

**RANCANG BANGUN PANEL KAPASITOR BANK SARANA UNTUK MODUL PEMBELAJARAN
PERBAIKAN FAKTOR DAYA
PADA GEDUNG FAKULTAS TEKNIK MUHAMMADIYAH SEMARANG**

Soewandi
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Semarang
Email : Suwandi.puri@gmail.com

ABSTRAK

Pembuatan panel kapasitor ini sebagai sarana pembelajaran tentang pembuatan unit Panel Modul Kapasitor Bank menggunakan Power Elektronik Regulator 6 Step, dan digunakan untuk memahami prinsip kerja dan fungsi dari sebuah power factor regulator. Sebagai rancang bangun pembuatan panel modul kapasitor mengambil data pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang dengan daya PLN sebesar 66 KVA, tegangan 3 fasa 380 volt/220 volt.

Hasil dari pembuatan panel kapasitor digunakan untuk uji coba atau sebagai pembelajaran, yang dapat dioperasikan secara bertahap baik sistem otomatis atau manual. Power Faktor Regulator dirancang menggunakan sistem terminal dan soket. Panel trainer ini diharapkan dapat digunakan sebagaimana mestinya sesuai dengan petunjuk yang tertera dalam manual book. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa desain Panel Power Capacitor bisa disesuaikan dengan kebutuhan beban dan batasan yang diperlukan.

Kata Kunci : *Panel Modul Pembelajaran Kapasitor Bank.*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan energi listrik dalam kapasitas besar pada umumnya di gunakan untuk keperluan usaha atau bisnis. Namun dalam penggunaan listrik dengan kapasitas besar terkadang menghadapi berbagai macam permasalahan. Permasalahan tersebut antara lain adanya rugi-rugi jaringan dan penurunan tegangan yang terjadi pada saluran. Penyaluran daya listrik dari pembangkit ke konsumen yang diharapkan adalah daya yang disalurkan sama dengan jumlah daya yang sampai ke konsumen. Tetapi dalam kenyataannya, daya yang disalurkan tidak sama dengan daya yang sampai kekonsumen.

Perkembangan teknologi belakangan ini mengalami kemajuan yang cukup pesat ditandai dengan adanya peralatan-peralatan elektronik atau biasa disebut dengan beban listrik. Penggunaan beban-beban listrik saat ini memang jauh lebih banyak (komplek) dibanding dengan penggunaan beban listrik pada masa lampau. Penggunaan beban listrik tersebut banyak digunakan baik dalam rumah tangga, gedung perkantoran, maupun di industri sehingga mempengaruhi dan menyebabkan turunnya system suplay dan kualitas daya (Ahmad, 2012).

Kebutuhan akan kualitas daya listrik yang baik dan ditunjang dari berbagai peralatan listrik yang digunakan baik dalam laboratorium, ruang perkuliahan dan ruangan-ruangan lainnya yang menggunakan peralatan-peralatan listrik.

Umumnya penyaluran akan daya listrik digunakan melayani beban-beban seperti: motor-motor listrik, transformator, lampu TL dan peralatan listrik lainnya yang mana beban-beban

tersebut mengandung gulungan-gulungan kawat (induktor). Induktor merupakan komponen yang menyerap daya listrik untuk keperluan magnetisasi dan daya listrik tersebut disebut daya reaktif. Suatu beban dikatakan induktif apabila beban tersebut membutuhkan daya reaktif dan disebut kapasitif apabila menghasilkan daya reaktif. Bertambahnya beban yang bersifat induktif membutuhkan daya reaktif yang sangat besar sehingga sumber (pembangkit listrik) harus mensuplai daya yang lebih besar. Keadaan seperti ini dapat menyebabkan jatuh tegangan, arus pada jaringan bertambah dan faktor daya rendah pada daerah dekat beban. Berdasarkan uraian tersebut diatas maka kami mencoba melakukan studi tentang: **"Rancang bangun panel Kapasitor Bank Sarana untuk Modul Pembelajaran Perbaikan Faktor Daya pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang"**.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank

Adapun cara pemasangan kapasitor bank pada instalasi listrik dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu (Ahmad, 2012) :

1. Global compensation

Dengan metode ini kapasitor bank dipasang pada induk panel main distribution panel (MDP) dan arus yang turun dari pemasangan model ini hanya pada penghantar antara panel MDP dan transformator

2. Sectoral Compensation

Dengan metoda ini pemasangan kapasitor

bank yang terdiri dari beberapa panel kapasitor yang akan dipasang pada setiap panel sub distribution panel (SDP).

3. Individual Compensation

Dengan metoda ini kapasitor bank langsung dipasang pada masing masing beban yang akan digunakan khususnya beban yang mempunyai daya yang besar.

2.2. Menentukan Ukuran Kapasitor untuk Memerbaiki Factor Daya

Ukuran kapasitor untuk memperbaiki faktor daya sistem pada titik- titik tertentu dapat secara manual untuk sistem distribusi yang relatif kecil, KVAR kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya $\cos \phi_1$ sampai dengan $\cos \phi_2$. Ada beberapa Metode dalam mencari ukuran kapasitor untuk perbaikan faktor daya seperti dengan metode perhitungan sederhana, metode tabel kompensasi dan metode diagram.

a. Metode perhitungan Kapasitor

Dalam metode sederhana dapat kita mencari ukuran kapasitor data yang diperlukan antara lain:

