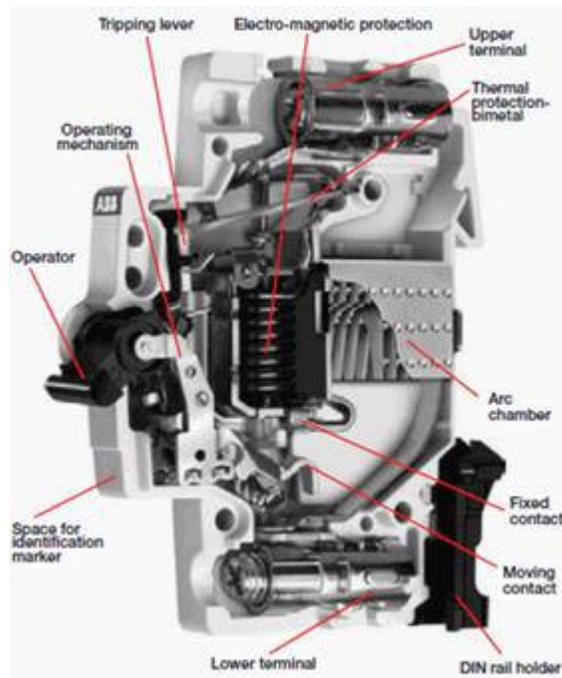
Rating <i>Miniature Circuit Breaker</i>	Daya Listrik PLN
2 A	4500 VA
4 A	900 VA
6 A	1300 VA
10 A	2200 VA
16 A	3300 VA

Sumber: Wiranata Sentosa, dkk 2017

Rumusnya adalah : Rating Arus MCB x 220V (Tegangan listrik PLN). Hasil perhitungannya adalah angka pembulatan. Jadi bila langganan listrik PLN sebesar 1300VA maka MCB yang dipasang di kWh meter memiliki rating 6A.

2.7.5 Prinsip Kerja MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

Pada umumnya, MCB bekerja menggunakan prinsip elektromekanik (Thermal/Magnetik) untuk membuka kontak breaker ketika gangguan arus lebih terjadi. Unit thermal trip bekerja berdasarkan kenaikan nilai temperatur, sedangkan unit magnetik trip bekerja berdasarkan kenaikan nilai arus



Gambar 2.22 Konstruksi MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

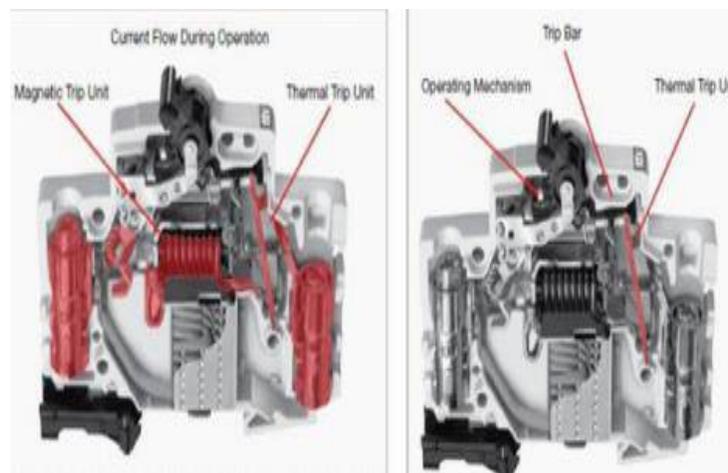
Sumber: Wiranata Sentosa, dkk 2017

2.7.6 Proteksi Beban Lebih

Unit thermal trip digunakan untuk memproteksi jaringan listrik dari gangguan beban lebih, Unit thermal trip menggunakan logam bimetal yang ditempatkan di

belakang trip bar circuit breaker, dan merupakan bagian dari breaker yang dilalui arus.

Ketika terjadi gangguan beban lebih, maka nilai arus yang melewati logam bimetal akan bertambah yang membuat temperatur pada logam bimetal semakin besar hingga pada suatu saat dan temperatur tertentu logam bimetal ini akan membengkok dan menekan trip bar yang akan membuka kontak MCB. Waktu yang dibutuhkan bimetal untuk membengkok dan membuka kontak MCB sesuai dengan kenaikan besar arus, semakin besar arus gangguan yang terjadi semakin cepat logam bimetal membengkok.

