

RANCANG BANGUN PERBAIKAN FAKTOR DAYA OTOMATIS BERBASIS SMART RELAY PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH TIGA FASA

Ade Chandra Saputra*, Suwitno**, Amir Hamzah**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

E-mail : adechandrasaputranew@gmail.com

ABSTRACT

Power factor is one of the problems in the electric power quality improvement. Power factor value that is too low can result in some electrical equipment can not operate properly. In many ways, low power factor need not cost cheap. To assist in the use of power factor correction capacitor banks to provide reactive power in the system. To improve the power factor is low, then the study will be compensated automatically by using smart relay as a switch to the capacitor bank. Cosphi great start on system is 0,26 lag with the addition of 2,08-33 μ F capacitor to cosphi be 0.99 Lag.

Keywords: Capacitor Bank, Smart Relay, Power Factor

PENDAHULUAN

Pemerintah dalam rangka optimalisasi penggunaan energi telah mengeluarkan kebijakan umum bidang energi yang meliputi kebijakan diversifikasi, intensifikasi, konversi, harga energi, dan lingkungan. Kegiatan konversi energi merupakan semua langkah yang diambil kearah menurunkan berbagai kehilangan energi pada taraf pengolahan, eksploitasi, pengangkutan, proses, sampai pemanfaatan energi listrik.

Jika faktor daya tidak diperbaiki, maka dapat menimbulkan kerugian-kerugian seperti lebih besarnya arus listrik yang dibutuhkan untuk beban sehingga kapasitas yang besar untuk transformator, switchgear, dan kabel. Hal ini menyebabkan biaya untuk penyaluran lebih besar. Selain itu, faktor daya yang rendah menyebabkan jatuh tegangan semakin tinggi disisi penerima dan juga mengakibatkan fluktuasi tegangan akibat perubahan faktor daya yang terjadi di industri-industri.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian dari tugas akhir ini adalah :

- Menurunkan drop tegangan yang terjadi pada saluran penghantar
- Menurunkan biaya energi (biaya kVARh)
- Mengurangi rugi-rugi energi konduktor
- Meningkatkan kapasitas pakai transformator, saklar peralatan proteksi, arus lebih, bus dan kontakaktor.

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis memberikan batasan masalah :

- Perbaikan faktor daya tiga fasa pada sistem.
- Pengujian dilakukan sebelum dan setelah pemasangan kapasitor.
- Pengukuran menggunakan motor yang sama.
- Daya pada sistem yang digunakan maksimal 800 Watt.

Faktor Daya

Faktor daya (*power factor*) atau sering disebut dengan $\cos \phi$ adalah perbandingan daya aktif dan daya semu. Sudut ϕ adalah sudut yang dibentuk antara sisi daya aktif (P) dan daya semu (S),

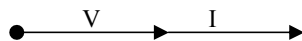
sedangkan daya reaktif (Q) tegak lurus terhadap daya aktif (P), maka :

$$\text{Faktor Daya} = \frac{P}{S} \dots\dots\dots \phi)$$

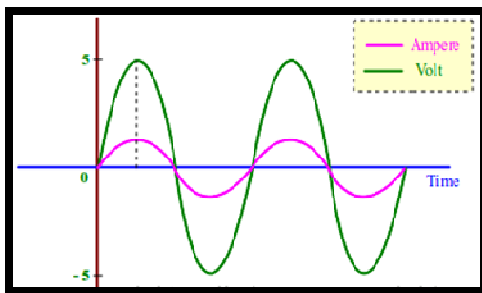
Dalam sistem tenaga listrik dikenal 3 jenis faktor daya :

1. Faktor Daya *Unity*

Faktor daya unity adalah keadaan saat nilai $\cos \phi$ adalah satu, tegangan sefasa dengan arus. Faktor daya *Unity* terjadi bila jenis beban adalah resistif murni.