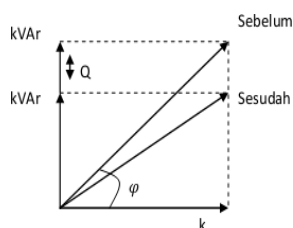
$$\begin{aligned}\text{Daya Semu} &= S \text{ (kVA)} \\ \text{Daya Aktif} &= P \text{ (kW)} \\ \text{Daya Reaktif} &= Q\end{aligned}$$

Agar mempermudah mengingat simbol Daya reaktif kita gunakan simbol Q_L (Daya reaktif PF lama) dan Q_B (Daya Reaktif PF baru). Jadi dapat kita simpulkan bahwa persamaan perhitungan sederhana yaitu:

$$Q_c = Q_L - Q_B$$

b. Metode Diagram

Dalam menentukan besarnya kapasitor yang dibutuhkan diperlukan diagram sebelum kompensasi dan sesudah kompensasi maka dapat di gambarkan sebagai berikut :



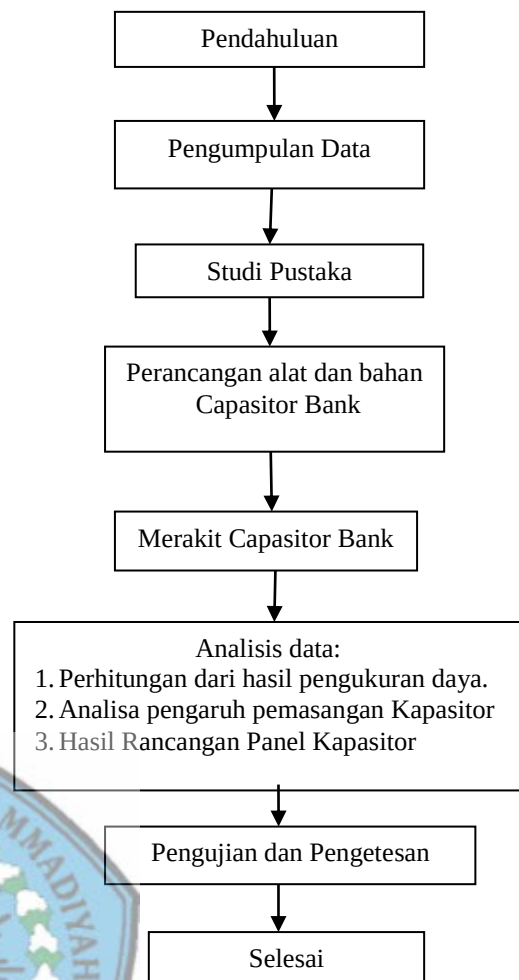
Gambar 1. Diagram Daya Untuk Menentukan Kapasitor

Dapat di peroleh persamaan sebagai berikut :

$$Q_c = kW (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

2.3 Metode Penelitian

Berikut adalah tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan, seperti ditunjukkan pada gambar di bawah :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Gambar diatas menunjukkan diagram alir penelitian yang dimulai dari persiapan dengan dan pengambilan data pengukuran, perhitungan perancangan Pembuatan Panel Kapasitor Bank sampai analisa hasil. Nilai faktor daya yang sebelumnya tidak menggunakan faktor. Setelah mendapatkan data dari hasil pengumpulan dan penghitungan kapasitor yang sesuai, selanjutnya digunakan untuk mengetahui faktor daya pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang. Setelah data-data sudah lengkap maka diadakan perhitungan kapasitas kapasitor yang sesuai untuk perbaikan faktor daya. Apabila sudah selesai menghitung kapasitas daya maka dilakukan pengukuran ukuran panel kapasitor bank. Kemudian diadakan pembuatan panel serta rangkaian Wiring Sistem panel kapasitor yang beberapa komponen sudah disiapkan terlebih dahulu. Apabila panel sudah jadi maka dilakukan test pengujian pada panel kapasitor bank tersebut sesuai dengan rencana awal. Selain itu juga dilakukan pengetesan pengolahan data yang sesuai dengan perhitungan awal atau tidak. Pertama dicoba dengan system manual. Bagaimana perubahan setelah selector manual bila set pada posisi manual, karena pada awalnya NOL.

2.4 Daftar Bahan dan Alat

1. Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan dalam pembuatan Panel Kapasitor Bank yang ditunjukkan pada tabel 3.1 dan tabel 3.2. Rancang Bangun Pembuatan Panel Kapasitor tersebut diperlukan beberapa peralatan untuk penelitian dan uji coba sebagai berikut :

Tabel 1. Alat Kerja Peralatan Panel :

No	Alat	Jumlah	Spesifikasi/Ukuran	Keterangan
1	Tool Set	1	Krisbow	Lokal
2	Tang Ampere	1	HIOKI CM 3286 AC Clamp	Japan
3	Multi Tester	1	Avo AC/DC/OHM	Japan
4	Gerinda	1	4"-10"	Makita
5	Boor	1	3-12 MM ²	Maktec
6	Gergaji Besi	1	Manual	Lokal
7	Jig Show	1	5-10 mm ²	Maktec

Tabel 1. Material dan Komponen pembuatan Panel Kapasitor Bank :