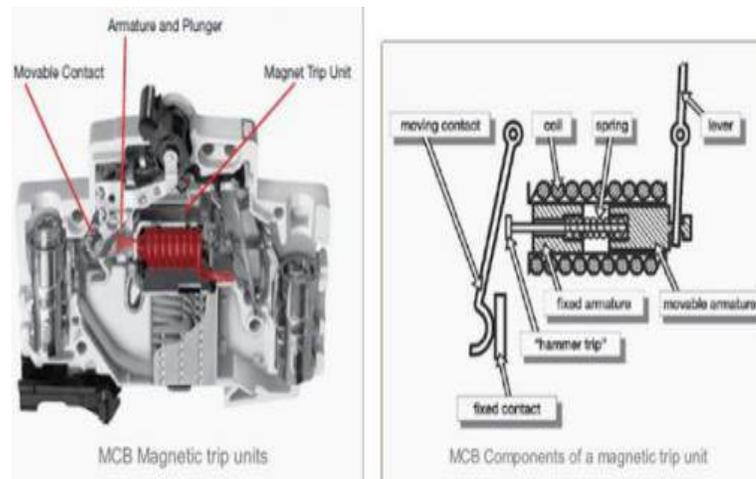


Gambar 2.23 Operasi Proteksi Beban Lebih

Sumber: Wiranata Sentosa, dkk 2017

2.7.7 Proteksi Arus Hubung Singkat

Unit magnetik trip bekerja untuk melindungi jaringan dari gangguan arus hubung singkat



Gambar 2.24 Operasi Proteksi Arus Hubung Singkat

Sumber: Wiranata Sentosa, dkk 2017

Ketika gangguan hubung singkat terjadi, maka nilai arus yang melewati MCB akan bertambah besar secara signifikan yang akan menghasilkan medan magnet yang cukup besar. Medan magnet ini akan mendorong hammer trip, hammer trip ini nantinya akan mendorong moving contact yang membuat kontak akan terbuka. Proses terbukanya kontak breaker ketika terjadi gangguan hubung singkat umumnya terjadi setelah 5 milidetik setelah terjadi gangguan.

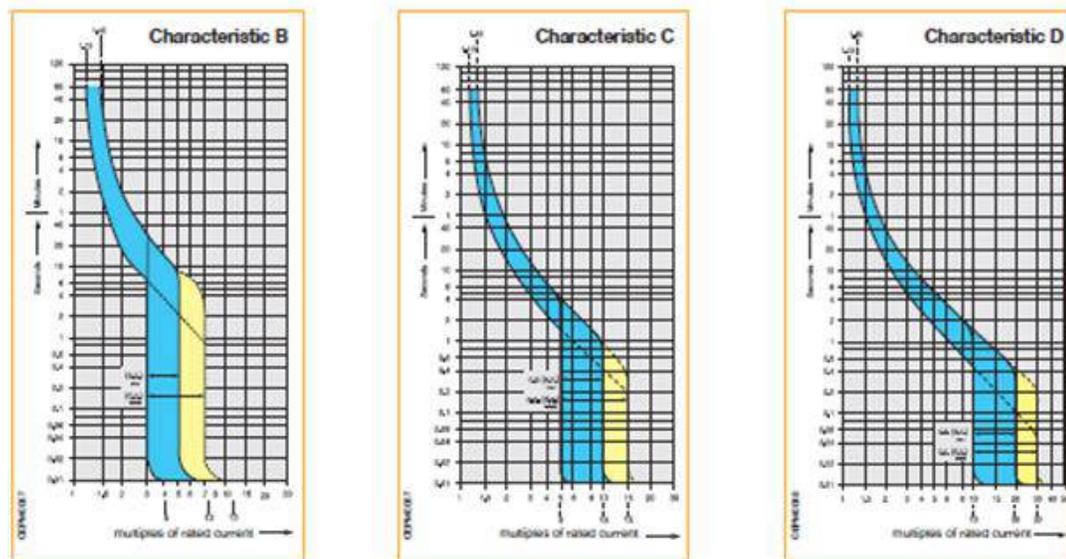
International standard IEC 60898-1 and European Standard EN 60898- 1 menyatakan bahwa besar arus rated I_n sebuah MCB yang digunakan pada distribusi tegangan rendah merupakan nilai maksimum yang mampu dihantarkan oleh MCB pada temperatur udara sekitar 300 c. Pada umumnya MCB di desain dengan arus rated pada range : 6 A, 10 A, 13 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A, 63 A, 80 A, 100 A . Terdapat tiga tipe MCB berdasarkan karakteristik pemutusan arus gangguan yaitu: Type "B", "C" dan "D" , masing – masing menyatakan nilai minimum arus yang melewati MCB yang mengakibatkan terbukanya kontak MCB tanpa disengaja.

Tabel 2.3 Type "B", "C" dan "D"

Type	Instantaneous Current
B	Above $3/n$ Up To and including $5/n$
C	Above $5/n$ Up To and including $10/n$
D	Above $10/n$ Up To and including $20/n$

Sumber: Wiranata Sentosa,dkk 2017

Untuk lebih jelasnya, karakteristik kerja ke tiga type MCB dapat ditunjukkan oleh kurva karakteristik berikut:



