

RANCANG BANGUNG SISTEM OTOMASI PERBAIKAN KUALITAS DAYA SKALA RUMAH TANGGA

Angga Pratama Lifere¹, Nursalim², Evtaleny R. Mauboy³

^{1,2,3}Teknik Elektro Universitas Nusa Cendana, Jalan Adisucipto Penfui Kupang NTT,
Email: aplifere@gmail.com,
Email: nursalim@staf.undana.ac.id,
Email: rollanboy@yahoo.com

Info Artikel

Histori Artikel:
Diterima Feb 12, 2020
Direvisi Mar 12, 2020
Disetujui Mar 25, 2020

ABSTRACT

Low power factor in a particular electrical system in household scale customers can result in a decrease in the quality of electric power, which can result in the occurrence of a miniature circuit breaker (MCB) trip when the apparent power condition (Volt Ampere) of electrical equipment exceeds real power (Watt) of electrical equipment. This research aims to create a tool that can improve power factor automatically and displaying several parameters to support accuracy when analyzing load conditions such as power, current, voltage, real power, apparent power, reactive power, the phase angle and the value of the capacitor required. The system is designed to use the pzem 004-t sensor with a combination of current transformer and direct connection to the phase and neutral wires in the electrical system to measure the required amount, using the minimum system atmega328 as a processor, relay as the selection of capacitors and liquid crystal display (LCD) to display the measured amount. The results of this research is the tool capable of improving the quality of electrical power based on power factors, can work at a load of 549.77 VA and can be applied to household customers of 450 VA, can reduce the consumption of electric current in household appliances so as to reduce the occurrence of trips on equipment protection and can display some electrical quantities, namely current, voltage, power factor, real power, apparent power, reactive power and capacitor requirements.

Keywords: Power Factor, Compensation Capacitors, Microcontroller.

ABSTRAK

Faktor daya yang buruk pada suatu sistem kelistrikan terkhusus pada pelanggan skala rumah tangga dapat mengakibatkan penurunan kualitas daya listrik, dimana dapat mengakibatkan alat proteksi rumah tangga trip pada kondisi daya semu (Volt Ampere) peralatan listrik melebihi daya nyata (Watt) peralatan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat yang dapat melakukan perbaikan faktor daya secara otomatis, dan dapat menampilkan beberapa parameter untuk menunjang keakuratan pada saat menganalisa kondisi beban yaitu faktor daya, arus, tegangan, daya nyata, daya semu, daya reaktif, sudut fasa dan nilai kebutuhan kapasitor. Sistem yang dirancang memanfaatkan sensor pzem 004-t dengan kombinasi transformator arus dan hubung langsung pada kabel fasa dan netral pada sistem kelistrikan untuk mengukur besaran yang diperlukan, menggunakan sistem minimum atmega328 sebagai pemroses, rele sebagai pemilihan kapasitor dan liquid crystal display (LCD) untuk menampilkan besaran terukur. Hasil dari penelitian ini adalah alat mampu memperbaiki kualitas daya listrik berdasarkan faktor daya, dapat bekerja pada beban sebesar 549,77 VA dan dapat diterapkan pada pelanggan listrik rumah tangga 450 VA, dapat mengurangi konsumsi arus listrik pada peralatan rumah tangga sehingga mengurangi terjadinya trip pada peralatan proteksi dan dapat menampilkan beberapa besaran listrik yaitu arus, tegangan, faktor daya, daya nyata, daya semu, daya reaktif dan kebutuhan kapasitor.

Kata kunci : Faktor Daya, Kapasitor Kompensasi, Mikrokontroler.

Penulis Korespondensi:

Nursalim,
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Nusa Cendana,
Jl. Adisucipto Penfui - Kupang.
Email: nursalim@staf.undana.ac.id

1. PENDAHULUAN

Kualitas daya listrik merupakan parameter penting dalam keandalan suatu sistem ketenagalistrikan. Kualitas daya listrik yang baik dapat mengurangi kegagalan pada sebuah sistem kelistrikan, seperti rugi – rugi daya [1-3]. Faktor daya merupakan suatu parameter yang sangat berpengaruh terhadap kualitas daya listrik, ketika kondisi faktor daya dalam keadaan buruk maka hal tersebut dapat mengakibatkan penurunan pada kualitas dari daya listrik tersebut [4-6].

