

RANCANG BANGUN KAPASITOR BANK PADA JARINGAN LISTRIK GEDUNG UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

Agus Nuwolo¹ Adhi Kusmanto²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang

Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto Semarang

¹Email : agusnuwolo150461@gmail.com

²Email : adhiteknik@gmail.com

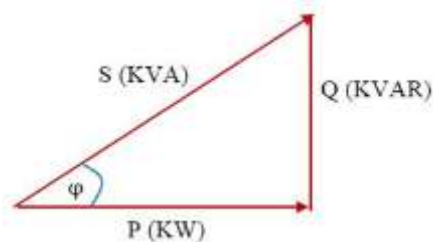
Abstrak

Kapasitor bank adalah kumpulan kapasitor yang digunakan untuk memberikan kompensasi daya reaktif untuk memperbaiki faktor daya listrik. Dalam penelitian ini perancangan kapasitor bank menggunakan metode perhitungan biasa dan metode tabel. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif. Populasi dalam penelitian ini adalah gedung pusat (GP) dan gedung utama (GU) Universitas PGRI Semarang. Teknik pengumpulan data menggunakan instrumen alat ukur power analyzer. Analisa data dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan secara teori dengan hasil simulasi menggunakan Psim 9.2.1. Dari hasil penelitian memperlihatkan besarnya kompensasi yang harus diberikan pada gedung pusat 180 KVAR. Untuk memasang kapasitor bank dalam jaringan listrik digunakan PFR (power factor controller) 6 step dengan satu step dibutuhkan kapasitor 30 KVAR. Sedangkan pada gedung utama dibutuhkan kompensasi 50 KVAR dengan pengaturan 5 step dengan satu step dibutuhkan kapasitor 10 KVAR. Dengan menaikkan faktor daya menjadi satu pada gedung pusat, terjadi penghematan pemakaian daya aktif sebesar 48,3 KW dan terjadi kenaikan daya untuk beban sebesar 16,28%. Sedangkan pada gedung utama terjadi penghematan pemakaian daya aktif sebesar 10,13 KW dan terjadi kenaikan daya untuk beban sebesar 12,35%. Pemakaian kapasitor bank menyebabkan penurunan arus beban sebesar 50,27 Ampere pada gedung pusat dan 8,83 Ampere pada gedung utama.

Kata Kunci : Capacitor Bank, Detuned Reactor, Power Factor

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang dengan perkembangan industri baik industri menengah maupun industri besar. Perkembangan tersebut tidak lepas dari kemajuan teknologi. Kemajuan teknologi tersebut terlihat pada penggunaan perangkat elektronika seperti PLC, inverter, dan soft stater. Sumber tenaga listrik yang digunakan baik untuk mesin di industri maupun untuk penerangan harus dijaga kualitasnya. Salah satu kualitas sumber tenaga listrik yang sangat mendapat perhatian adalah faktor daya listrik. Dengan faktor daya listrik yang baik maka sumber tenaga listrik yang digunakan dapat meningkatkan kualitas proses produksi sehingga biaya pembayaran listrik PLN dapat berkurang (Kadir, Abdul, 2000).



Gambar 1.1 Segitiga Daya

Metode yang digunakan untuk meningkatkan faktor daya listrik adalah menggunakan kapasitor. Perusahaan yang menyediakan kapasitor untuk memperbaiki faktor daya diantaranya adalah Schneider, ABB, Mitsubhisi. Jika digambarkan dengan segitiga daya maka faktor daya atau power factor (pf) dapat dinyatakan dengan persamaan

$$pf = \cos \varphi = \frac{P}{S} \dots\dots\dots(1.1)$$

Capacitor bank adalah kumpulan kapasitor yang digunakan untuk memberikan kompensasi daya reaktif (Q_c) atau untuk memperbaiki faktor daya listrik. Terdapat beberapa cara untuk menghitung kebutuhan kompensasi daya reaktif (Q_c) yang dibutuhkan untuk mendapatkan faktor daya (pf) yang diinginkan, yaitu :

A. Metode perhitungan biasa

Dalam metode ini data yang dibutuhkan adalah daya aktif (P), daya semu (S), faktor daya sekarang (ϕ_s), dan faktor daya baru yang diinginkan (ϕ_b).

$$Q_s = P \tan \phi_s$$

$$Q_b = P \tan \phi_b$$

$$Q_c = Q_s - Q_b$$

dimana :

Q_s = daya reaktif *pf* sekarang (KVAR)

Q_b = daya reaktif *pf* baru (KVAR)

Q_c = daya reaktif yang dikompensasi (KVAR)

B. Metode tabel

Untuk menghitung daya reaktif yang dikompensasi oleh kapasitor dapat dilakukan menggunakan tabel kompensasi kapasitor bank dan dalam penelitian ini menggunakan tabel dari schneider electric. Dalam tabel diketahui faktor daya $\cos \phi$ sebelum kompensasi dan faktor daya sesudah kompensasi $\cos \phi'$, perubahan kompensasi tersebut dengan menggunakan faktor pengali.