Gambar 1. Arus Sefasa dengan Tegangan

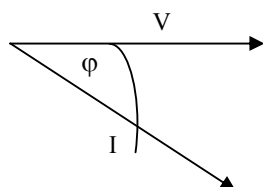


Gambar 2. Bentuk gelombang beban resistif

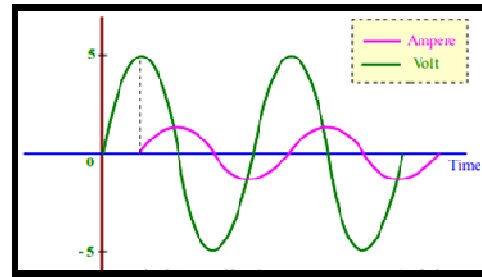
2. Faktor Daya Tertinggal (*Lagging*)

Faktor daya terbelakang (*lagging*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

- Beban/ peralatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif.
- Arus (I) tertinggal dari tegangan (V), V mendahului I dengan sudut ϕ



Gambar 3. Arus tertinggal dari tegangan sebesar sudut ϕ

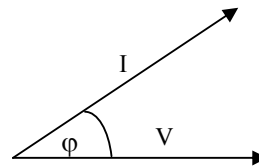


Gambar 4. Bentuk Gelombang Beban Induktif

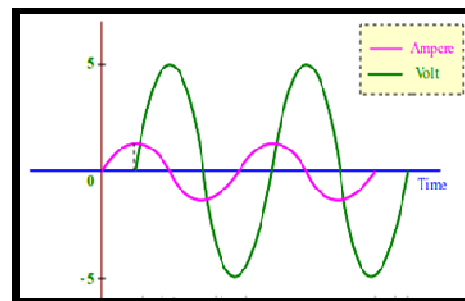
3. Faktor Daya Mendahului (*Leading*)

Faktor daya mendahului (*leading*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

- Beban/ peralatan listrik memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif.
- Arus mendahului tegangan, V tertinggal dari I dengan sudut ϕ .



Gambar 5. Arus Mendahului Tegangan Sebesar Sudut ϕ



Gambar 6. Beban Kapasitif

BAHAN DAN METODE

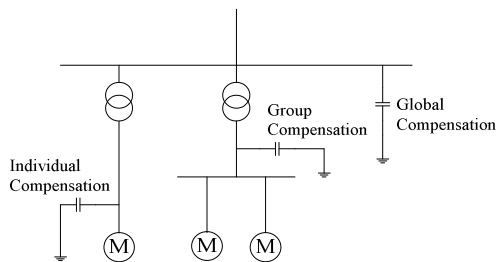
KAPASITOR UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA

Kapasitor adalah komponen yang dapat menyimpan muatan listrik. Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk

dapat menampung muatan elektron. Salah satu cara untuk memperbaiki faktor daya adalah dengan memasang kompensasi kapasitif menggunakan kapasitor pada jaringan tersebut. Kapasitor adalah komponen listrik yang justru menghasilkan daya reaktif pada jaringan dimana dia tersambung.

Metoda Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank

Metode pemasangan kapasitor tergantung dari fungsi yang diinginkan. Cara pemasangan instalasi kapasitor dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu : *global compensation*, *individual compensation*, *group compensation*.



Gambar 7. Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank

a. 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.

Kelebihan :

- Pemanfaatan kompensasi daya reaktifnya lebih baik karena semua motor tidak bekerja pada waktu yang sama.
- Biaya pemeliharaan rendah.

Kekurangan :

- Switching peralatan pengaman bisa menimbulkan ledakan.
- Transient yang disebabkan oleh energizing grup kapasitor dalam jumlah besar.

b. Group 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.

Kelebihan :

- Biaya pemasangan rendah.
- Kapasitansi pemasangan bisa dimanfaatkan sepenuhnya.

Kekurangan :

- Perlu dipasang kapasitor bank pada setiap SDP atau MV/LV bus.
- Hanya memberikan kompensasi pada sisi atas.

c. individual Compensation

Dengan metode ini kapasitor langsung dipasang pada masing-masing beban khususnya yang mempunyai daya yang besar.