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif dengan daya semu. Faktor daya menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Daya aktif digunakan untuk mengoperasikan beban-beban pada pelanggan listrik. Daya semu dihasilkan oleh generator pembangkit yang ditransmisikan ke pelanggan listrik. Daya reaktif yang bertambah menyebabkan sudut fasa antara daya semu dan daya nyata melebar dan hal tersebut menyebabkan turunnya faktor daya listrik [7, 8] Pada sistem kelistrikan sebuah rumah tangga terdapat beban – beban listrik induktif yang dapat mengakibatkan turunnya faktor daya, seperti motor air, air conditioner (AC), kipas angin, kulkas dan lampu TL. Menurut [9, 10] faktor daya pada suatu sistem ketenagalistrikan tidak boleh berada dibawah 0,85 atau 85% dikarenakan akan dikenakan biaya kompensasi daya reaktif untuk pelanggan dengan skala industri, tetapi tidak dikenakan biaya kompensasi daya reaktif untuk pelanggan dengan skala rumah tangga. Namun berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh [7], faktor daya yang buruk pada skala rumah tangga dapat mengakibatkan terjadinya alat proteksi rumah tangga (miniature circuit breaker dan earth leakage cricuit breaker) trip pada kondisi daya semu (Volt Ampere) peralatan listrik yang melebihi daya nyata (Watt) peralatan listrik yang diakibatkan oleh beban – beban induktif pada rumah tangga yang mempengaruhi fasa arus tertinggal dari pada fasa tegangan sehingga nilai besaran arus naik melebihi batasan alat proteksi, penelitian serupa juga telah lakukan oleh [8, 11].

Permasalahan tersebut dapat ditanggulangi dengan melakukan pemasangan kapasitor kompensasi yang diparalelkan ke dalam

sistem kelistrikan untuk menginjeksi kebutuhan daya reaktif pada sistem kelistrikan, sehingga memperkecil sudut antara daya semu dan daya nyata yang mempengaruhi nilai faktor daya agar semakin baik. Untuk pemasangan kapasitor kompensasi, perlu terlebih dahulu dilakukan perencanaan, karena dibutuhkan perhitungan dan pemilihan kapasitor kompensasi sesuai dengan kondisi beban yang ada. Oleh karena itu dapat dilakukan penelitian tentang perancangan suatu alat yang dapat melakukan pemilihan pemakaian kapasitor kompensasi dengan tepat ketika terjadi penurunan pada faktor daya secara otomatis.

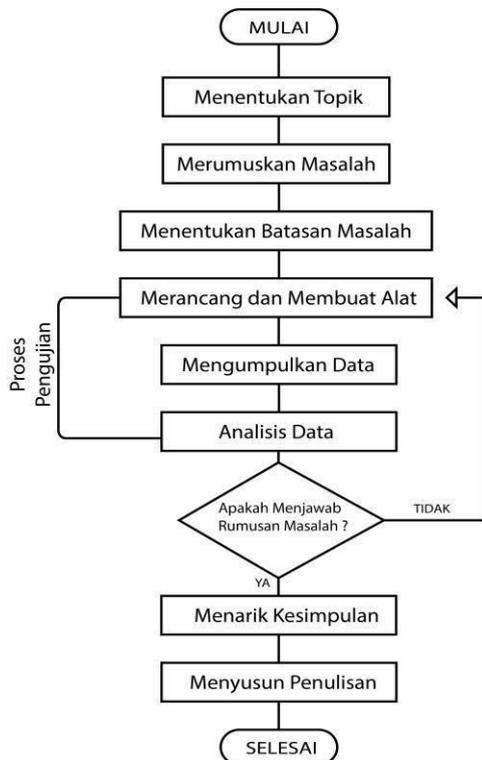
Penelitian–penelitian tentang pembuatan alat perbaikan faktor daya dengan memanfaatkan kapasitor telah banyak dilakukan oleh banyak peneliti, terdapat beberapa penelitian serupa yaitu, yang pertama oleh [8, 12] dimana dibuat sebuah alat untuk melakukan perbaikan faktor daya yang hanya menghitung dan memilih kapasitor kompensasi masih secara manual tanpa menggunakan mikrokontroler. Penelitian berikutnya dilakukan oleh [7] dimana dibuat sebuah alat untuk melakukan perbaikan faktor daya yang hanya melakukan pemantauan faktor daya dan tidak melakukan pemantauan pengukuran terhadap beberapa parameter lainnya seperti daya semu, daya reaktif, sudut fasa dan nilai kebutuhan kapasitor yang menunjang keakuratan pada saat menganalisa kondisi beban. Penelitian berikutnya dilakukan oleh [11] dimana dibuat sebuah alat perbaikan faktor daya yang hanya diimplementasikan pada satu jenis beban yaitu air conditioner (AC) dan alat yang dirancang ini hanya melakukan pemantauan faktor daya dan tidak dapat melakukan pemantauan dan pengukuran terhadap beberapa parameter lainnya yang menunjang keakuratan pada saat menganalisa kondisi beban.