No	Komponen dan Alat	Jumlah	Spesifikasi	Keterangan
1	Power Regulator Controller	1	MH Esta Instrument Type : MSC - 6	China
2	Kapasitor Bank	3	Type : MKP Kap 2,5 Kvar/3P/400V	GAE
3	MCCB Utama	1 Unit 6 Unit 3 Unit	MCCB 80A/3P/20KA MCCB 20A/3P/6KA MCCB 6A/1P/4,5KA	Mitsubishi
4	Selektor Switch Selektor Auto / Man	6 1	On/Off On/Off	Otto
5	Busbar Panel	1 Ls 1 Ls	1. 2mm x 30mm ² 2. 2mm x 20mm ²	Pulung
6	Contaktor	6	SN 20	Mitsubishi
7	Box Panel	1	120x70x20 cm T 2 mm ²	Lokal
8	Relay	3	6 kaki	Omron
9	Led Push Button Switch	3	Red, yellow	Otto
10	Pilot Lamp	3	Green , Red, Yellow	Otto
11	Isolator Busbar	9	Recolik	Taiwan
12	Kabel Instalasi dan Wiring	- - -	NYAF 1,5 mm ² NYAF 4 mm ² NYAF 10 mm ²	Supreme
13	Terminal kabel Duct kabel ties	1 Ls 1 Ls 1 Ls	25 mm ² 20 x 40 mm ² 6 – 10 cm ²	Lokal

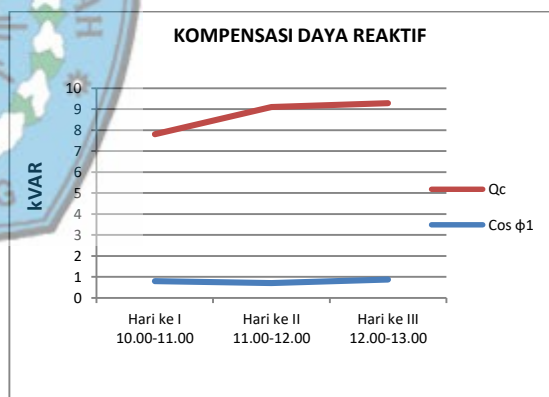
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 HASIL KOMPENSASI DAYA REAKTIF.

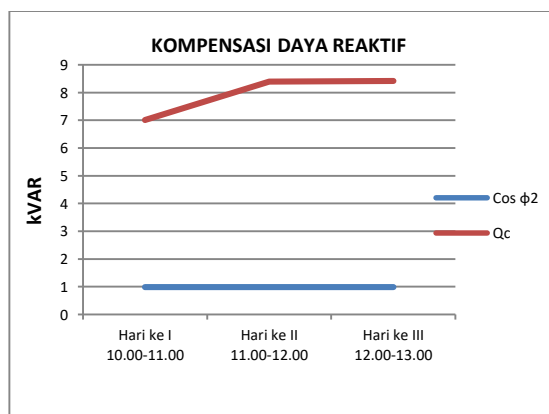
Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Perhitungan Kompensasi Daya Reaktif (Qc) Berdasarkan Metode Segitiga Daya

Hari ke-	Faktor Kerja (Cos φ1)		Tegangan	Kompensasi Daya Reaktif (kVAR) Q _c	Arus (I ₂)
	Cos φ1	Cos φ2			
I	0.80	0.99	357.5	7.008	32.99
II	0.70	0.99	350.85	8.4	39.29
III	0.87	0.99	341.7	8.42	27.80
Rata-rata	0.79	0.99		7.942	33.36

Berdasarkan tabel diatas, bisa dilihat hasil perhitungan nilai Cos φ₁ rata-rata dengan nilai 0.87 dan Cos φ₂ rata – rata dengan nilai 0.99 menghasilkan kompensasi daya reaktif (Qc) rata - rata sebesar 11.26 kVAR. Sedangkan peningkatan Power Factor (PF) menjadi 0.99 menyebabkan terjadinya penurunan arus (I₂) sebesar 37.54 Ampere. Hal tersebut memperlihatkan bahwa, semakin besar nilai faktor daya maka semakin kecil pula arus yang mengalir pada jaringan distribusi. Sehingga hal ini sangat berpengaruh terhadap perlengkapan listrik baik ukuran kabel, pengaman listrik, dan peralatan listrik lainnya.



Gambar 3. Kompensasi daya Reaktif



Gambar 4. Kompensasi daya Reaktif

3.2. Perhitungan Kapasitor

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, didapatkan hasil dari kompensasi daya reaktif (Q_c) sebesar 11.26 kVAR. Sehingga dalam pemasangannya nanti system dirancang menggunakan 1 modul 6 step dengan tiap bank mengoreksi atau mengkompensasi 2,5 kVAR/3/380v dengan susunan/konfigurasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{tot} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \\ &= 2,5 + 2,5 + 2,5 + 2,5 + 2,5 + 2,5 \text{ (kVAR)} \\ &= 15 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan :

$$I_c = \frac{kVAR}{V}, \text{ Maka :}$$

Daya Reaktif = 11,26 kVAR (11.260 VAR)

Tegangan = 357,5 Volt

Frekuensi = 50,1 Hz

Maka Arus Kapasitor (I_c)

$$I_c = \frac{11.500}{357,5}$$

$$= 32,168 \text{ Ampere}$$

Reaktifitas Kapasitif (X_c) adalah :

$$\begin{aligned} X_c &= \frac{V}{I_c} \\ &= \frac{357,5}{32,168} \\ &= 11,114 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Kapasitor yang diperlukan :

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{2\pi f X_c} \\ &= \frac{1}{2 \times 3,14 \times 50,1 \times 11,114} \\ &= \frac{1}{3.496,776} \\ &= 2,859 \times 10^{-4} \text{ F} \\ &= 2,859 \mu \text{ F} \end{aligned}$$

3.3. Pengujian dan Pengetesan

3.3.1 Uji Teknis

Tahap Pengujian dilakukan melalui uji teknis alat, fungsi dan unjuk kerja serta sekaligus pengujian tingkat kelayakan alat secara agronomis, uji teknis dengan cara mengamati, memeriksa dan menguji kinerja setiap komponen yang digunakan pada masing-masing modul. Tujuan dari uji teknis ini adalah untuk mengetahui bahwa semua komponen yang digunakan dalam panel kapasitor bank, yang sebagai modul pembelajaran setelah masing-masing modul dirangkai sesuai petunjuk manual, dari rangkaian control kapasitor panel kapasitor bank, dalam kondisi baik siap digunakan.

