

AUTOMATIC POWER FACTOR CONTROL (APFR) CAPACITOR SHUNT UNTUK OPTIMALISASI DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN METODE INVOICE (CASE STUDY PDAM)

Safrizal

*Department of Electrical Engineering
University of Islam Nahdlatul Ulama (UNISNU) Jepara
Email: Safrizal27@gmail.com*

ABSTRACT

Power consumption in the industry generally is inductive which causes behind the current wave of the voltage waveform. One indicator of the quality of electric power (power quality) is good is when Power Factor > 0.85. Lag. Most of the electrical load on the Regional Water Company (PDAM) is inductive, it leads to lower power factor value <0.85. Lag. For the improvement of the power factor ($\cos \phi$) optimally mounted Capacitor Shunt who work in automatic control, through Automatic Power factor controller (APFC), control automatically on / off shunt capacitors so that the reactive power to be supplied to the network / system can work as capacity needed, so that the optimal power factor can continue to obtain the appropriate reference setting $\cos \phi$ 0.96 lag. The power factor is 0.87 lag before repair after repair becomes 0.96 lag, using a shunt capacitor capacity of 80 kVAr (10 kVAr x 8 Step), Digital Regulator (APFC) 8 step. by maintaining a constant active power consumption of 300.150 kW, the power consumption can be optimized to 312.655 apparent kVA, 345 kVA is supposed, that means there is a saving 32.345 kVA that can be used to the addition of new load unit without adding new power or replace new transformer.

Keywords: *Controller , shunt capacitor*

ABSTRAK

Pemakaian daya listrik pada industri umumnya bersifat induktif yang menyebabkan gelombang arus tertinggal dari gelombang tegangan. Salah satu indikator kualitas daya listrik (power quality) yang baik adalah bila Power Factor >0,85. Lag. Sebagian besar beban listrik pada Perusahaan Air Minum Daerah (PDAM) adalah bersifat induktif, hal ini menyebabkan rendahnya nilai faktor daya <0,85. Lag. Untuk perbaikan factor daya ($\cos \phi$) optimal dipasang Capacitor Shunt yang bekerja secara control otomatis, melalui Automatic Power factor Controller (APFC), mengontrol secara otomatis on/off kapasitor shunt agar daya reaktif yang akan disupply ke jaringan/ system dapat bekerja sesuai kapasitas yang dibutuhkan, sehingga factor daya optimal dapat terus peroleh sesuai setting referensi $\cos \phi$ 0,96 lag. Faktor daya sebelum perbaikan adalah 0,87 lag setelah perbaikan menjadi 0,96 lag, dengan menggunakan kapasitas kapasitor shunt 80 kVAr (10 kVAr x 8 Step), Digital Regulator (APFC) 8 step. dengan mempertahankan pemakaian daya aktif konstan 300,150 kW, maka pemakaian daya semu dapat dioptimalisasi menjadi 312,655 kVA, yang seharusnya 345 kVA, artinya terdapat saving 32,345 kVA yang dapat di pergunakan untuk penambahan unit beban baru tanpa harus melakukan penambahan daya baru atau ganti trafo baru.

Kata Kunci: *Perbaikan factor daya, Automatic Power factor Controller, kapasitor shunt*

Pendahuluan

Latar Belakang Masalah

Masalah klasik yang dihadapi industri di Indonesia adalah boros dalam pemakaian energi listrik, serta kenaikan tarif dasar listrik (TDL) secara berkala setiap tahunnya seiring kenaikan harga BBM. Maka tuntutan efisiensi dan optimalisasi serta peningkatan power quality mutlak dilakukan dalam pemakaian daya listrik oleh sebuah industry. Efisiensi penggunaan daya listrik dipengaruhi oleh banyak faktor. Diantaranya adalah kualitas daya listrik (*power quality*). Kualitas daya listrik sangat dipengaruhi oleh penggunaan jenis-jenis beban tertentu yang mengakibatkan turunnya efisiensi. Jenis-jenis beban yang mempengaruhi kualitas daya listrik adalah beban-beban induktif, seperti; motor induksi, kumparan, ballast lampu TL. Demikian juga beban-beban non linier seperti; konverter dan inverter untuk drive motor, mesin las, furnace, komputer, AC, TV, VSD, lampu CFL, dan lain-lain. Power quality yang rendah hal ini disebabkan oleh beberapa factor seperti, rendahnya factor daya ($\cos \phi$) beban pada industri itu sendiri, jauhnya pusat beban dengan sumber pembangkit sehingga menyebabkan drop tegangan diluar toleransi yang diizinkan, kedip tegangan serta berbagai factor teknis electric

lainnya sehingga mengakibatkan losess daya listrik menjadi tinggi.

