

Perancangan Kapasitor Dinamis Yang Dapat Dimonitor Jarak Jauh Berbasis Iot

¹ Wisnu Suryo Kuncoro, ² Didik Riyanto, ³ Jawwad Sulthon Habiby, ⁴ Adittio Ramadhan

^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Ponorogo

⁴ Teknik Listrik Politeknik Negeri Madiun, Madiun

¹ wisnusuryo14@gmail.com, ² didikriyanto@umpo.ac.id, ³ jawwad@umpo.ac.id, ⁴ ramadhanadit0089@gmail.com

Abstrak - High reactive power usage in household and industrial electrical systems can lead to energy waste and reduced system efficiency. To address this issue, a dynamic capacitor bank based on the Internet of Things (Iot) was designed, which can be monitored and controlled remotely through the Blynk application. This system is designed to automatically adjust the capacitance value based on load conditions, particularly for inductive loads such as a single-phase motor and an electric drill. Testing was carried out with various load variations, and the results showed an increase in the power factor ($\cos \phi$) and a reduction in reactive power. In the test using a single-phase motor, there was an increase in $\cos \phi$ and a decrease in active power by 0.7 watts. In the test using an electric drill, $\cos \phi$ also increased, and active power decreased by 1.6 watts. When both loads were used simultaneously, $\cos \phi$ increased, and active power rose by 1.7 watts. This increase did not exceed 1% of the motor's total power and remained within the normal fluctuation range (1–2 watts). Overall, the system successfully reduced reactive power significantly and improved power efficiency by increasing the power factor. The Blynk-based monitoring implementation also provides ease of real-time system supervision and control.

Keywords — *Dynamic capacitor bank, Internet of Things (Iot), Blynk, Remote monitoring, Power factor, Reactive power*

Abstrak - Penggunaan daya reaktif yang tinggi dalam sistem kelistrikan rumah tangga maupun industri dapat menyebabkan pemborosan energi dan menurunkan efisiensi sistem. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan perancangan kapasitor bank dinamis berbasis Internet of Things (Iot) yang dapat dimonitor dan dikendalikan secara jarak jauh melalui aplikasi Blynk. Sistem ini dirancang untuk menyesuaikan nilai kapasitansi secara otomatis berdasarkan kondisi beban, khususnya pada beban induktif seperti motor 1 phase dan bor listrik. Pengujian dilakukan dengan berbagai variasi beban, di mana hasilnya menunjukkan peningkatan faktor daya ($\cos \phi$) dan penurunan daya reaktif. Pada pengujian menggunakan motor 1 phase, terjadi kenaikan $\cos \phi$ dan penurunan daya aktif sebesar 0,7 watt. Sementara pada pengujian menggunakan bor listrik, $\cos \phi$ meningkat dan daya aktif berkurang sebesar 1,6 watt. Saat kedua beban digunakan bersamaan, terdapat peningkatan $\cos \phi$ dan daya aktif naik sebesar 1,7 watt. Kenaikan ini tidak melebihi 1% dari daya total motor dan berada dalam batas fluktuasi wajar (1–2 watt). Secara keseluruhan, sistem berhasil mengurangi daya reaktif secara signifikan dan meningkatkan efisiensi daya melalui peningkatan faktor daya. Implementasi monitoring berbasis Blynk juga memberikan kemudahan dalam pengawasan dan pengendalian sistem secara real-time.

Kata Kunci — *kapasitor bank dinamis, Iot, Blynk, monitoring jarak jauh, faktor daya, daya reaktif*

I. PENDAHULUAN

Kapasitor bank berfungsi meningkatkan faktor daya dengan menyuplai daya reaktif pada beban induktif, sehingga dapat meningkatkan efisiensi energi, mengurangi limbah elektronik, dan menurunkan biaya operasional listrik. Meskipun umum digunakan di industri, penerapannya di lingkungan rumah tangga masih terbatas [1].

Beban listrik pada instalasi rumah tangga terdiri dari tiga jenis, yaitu beban resistif, induktif, dan kapasitif. Beban resistif (misalnya setrika) tidak memengaruhi faktor daya secara signifikan, sedangkan beban induktif (seperti lampu TL dan motor listrik) membutuhkan daya reaktif, dan beban kapasitif (seperti televisi dan aki) menghasilkan daya reaktif [2].