Berdasarkan latar belakang di atas kemudian dilakukan penelitian dengan membuat alat perbaikan faktor daya yang dapat melakukan perbaikan faktor daya dengan memanfaatkan kapasitor kompensasi, melakukan pengukuran dan menampilkan beberapa parameter untuk menunjang keakuratan pada saat menganalisa kondisi beban yaitu faktor daya, arus, tegangan, daya nyata, daya semu, daya reaktif, sudut fasa dan nilai kebutuhan kapasitor pada pelanggan listrik skala rumah tangga 450 VA dengan judul penelitian : “Rancang Bangun Sistem Otomasi Perbaikan Kualitas Daya Skala Rumah Tangga”.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Percangan dan pembuatan sistem

Pada perancangan dan pembuatan alat ini digunakan metode eksperimen. Metode ini bersifat *validation* atau menguji, yaitu menguji satu atau lebih variabel terhadap variabel lain untuk mendapatkan hasil yang diinginkan (Untari, 2018). Berikut adalah diagram alir urutan penelitian tersebut.

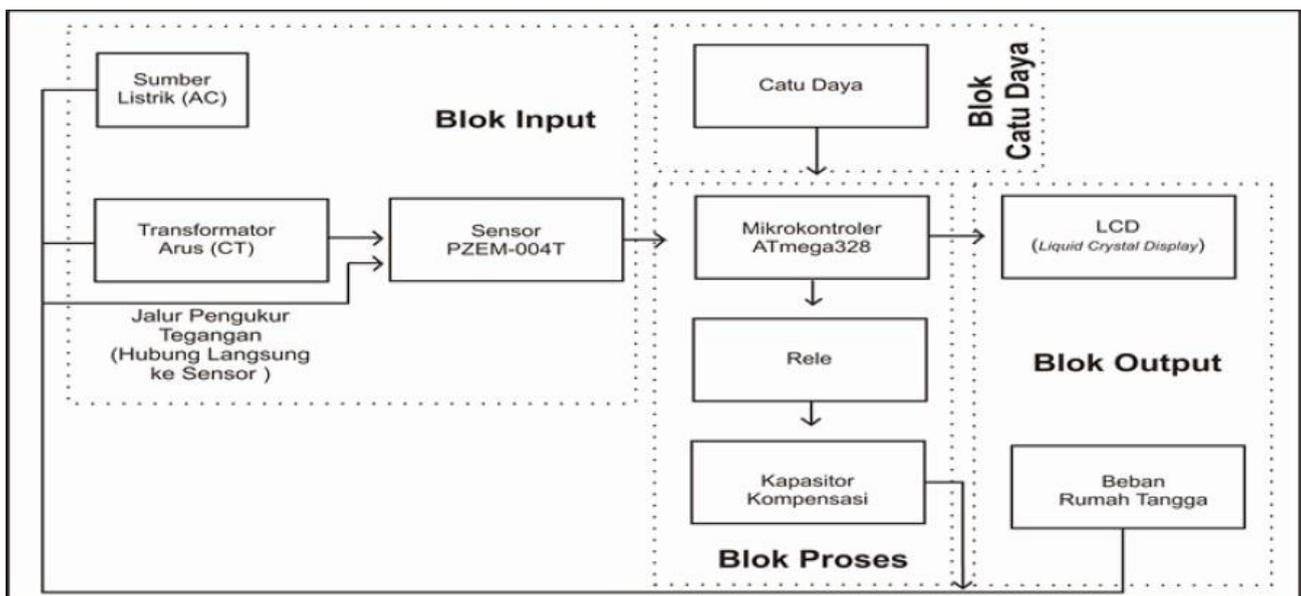


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah uraian dari diagram alir penelitian.