Pada umumnya peralatan listrik di industry bersifat induktif bekerja pada factor daya rendah, yang menyerap daya listrik dalam bentuk daya aktif (watt) dan reaktif (VAR). Pemakaian daya reaktif terlalu besar akan menimbulkan kerugian teknis dan ekonomis. Kerugian teknis bagi Industri dan PT. PLN yang memiliki faktor daya rendah menyebabkan:

- PT. PLN harus memasok daya yang lebih besar dari pada beban yang seharusnya.
- PLN akan merugi karena untuk membangkitkan daya lebih besar mengakibatkan harga beli listrik dari pembangkit lebih mahal.
- Pelanggan industri, faktor daya yang rendah membuat daya tersambung menjadi lebih besar. Dengan demikian, biaya tambahan listrik akan dibebankan kepada mereka sebagai kompensasi atas kerugian yang dialami PLN.
- penambahan daya semu (Volt Ampere), akan diikuti dengan penambahan arus yang mengalir pada jaringan
- Menimbulkan panas disekeliling kabel penghantar, sehingga perlu dilakukan penambahan diameter

kabel dalam instalasi untuk membawa arus ini.

- Penurunan tegangan (*drop Voltage*) dan rugi-rugi daya bertambah besar.

Kerugian ekonomis konsumen harus menanggung biaya beban yang lebih besar dari kebutuhan beban yang sebenarnya. Pemakaian beban induktif dalam jumlah besar akan menyebabkan factor daya system menjadi rendah, apabila faktor daya kurang dari 0.85 lag, maka PT.PLN akan memperhitungkan kelebihan pemakaian Kilo Volt Ampere Reaktif Hours (kVARh), di samping pemakaian kWh yang sudah ada. Dengan demikian factor daya harus di perbaiki menjadi tinggi, sesuai dengan factor daya yang diharapkan. Pengurangan arus start dan pengaturan kecepatan motor induksi untuk perbaikan factor daya melalui pemakaian beban-beban non linier (*Inverter*) dapat menimbulkan harmonisa yang akan mempengaruhi kualitas daya, sehingga menimbulkan kerugian – kerugian berupa :

- Panasnya mesin-mesin listrik karena rugi histerisis dan arus eddy meningkat
- Turunnya torsi motor yang diakibatkan oleh harmonisa urutan negatif

- Kegagalan fungsi relay (kadang-kadang trip sendiri) sehingga mengganggu kontinuitas produksi
- Terjadinya resonansi antara kapasitor bank dan generator/trafo yang dapat menyebabkan gangguan-gangguan pada sistem.
- Turunnya efisiensi sehingga menyebabkan rugi daya
- Kesalahan pembacaan kWh meter listrik konvensional (analog kWh)
- Panasnya trafo sehingga menurunkan efisiensi maupun bisa menyebabkan terbakarnya trafo.
- Panasnya kabel/kawat netral akibat harmonisa urutan nol sehingga mengganggu sistem instalasi

Untuk mendapatkan kualitas tenaga listrik yang baik, maka perlu dilakukan perbaikan kualitas daya, salah satu cara perbaikan factor daya menjadi tinggi dengan pemakaian capacitor shunt, tetapi pemasangan kapasitor shunt pada beban-beban non linear dapat menimbulkan distorsi gelombang harmonic harus di lengkapi filter harmonic, sehingga tidak terjadi kerusakan pada kapasitor shunt. Penelitian ini hanya membahas kendali automatic kapasitor shunt untuk perbaikan factor daya, yaitu suatu usaha untuk dapat mencapai system kelistrikan yang optimal