Gambar 2.25 Kurva Karakteristik MCB Type B,C, dan D

Sumber:Wiranata Sentosa,dkk 2017

2.7.8 Memasang Unit MCB

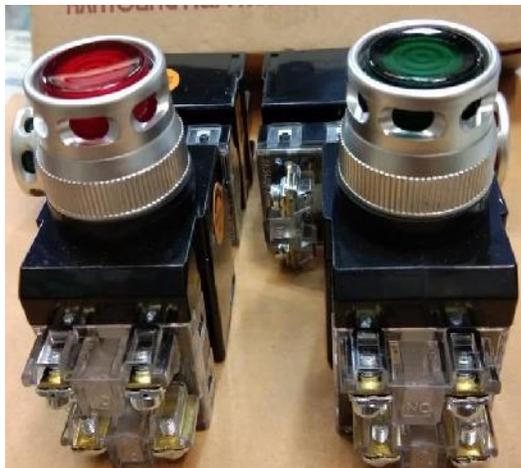
Ketika pertama kali saya hendak mengganti unit MCB yang rusak (switch tidak dapat kembali ke posisi ON) dalam box MCB di rumah, ada rasa takut yang cukup besar untuk mencoba mengerjakannya sendiri. Kemudian, saya mengutakatik

unit MCB yang baru di beli untuk memahami cara pemasangannya. Ternyata, tidak terlalu rumit. Anda pun dapat mengerjakannya sendiri dengan bantuan obeng min (-) sebagai alat mempermudah mengungkit tuas penjepit di bagian belakang atas atau bawah unit.

Hal terpenting sebelum melakukan tindakan mengganti unit MCB yang sedang terpasang dalam box MCB adalah mematikan terlebih dahulu distribusi aliran listrik dari meteran PLN dengan menurunkan switch unit MCB yang terpasang pada meteran.

2.8 Push Button

Push Button adalah saklar tekan yang berfungsi sebagai pemutus atau penyambung arus listrik dari sumber arus ke beban listrik[6]. Suatu sistem saklar tekan push button terdiri dari saklar tekan start, stop reset dan saklar tekan untuk emergency. Push button memiliki kontak NC (*normally close*) dan NO (*normally open*).

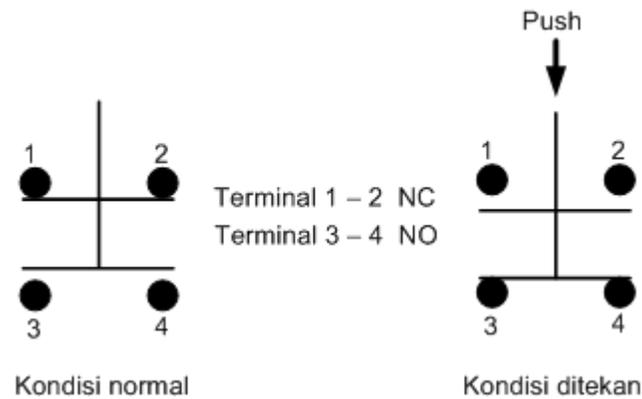


Gambar 2.26 Bentuk Push Button

Sumber: Penulis,2020

2.8.1 Prinsip Kerja Push Button

Karena sistem kerjanya yang unlock dan langsung berhubungan dengan operator, push button switch menjadi device paling utama yang biasa digunakan untuk memulai dan mengakhiri kerja mesin di industri. Secanggih apapun sebuah mesin bisa dipastikan sistem kerjanya tidak terlepas dari keberadaan sebuah saklar seperti push button switch atau perangkat lain yang sejenis yang bekerja mengatur pengkondisian On dan Off. Prinsip kerja push button dapat dilihat pada gambar.



Gambar 2.27 Prinsip Kerja Push Button

Sumber:Muhamad Saleh,dkk 2017

Berdasarkan fungsi kerjanya yang menghubungkan dan memutuskan, push button switch mempunyai 2 tipe kontak yaitu NC (Normally Close) dan NO (Normally Open).

1. NO (Normally Open), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya terbuka (aliran arus listrik tidak mengalir). Dan ketika tombol saklar ditekan, kontak yang NO ini akan menjadi menutup (Close) dan mengalirkan atau menghubungkan arus listrik. Kontak NO digunakan sebagai penghubung atau menyalakan sistem circuit (Push Button ON).

2. NC (Normally Close), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya tertutup (mengalirkan arus listrik). Dan ketika tombol saklar push button ditekan, kontak NC ini akan menjadi membuka (*Open*), sehingga memutus aliran arus listrik. Kontak NC digunakan sebagai pemutus atau mematikan sistem circuit (*Push Button Off*).

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2019 di PT. UNIPLASTINDO INTERBUANA Jln. Raya Padang-Solok km.37 Jorong. kayu aro, Nagari. Batang Barus, kecamatan. Gunung talang, kabupaten. solok. Provinsi. sumatera barat kode pos. 27365

3.2 Jenis Penelitian

Dalam menyusun suatu penelitian diperlukan langkah –langkah yang benar sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi analisis. Observasi yang dilakukan adalah dengan pengambilan data dengan cara melakukan pengukuran dan penerapan langsung kapasitor bank pada lokasi penelitian yang selanjutnya akan di analisis untuk keperluan penelitian.

3.3 Jenis Data Penelitian

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari peninjauan dan pengukuran di lapangan atau survei langsung dilapangan

2. Data Skunder

Merupakan penunjang dari hasil penelitian yang diperoleh dari lapangan. Pengumpulan data sekunder.