Faktor daya merupakan salah satu penentu efisiensi konsumsi energi listrik di rumah. Nilai faktor daya yang rendah ($\text{pf} < 0,9$) dapat menyebabkan pemborosan energi, peningkatan biaya, rugi daya dan tegangan, serta menurunkan kinerja sistem secara keseluruhan [3]. Perbaikan faktor daya dapat dilakukan melalui pemasangan kompensator daya

reaktif, umumnya berupa kapasitor bank yang dihubungkan paralel dengan beban. Kapasitor bank terdiri dari beberapa kapasitor dengan spesifikasi serupa yang dirangkai seri atau paralel untuk menghasilkan nilai kapasitansi tertentu. Faktor daya rendah dapat bersifat lagging akibat beban induktif, atau leading akibat beban kapasitif [4]. Penggunaan kapasitor secara terus-menerus tanpa pengaturan dapat menyebabkan rugi daya, terutama saat beban induktif aktif.

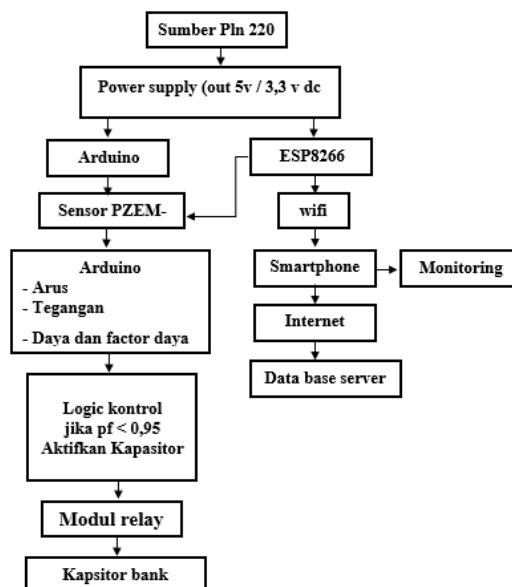
Kapasitor bank konvensional umumnya memiliki nilai kapasitansi tetap yang harus diubah secara manual untuk menyesuaikan fluktuasi faktor daya akibat penyalan peralatan elektronik secara tidak bersamaan [5]. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatis yang mampu mengatur kapasitansi secara dinamis guna memperbaiki faktor daya dan mengoptimalkan penggunaan energi.

II. METODE PENELITIAN

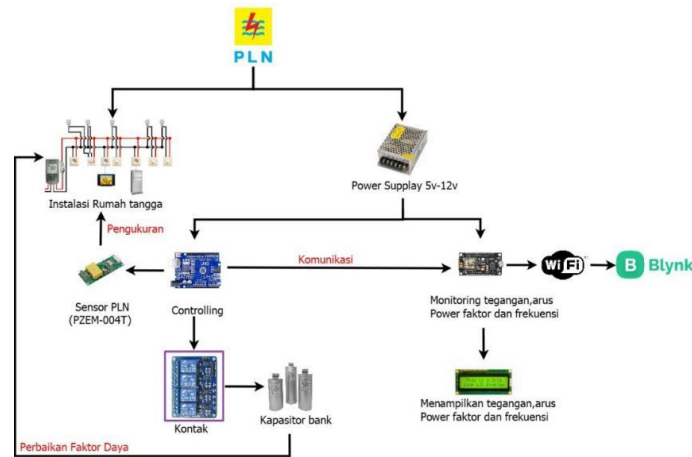
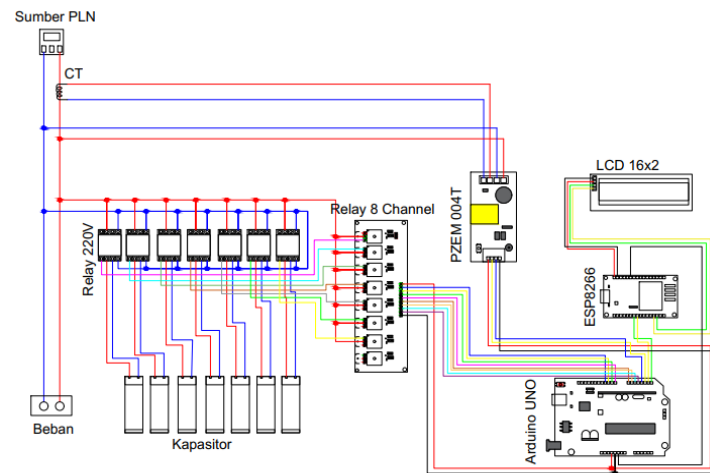
A. Metode