Metodologi Penelitian

Perbaikan power quality dapat dilakukan dengan cara perbaikan power factor beban. Untuk mendapatkan nilai $\cos \phi$ beban rata-rata dalam sebulan, penulis melakukan perhitungan melalui data invoice (rekening listrik) selama 7 bulan. Kelebihan metode invoice dapat memberikan akurasi data secara detail dan terperinci, karena data yang dibutuhkan nilai total kVArh dan kWh, sehingga akhirnya diketahui power factor beban tersebut bekerja. Metode pengukuran $\cos \phi$ hanya memberikan data pada saat pengukuran tersebut, dan harus dilakukan berulang-ulang baik kondisi luar waktu beban puncak (LWBP) maupun waktu beban puncak (WBP), dan itu banyak menghabiskan waktu dan tenaga. Kekurangan metode invoice tidak dapat membaca kondisi fluktuasi arus dan tegangan baik kondisi LWBP maupun WBP.

Penelitian dan pengumpulan data rekening listrik (invoice) selama 7 bulan di dilakukan di PT.PDAM Indaramayu Jawa Barat, sebuah Perusahaan Daerah Air Minum merupakan salah satu unit usaha milik daerah, yang yang bergerak dalam distribusi air bersih bagi masyarakat umum. Penelusuran studi literatur, yang relevan dengan bidang kajian perbaikan factor daya beban dan controller secara

automatic kapasitor shunt, di tutup penyajian hasil akhir serta kesimpulan.

Daya Aktif (Active Power)

Untuk rangkaian listrik AC, bentuk gelombang sinusoidal tegangan dan arus, besaran terhadap waktu tidak sama setiap saat. Daya aktif membentuk energi aktif persatuan waktu dan dapat diukur dengan kWh meter dan juga merupakan daya nyata atau daya aktif, satuan daya aktif adalah Watt. Daya aktif (Active Power) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya yang digunakan oleh beban, seperti energy panas, cahaya dan mekanik torsi motor, dan lain – lain.

$$P = V \cdot I \cdot \cos \angle \phi$$

$$P = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \angle \phi$$

Daya Reaktif (Reactive Power)

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu TL dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah Var

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \angle \phi$$

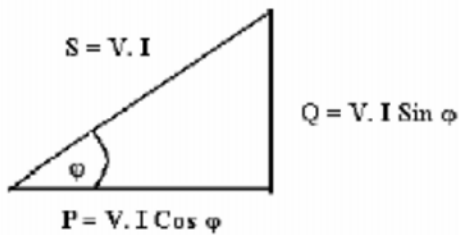
$$Q = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \angle \phi$$

Daya Semu (Apparent Power)

Daya semu (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya nyata adalah VA. Dengan demikian daya aktif, daya reaktif dan daya semu merupakan suatu kesatuan yang kalau digambarkan seperti segi tiga siku-siku pada Gambar 1.

$$S = V \cdot I$$

$$S = 3 \cdot VL \cdot IL$$



Gambar 1. Penjumlahan trigonometri daya aktif, reaktif dan semu

Kapasitor Shunt Tegangan Rendah

Kapasitor merupakan dua keping logam yang dipisahkan oleh bahan isolasi dielektrik dan mempunyai peralatan yang kompleks untuk menghasilkan daya reaktif. Pada sistem kelistrikan, kapasitor berfungsi untuk menaikkan tegangan meningkatkan factor daya, dan juga meningkatkan

stabilitas sistem tenaga listrik. Kapasitor bank adalah sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara parallel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Besaran yang sering dipakai adalah kVAr (Kilovolt Ampere Reaktif) besaran kapasitansi yaitu Farad atau microfarad. Kapasitor ini mempunyai sifat listrik yang kapasitif (*leading*). Sehingga mempunyai sifat mengurangi / menghilangkan terhadap sifat induktif (*lagging*) Kapasitor bank adalah peralatan elektrik untuk meningkatkan power factor (PF), yang akan mempengaruhi besarnya arus (Ampere). Pemasangan kapasitor bank pada sebuah sistem listrik akan memberikan keuntungan sbb :

1. Peningkatan kemampuan jaringan dalam menyalurkan daya
2. Optimasi biaya : ukuran kabel diperkecil
3. Mengurangi besarnya nilai "drop voltage"
4. Mengurangi naiknya arus/suhu pada kabel, sehingga mengurangi rugi-rugi daya.