3.4 Sumber Data

Data - data yang diperlukan dalam proses pembuatan laporan ini diperoleh dari :

1. Observasi pengambilan data yang sesuai dengan lokasi penelitian untuk selanjutnya di analisis.

2. Wawancara

Metode ini dilakukan dengan cara menanyakan hal – hal yang sekiranya belum penulis ketahui kepada pembimbing lapangan

3. Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan membaca buku - buku dan jurnal terkini sesuai dengan penelitian yang dilakukan serta mencari data yang diperlukan mengenai hal - hal atau materi yang dianalisa.

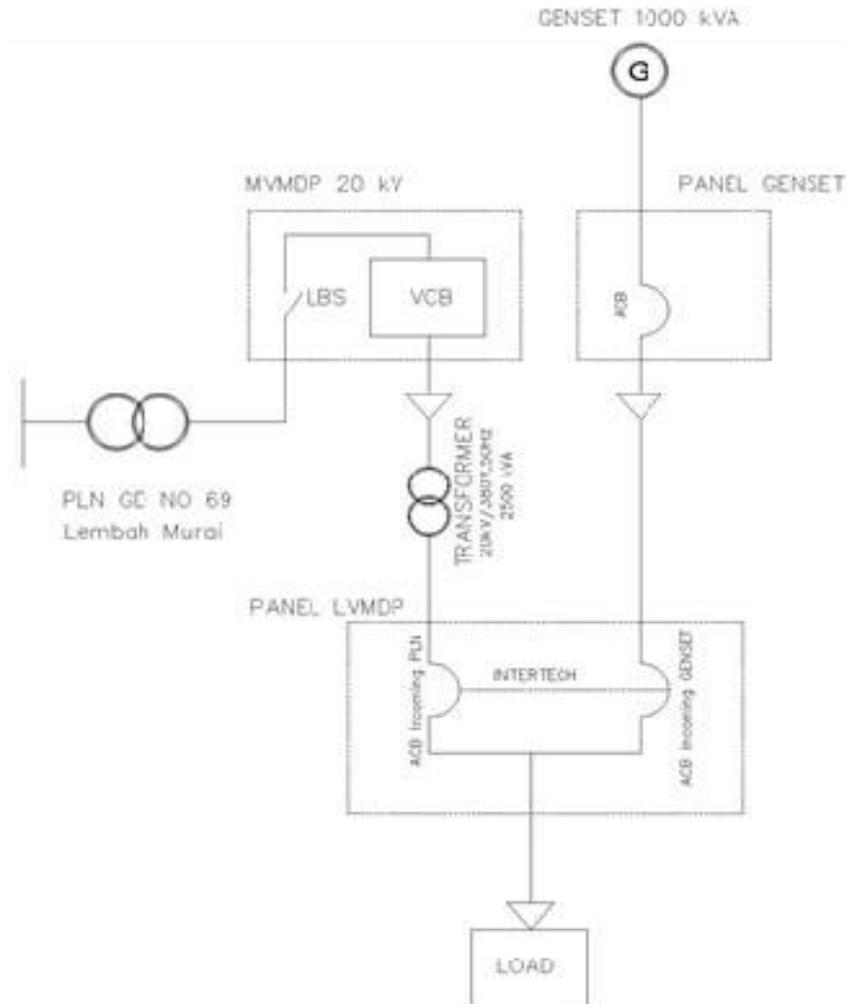
4. Bimbingan

Metode ini dilakukan dengan cara meminta bimbingan untuk hal yang berkaitan dengan analisa dari penelitian ini dari pembimbing, baik dosen maupun di lapangan.

3.5 Kondisi Sistem Kelistrikan Di PT. UNIPLASTINDO INTERBUANA

PT. UNIPLASTINDO INTERBUANA mengandalkan suplai daya dari PT. PLN dari penyulang Gardu Beton dengan golongan tarif industri berada pada golongan B-3 (diatas 200 kVA) dan generator set sebagai suplai daya cadangan yang terhubung dengan transformator daya penurun tegangan 20 kV/380V dengan kapasitas daya trafo sebesar 2500 kVA dengan daya terpasang 2180 kVA. Tegangan yang telah diturunkan menjadi 380 V tersebut kemudian dihubungkan dengan

selector yang juga terhubung dengan generator set. Tegangan dari selector ini terlebih dahulu diturunkan melalui trafo penurun tegangan 380V/220V sebelum disalurkan kepanel distribusi (Panel Utama).