3.3.2 Uji Fungsi dan Unjuk Kerja

Pengujian Unjuk Kerja, meliputi pengecekan dari semua komponen dan semua disimpulkan dalam kondisi baik dan dapat berfungsi yang terdiri dari

dua macam percobaan :

a. Mode Auto

b. Mode Manual

Hasil semua percobaan unit modul panel kapasitor bank sebagai trainee, merk HM MSC 06. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka Panel Power Kapasitor Bank menggunakan PF (Power Faktor) dan menggunakan power regulator 6 Step.

Pengujian dan test uji coba simulasi, setelah semua diamati dan di test berjalan baik kita melangkah hasil uji coba dengan beban.

- Motor 5,5 kw

- AC unit 3x1x5 kw

Dengan pengujian tersebut meliputi dengan sistem manual dan automatic pada PF Regulator yang dioperasikan selector switch MAN off Auto dan dari hasil pengujian tersebut di gambarkan pada grafik perbandingan cos Q beban.

3.3.3 Pengujian Panel Kapasitor Bank

Pengujian dilakukan dengan mengambil data arus yang mengalir pada kapasitor (I_c) untuk mengetahui kinerja dari kapasitor bank. Data-data lain yang di padukan adalah tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, daya aktif, dan daya reaktif. Pengambilan data yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur berupa amphere meter Hioki type CM 3286 AC dimulai pukul 09.00 sampai dengan pukul 12.00 pada hari Sabtu 7 Juli 2018.

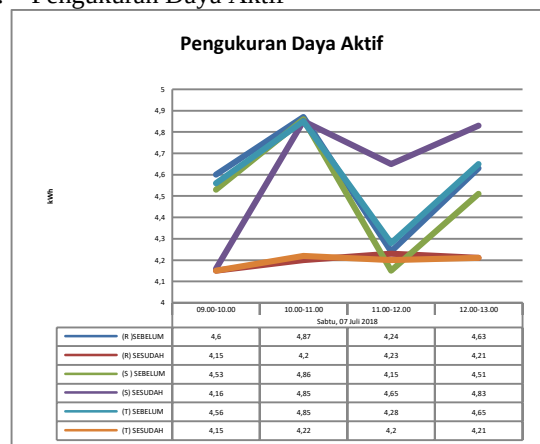
3.3.3.1 Uji Coba Beban dust Colector daya 5,5 kw

Hasil pengujian panel kapasitor bank sarana untuk modul pembelajaran perbaikan faktor daya. Control Power Regulator dapat dilihat di gambarkan pada grafik di bawah ini :

Hari : Sabtu
Tanggal : 7 Juli 2018

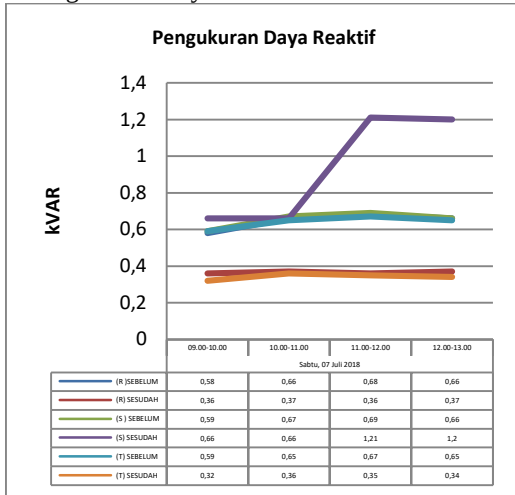
A. Hasil uji coba panel kapasitor dengan beban Dust Colector 5,5 KW