Gambar 2. Kapasitor Shunt

Peningkatan faktor daya ini tergantung dari seberapa besar nilai kapasitor yang dipasang (kVAR). Sehingga denda kVARh bisa dikurangi. Besarnya pemakaian energi listrik disebabkan oleh pemakaian beban listrik seperti Resistif (R), induktansi (L) dan kapasitansi (C). Beban resistif adalah beban yang hanya mempunyai hambatan ohmic saja sehingga tidak menyerap daya reaktif. Sedangkan beban induktif adalah beban yang mengandung kumparan yang dililit pada inti besi sehingga membutuhkan daya reaktif untuk pembentukan medan magnet dalam beban-beban tersebut. Contoh beban induktif adalah motor listrik, lampu TL, mesin pendingin dan sebagainya. Sedangkan beban listrik yang digunakan umumnya bersifat induktif dan kapasitif. Beban induktif (positif) membutuhkan daya reaktif seperti trafo pada rectifier, motor induksi (AC) dan lampu TL, sedang beban kapasitif (negatif) mengeluarkan daya reaktif. Daya reaktif itu merupakan daya tidak berguna sehingga tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses perubahan medan magnet menjadi energi listrik pada beban.

Metode Pemasangan Kapasitor Shunt

Cara pemasangan instalasi kapasitor dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

Global compensation

Dengan metode ini kapasitor dipasang di induk panel (MDP) Arus yang turun dari pemasangan model ini hanya di penghantar antara panel MDP dan transformator. Sedangkan arus yang lewat setelah MDP tidak turun dengan demikian rugi akibat disipasi panas pada penghantar setelah MDP tidak terpengaruh. Terlebih instalasi tenaga dengan penghantar yang cukup panjang drop tegangan masih cukup besar.

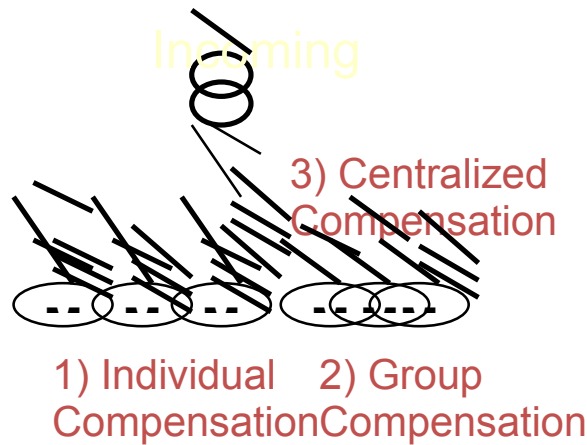
Sectoral Compensation

Dengan metoda ini kapasitor yang terdiri dari beberapa panel kapasitor dipasang dipanel SDP. Cara ini cocok diterapkan pada industri dengan kapasitas beban terpasang besar sampai ribuan kva dan terlebih jarak antara panel MDP dan SDP cukup berjauhan.

Individual Compensation

Dengan metoda ini kapasitor langsung dipasang pada masing masing beban khususnya yang mempunyai daya yang besar. Cara ini sebenarnya lebih efektif dan lebih baik dari segi teknisnya. Namun ada kekurangannya yaitu harus menyediakan ruang atau tempat khusus untuk meletakkan kapasitor tersebut

sehingga mengurangi nilai estetika. Disamping itu jika mesin yang dipasang sampai ratusan buah berarti total cost yang di perlukan lebih besar dari metode diatas.



Gambar 3. Tipe pemasangan Kapasitor Shunt

Power factor Controller

Untuk merakit sebuah Automatic Capacitor Bank diperlukan alat yang bernama Power Factor (PF) Controller, atau Power Factor Regulator, alat ini berguna untuk menjaga kondisi PF di jaringan agar sesuai dengan PF yang diinginkan. Pada alat tersebut setidaknya akan ditampilkan hasil pengukuran PF jaringan, step yang sudah masuk. Untuk parameter yang lain seperti tegangan, arus, THD, dll mungkin juga ditampilkan tergantung jenis dan merknya. Dan untuk type yang sederhana setting hanya dengan memasukkan nilai C/K, target PF,