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem kelistrikan PT. UNIPLASTINDO INTERBUANA

Sumber: PT. Uniplastindo Interbuana

Keterangan:

Selector : Alat pemutus antar sumber dari PLN dan Genset

Panel LVMDP : Panel pembagi energi listrik sebelum salurkan ke beban

Trafo Step Down : Transformator Penurun tegangan Dari gambar diatas diketahui bahwa kebutuhan energi listrik pada PT. Uniplastindo Interbuana disuplai dari:

1. Sumber daya listrik dari PT. PLN, Penyulang Gardu Beton Jaringan tegangan Menengah 20 kV di suplai ke PT. Uniplastindo Interbuana dengan Tarif Daya (kVA) B3/2180 kVA, nama pelanggan PT. Uniplastindo Interbuana.
2. Sumber Daya listrik sendiri, digunakan pada saat sumber daya listrik dari PLN padam, dengan menggunakan Genset 1000 kVA

3.6 Data Penelitian

Pengukuran Daya dan faktor daya ini dilakukan pada kondisi tidak menggunakan kapasitor untuk mengetahui besar daya reaktif yang dibutuhkan oleh beban. Pengukuran faktor daya diusahakan pada saat beban puncak dan pengukuran dilakukan dengan menggunakan cos phi Meter yang diukur di panel distribusi. Berikut data pengukuran Daya dan faktor daya:

Tabel 3.1. Data Pengukuran Daya & Cos ϕ

Tanggal	PF	kW	kVA
14/12/2017 01:00	0,77	459,595	600
14/12/2017 02:00	0,78	428,894	550
14/12/2017 03:00	0,85	593,995	700
14/12/2017 04:00	0,79	353,656	450
14/12/2017 05:00	0,76	340,612	450
14/12/2017 06:00	0,79	315,313	400

14/12/2017 07:00	0,67	233,355	350
14/12/2017 08:00	0,80	478,701	600
14/12/2017 09:00	0,75	414,664	550
14/12/2017 10:00	0,79	553,544	700
14/12/2017 11:00	0,80	440,489	550
14/12/2017 12:00	0,71	248,245	350
14/12/2017 13:00	0,70	280,791	400
14/12/2017 14:00	0,72	358,795	500
14/12/2017 15:00	0,69	207,529	300
14/12/2017 16:00	0,74	223,473	300
14/12/2017 17:00	0,62	218,729	350
14/12/2017 18:00	0,80	361,431	450
14/12/2017 19:00	0,72	361,694	500
14/12/2017 20:00	0,75	376,320	500
14/12/2017 21:00	0,75	375,002	500
14/12/2017 22:00	0,73	365,911	500
14/12/2017 23:00	0,81	364,198	450
15/12/2017 00:00	0,81	364,329	450

Sumber: Penulis, 2020

3.6.1 Data Biaya Pemakaian Listrik Industri

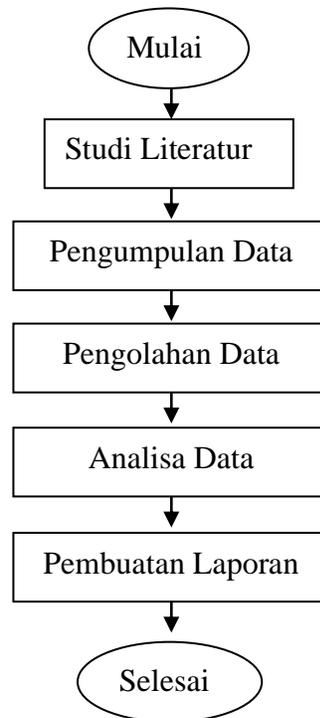
Untuk menghitung pemakaian listrik industri dengan tegangan $380 \text{ V}/\sqrt{3} \cos \phi$, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, karena PT. Uniplastindo Interbuana termasuk dalam golongan tarif industri maka harus diperhatikan bahwa:

1. Total kebutuhan daya listrik (kW)
2. Daya terpasang (kVA)
3. Lama pemakaian listrik pada waktu beban puncak (WBP)
4. Lama pemakaian listrik pada luar waktu beban puncak (LWBP)
5. Faktor perbandingan harga (WBP)
6. Perhitungan kWh meter
7. Faktor Daya ($\cos \phi$)
8. Total Daya reaktif (kVAr)

Adapun data untuk menunjang perhitungan biaya operasional golongan tarif industri dapat dilihat dibawah ini:

1. Biaya perancangan kapasitor per kVAr adalah Rp. 178.750
2. Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif per kVArh Rp.1.114,74
3. Biaya Per kWh adalah Rp. 1035,78

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian
Sumber: Penulis, 2020

BAB 4

HASIL DAN ANALISA

4.1 Perhitungan Faktor Daya

Perhitungan yang dilakukan adalah menghitung daya semu setelah pemasangan kapasitor (kVA), daya reaktif tanpa dan menggunakan kapasitor (kVAR), daya reaktif yang disuplai, biaya yang dikeluarkan oleh PT. UNIPLASTINDO INTERBUANA untuk pemasangan kapasitor per kVAR dan menghitung ekonomis dengan pemasangan kapasitor bank untuk mengetahui layak atau tidaknya pemasangan kapasitor bank. Data yang diperlukan adalah sebagai berikut: Daya aktif sebelum menggunakan kapasitor (KW) = P1 Daya Semu sebelum menggunakan kapasitor (kVA) = S1 Faktor daya sebelum menggunakan kapasitor = $\cos \phi$ Faktor daya yang diinginkan = $\cos \phi = 0,9$