1. Pengukuran Daya Aktif



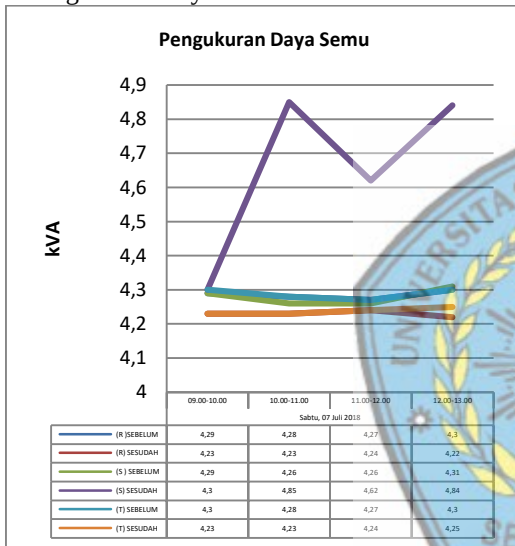
Gambar 5. Pengukuran Daya Aktif

2. Pengukuran Daya Reaktif



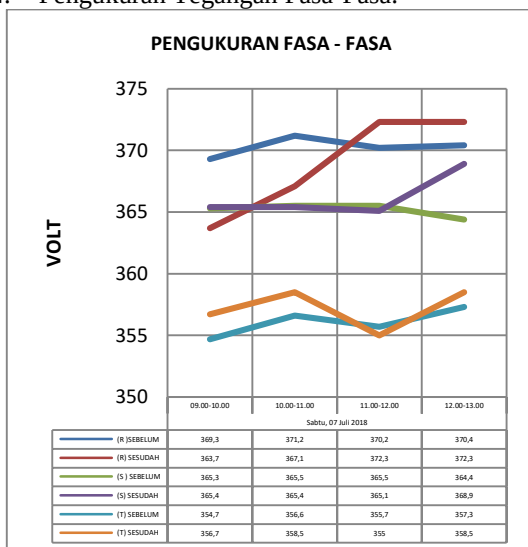
Gambar 6. Pengukuran Daya Reaktif

3. Pengukuran Daya Semu



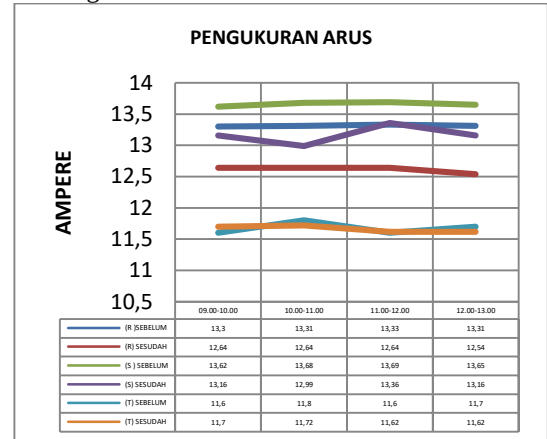
Gambar 7. Pengukuran Daya Semu

4. Pengukuran Tegangan Fasa-Fasa.



Gambar 8. Pengukuran Tegangan Fasa-Fasa.

5. Pengukuran Arus Fasa-Fasa.

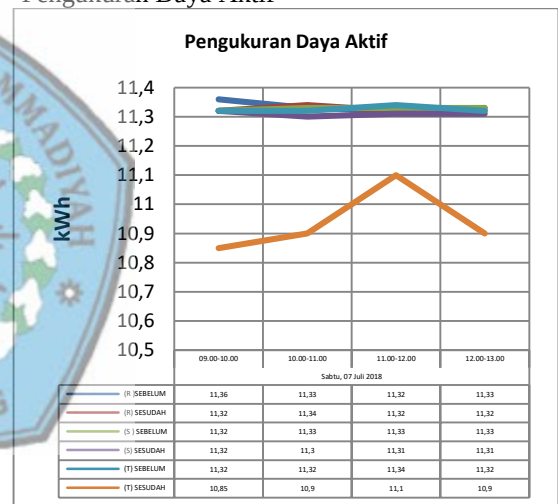


Gambar 9. Pengukuran Arus Fasa-Fasa.

3.3.3.2 Hasil Uji Coba Panel Kapasitor Beban

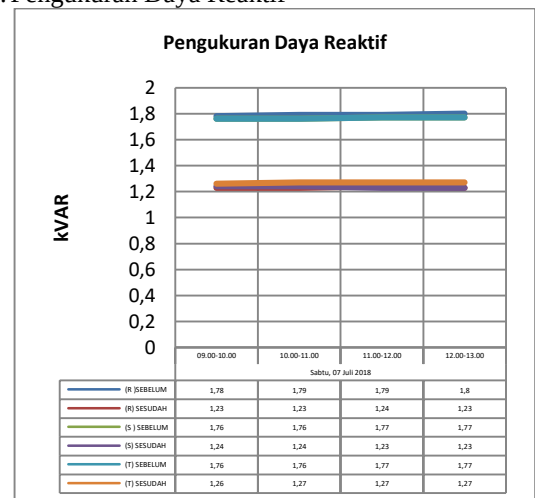
Dust Collector 1 x 5,5 kw / 3P / 50Hz dan AC Fre Standing 3 x 5 kw / 3P / 50 Hz . Hasil pengujian panel kapasitor bank sarana untuk pembelajaran kapasitor faktor.