konfigurasi step, dan time connect / disconnect. Step merupakan parameter yang menunjukkan jumlah output relay yang di kontrol oleh PF Controller. Relay tersebut yang selanjutnya akan memicu salah satu sel capacitor bank. Jumlah step dalam PF Controller bermacam-macam mulai dari 4 step, 6 step, 8 step, 12 step dan 14 step tergantung pembuat. Jika menginginkan 7 step dalam sebuah panel capacitor di pilih PF Controller yang 8 step, kemudian di OFF kan salah satu stepnya. Konfigurasi step juga bisa dipilih sesuai dengan karakteristik jaringan. Misal dengan kondisi normal stepnya adalah 1 – 1 – 1 – 1 atau 1- 2 – 2 – 2 dll. Untuk merk tertentu bisa menyesuaikan dengan kondisi lapangan. Untuk PF Controller model lama memerlukan setting parameter C/K. Setting C/K yang tepat akan mengoptimalkan kerja controller ini. Sesungguhnya C/K adalah besar arus step pertama yang mengalir ke PF Controller. Jadi penghitungan C/K adalah sbb :

$$C/K = I_c / K$$

Keterangan :

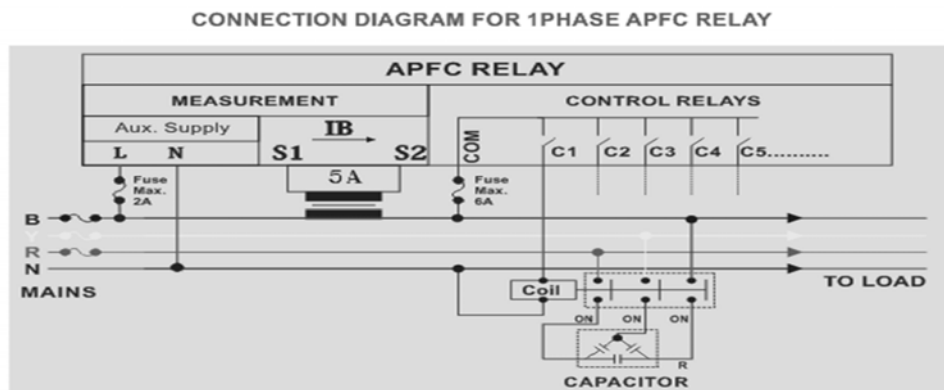
I_c : Arus Capacitor step pertama

K : Ratio CT (500/5 berarti K = 100)

Untuk PF Controller model terbaru biasanya dilengkapi dengan automatic tuning. Jadi dengan masuk ke menu auto kemudian PF Controller akan

melakukan pengukuran sendiri dan menyimpan parameter tersebut. Hal yang perlu diperhatikan dalam pemasangan PF Controller adalah peletakan CT, arah CT dan Kabel Kontrol. Peletakan CT sangat penting agar pengontrolan PF sesuai dengan yang diharapkan. CT harus diletakkan diatas titik sambungan antara beban

dan panel capacitor. Arah CT kebalik biasanya ditandai dengan blinkingnya display dan pembacaan PF yang tidak sesuai. Jika terbalik tinggal oper posisi kabel dari CT di terminal. Sesuaikan kabel kontrol sesuai wiring diagram yang terlampir. Kontrol bisa menggunakan L-N atau L- L dan jalur R S T juga disesuaikan.



Gambar 4. Diagram control Automatik Regulator kapasitor

Data Teknis

PDAM yang beralamat Jln Kepandean KD Haur berlangganan Tarif/Daya I3/345.000 VA

Tabel 1.1 Rekening Listrik PDAM

Rekening Bulan	LWBP Akhir	LWBP lalu	WBP Akhir	WBP lalu	Faktor kWh / kVArh	Total kWh	kVArh Akhir	kVArh lalu	Total kVArh
Januari 2014	17,868,633	17,625,540	3,534,779	3,487,510	400	116,144,800	10,592,524	10,428,410	65,645,600
Februari 2014	18,120,492	17,868,633	3,583,568	3,534,779	400	120,259,200	10,765,832	10,592,524	69,323,200
Maret 2014	18,357,615	18,120,492	3,631,290	3,583,568	400	113,938,000	10,924,727	10,765,832	63,558,000
Mei 2014	18,870,072	18,615,980	3,728,113	3,680,117	400	120,835,200	11,268,306	11,100,774	67,012,800
Juni 2014	19,120,647	18,870,072	3,776,004	3,728,113	400	119,386,400	11,435,680	11,268,306	66,949,600
September	19,833,672	19,600,764	3,916,291	3,869,362	400	111,934,800	11,916,075	11,759,218	62,742,800
Oktober 2014	20,062,045	19,833,672	3,958,783	3,916,291	400	108,346,000	12,067,353	11,916,075	60,511,200

Analisa Pembahasan dan perhitungan

kVA, Faktor daya jaringan listrik PLN 0,87 lag dan akan di lakukan perbaikan factor daya menjadi 0,96 Lag.