4.2 Menghitung Kompensasi Daya Reaktif

Berdasarkan tabel 3.1 data nilai dari pengukuran panel LVMDP pada jam 01:00 sampai jam 24:00 untuk dilakukan perhitungan yaitu:

$$\text{Diketahui: } S_1 = 600 \text{ kVA}$$

$$P = 459,595 \text{ kW}$$

$$S_1 = 600 \text{ kVA}$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2}$$

$$= \sqrt{600^2 - 459,595^2}$$

$$= 385,710 \text{ kVAR}$$

Cos ϕ yang ingin dicapai adalah 0,9

$$S_2 = \frac{P}{\cos \phi_2}$$

$$= \frac{459,595}{0,9}$$

$$= 510,661 \text{ kVA}$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2}$$

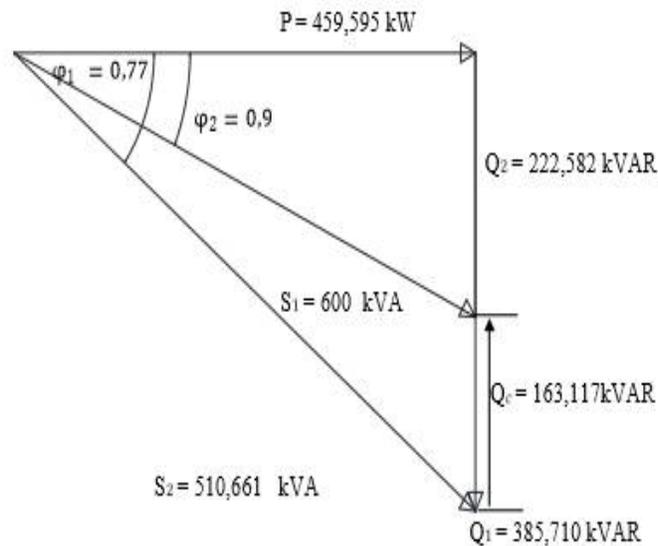
$$= \sqrt{510,661^2 - 459,595^2}$$

$$= 222,582 \text{ kVAR}$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 385,710 - 222,582$$

$$= 163,117 \text{ kVAR}$$



Gambar 4.1 Hasil Perhitungan Segitiga Daya Panel LVMDP pada jam 01.00
 Sumber: Penulis, 2020

Dilihat dari Gambar diatas dengan $\cos \phi$ awal sebesar $\phi = 0,77$ sehingga didapat daya reaktif yang diserap oleh beban semula [Q_1] sebesar 385,710 kVAR, maka besar pemakaian daya reaktif kapasitor pada beban jam 01.00 [Q_c] adalah 163,117 kVAR Setelah dilakukannya perhitungan pemakaian beban reaktif yang dapat diinjeksi oleh kapasitor bank pada beban dengan $\cos \phi$ yang di inginkan adalah sebesar $\phi = 0,9$, sehingga daya reaktif yang dapat diserap oleh beban setelah diinjeksi oleh kapasitor bank [Q_2] menjadi sebesar 222,582 kVAR. Begitu juga pada daya semu yang diserap oleh beban semula [S_1] sebesar 600 kVA, setelah di injeksi oleh kapasitor bank daya semu yang di serap oleh beban menjadi [S_2] sebesar 510,661 kVA. Didapatlah hasil perhitungan yang dirangkum pada tabel data berikut ini :

Tabel 4.1 Data Pengukuran dan Perhitungan Daya Reaktif Pada Panel LVMDP

Data Pengukuran Sebelum					Data Perhitungan Seusudah menggunakan kapasitor			
Jam	Menggunakan kapasitor				Cos Φ_2	S ₂ kVA	Q ₂ kVAr	Q _c kVAr
	S ₁ kVA	P ₁ kW	Q ₁ kVAr	COS Φ_1				
01.00	600	459,60	385,71	0,77	0,9	510,66	222,59	163,12
02.00	550	428,89	344,31	0,78	0,9	476,55	207,72	136,59
03.00	700	594,00	370,36	0,85	0,9	659,99	287,68	82,68
04.00	450	353,66	278,26	0,79	0,9	392,95	171,28	106,97
05.00	450	340,61	294,08	0,76	0,9	378,46	164,97	129,11
06.00	400	315,31	246,13	0,79	0,9	350,35	152,71	93,41
07.00	350	233,36	260,86	0,67	0,9	259,28	113,02	147,84
08.00	600	478,70	361,73	0,80	0,9	531,89	231,85	129,88
09.00	550	414,66	361,32	0,75	0,9	460,74	200,83	160,49
10.00	700	553,54	428,47	0,79	0,9	615,05	268,09	160,38
11.00	550	440,49	329,35	0,80	0,9	489,43	213,34	116,01
12.00	350	248,25	246,73	0,71	0,9	275,83	120,23	126,50
13.00	400	280,79	284,88	0,70	0,9	311,99	135,99	148,89
14.00	500	358,80	348,23	0,72	0,9	398,66	173,77	174,46
15.00	300	207,53	216,64	0,69	0,9	230,59	100,51	116,13
16.00	300	223,47	200,15	0,74	0,9	248,30	108,23	91,92
17.00	350	218,73	273,24	0,62	0,9	243,03	105,94	167,30
18.00	450	361,43	268,08	0,80	0,9	401,59	175,05	93,03
19.00	500	361,69	345,22	0,72	0,9	401,88	175,18	170,04
20.00	500	376,32	329,22	0,75	0,9	418,13	182,26	146,96

