

RANCANG BANGUN KAPASITOR BANK OTOMATIS UNTUK MENGETAHUI DAMPAK TERHADAP KUALITAS DAYA LISTRIK PADA VARIASI BEBAN PELANGGAN 5500VA

Oleh: Fadhel Setiawan¹, Adi Wasono², Eriko Arvin Kurniawan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Sudarto, Tembalang, Kec Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah

Email: fadhelsetiawan2512@gmail.com

Abstrak

Beban-beban induktif menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas daya listrik. Salah satu tindakan yang harus dilakukan untuk memperbaiki kualitas daya listrik adalah memperbaiki faktor daya sistem kelistrikan. Memperbaiki faktor daya dapat dilakukan dengan menggunakan kapasitor bank dengan harapan dapat menaikkan efisiensi faktor daya. Tujuan dari rancang bangun ini untuk membuat sistem perbaikan faktor daya secara otomatis sesuai dengan perubahan beban. Dengan menggunakan metode bank of capacitors untuk kompensasi parameter yang bervariasi secara perlahan, dan kapasitor biasanya dibagi step sehingga dapat menyesuaikan daya reaktif yang akan dikompensasi. Penentuan kapasitas kapasitor yang akan dipilih untuk perbaikan faktor daya dengan melakukan perbandingan antara daya reaktif pada sistem dan daya reaktif yang akan dihasilkan kapasitor. Hasil pengujian kapasitor bank otomatis sistem dapat bekerja sesuai pengujian variasi beban dari daya reaktif terendah sebesar 278,7 VAR hingga daya reaktif tertinggi sebesar 1450,4 VAR, namun secara kapasitas alat yang dirancang dapat memperbaiki faktor daya dengan daya reaktif terendah sebesar 38,90 VAR hingga daya reaktif tertinggi sebesar 1580,55 VAR. Pengujian kondisi beban kapasitif didapatkan hasil sistem dapat melakukan penonaktifan kapasitor bank ketika beban kondisi leading setelah step 6, selain itu pada pengujian setelah kondisi padam didapatkan kapasitor bank dapat pulih kembali dengan waktu rata rata 34 detik. Pengujian beban secara dinamis juga dilakukan dengan hasil pengujian kapasitor bank terhadap beban dinamis didapatkan waktu rata rata perbaikan faktor daya untuk mencapai nilai $\geq 0,93$ adalah 14,53 detik.

Kata Kunci: Energi, Kapasitor, Otomatis, Kompensasi, Step

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat di era globalisasi ini (Fachry Azharuddin Noor, et al., 2017). Penggunaan listrik bertambah seiring dengan meningkatnya permintaan pasang baru. Masyarakat menggunakan energi listrik mulai dari mengisi ulang baterai ponsel, menyetrika, menonton televisi, mencuci, dan memasak. Bagi kalangan non rumah tangga seperti industri dan pelaku usaha, listrik sudah menjadi kebutuhan vital demi kelancaran usaha mereka, seperti misalnya minimarket.

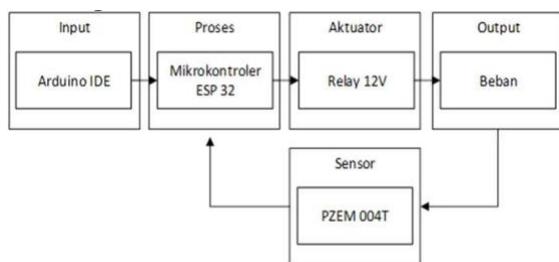
Beban-beban non-linier juga menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas daya listrik (Maharani Putri, et al., 2018). Beban tersebut merupakan sumber harmonik yang dapat menurunkan kualitas daya listrik. Beban non-linier adalah beban dimana bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dalam setiap setengah siklus, sehingga gelombang keluaran arus

dan tegangannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Beberapa beban non linier adalah inti magnet pada trafo dan mesin berputar, mesin-mesin sinkron, pengelasan, photovoltaic inverter, dan peralatan elektronik kantor. Selain itu, masih banyak akibat yang dihasilkan jika kualitas daya listrik dalam industri buruk (Hamdani Rizal. M, 2017).

Kualitas daya didefinisikan sebagai semua masalah yang berhubungan dengan daya listrik yang berupa penyimpangan tegangan, arus dan frekuensi yang mengakibatkan kerusakan pada peralatan peralatan listrik (Muhammad Khoirun Nizam, et al., 2019). Salah satu tindakan yang harus dilakukan untuk memperbaiki kualitas daya listrik adalah memperbaiki faktor daya sistem kelistrikan (Ardhin Najadiya Sety, et al., 2017). Menurunnya faktor daya listrik disebabkan bertambahnya daya reaktif, daya reaktif tersebut diperlukan oleh peralatanperalatan