PDAM mendapatkan suplai dari PLN dengan Kapasitas daya listrik 345

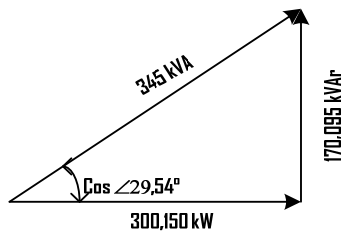
Sebelum Perbaikan faktor daya

$$I = \frac{345 \times 10^3}{380 \times \sqrt{3}} = 524,17 \text{ Amp}$$

$$P = 345 \times 10^3 \times \cos \angle 29,54^\circ = 300,150 \text{ kW}$$

$$Q = 345 \times 10^3 \times \sin \angle 29,54^\circ = 170,095 \text{ kVAr}$$

$$Q = 293,276 \text{ kW} \times \tan \angle 29,54^\circ = 170,095 \text{ kVAr}$$



Gambar 5. Segitiga daya sebelum perbaikan factor daya

Metode Invoice

P = {(LWBP akhir - LWBP yang lalu) + (WBP akhir - WBP yang lalu) x faktor kali meter

$$= \{(17,868,633 - 17,625,540) + (3,534,779 - 3,487,510)\} \times 400 = 116,144,800 \text{ kWh}$$

Q = (kVArh akhir - kVArh yang lalu) x faktor kali meter

$$= (10,592,524 - 10,428,410) \times 400$$

$$= 65,645,600 \text{ kVArh}$$

$$\text{kVAh} = \sqrt{\text{kWh}^2 + \text{kVArh}^2}$$

$$\text{kVAh} = \sqrt{116,144,800^2 + 65,645,600^2}$$

$$\text{kVAh} = 133,412,740$$

$$\cos \angle \phi = \frac{116,144,800}{133,412,740} = 0,87 \text{ Lag}$$

Kapasitas Kapasitor Shunt

PDAM akan memperbaiki factor daya menjadi 0,96 lag supaya terhindar dari pembayaran kVArh. Maka di butuhkan kapasitor shunt sbb:

$$\text{kVAr cap} = P (\tan \angle \theta_1 - \tan \angle \theta_2)$$

$$= 300,150 \text{ kW} (\tan \angle 29,54^\circ - \tan \angle 16,26^\circ)$$

$$= 82,550 \text{ kVAr.}$$

Kapasitor shunt terdiri dari 8 step, masing masing 10 kVAr x 8 step.

Arus Line = Arus phasa untuk setiap kapasitor 10 kVAr (kapasitor hubungan delta)

$$I_L = \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot V_{LL}} = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380} = 15,193 \text{ Amp}$$

Arus Capasitor

$$I_C = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{15,193}{\sqrt{3}} = 8,77 \text{ A}$$

Reaktansi kapasitif

$$X_c = \frac{V_{L-L}}{I_c} = \frac{380}{8,77} = 43,32 \Omega$$

Kapasitas LVDP kapasitor shunt

$$I_L = \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot V_{LL}} = \frac{25 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380} = 37,98 \text{ Amp}$$

Main Switch / MCCB

Mains switch atau lebih dikenal Mould Case Circuit Breaker adalah peralatan pemutus dan penyambung yang sifatnya on load yakni dapat diputus dan disambung dalam keadaan berbeban, berbeda dengan on-off switch model knife (NT Fuse) yang hanya dioperasikan pada saat tidak berbeban. Main switch ini sebagai peralatan kontrol dan isolasi jika ada pemeliharaan panel. Untuk menentukan kapasitas yang dipakai dengan perhitungan minimal 25 % lebih besar dari perhitungan KVAR terpasang:
 kVAR Kapasitor terpasang 80 kVAR dengan arus 200 Ampere.