1. Pengukuran Daya Aktif



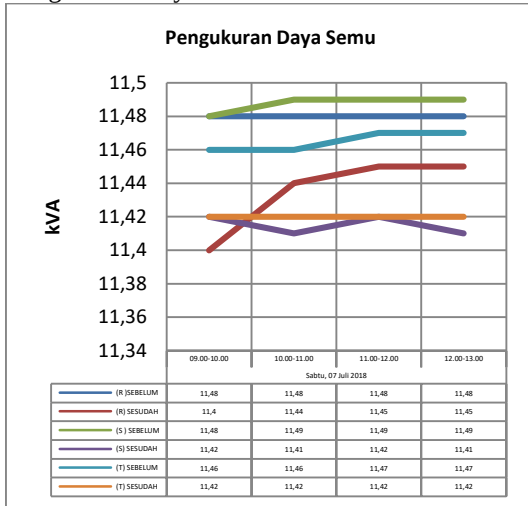
Gambar 10. Pengukuran Daya Aktif

2. Pengukuran Daya Reaktif



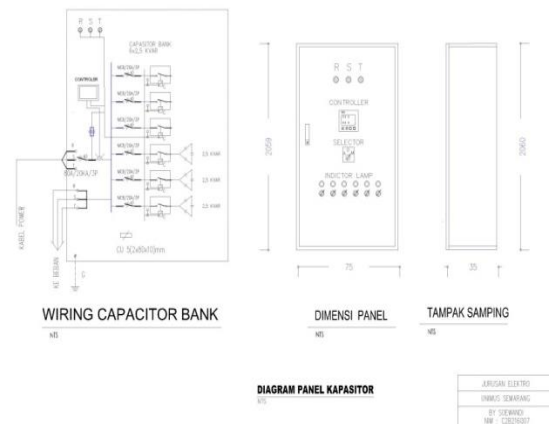
Gambar 11. Pengukuran Daya Reaktif

3. Pengukuran Daya Semu



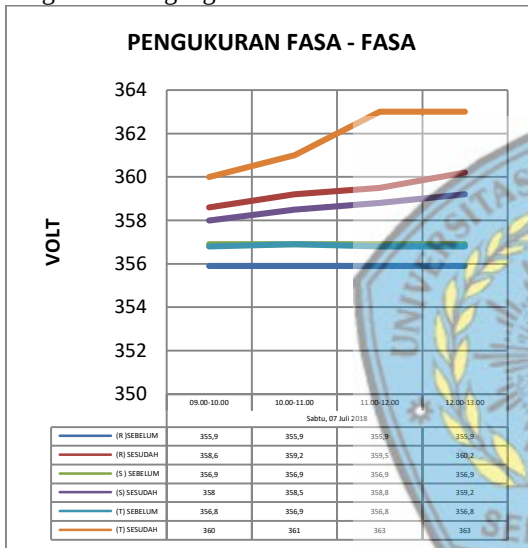
Gambar 12. Pengukuran Daya Semu

digambarkan dengan gambar dibawah ini :

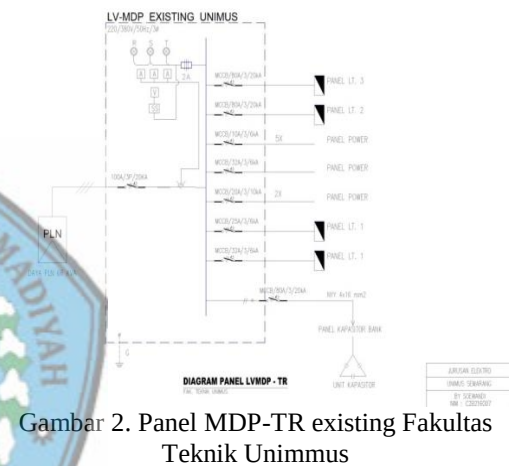


Gambar 1. Design Panel Kapasitor Bank

4. Pengukuran Tegangan Fasa-Fasa.



Gambar 13. Pengukuran Tegangan Fasa-Fasa.



Gambar 2. Panel MDP-TR existing Fakultas Teknik Unimus

3.4. Pembahasan Hasil Uji Coba Panel Kapasitor Bank

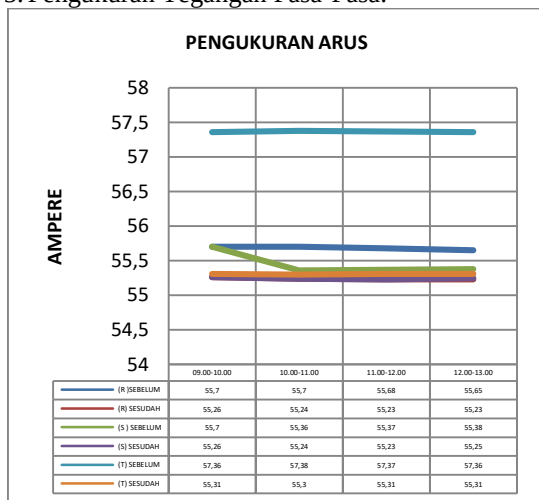
A. Pengetesan Sebelum dan Sesudah Kapasitor dengan Dust Collector 1 X 5,5 Kw / 3P / 50 Hz.

Tabel 4. Hasil Uji Coba Dust Colektor.

Jam 09.00 – 12.00		
Pengukuran Fasa Fasa	Pengukuran Sebelum Kapasitor	Pengukuran Sesudah Kapasitor
Tegangan	369,74	364,05
Arus	12,88	12,47
Cos ϕ	0,83	0,99
Daya Aktif (kw)	4,35	4,33
Daya Semu (kva)	4,28	4,22
Daya Reaktif (kvar)	0,64	0,34

Data pengukuran pengetesan uji coba Hasil tes uji coba Panel Kapasitor Bank Cos ϕ 0,83 menjadi Cos ϕ 0,99, perbedaan hasil pada Daya Aktif (kW), Daya Semu (kVA) dan Daya Reaktif (kVAR).

5. Pengukuran Tegangan Fasa-Fasa.



Gambar 14. Pengukuran Arus Fasa-Fasa.

Hasil pengujian panel kapasitor bank sarana untuk pembelajaran perbaikan faktor daya dapat

B. Pengetesan Sebelum dan Sesudah Kapasitor dengan Dust Collector 1 X 5,5 KW / 3P / 50 Hz + AC Free Standing 3 X 5 Kw / 3P / 50 Hz.

Tabel berikut menjelaskan Hasil Uji Coba DUST COLECTOR 1 X 5,5 KW / 3P / 50 HZ + AC FREE STANDING 3 X 5 KW / 3P / 50 HZ

Tabel 5. Hasil Uji Coba Dust Colektor dan AC.