21.00	500	375,00	330,72	0,75	0,9	416,67	181,62	149,09
22.00	500	365,91	340,75	0,73	0,9	406,57	177,22	163,53
23.00	450	364,20	264,31	0,81	0,9	404,66	176,39	87,92
00.00	450	364,33	264,13	0,81	0,9	404,81	176,45	87,68
Total	11450	8719,27	7372,86	0,75442	0,9	9688,07	4222,93	3149,92

Sumber: Penulis,2020

4.3 Estimasi dengan Nilai Kapasitor Tetap terhadap Nilai Daya Reaktif yang dihasilkan (Qc)

Dengan nilai rata-rata kapasitor yang digunakan di PT.UNIPLASTINDO INTERBUANA sebesar 979,37116 μF yang akan di injeksi. Sehingga dapat dihitung penghematan daya reaktif Qc & nilai Cos ϕ 2 dengan nilai kapasitor yang tetap dari rata-rata hasil perhitungan per jam adalah sebagai berikut:

Diketahui data pada jam 01:00

$$C = 979,37116 \mu\text{F}$$

$$P = 459,595 \text{ kW}$$

$$S_1 = 600 \text{ kVA}$$

$$V_{L-L} = 378,91 \text{ Volt}$$

$$Q_c = \frac{c}{2\pi f V_{L-L}} x \sqrt{3} x \sqrt{3} . V_{L-L}$$

$$= \frac{979,37116}{2. 3,142 . 50 . 378,91} x \sqrt{3} x \sqrt{3} . 378,91$$

$$= 132,540 \text{ kVAR}$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2}$$

$$= \sqrt{600^2 - 459,595^2}$$

$$= 385,710 \text{ kVAR}$$

$$Q_2 = q_1 - Q_c$$

$$= 385,710 - 132,5402537$$

$$= 253,170 \text{ kVAR}$$

$$Q_2 = \sqrt{Q_2^2 + P^2}$$

$$= \sqrt{253,17^2 + 459,595^2}$$

$$= 524,712 \text{ kVA}$$

$$\text{Cos}\varphi_2 = \frac{P}{S_2}$$

$$= \frac{459,595}{524,17}$$

$$= 0,876$$

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data pada bab sebelumnya, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan penggunaan kapasitor bank untuk memperbaiki faktor daya pada beban bahwa semakin besar faktor akan memperkecil daya reaktif yang diserap oleh beban.
2. Penggunaan kapasitor bank untuk memperbaiki faktor daya Perbaikan faktor daya mampu memperbaiki sistem keseluruhan seperti pada panel LVMD total daya reaktif yang diserap beban semula selama 24 jam sebelum perbaikan $\cos \phi$ adalah 11,450 MVARh menjadi 9,68807 MVARh sehingga ada penghematan sebesar 1,761 MVARh

5.2. Saran

Adapun saran dari penulisan laporan kerja praktek ini adalah:

1. Hasil penelitian ini, diharapkan menjadi acuan atau alternatif untuk penghematan biaya listrik bagi konsumen listrik
2. Diharapkan penelitian ini dapat dilanjutkan oleh peneliti lain dan menambahkan beberapa metode lain yang lebih baik dari metode yang digunakan diatas.

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Haris,dkk, 2017 JURNAL ILMIAH FIFO Volume IX/No.1/Mei/2017 P-ISSN 2085-4315 / E-ISSN 2502-8332

Adhi Kusmanto,2015 Prosiding SNST ke-6 Tahun 2015 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang ISBN 978-602-99334-4-4

Ahmad Dani,dkk 2018 Seminar Nasional Royal (SENAR) 2018 STMIK Royal – AMIK Royal, hlm. 673 – 678 Kisaran, Asahan, Sumut - 3 September 2018 ISSN 2622-998 (cetak) ISSN 2622-6510 (online)

Ahmad Yani,2017 Journal of Electrical Technology, Vol. 2, No. 3, Oktober 2017 ISSN : 2598 – 1099 (Online) ISSN : 2502 – 3624 (Cetak)

Amiq Uli Ulya,2019 Media ElektriKA, Vol.12, No.1, Juni 2019 (p-ISSN: 1979-7451, e-ISSN: 2579-972X)

Arfita Yuana Dewi, 2016 TEKNOIN, Vol. 11, No.3, September 2006, 159-170 ISSN 0853-8697

Bahri, s. (2019). Optimasi cluster k-means dengan modifikasi metode elbow untuk menganalisis disrupsi pendidikan tinggi.