$$I_n = 80 \text{ kVAR} / \sqrt{3} \cdot 380 = 121,5 \text{ Amp}$$

$$121,5 \text{ A} + 25 \% = 151,87 \text{ Ampere}$$

maka di pasang MCCB, (NFB) yang dipakai berukuran 160 Ampere

Diameter rel (busbar Cu) untuk kapasitas kapasitor 80 kVAR adalah:

$$I_{\text{busbar}} = 1,7 \times \frac{80 \times 10^3}{380 \times \sqrt{3}} = 206,6 \text{ Amp,}$$

menggunakan ukuran rel Cu 3 mm x 20 mm untuk kapasitas 245 Amp. (1,7 safety factor)

Kapasitor Breaker

Kapasitor Breaker digunakan untuk mengamankan instalasi kabel dari breaker ke Kapasitor shunt dan juga kapasitor itu sendiri. Kapasitor terdiri dari 8 step, masing masing steps besarnya 10 kVAR maka dengan menggunakan rumus diatas dapat ditentukan besar MCB adalah:

$$I_n \text{ MCB Cap} = 10 \text{ kVAR} / \sqrt{3} \cdot 380 = 15,19 \text{ Amp} + 50 \% = 22,78 (25 \text{ Amp})$$

Selain breaker dapat pula menggunakan Fuse, Pemakaian Fuse ini sebenarnya lebih baik karena respon dari kondisi over current dan Short circuit lebih baik namun tidak efisien dalam pengoperasian jika dalam kondisi putus harus selalu ada penggantian fuse.

Magnetic Contactor

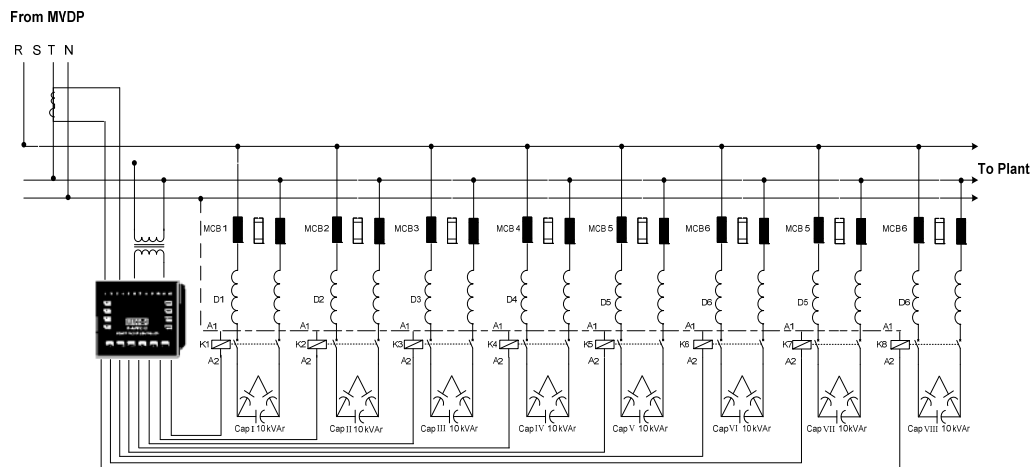
Magnetic contactor diperlukan sebagai Peralatan kontrol. Beban kapasitor mempunyai arus puncak

yang tinggi, lebih tinggi dari beban motor. Untuk pemilihan magnetic contactor minimal 10 % lebih tinggi dari arus nominal (pada AC 3 dengan beban induktif/kapasitif). Untuk kapasitor 10 kVAr, $I_n 15,19 \text{ Amp} + 10 \% = 16,709 \text{ Amp}$, Pemilihan magnetic dengan range ampere lebih tinggi akan lebih baik sehingga umur pemakaian magnetic contactor lebih lama.

on/off Magnetik contactor kapasitor shunt agar daya reaktif yang akan disupply ke jaringan/ system dapat bekerja sesuai kapasitas yang dibutuhkan. Dengan acuan pembacaan besaran arus dan tegangan pada sisi utama Breaker maka daya reaktif yang dibutuhkan dapat terbaca dan regulator inilah yang akan mengatur kapan dan berapa daya reaktif yang diperlukan. Peralatan ini mempunyai bermacam macam steps dari 6 steps , 12 steps sampai 18 steps, yang di pergunkan pada penelitian ini 8 step.