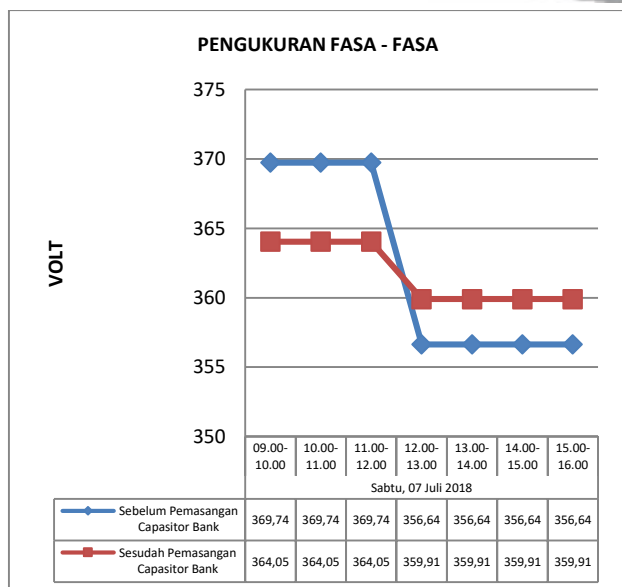
Jam 13.00 – 16.00		
Pengukuran Fasa Fasa	Pengukuran Sebelum Kapasitor	Pengukuran Sesudah Kapasitor
Tegangan	356,64	359,91
Arus	56,16	55,26
Cos ϕ	0,83	0,99
Daya Aktif (kw)	11,32	11,18
Daya Semu (kva)	11,47	11,42
Daya Reaktif (kvar)	1,77	1,24

Data pengukuran pengetesan uji coba

Hasil Pengukuran dan Uji Coba Panel Kapasitor Bank dari Cos ϕ 0,83 menjadi Cos ϕ 0,99, perbedaan hasil pada Daya Aktif (kW), Daya Semu (kVA) dan Daya Reaktif (kVAR).

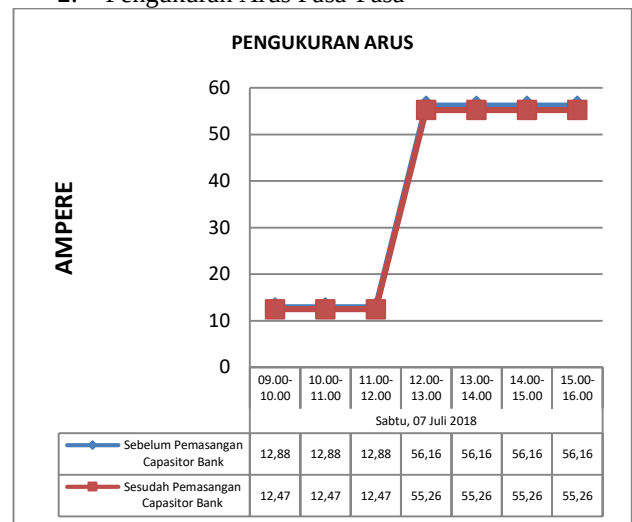
C. Grafik Hasil Akhir Pengetesan Sebelum dan Sesudah Kapasitor dengan Dust Collector 1 X 5,5 KW / 3P / 50 Hz dan Dust Collector 1 X 5,5 KW / 3P / 50 Hz + AC Free Standing 3 X 5 Kw / 3P / 50 Hz.

1. Pengukuran Tegangan Fasa-Fasa



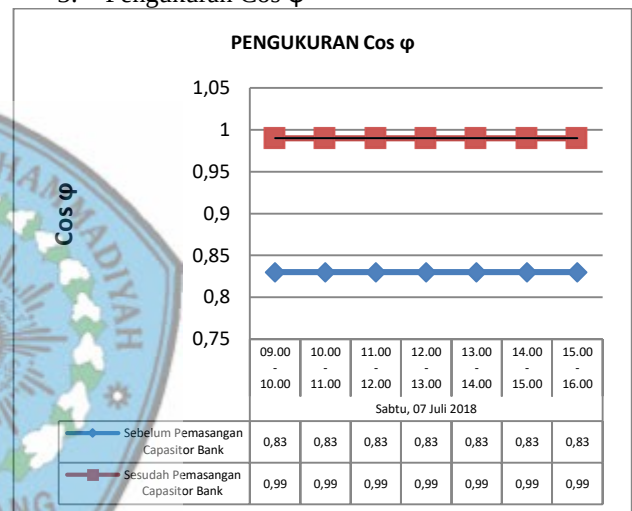
Gambar 17. Pengukuran Tegangan Fasa-Fasa