Kelebihan :

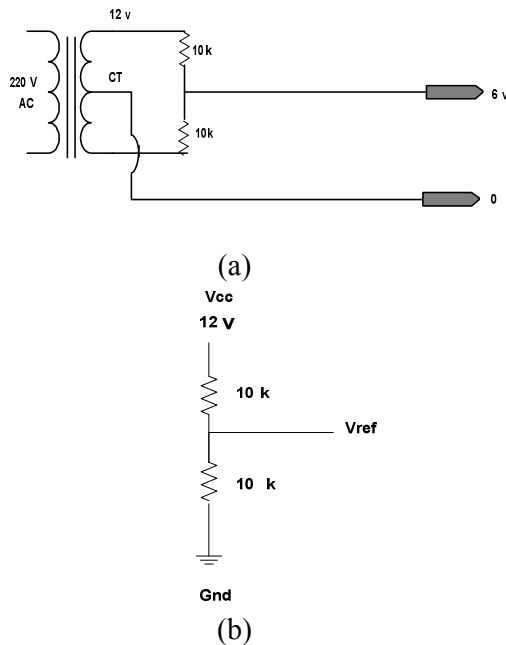
- Meningkatkan kapasitas saluran suplai.
- Memperbaiki tegangan secara langsung.

Kekurangan :

- Biaya pemasangan tinggi.
- Membutuhkan perhitungan yang banyak

Sensor Tegangan

Transformator yang digunakan pada sensor tegangan ini adalah transformator penurun tegangan (*Step down*). Transformator digunakan untuk menurunkan tegangan jala-jala 220VAC menjadi tegangan yang rendah sesuai dengan kebutuhan peralatan. Tegangan 12 volt pada sekunder trafo diteruskan ke rangkaian pembagi tegangan menjadi 6 Volt kemudian diteruskan ke blok rangkaian komparator tegangan menjadi gelombang kotak dan seterusnya masuk ke gerbang XOR.



Gambar 8. (a) Sensor Tegangan (b) Rangkaian Pembagi Tegangan

Sensor Arus ACS 712

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian low-offset linear Hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar.

Smart Relay (Zelio)

Smart Relay adalah suatu alat pengontrolan yang hampir mirip dengan sebuah PLC, hanya kelasnya masih dibawah PLC. Zelio sendiri adalah brand dari smart relay keluaran dari *Telemecanique* atau *Schneider Electric* sebagai perusahaannya. *Smart relay* ini ditujukan untuk mengganti pengontrolan lama yang masih menggunakan relay. Dengan sebuah *smart relay* kita dapat merubah cara kerjanya sesuai dengan keinginan tanpa harus merubah secara

wiring (kalau pakai relay) tetapi cukup dengan merubah pada programnya.

Cosphi Meter

Prinsip kerja cosphi meter adalah Pengukuran Cos phi meter berdasarkan pada dasar-dasar gerak listrik dapat dianggap sebagai Pengukuran kumparan silang. Kumparan didalamnya terdiri dari kumparan arus dan kumparan tegangan, prinsip seperti pengukur Wattmeter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang akan berfungsi sebagai penyeimbang sifat induktif.

Prinsip kerja kapasitor Kapasitor bank yang akan digunakan untuk memperbaiki *power factor* dipasang paralel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan ke luar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukannya dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah itu kembali normal (tetap) maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron.

Perhitungan Kapasitor

Perhitungan nilai kapasitor berdasarkan beban :

1. Kondisi satu motor tanpa beban

Diketahui :

$$P = 90 \text{ W}$$

$$V = 380 \text{ Volt}$$

$$\cos \phi = 0,2$$

Cos phi terukur 0.2

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \alpha \cdot \sqrt{3}}$$

$$= \frac{63.8}{380.0,2 \cdot \sqrt{3}} = 0.48$$

Cos phi yang di inginkan 0.9

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \alpha \cdot \sqrt{3}}$$

$$= \frac{63.8}{380.0,9 \cdot \sqrt{3}} = 0.07$$

$$\cos \phi_1 = 0.2 = 78.56$$

$$\cos \phi_2 = 0.9 = 25.84$$

$$Q_1 = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \alpha$$

$$= \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,48 \cdot \sin 78,56$$

$$= 309,64$$

$$Q_2 = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \alpha$$

$$= \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,107 \cdot \sin 25,84$$

$$= 30,69$$

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

$$= 63,8 \text{ W} (\tan 78,56 - \tan 25,84)$$

$$= 63,8 \text{ W} (4,941 - 0,484)$$

$$= 63,9 \cdot 4,45$$

$$= 283,91$$

$$C = \frac{Q_c}{V^2 \cdot 2\pi F \cdot 3}$$

$$C = \frac{283,91}{380^2 \cdot 314,3}$$

$$= 2,08 \mu\text{f}$$

2. Kondisi dua motor tanpa beban

Diketahui :