Digital Regulator (APFC)

Digital regulator atau sering juga di sebut Automatic power factor controller berfungsi untuk mengatur



Gambar 6. Automatic power factor controller 8 Step

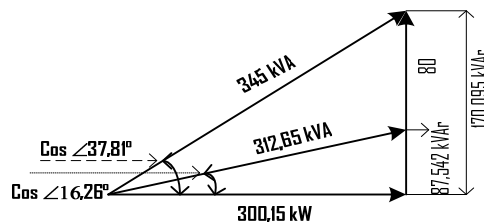
Sesudah Perbaikan Faktor Daya

Dengan mempertahankan daya aktif tetap

$$I = \frac{300,150 \times 10^3}{380 \times \sqrt{3} \times \cos \angle 16,26^\circ} = 475,031 \text{ Amp}$$

$$S = 380 \times \sqrt{3} \times 475,031 = 312,655 \text{ kVA}$$

$$Q = 380 \times 475,031 \times \sqrt{3} \times \sin \angle 16,26^\circ = 87,542 \text{ kVAr}$$



Gambar 7. Segitiga daya sesudah perbaikan factor daya

Tabel 1.2. Perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan factor daya

No	Keterangan	Sebelum Perbaikan Faktor Daya	Sesudah Perbaikan Faktor Daya	Selisih
1	Daya Semu (kVA)	345	312,655	32,345
2	Daya Aktif (kW)	300,150	300,150	0,00
3	Daya Reaktif (kVAr)	96,598	87,542	9,056
4	Arus (Amp)	524,17	475,031	49,139
5	Faktor daya (Lag)	0,87	0,96	0,09

Kesimpulan dan saran

Simpulan

Peralatan listrik di industry bersifat induktif bekerja pada factor daya rendah, yang menyerap daya listrik dalam bentuk daya aktif (watt) dan reaktif (VAr). Pemakaian daya reaktif terlalu besar akan menimbulkan kerugian teknis dan ekonomis. Kerugian teknis bagi Industri dan PT. PLN adalah:

1. PT. PLN harus memasok daya yang lebih besar dari pada beban yang seharusnya.
2. PLN akan merugi karena untuk membangkitkan daya lebih besar mengakibatkan harga beli listrik dari pembangkit lebih mahal.

3. Pelanggan industri, faktor daya yang rendah membuat daya tersambung menjadi lebih besar. Dengan demikian, biaya tambahan listrik akan dibebankan kepada mereka sebagai kompensasi atas kerugian yang dialami PLN.
 4. penambahan daya semu (Volt Ampere), akan diikuti dengan penambahan arus yang mengalir pada jaringan
 5. Menimbulkan panas disekeliling kabel penghantar, sehingga perlu dilakukan penambahan diameter kabel dalam instalasi untuk membawa arus ini.
 6. Penurunan tegangan (*drop Voltage*) dan rugi-rugi daya bertambah besar.
- Dengan mempertahankan kapasitas daya terpasang 345 kVA dilakukan perbaikan factor daya dari 0,87 lag menjadi 0,96 lag

dengan kapasitas Kapasitor shunt 80 kVAr maka di dapatkan manfaat sebagai berikut:

1. Penambahan daya semu 32,345 kVA, pengurangan arus yang mengalir dalam jaringan 49,139 Amp, daya reaktif 87,542 kVAr yang di serap dari jaringan PLN

Saran

1. Perlu kajian pembahasan perhitungan untuk pemasangan filter harmonic baik active maupun passive serta hybrid, untuk menghilangkan gelombang harmonisa.

Daftar Pustaka

Anonim. *Circutor Power Factor Regulator Computer 6m/Computer 12m*. Manual Book. CIRCUTOR, SA. Viladecavalls (Barcelona). www.circutor.com

Lukman, Budi dkk.(2010). *Makalah Daya Aktif, Reaktif dan Nyata*. <http://staff.ui.ac.id/internal/040603019/material/activereactiveandapparentpowerpaper.pdf>

Data PDAM Indramayu Jawa Barat