2. Pengukuran Arus Fasa-Fasa



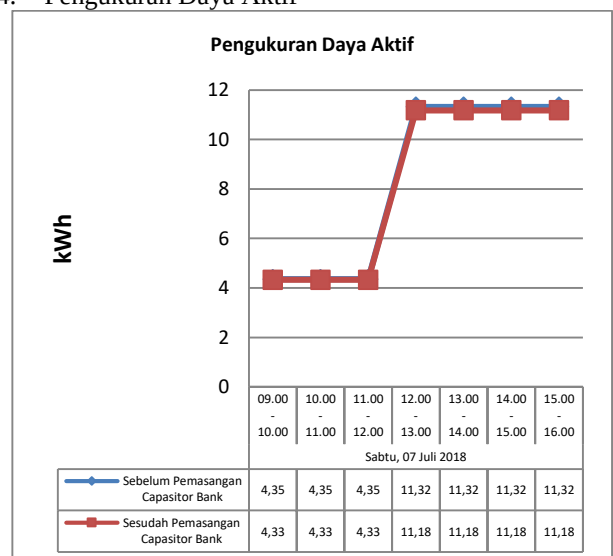
Gambar 18. Pengukuran Arus Fasa-Fasa

3. Pengukuran Cos ϕ



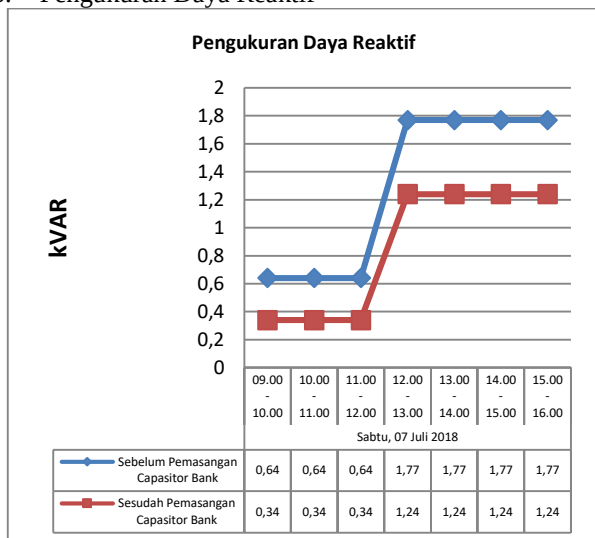
Gambar 19. Pengukuran Cos ϕ

4. Pengukuran Daya Aktif



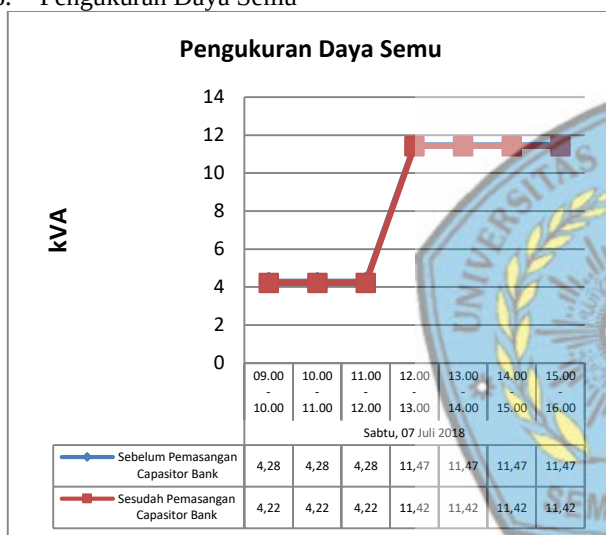
Gambar 20. Pengukuran Daya Aktif

5. Pengukuran Daya Reaktif



Gambar 21. Pengukuran Daya Reaktif

6. Pengukuran Daya Semu



Gambar 22. Pengukuran Daya Semu

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil akhir pengukuran dan data penelitian yang di dapat, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan memperlihatkan bahwa besarnya kompensasi daya reaktif yang harus diberikan ialah sebesar 14,42 kVAR. Sehingga dalam pemasangannya nanti sistem dirancang menggunakan 1 modul 6 step dengan tiap bank mengoreksi atau mengkompensasi 2,5 kVAR/3P/400 Volt/50Hz dengan nilai kapasitornya sebesar 25,98 kVAR. Sedangkan pada spesifikasi kapasitor GAE 2,5 kVAR/3P/400 Volt/50Hz dari data kapasitor 15,4 μ F.
2. Pada percobaan pertama pemasangan kapasitor bank dengan beban Dust Collector 1 X 5,5 KW / 3P / 50 HZ dapat menaikkan faktor daya menjadi 0,99. Pemasangan kapasitor bank menyebabkan penurunan arus beban dari 12,88 Ampere menjadi 12,47 Ampere, dan daya reaktif turun dari 0,64

kVAR menjadi 0,34 kVAR.

3. Pada percobaan kedua pemasangan kapasitor bank dengan beban Dust Collector 1 X 5,5 KW / 3P / 50 HZ ditambah AC Free Standing 3 X 5 KW / 3P / 50 HZ dapat menaikkan faktor daya menjadi 0,99. Pemasangan kapasitor bank menyebabkan penurunan arus beban dari 56,16 Ampere menjadi 55,26 Ampere, dan daya reaktif turun dari 1,77 kVAR menjadi 1,24 kVAR
4. Pemasangan kapasitor bank memperlihatkan peningkatan faktor daya sebagai kompensasi daya reaktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Belly Alto dkk. *Daya Aktif, Reaktif & Nyata*[Makalah]. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.2010.
- Brosur-brosur Perlatan Listrik diambil dari google. www.indolistrik.com
- Bukhari Ahmad. *Perbaikan Power Faktor Pada Konsumen Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor Bank* [jurnal ilmiah mahasiswa].2012.
- Data Power Regulator,MH.powerfaktor controller MSC-6 Ex Taiwan.
- Dhida Aditya Putra. *Trainer Power Faktor (PF) menggunakan Regulator 6 Step* [Tugas Akhir]. Universitas Yogyakarta. 2012
- Katalog dari ABB Koreksi Faktor Daya 2008
- M. Hardiansyah dan Joni Setiawan. *Pemasangan Kapsitor Bank untuk Perbaikan Faktor Daya pada Panel Utama Listrik Gedung Fakultas Teknik Universitas IBN Bogor*. 2016.
- Nuwolo Agus dan Kusmantoro Adhi. *Rancang bangun kapasitor bank pada jaringan listrik gedung Universitas PGRI Semarang*[ISBN 978-602-99334-4-4].
- Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)
- Rahmat Putra Syawal. *Analisis Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya. Studi Kasus Gerdu Distribusi Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo* (Tugas Akhir) Kendari. 2015.
- Roger C. Dugan Mark F. Mc Graham H Wayne Beaty. *Electrical Power System Quality*. Mc Grow Hill. New York. 1996.