Sistem kerja dari sistem kapasitor bank ini divisualisasikan dalam bentuk diagram alir berupa *flowchart*. Cara kerja dari sistem yang dimulai dengan memastikan sistem telah menerima supply energi listrik. Kemudian sistem akan membaca besaran besaran listrik dengan menggunakan sensor PZEM 004T yang dapat membaca arus, tegangan, faktor daya, frekuensi dan Daya. Dari hasil pembacaan tersebut kemudian sistem akan membandingkan apakah faktor daya terukur dibawah setting faktor daya yang diinginkan atau tidak, Jika faktor daya diatas setting maka sistem kapasitor tidak akan bekerja, selain itu sistem kapasitor juga tidak akan bekerja jika terdeteksi bahwa sistem bersifat leading. Hasil perbandingan faktor daya di bawah setting maka sistem akan bekerja, dengan memastikan sistem sebelumnya apakah diatas setting atau tidak. Jika sistem sebelumnya diatas setting maka akan mematikan semua relay sehingga kapasitor yang terpasang sebelumnya akan keluar dari sistem pada proses ini akan mengaktifkan pembacaan faktor daya setiap step nya. Setelah proses melepas kapasitor dari sistem selanjut akan memulai membandingkan step pertama dengan hasil correction kapasitor yang terpasang. Metode dalam melakukan correction kapasitor dengan melakukan perbandingan antara daya reaktif pada sistem dan daya reaktif yang akan di hasilkan kapasitor. Jika kebutuhan daya reaktif lebih besar dari hasil correctin kapasitor maka kapasitor tersebut akan masuk. Sistem akan terus bekerja sampai faktor daya diatas setting dengan membandingkan hingga step terakhir.

2.3. DIAGRAM BLOCK

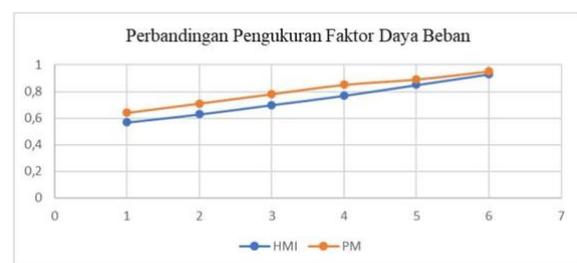


Gambar 2. Diagram Blok

Berdasarkan Gambar 2, digram blok dibagi menjadi 5 sistem utama yaitu Input, Proses, Aktuator, Output, Sensor. Sistem akan bekerja dengan diawali melalui program pemantauan di Arduino IDE dan siste akan berjalan. Hasil keluaran akan dibaca dengan sensor PZEM-004T untuk membaca nilai tegangan (V), arus (A), daya (W), frekuensi (HZ) dan faktor daya (pf) yang akan diproses dan dikirim datanya pada ESP 32. Data yang diterima oleh ESP 32 kemudian diolah sesuai dengan algoritma yang telah direncanakan dengan metode Power Factor Correction Kapasitor Bank. Hasil pengolahan daya dari ESP 32 kemudian akan merintahkan sistem output, relay 12V akan bekerja sesuai dengan hasil pengolahan data yang dilakukan ESP 32. Relay 12V yang aktif kemudian akan mengaktifkan relay 220V untuk memasukkan kapasitor ke sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. ANALISIS EROR



Gambar 3 Analisis Error Faktor Daya



Gambar 4 Analisis Error daya Aktif

Dari hasil pengujian nilai error yang telah dilakukan dengan memvariasikan beban didapatkan nilai error rata rata untuk daya aktif sebesar 5% dan nilai error rata rata untuk faktor daya adalah 6,4%. Nilai error yang terjadi dapat diakibatkan beberapa faktor salah satunya karena memilihkan batas pengukuran current transformator

yang terlalu tinggi yaitu 0 hingga 100A padahal beban yang diukur bernilai kurang dari 20A.

3.2. PENGUJIAN KAPASITOR TERHADAP BEBAN INDUKTIF

Tabel 1. Pengujian Kapasitor Terhadap beban Induktif

No	Beban R	Beban H	Daya Reaktif	PF	Step 1	Daya Reaktif 1	PF1	Step 2	Daya Reaktif 2	PF2
	Ohm	Henry	VAR		uf	VAR		uf	VAR	
1	314	0,483	278,7	0,57	10,051	110,7	0,87	2,56	63,6	0,95
2	254,1	0,483	278,4	0,63	10,051	114,1	0,9	2,56	67,2	0,94
3	213,8	0,483	283,9	0,7	10,051	109,1	0,93	-	-	-
4	181,8	0,483	282,1	0,77	10,051	111,5	0,95	-	-	-
5	148,6	0,483	281,4	0,85	10,051	107,2	0,97	-	-	-
6	84,2	0,483	281,5	0,94	-	-	-	-	-	-

Dari hasil pengujian kapasitor bank terhadap beban induktif didapatkan hasil bahwa sistem yang dirancang dapat memperbaiki faktor daya hingga diatas setting. Kapasitor bank yang dirancang dapat memperbaiki faktor daya sesuai pengujian variasi beban dari daya reaktif induktif terendah sebesar 278,7 VAR hingga daya reaktif induktif tertinggi sebesar 1450,4 VAR, namun secara kapasitas alat yang dirancang dapat memperbaiki faktor daya dengan daya reaktif kapasitif terendah sebesar 38,90 VAR hingga daya reaktif kapasitif tertinggi sebesar 1580,55 VAR. Dalam memperbaiki faktor daya dengan menambahkan daya reaktif terdapat error antar hasil perhitungan nilai VAR yang dihasilkan oleh kapasitor sesuai hasil perhitungan dengan hasil perbaikan faktor daya, hal tersebut diatas dengan membuat sistem Close Loop untuk memperbaiki error.