- **Menentukan Topik**
Menentukan suatu topik permasalahan yang akan dilakukan penelitian.
- **Menurunkan Masalah**
Merumuskan masalah – masalah yang akan dijadikan tolak ukur penelitian.
- **Menentukan Batasan Masalah**
Dilakukan untuk membatasi proses penelitian.
- **Proses Pengujian**
Pada proses pengujian terdapat tiga tahap, yaitu merancang dan membuat alat, mengumpulkan data, analisis data. Proses ini dapat dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan hasil penelitian sesuai dengan rumusan masalah. Jika belum mencapai rumusan masalah yang ditentukan maka akan diulang.
- **Menarik Kesimpulan**
Pada bagian ini dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan data yang telah di analisa.
- **Menyusun Penulisan**
Pada bagian ini dilakukan penyusunan penulisan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

2.2 Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Diagram Blok Sistem.

Uraian dari diagram blok sistem yang telah dibuat adalah sebagai berikut :

- **Blok input**

Input yang dimaksud adalah tiga jenis parameter yaitu arus, tegangan dan faktor daya yang diukur dengan memanfaatkan sensor pzem-004t yang dikombinasikan dengan transformator arus [13].

- **Blok proses**

Pada blok ini terdapat tiga perangkat yaitu mikrokontroler atmega328, rele dan kapasitor kompensasi. Data yang diterima berdasarkan pengukuran sensor pzem-004t akan diproses pada mikrokontroler dan akan dilakukan pemilihan kapasitor dengan memanfaatkan rele untuk memutuskan dan menghubungkan kapasitor dengan sistem kelistrikan sesuai kondisi beban.