C. Metode kwitansi rekening pembayaran PLN

Dalam metoda ini dibutuhkan data dari kwitansi PLN selama satu periode, misalnya 1 tahun. Data yang digunakan adalah data pembayaran denda kVARH yang tertinggi dan jumlah pemakaian terhadap sumber tenaga listrik.

D. Metode segitiga daya

Dalam metode ini besarnya daya reaktif awal sebelum kompensasi dihitung dengan $\cos \phi_1$ dan daya reaktif akhir dihitung dengan $\cos \phi_2$, atau besarnya daya reaktif yang dikompensasi kapasitor dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \dots\dots\dots(1.2)$$

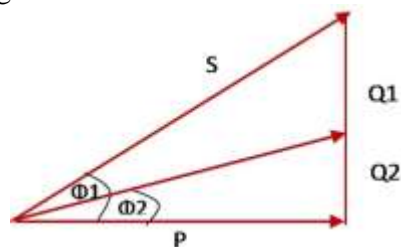
dimana :

Q_c = kompensasi daya reaktif (KVAR)

P = daya aktif (KW)

$\cos \phi_1$ = faktor daya sekarang

$\cos \phi_2$ = faktor daya yang diinginkan



Gambar 1.2 Perbaikan faktor daya

Terdapat beberapa cara pemasangan kapasitor bank dalam jaringan sistem tenaga listrik. Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar faktor daya dapat dipasang paralel secara langsung dengan rangkaian beban. Cara pemasangan secara langsung tidak membutuhkan pengatur atau regulator untuk mengatur pemutusan dan penyambungan kapasitor. Selain itu kapasitor dapat dipasang secara tidak langsung atau terpusat dan biasanya dipasang secara paralel dengan panel LVMDP. Metode ini digunakan untuk beban induktif yang berubah – ubah dalam jaringan listrik dan membutuhkan PFC (Oktavianus Dwi Artyanto, Schneider Electric, 2014).

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Efisiensi pemakaian sumber tenaga listrik pada saat sekarang terutama masalah faktor daya listrik sangat dibutuhkan, karena berdampak terhadap pembayaran listrik PLN.

2.2. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah gedung pusat (GP) dan gedung utama (GU) Universitas PGRI Semarang.

2.3. Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan data sampel dilakukan dengan pengukuran faktor daya secara terpusat pada gedung pusat dan gedung utama.

2.4. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel atau besaran listrik yang meliputi amplitudo tegangan, faktor daya, harmonisa listrik, daya reaktif

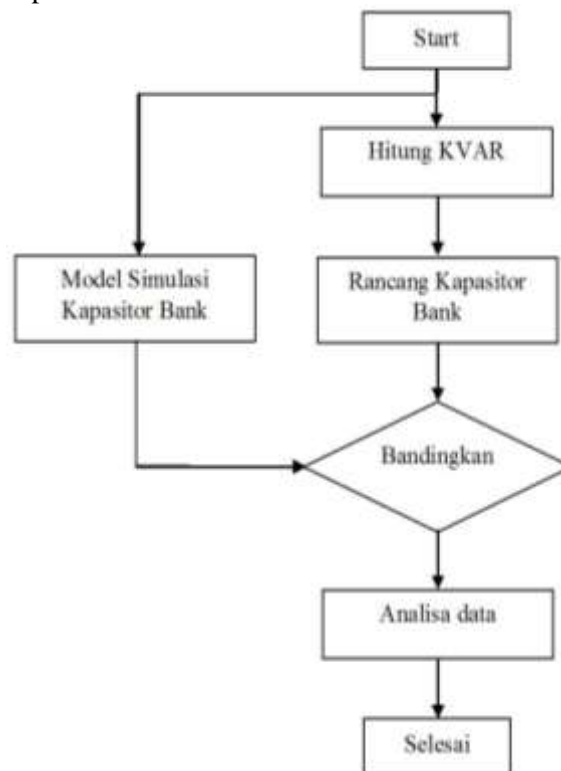
2.5. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data menggunakan instrumen alat ukur power analyzer yang digunakan untuk mengukur tegangan sumber dan beban listrik, mengukur faktor daya listrik, mengukur daya reaktif, dan untuk mengukur harmonisa listrik. Analisa data dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan secara teori dengan hasil simulasi menggunakan Psim 9.1.