Bambang Prio Hartono,dkk 2018 SEMINAR NASIONAL INOVASI DAN APLIKASI TEKNOLOGI DI INDUSTRI (SENIATI) 2016 ISSN : 2085-4218

Denny R. Pattiapon,dkk 2017 JURNAL SIMETRIK VOL 7, NO. 2, DESEMBER 2017 p-ISSN: 2302-9579/e-ISSN: 2581-2866

Diantoro, m., maftuha, d., suprayogi, t., iqbal, m. R., mufti, n., taufiq, a., ... & hidayat, r. (2019). Performance of pterocarpus indicus willd leaf extract as natural dye tio2-dye/ito dssc. Materials today: proceedings, 17, 1268-1276.

Fachry Azharuddin Noor,dkk 2017 Jurnal Teknik Elektro Vol. 9 No. 2 Juli - Desember 2017 P-ISSN 1411 - 0059 E-ISSN 2549 – 1571

- Hamdani, h., tharo, z., & anisah, s. (2019, may). Perbandingan performansi pembangkit listrik tenaga surya antara daerah pegunungan dengan daerah pesisir. In seminar nasional teknik (semnastek) uisu (vol. 2, no. 1, pp. 190-195).
- Hariyanto, e., iqbal, m., siahaan, a. P. U., saragih, k. S., & batubara, s. (2019, march). Comparative study of tiger identification using template matching approach based on edge patterns. In journal of physics: conference series (vol. 1196, no. 1, p. 012025). Iop publishing.
- Hartono BS, dkk 2017 Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana Vol. 8 No. 3 September 2017 192 ISSN: 2086-9479
- I Gede Siden Sudaryana, 2015 JPTK, UNDIKSHA, Vol. 12, No. 2, Juli 2015 : 131-142 ISSN 0216-3241
- Ir. H. Mohammad Amir., M.Eng, 2017 Program Studi Teknik Elektro Sinusoida Vol. XIX No.1, April 2017 ISSN 1411 – 4593
- Irwan Dinata, dkk 2015 Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol: 4, No. 1, Maret 2015 ISSN: 2302 – 2949
- Kukuh Widarsono, 2019 Seminar MASTER 2019 ISSN : 2548-1509 e-ISSN : 2548-6527
- Lubis, a., & batubara, s. (2019, december). Sistem informasi suluk berbasis cloud computing untuk meningkatkan efisiensi kinerja dewan mursyidin tarekat naqsyabandiyah al kholidiyah jalaliyah. In prosiding simantap: seminar nasional matematika dan terapan (vol. 1, pp. 717-723).
- Mediyanto Samuel Panaha, dkk 2018 Jurnal Ilmiah Platax Vol. 6:(1), Januari 2018 ISSN: 2302-3589
- Muhamad Saleh, dkk 2017 Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana Vol. 8 No. 2 Mei 2017 87 ISSN: 2086-9479
- M. Wildan Nasution Sabara, 2016 JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1, (Sept. 2016) ISSN: 2301-9271
- Ojak Abdul Rozak, 2015 Journal Of Electrical Power, Instrumentation and Control (EPIC) e-ISSN 2614-8595 p-ISSN 2615-0646

- Putra, randi rian, et al. "decision support system in selecting additional employees using multi-factor evaluation process method." (2019).
- Putra, randi rian. "sistem informasi web pariwisata hutan mangrove di kelurahan belawan sicanang kecamatan medan belawan sebagai media promosi." jurnal ilmiah core it: community research information technology 7.2 (2019).
- Rahmaniar, r. (2019). Model flash-nr pada analisis sistem tenaga listrik (doctoral dissertation, universitas negeri padang).
- Rusda,dkk 2017 PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI IV Samarinda, 9 November 2017 p-ISSN : 2598-7410 e-ISSN : 2598-7429
- Sidik, a. P., efendi, s., & suherman, s. (2019, june). Improving one-time pad algorithm on shamir's three-pass protocol scheme by using rsa and elgamal algorithms. In journal of physics: conference series (vol. 1235, no. 1, p. 012007). Iop publishing.
- Sulistianingsih, i., suherman, s., & pane, e. (2019). Aplikasi peringatan dini cuaca menggunakan running text berbasis android. It journal research and development, 3(2), 76-83.
- Tasril, v., wijaya, r. F., & widya, r. (2019). Aplikasi pintar belajar bimbingan dan konseling untuk siswa sma berbasis macromedia flash. Jurnal informasi komputer logika, 1(3).
- Wijaya, rian farta, et al. "aplikasi petani pintar dalam monitoring dan pembelajaran budidaya padi berbasis android." rang teknik journal 2.1 (2019).
- Wiranata Sentosa,dkk 2017 Jurnal Intra-Tech Volume 1, No.2 Oktober 2017 ISSN. 2549-0222
- Wisnu Djatmiko,2017 Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2017 VOLUME VI, OKTOBER 2017 p-ISSN: 2339-0654 e-ISSN: 2476-9398
- Yosi Apriani,dkk 2018 Jurnal Surya Energy Vol. 3 No. 1, September 2018 ISSN : 2528-7400 e-ISSN : 2615-871X
- Yudistira Heri Istanto, 2019 Jurnal Qua Teknika Vol.9 No.1 Maret 2019 ISSN 2088-2424 (Cetak); ISSN 2527-3892 (Elektronik)