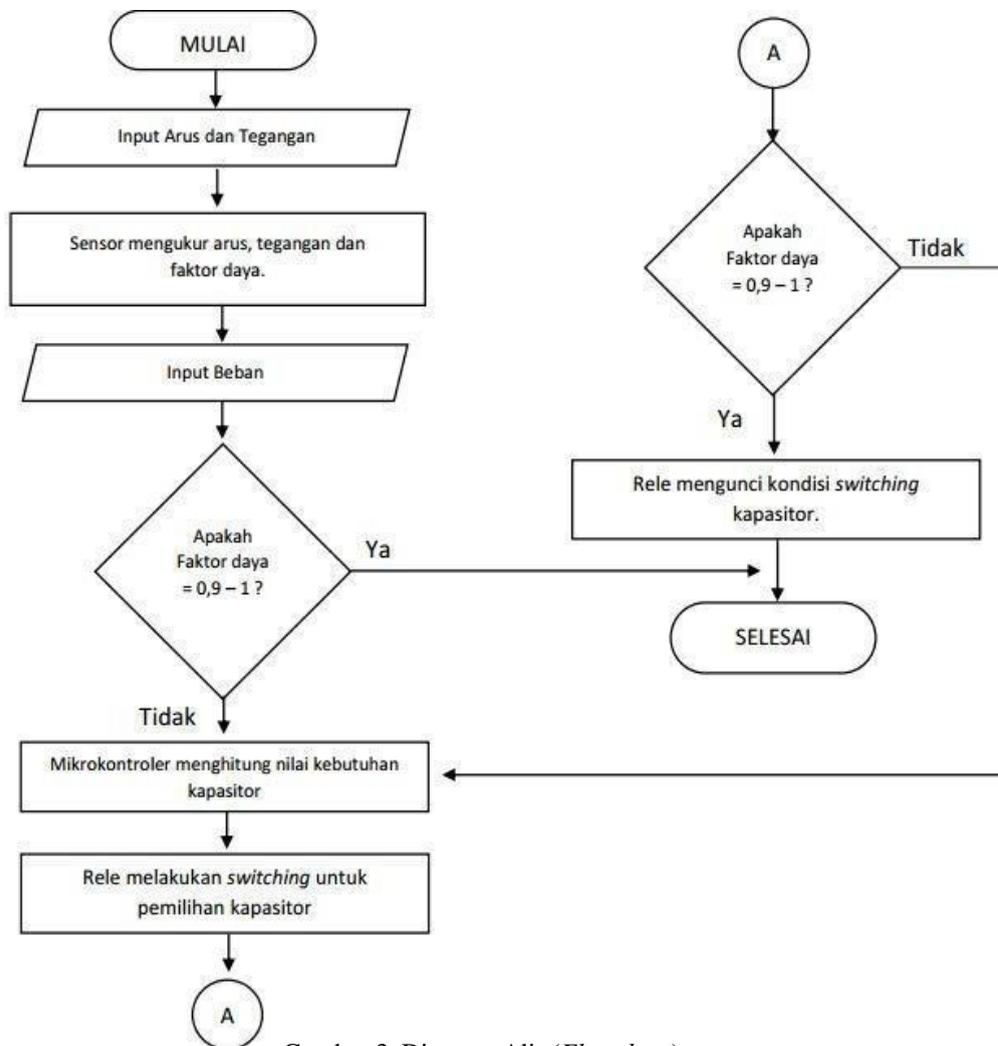
- **Blok output**

Pada blok output terdapat liquid crystal display dan beban, dimana liquid crystal display akan menampilkan semua parameter yang terukur dan beban akan injeksikan daya reaktif oleh kapasitor yang terhubung ke sistem kelistrikan tersebut.

- **Blok catu daya**

Pada blok catu daya ini terdapat sebuah rangkaian catu daya atau power supply yang berfungsi sebagai penghasil dan pengatur besaran daya ke seluruh bagian sistem yang membutuhkan arus listrik. Catu daya ini berperan penting dalam pendistribusian daya ke bagian sistem yang membutuhkan listrik agar dapat bekerja.

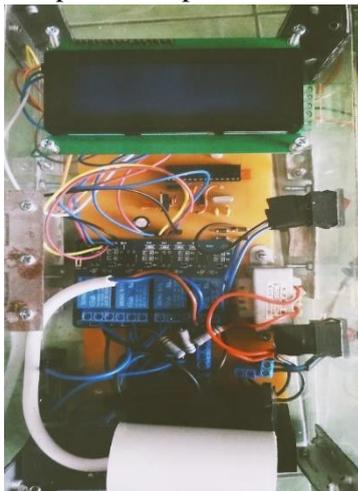
2.3 Diagram Alir



Gambar 3. Diagram Alir (Flowchart).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perancangan alat perbaikan kualitas daya skala rumah tangga berdasarkan faktor daya ini dapat bekerja sesuai dengan rumusan masalah yang ada. Alat ini dirancang berdasarkan kondisi sistem kelistrikan rumah tangga 450 VA yang akan dideteksi melalui sensor pzem-004t yang di kombinasikan dengan transformator arus. Kombinasi kedua perangkat tersebut akan melakukan pengukuran terhadap tiga jenis parameter pada sistem kelistrikan rumah tangga yaitu arus, tegangan dan faktor daya. Kemudian tiga parameter tersebut diproses oleh mikrokontroler atmega328 untuk mendapatkan besaran – besaran lainnya seperti daya nyata, daya semu, daya reaktif, sudut fasa dan kebutuhan kapasitor, sehingga ketika terjadi penurunan faktor daya dibawah angka 0,85 maka mikrokontroler akan melakukan pemilihan kapasitor dengan memanfaatkan rele berdasarkan besaran kebutuhan kapasitor sehingga faktor daya kembali ke kondisi baik atau mendekati angka 1. Hasil perancangan alat berupa *prototype* dapat dilihat pada Gambar 4 & 5.



Gambar 4. *Prototype* Alat (Tampak Depan).



Gambar 5. Tampilan Data Pengukuran Pada Alat.

3.1 Pengujian Catu Daya

Hasil pengujian catu daya dari alat tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Catu Daya.

Pengukuran	Pengukuran	Pengukuran	Pengukuran	Pengukuran	Rata - rata
1	2	3	4	5	
4,97 Volt					

Tegangan rata – rata pada catu daya adalah sebesar 4,97 v dan alat dapat bekerja dikarenakan tegangan operasi ic atmega328 yang dipakai sebagai pemroses adalah 0,8 v – 5,5 v.