2.6. Rancangan Penelitian

Rancangan dalam penelitian ini melalui tahapan sebagai berikut :

- A. Tahap persiapan
- B. Tahap pelaksanaan
Pengambilan data awal faktor daya listrik, perhitungan besarnya kompensasi pada gedung pusat dan gedung utama, perancangan kapasitor bank, dan analisa data dilakukan dengan program simulasi Psim 9.2.1
- C. Tahap pembuatan laporan



Gambar 2.1 Algoritma penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gedung Pusat

Perbaikan faktor daya dalam penelitian ini menggunakan metode terpusat, sehingga pemasangan kapasitor bank paralel dengan panel LVMDP dan dalam memperbaiki faktor daya menggunakan acuan dari schneider electric. Gedung pusat Universitas PGRI Semarang menggunakan daya terpasang dari PLN 345 KVA dengan faktor daya 0,86. Dengan menaikkan faktor daya menjadi 1 maka perhitungannya sebagai berikut :

- A. Besarnya daya aktif pada faktor daya sekarang

$$\cos \varphi_1 = 0,86$$

$$S_1 = 345 \text{ KVA}$$

$$P_1 = 345 \times 0,86 = 296,7 \text{ KW}$$

- B. Besarnya daya aktif pada faktor daya dinaikkan

$$\begin{aligned}\cos \phi_2 &= 1 \\ S_2 &= 345 \text{ KVA} \\ P_2 &= 345 \times 1 = 345 \text{ KW} \\ P \text{ selisih} &= 345 - 296,7 = 48,3 \text{ KW}\end{aligned}$$

Dengan menaikkan faktor daya menjadi 1 maka terjadi penghematan pemakaian daya aktif sebesar 48,3 KW dan terjadi kenaikan daya untuk beban sebesar 16,28%. Sedangkan penurunan arus sebagai akibat menaikkan faktor daya dengan perhitungan sebagai berikut :

- A. Besarnya arus pada faktor daya sekarang
- $$\begin{aligned}\text{Beban} &= 203,23 \text{ KW} \\ \cos \phi_1 &= 0,86 \\ S_1 &= 203,23 / 0,86 = 236,32 \text{ KVA} \\ I_1 &= S_1 / \sqrt{3} \times V = 236.320 / \sqrt{3} \times 380 = 359,05 \text{ Ampere}\end{aligned}$$
- B. Besarnya arus pada faktor daya dinaikkan
- $$\begin{aligned}\text{Beban} &= 203,23 \text{ KW} \\ \cos \phi_2 &= 1 \\ S_2 &= 203,23 / 1 = 203,23 \text{ KVA} \\ I_2 &= 203.230 / \sqrt{3} \times 380 = 308,78 \text{ Ampere}\end{aligned}$$

Perbedaan arus sebelum dan sesudah menaikkan faktor daya sebesar $359,05 - 308,78 = 50,27$ Ampere. Besarnya kompensasi yang harus diberikan dalam jaringan listrik gedung pusat dihitung sebagai berikut :

- A. Cara Pertama
- $$\begin{aligned}Q &= P \times \text{faktor pengali} \\ &= 296,7 \text{ KW} \times 0,59 = 175,053 \text{ KVAR} \approx 180 \text{ KVAR}\end{aligned}$$
- B. Cara Kedua
- $$\begin{aligned}\cos \phi_1 &= 0,86 \\ \tan \phi_1 &= 0,593 \\ \cos \phi_2 &= 1 \\ \tan \phi_2 &= 0 \\ Q &= 296,7 \times 0,593 = 175,94 \text{ KVAR} \approx 180 \text{ KVAR}\end{aligned}$$



Gambar 3.1 Kapasitor bank 180 KVAR 6 step

Jadi besarnya kompensasi untuk perbaikan faktor daya menjadi 1 adalah 180 KVAR. Untuk memasang kapasitor bank dalam jaringan listrik digunakan PFR (*power factor controller*) 6 step dengan satu step dibutuhkan kapasitor 30 KVAR. MCCB digunakan sebagai pengaman masing-masing kapasitor.