$$P = 67,5 \text{ W} \quad V = 380 \text{ volt}$$

$$\cos \phi = 0,2$$

Cos phi yang terukur 0,2

Cos phi yang diinginkan 0,9

$$\cos \phi_1 = 0,2 = 77,87$$

$$\cos \phi_2 = 0,9 = 25,84$$

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

$$= 67,5 \text{ W} (\tan 77,87 - \tan 25,84)$$

$$= 67,5 \text{ W} (4,65 - 0,48)$$

$$= 67,5 \cdot 4,17$$

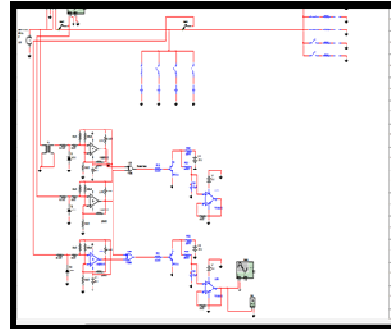
$$= 281,475$$

$$C = \frac{Q_c}{V^2 \cdot 2\pi F \cdot 3}$$

$$= \frac{281,475}{(380)^2 \cdot 3,14 \cdot 3} = 2,06 \mu\text{F}$$

Simulasi Menggunakan Multisim

Simulasi menggunakan software multisim ini bertujuan untuk merancang sensor yang akan dibuat pada rangkaian sensor arus dan sensor tegangan yang menggunakan gerbang EXOR.



Gambar 9. Rangkaian Detektor Fasa

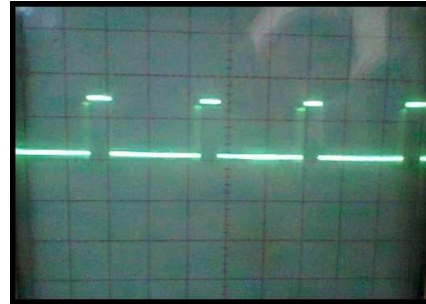
Dari rangkaian detektor fasa diatas maka dapat dilihat hasil simulasi keluaran detektor fasa pada gambar 10 dan gambar 11.



Gambar 10. Gelombang Keluaran Detektor Fasa Tanpa Beban Dan Tanpa Kapasitor



Gambar 11. Gelombang Keluaran Detektor fasa menggunakan satu motor dan satu kapasitor



Gambar 13. Keluaran Detektor Fasa Satu Motor dan Satu Kapasitor

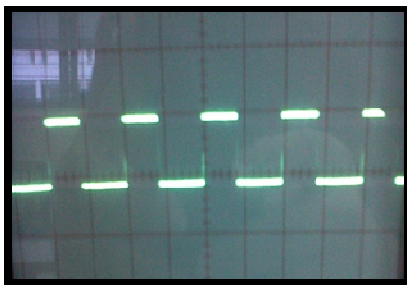
Data Pengujian Keluaran Komparator Arus

Tabel 1. Pengujian I_B Keluaran Detektor fasa

motor 1	motor 2	motor 3	motor 4	motor 5	kapasitor 1	kapasitor 2	kapasitor 3	kapasitor 4	kapasitor 5	tegangan (V)	cos ϕ
off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	0.0	1
on	off	off	off	off	off	off	off	off	off	2.6	0.26
on	off	off	off	on	off	off	off	off	off	0.0	0.99
on	on	off	off	off	on	off	off	off	off	2.3	0.41
on	on	off	off	on	on	off	off	off	off	0.7	0.99
on	on	on	off	off	on	on	off	off	off	2.6	0.54
on	on	on	off	off	on	on	off	off	off	2.4	0.98
on	on	on	on	off	on	on	off	off	off	3.8	0.24
on	on	on	on	off	on	on	on	off	off	2.9	0.98
on	on	on	on	on	on	on	on	off	off	3.6	0.34
on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	3.3	0.98

Hasil Keluaran Detektor Fasa

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada peralatan, maka didapat hasil keluaran pada detektor fasa sebagai berikut :



Gambar 12. Keluaran Detektor Fasa Tanpa Motor dan Tanpa Kapasitor

Keterangan :