3.3. PENGUJIAN KAPASITOR TERHADAP BEBAN KAPASITIF

Tabel 2. Pengujian Kapasitor Terhadap beban Kapasitif

	Tegangan	Arus	Daya	Freq	PF	Daya Reaktif
	Volt	Amper	Watt	Hz		VAR
Awal	227,9	2,38	449	50	0,83	304,3
Step 4	228,2	2,85	449,2	50	0,69	470,3
Step 5	228,2	3,42	448,3	50	0,57	638,8
Step 6	228,3	3,54	454,1	49,9	0,56	668,5
Step 1	-	-	-	-	-	-
Step 2	-	-	-	-	-	-
Step 3	-	-	-	-	-	-

Pengujian kapasitor bank terhadap beban kapasitor dilakukan bertujuan untuk mengetahui kinerja alat terhadap beban kapasitif, dengan menggunakan beban kapasitif sebesar 18uf. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali percobaan dengan melakukan variasi beban, variasi beban diatur dengan menggunakan beban resistor dan beban kapasitif konstan. Percobaan pertama dilakukan dan mendapatkan hasil pada tabel diatas dengan PF awal yaitu 0,83, dari hasil percobaan tersebut sistem kapasitor bank akan melepas beban ketika terindikasi kapasitif setelah step 6 dimasukaan kesistem. Percobaan keduadilakukan dan mendapatkan hasil pada tabel diatas dengan PF awal yaitu 0,86, dari hasil percobaan tersebut sistem kapasitor bank akan melepas beban ketika terindikasi kapasitif setelah step 6 dimasukaan kesistem. Percobaan keduadilakukan dan mendapatkan hasil pada tabel diatas dengan PF awal yaitu 0,89, dari hasil percobaan tersebut sistem kapasitor bank akan melepas beban ketika terindikasi kapasitif setelah step 6 dimasukaan kesistem. Ketiga percobaan tersebut menunjukkan bahwa jika terdapat beban kapasitif pada sistem maka kapasitor akan dilepas setelah memasukan step ke 6.

3.4. PENGUJIAN KAPASITOR SETELAH KONDISI PADAM

Tabel 3. Pengujian Kapasitor setelah kondisi padam

	Tegangan	Arus	Daya	Freq	PF	Var
	Volt	Amper	Watt	Hz		
Awal	232	2,39	479,4	49,9	0,87	278,61
Perbaikan	232,3	2,12	480,1	49,9	0,97	109,711
Waktu : 00 : 00 : 37 : 93						
Perbaikan	232,3	2,12	480,1	49,9	0,97	109,711

Pengujian Kapasitor bank otomatis setelah kondisi pada dilakukan untuk mengetahui bagai mana respon kapasitor bank untuk kembali memperbaiki sesuai dengan kebutuhan daya reaktif. Dari tabel diatas menunjukkan hasil percobaan pertama pemulihan kapasitor bank setelah kondisi padam dengan PF awal sebelum perbaikan adalah 0,87 dan kondisi setelah perbaikan adalah 0,97. Hasil percobaan pada tabel 3

- Cabang Pontianak. Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT), 1.
- Fahdi Ruamta Sebayang, A. R. H. (2013). Analisis Perbaikan Faktor Daya Beban Resistif, Induktif, Kapasitif Generator Sinkron 3 Fasa Menggunakan Metode Pottier. DTE FT USU, 3(2), 76–81.
- Hakim, L., & Syahrizal, S. (2017). Simulasi Sistem Pembaca Beda Fasa Dua Sinusoidal Menggunakan Mikrokontroler. Annual Research Seminar (ARS), 2(1), 201–204.
- Hamdani Rizal. M. (2017). Kualitas Daya Listrik Industri. Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- Ibrahim, Ridyandhika Riza, Bektu Yulianti, S. M. (2022). RANCANG BANGUN MONITORING PEMAKAIAN ARUS LISTRIK PLN BERBASIS IoT. Jurnal Teknologi Industri, 11(1), 43–51.
- Lisiani, Razikin, A., & Syaifurrahman. (2020). Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi). Jurnal Untan, 1(3), 1–9.
- Muhammad H. Rashid. (2001). POWER ELECTRONICS. San Diego, California : Academic Press
- Nahv, Mahmood., & Edminister, Joseph A. (2003). ELECTRIC CIRCUITS Fourth Edition. United States of America : The McGraw-Hill Companies, Inc
- Nizam, M. K. (2019). Analisis Perbaikan Kualitas Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Lumumba PT. PLN Ngagel Surabaya. Jurnal Teknik Elektro, 6(1), 51–66.
- Noor, F. A., Ananta, H., & Sunardiyo, S. (2017). Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket. Jurnal Teknik Elektro, 9(2), 66–73.