3.2 Gedung Utama

Gedung utama Universitas PGRI Semarang menggunakan daya terpasang dari PLN 82 KW dengan faktor daya 0,89 dengan perhitungan sebagai berikut :

- A. Besarnya daya aktif pada faktor daya sekarang
- $$\begin{aligned}\cos \phi_1 &= 0,89 \\ S_1 &= 92,13 \text{ KVA} \\ P_1 &= 92,13 \times 0,89 = 82 \text{ KW}\end{aligned}$$
- B. Besarnya daya aktif pada faktor daya dinaikkan
- $$\begin{aligned}\cos \phi_2 &= 1 \\ S_2 &= 92,13 \text{ KVA}\end{aligned}$$

$$P_2 = 92,13 \times 1 = 92,13 \text{ KW}$$

$$P \text{ selisih} = 92,13 - 82 = 10,13 \text{ KW}$$

Dengan menaikkan faktor daya menjadi 1 maka terjadi penghematan pemakaian daya aktif sebesar 10,13 KW dan terjadi kenaikan daya untuk beban sebesar 12,35%. Sedangkan penurunan arus sebagai akibat menaikkan faktor daya dengan perhitungan sebagai berikut :

A. Besarnya arus pada faktor daya sekarang

$$\text{Beban} = 47,058 \text{ KW}$$

$$\text{Cos } \phi_1 = 0,89$$

$$S_1 = 47,058 / 0,89 = 52,874 \text{ KVA}$$

$$I_1 = S_1 / \sqrt{3} \times V = 52,874 / \sqrt{3} \times 380 = 80,33 \text{ Ampere}$$

B. Besarnya arus pada faktor daya dinaikkan

$$\text{Beban} = 47,058 \text{ KW}$$

$$\text{Cos } \phi_2 = 1$$

$$S_2 = 47,058 / 1 = 47,058 \text{ KVA}$$

$$I_2 = 47,058 / \sqrt{3} \times 380 = 71,50 \text{ Ampere}$$

Perbedaan arus sebelum dan sesudah menaikkan faktor daya sebesar $80,33 - 71,50 = 8,83$ Ampere. Besarnya kompensasi yang harus diberikan dalam jaringan listrik gedung utama dihitung sebagai berikut :

A. Cara Pertama

$$Q = P \times \text{faktor pengali}$$

$$= 82 \text{ KW} \times 0,51 = 41,82 \text{ KVAR} \approx 50 \text{ KVAR}$$

B. Cara Kedua

$$\text{Cos } \phi_1 = 0,89$$

$$\text{Tan } \phi_1 = 0,51$$

$$\text{Cos } \phi_2 = 1$$

$$\text{Tan } \phi_2 = 0$$

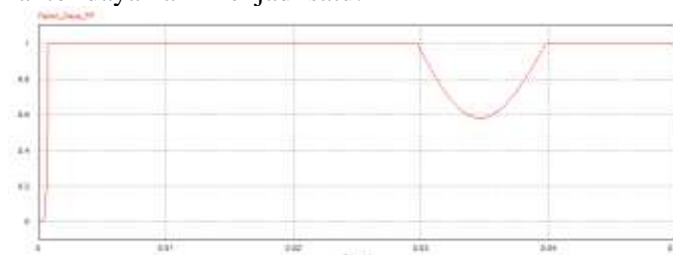
$$Q = 82 \times 0,51 = 41,82 \text{ KVAR} \approx 50 \text{ KVAR}$$

Jadi besarnya kompensasi untuk perbaikan faktor daya menjadi 1 adalah 50 KVAR. Untuk memasang kapasitor bank dalam jaringan listrik digunakan PFR (*power factor controller*) 5 step dengan satu step dibutuhkan kapasitor 10 KVAR.

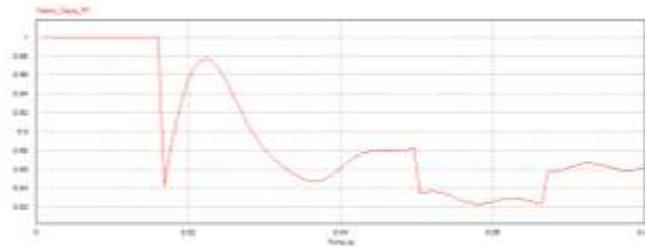


Gambar 3.2 Kapasitor bank 50 KVAR 5 step

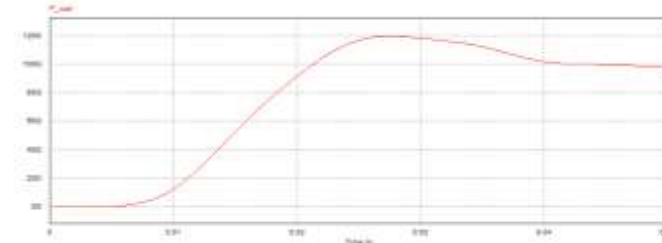
Pada rancangan model simulasi digunakan kapasitor bank yang dihubungkan secara paralel dengan beban, karena jika terjadi kerusakan pada kapasitor maka kapasitor bank tidak mengganggu jaringan listrik ke beban. Hasil simulasi memperlihatkan dengan menambah kapasitor bank pada beban menyebabkan faktor daya naik menjadi satu.