Time/Div = 10ms

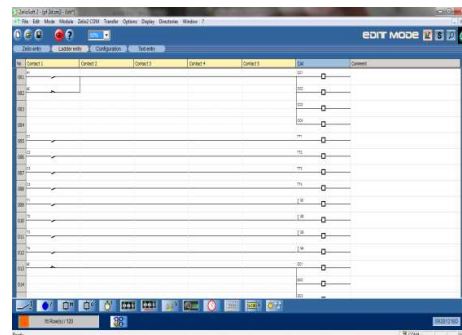
Volt/Div = 2V

C = 2,08 μ F

Program Menggunakan Zelio Smart Relay

Pengujian menggunakan program pada *zelio soft 2* yang akan memerintahkan *zelio smart relay* untuk mengaktifkan atau mematikan kapasitor sesuai program dan nilai masukan tegangan yang terdapat pada *zelio smart relay* dari keluaran komparator arus dan tegangan.

Program pada *zelio soft 2* menggunakan *ladder* diagram dalam pembuatan programnya yaitu dengan cara mengaktifkan kontak Q1, Q2, Q3, Q4, Q5 dan Q6



Gambar 14. Program Pengaktifan kapasitor

Hasil Pengujian Sesudah dan Sebelum

jumlah beban	tegangan (V)		cos phi	
	sebelum	sesudah	sebelum	sesudah
motor1	5,7	8,5	0,26	0,99
motor2	5,7	7,6	0,41	0,99
motor3	5,7	5,9	0,54	0,98
motor4	4,5	5,3	0,24	0,98
motor5	4,7	5,0	0,34	0,98

Penambahan Kapasitor.

Tabel 2. Hasil pengujian nilai cos phi dan tegangan sesudah dan sebelum penambahan kapasitor

Dari table diatas, besar tegangan awal rata-rata beban sebelum penambahan kapasitor adalah 5,7 V, dengan kondisi nilai cos phi awal sebesar 0,26 lag. Setelah penambahan nilai kompensasi kapasitansi sebesar 2,06-33 μ f nilai tegangan naik menjadi 8,5 V, dengan nilai cos phi rata-rata menjadi 0.99 lag.

KESIMPULAN

Setelah melaksanakan perancangan, pembuatan dan pengamatan serta pengujian alat, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada sistem perbaikan faktor daya, semakin rendah faktor daya pada suatu sistem, semakin besar usaha yang harus dilakukan untuk memperbaiki faktor daya.
2. Penambahan Nilai kapasitansi kapasitor sebesar 2,08 μ f- 33,28 μ f dapat memperbaiki faktor daya pada sistem hingga 0,26-0,99 lag.
3. Detektor fasa merupakan gabungan dari keluaran sensor arus dan sensor tegangan, keluaran detektor fasa merupakan tegangan analog yang akan diinputkan kesmart relay untuk pengaktifan kapasitor sebagai perbaikan faktor daya pada sistem.

SARAN

Untuk pengembangan dimasa depan diharapkan Alat Perbaikan Faktor Daya

Otomatis pada Tegangan Rendah Tiga fasa ini dapat dilengkapi dengan :

1. Display digital untuk menampilkan nilai cosphi pada sistem baik setelah maupun sebelum penambahan kapasitor bank.
2. Penggunaan kontaktor dapat digantikan dengan saklar statis seperti SCR, Supaya kebutuhan daya reaktif untuk kompensasi lebih presisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Fanani, "Power faktor Regulator Menggunakan PLC(HARDWARE)", Proyek Akhir PENS – ITS, 2001.
- Allegro MicroSystems,"Fully Interated, Hall Effect-Base Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conduktor", ACS712, 2006-2009.
- Arif, Faisyal, "Power Faktor Regulator menggunakan PLC Zelio", PENS-ITS, Surabaya, 2007.
- Asrul Syafrianto1, Indhana Sudiharto ST.MT.2 Ir.Sutedjo, MT Effect-Base Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance CurrentConduktor", ACS712, 2006-2009.
- Epcos,2005,"Power Factor Correction".
- Malvino Albert Paul,1996,"Prinsip–Prinsip Elektronika Edisi ketiga Jilid 2", Penerbit Erlangga,Jakarta