3.2 Pengujian Sensor

Pada pengujian ini, telah dilakukan kalibrasi arus, tegangan dan faktor daya pada sensor pzem-004t dengan alat ukur yaitu multimeter dan cos phi meter dengan menggunakan beban lampu TL 35 Watt, hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 2, 3 dan 4.

Tabel 2. Pengujian Arus.

No.	Multimeter	Sensor PZEM-004T	% Error
1	0,26	0,26	0
2	0,26	0,26	0
3	0,26	0,26	0
4	0,26	0,26	0
5	0,26	0,26	0
Rata – rata	0,26	0,26	0

Tabel 3. Pengujian Tegangan.

No.	Multimeter	Sensor PZEM-004T	% Error
1	215	215	0
2	215	215	0
3	215	215	0
4	215	215	0
5	215	215	0
Rata-rata	215	215	0

Tabel 4. Pengujian Faktor Daya.

No.	Cos Phi Meter	Sensor PZEM-004T	% Error
1	0,71	0,71	0
2	0,71	0,71	0
3	0,71	0,71	0
4	0,71	0,71	0
5	0,71	0,71	0
Rata – rata	0,71	0,71	0

3.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada bagian ini dilakukan pengujian pada keseluruhan sistem yang dirancang, akan dilakukan perbandingan antara kondisi sistem pada saat tanpa menggunakan switching kapasitor kompensasi dan kondisi pada saat menggunakan switching kapasitor kompensasi. Pada pengujian ini akan digunakan 3 sampel beban induktif yaitu Lampu TL 35 Watt, Lemari Pendingin 1 HP (Horse Power) / 746 Watt, Kulkas 157 Watt dan kipas angin 65 Watt.

- **Pengujian sistem tanpa kompensasi kapasitor**

Hasil pengujian sistem tanpa kompensasi kapasitor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 5. Pengujian sistem tanpa kompensasi kapasitor

No.	Jenis Beban	I (Ampere)	V (Volt)	PF	P (W)	S (VA)	Q (VAR)	Angle (Derajat)	C (uF)
1.	Lampu TL 35 Watt	0,25	212,7	0,72	38,12	52,95	36,74	43,95	2,57
2.	Kipas Angin 65 Watt	0,34	201,6	0,98	66,98	68,34	13,6	11,48	1,07
3.	Kulkas 157 Watt	1,08	199,2	0,71	153,31	215,93	152,06	44,77	12,2
4.	Lemari Pendingin 1 HP/746 Watt	1,55	198,5	0,67	206,14	307,67	228,41	47,93	18,46
5.	Kipas Angin 65 Watt + Kulkas 157 Watt + Lemari Pendingin 1 HP	2,78	197,9	0,76	417,82	549,77	357,31	40,54	29,05

- Pengujian sistem menggunakan kompensasi kapasitor**
 Hasil pengujian sistem menggunakan kompensasi kapasitor dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian sistem menggunakan kompensasi kapasitor

Jenis Beban	I (Ampere)	V (Volt)	PF	P (W)	S (VA)	Q (VAR)	Angle (Derajat)	C (uF)
Lampu TL 35 Watt	0,19	212,8	0,98	38,10	38,88	7,74	11,48	0,54
Kipas Angin 65 Watt	0,34	201,6	0,98	66,98	68,34	13,6	11,48	1,07
Kulkas 157 Watt	0,78	199,4	0,99	153,98	155,53	21,94	8,117	1,76
Lemari Pendingin 1 HP/746 Watt	1,05	198,8	0,98	205,15	209,34	41,66	11,48	3,36
Kipas Angin 65 Watt + Kulkas 157 Watt + Lemari Pendingin 1 HP	2,13	198,4	0,98	414,33	422,79	84,13	11,48	6,81

3.4 Pembahasan

Alat perbaikan kualitas daya berdasarkan faktor daya ini dirancang untuk pelanggan rumah tangga 450 VA. Namun pada pengujiannya, alat mampu menginjeksi daya reaktif pada beban sebesar 549,77 VA dengan faktor daya 0,76 dan konsumsi arus sebesar 2,78 ampere (dilihat pada