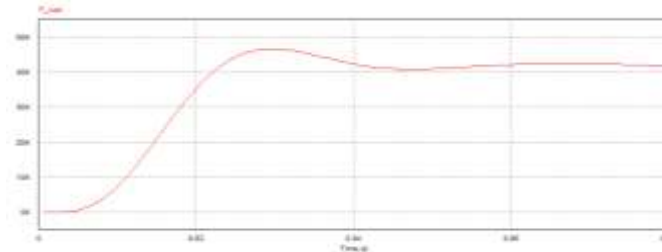
Gambar 3.3 Faktor daya sesudah dinaikkan



Gambar 3.4 Faktor daya sebelum dinaikkan

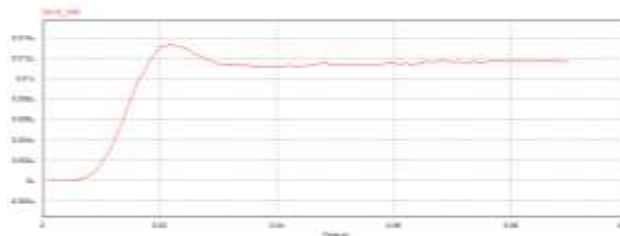


Gambar 3.5 Naiknya daya nyata pada faktor daya setelah dinaikkan



Gambar 3.6 Penurunan daya nyata pada faktor daya sebelum dinaikkan

Dengan naiknya faktor daya maka daya semu berubah menjadi daya nyata, sehingga daya nyata besarnya sama dengan daya semu pada faktor daya satu dan kapasitor bank mampu mengurangi daya reaktif.



Gambar 3.7 Daya reaktif pada faktor daya naik

4. KESIMPULAN

- Dari hasil penelitian memperlihatkan besarnya kompensasi yang harus diberikan pada gedung pusat 180 KVAR. Untuk memasang kapasitor bank dalam jaringan listrik digunakan PFR (*power factor controller*) 6 step dengan satu step dibutuhkan kapasitor 30 KVAR. Sedangkan pada gedung utama dibutuhkan kompensasi 50 KVAR dengan pengaturan 5 step dengan satu step dibutuhkan kapasitor 10 KVAR.
- Dengan menaikkan faktor daya menjadi satu pada gedung pusat, terjadi penghematan pemakaian daya aktif sebesar 48,3 KW dan terjadi kenaikan daya untuk beban sebesar 16,28%. Sedangkan pada gedung utama terjadi penghematan pemakaian daya aktif sebesar 10,13 KW dan terjadi kenaikan daya untuk beban sebesar 12,35%.
- Pemakaian kapasitor bank menyebabkan penurunan arus beban sebesar 50,27 Ampere pada gedung pusat dan 8,83 Ampere pada gedung utama.
- Dengan naiknya daya aktif akan menyebabkan efisiensi pemakaian beban meningkat dan berdampak pada penurunan pembayaran listrik PLN.

5. DAFTAR PUSTAKA

Hayat, William H, Kemmerly, Jack E, Pantur Silaban PhD, Rangkaian Listrik jilid I, Erlangga, Jakarta 1982.

Hayat, William H, Kemmerly, Jack E, Pantur Silaban PhD, Rangkaian Listrik jilid II, Erlangga, Jakarta 1982.

[Http://www.fineprint.com/koreksi faktor daya](http://www.fineprint.com/koreksi_faktor_daya).

J. Arrillaga, D. A. Bradley, P. S. Bodger, Power System Harmonics, John Wiley & Sons, 1985

Kadir, Abdul. Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta : 2000.

Oktavianus Dwi Artyanto, Capasitor Combined, Schneider Electric, 2014.

Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT.PLN, Teori Dasar Listrik, 2005.

Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT.PLN, Teknik Listrik Terapan , 2005.

Schneider Electric, Power Factor Corection, Panel Builder, 2011.

Standar IEEE 18-1992, IEEE Standard For Shunt Power Capasitors.

Theraja, Fundamental of Electrical Engineering and Electronics, S Chand & Co (PUT) LTD, New Delhi, 1976.

Zuhal, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, Edisi Kelima, Penerbit Gramedia, Jakarta, 1995.