Tabel 1, No. 5) menjadi 422,79 VA dengan faktor daya 0,98 dan konsumsi arus sebesar 2,13 ampere (dilihat pada Tabel 2, No. 5). Berdasarkan pengujian tersebut dapat dikatakan alat bekerja dengan baik dan sesuai dengan dengan perancangan.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Penggunaan Alat

Pada gambar 6 terdapat grafik perbandingan penggunaan alat, grafik tersebut bertujuan untuk menunjukkan perbandingan dari hasil pada saat menggunakan kompensasi kapasitor (kondisi alat meninjeksikan daya reaktif dari kapasitor – tabel 6) dan tanpa kompensasi kapasitor (kondisi alat tidak meninjeksikan daya reaktif – tabel 5). Angka 0 sampai 1 adalah faktor daya. Ketika tanpa kompensasi kapasitor, beberapa perangkat faktor dayanya berada dibawah 0,8 (dapat dilihat pada tabel 5), setelah menggunakan kompensasi kapasitor faktor daya meningkat di atas 0,9 (dapat dilihat pada tabel 6).

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan pengujiannya, alat perbaikan kualitas daya skala rumah tangga ini mampu bekerja pada beban sebesar 549,77 VA dan dapat diterapkan pada pelanggan listrik rumah tangga 450 VA sesuai dengan perencanaan.
2. Alat perbaikan kualitas daya skala rumah tangga mampu mengurangi konsumsi arus pada peralatan rumah tangga sehingga mengurangi terjadinya trip pada peralatan proteksi rumah tangga.
3. Alat perbaikan kualitas daya skala rumah tangga mampu melakukan pengukuran dan menampilkan besaran arus, tegangan, faktor daya, daya nyata, daya semu, daya reaktif, sudut fasa dan nilai kebutuhan kapasitor sesuai yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Sankaran, Power quality: CRC press, 2017.
- [2] K. Ogata, "Teknik Kontrol Otomatik (Sistem Pengaturan) Jilid 1," alih bahasa Edi Leksono-- Jakarta: Erlangga, 1995.
- [3] D. F. Handbook, "Electrical Science," Washington, DC: US Department of Energy, 1992.
- [4] J. J. Saputra, "Simulasi dan analisa penggunaan svc sebagai penyeimbang arus serta perbaikan faktor daya pada simulasi sistem tiga fasa tak seimbang," Fakultas Teknik, 2015.
- [5] A. Von Meier, "Electric power systems," in A Conceptual Introduction, ed: Wiley Online Library, 2006.
- [6] A. Kadir, "Pengenalan Sistem Informasi Edisi Revisi, 2014," 44 Yogyakarta: Andi Offset, 2014.
- [7] T. N. Hartono, M. Shidiq, and H. Santoso, "Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Beban Rumah Tangga dengan Menggunakan Switching Kapasitor dan Induktor Otomatis," Jurnal Mahasiswa TEUB, vol. 2, 2014.
- [8] E. B. Haryadi, "Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Peralatan Rumah Tangga," Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2015.
- [9] W. N. Hardiranto, "Analisa optimasi perbaikan faktor daya dan drop tegangan dengan menggunakan kapasitor bank pada line 5 PT Bukit Asam (persero) Tbk," 2017.
- [10] M. B. Manggala, M. J. Afroni, and B. M. Basuki, "Analisis Kebutuhan Kapasitor Bank Terhadap Peningkatan Efisiensi daya Listrik Pada Saluran Unit Iii Di Pt. Petrokimia Gresik," Science Electro, vol. 8,

2019.

- [11] N. Muhaimin, F. A. Rahma Wati, and A. F. Darmawan, "Rancang Bangun Alat Perbaikan Faktor Daya Untuk Ac (Air Conditioner) Secara Otomatis," Prosiding Elektronik Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Program Kreativitas Mahasiswa-Karsa Cipta, 2014.
- [12] S. Dewi, "Rancang Bangun Penghitung Jumlah Penonton Masuk Pada Studio Gedung Bioskop Dengan Sensor Infra Merah Dan Tampilan Seven Segment," Politeknik Negeri Sriwijaya, 2014.
- [13] F. N. Habibi, S. Setiawidayat, and M. Mukhsim, "Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Android Menggunakan Modul PZEM-004T," in Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan, 2017, pp. 157-162.