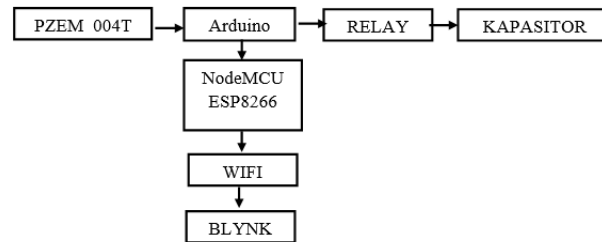
Sistem ini dirancang untuk memperbaiki faktor daya pada beban rumah tangga 900 VA dengan pemantauan jarak jauh berbasis Iot. Sumber listrik PLN 220V dikonversi menjadi tegangan DC 5V/3.3V oleh modul power supply untuk memberi catu daya pada Arduino dan ESP8266. Arduino membaca data dari sensor PZEM-004T (tegangan, arus, daya, frekuensi, dan faktor daya), lalu membandingkannya dengan nilai setpoint. Jika faktor daya kurang dari 0,95, Arduino mengaktifkan relay secara bertahap untuk menghubungkan kapasitor bank guna memperbaiki faktor daya. Data hasil pengukuran juga dikirimkan ke ESP8266 dan diteruskan ke server cloud melalui WiFi, sehingga informasi dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi Blynk

B. Gambar dan Tabel



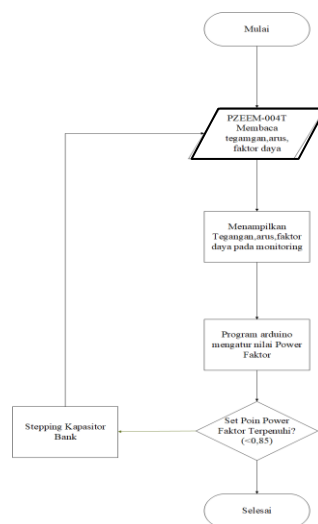
Gambar 1. Blok diagram





Gambar 4. Blok diagram

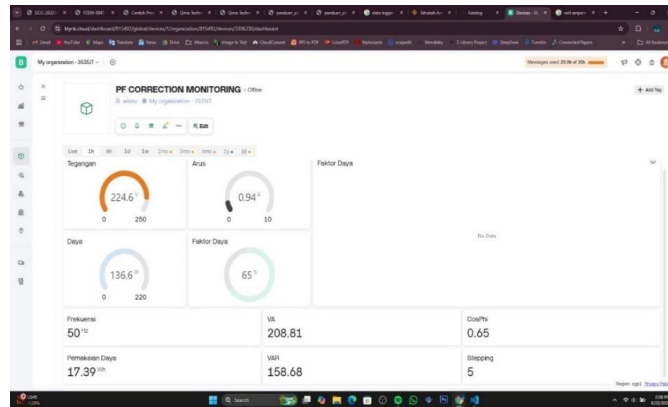
Sistem ini bekerja dengan mengukur tegangan dan arus beban menggunakan sensor, kemudian memproses data tersebut untuk mengendalikan relai kapasitor secara otomatis agar faktor daya mencapai standar PLN, yaitu minimal $\cos \phi \geq 0,85$. Pendekatan ini menunjukkan efektivitas mikrokontroler dalam pengaturan daya reaktif secara presisi dan efisien.



Gambar 5. flowchart

C. Perancangan

Perancangan kapasitor bank dinamis yang dapat dimonitor jarak jauh berbasis Iot dilakukan dengan pengukuran dan didapatkan data selanjutnya arduino melakukan perhitungan penentuan kapasitas kapasitor. Program arduino bekerja mengatur nilai PF yang sesuai. jika set poin cosphi belum terpenuhi (0,95 - 1) maka akan mencari kapasitas step yang sesuai untuk menemukan cosphi yang terbaik. Metode *rotary* mencari secara berurutan dari satu step ke step lainnya sampai cosphi perbaikan terpenuhi. Jika nilai sudah terpenuhi maka stepping akan berhenti pada step tersebut. Jika stepping kelebihan set point, maka akan memutus kapasitor dari step 1 sampai set point dibawah atau pas dengan set point yang telah ditentukan. Begitu juga berlaku jika stepping kurang maka akan ditambahkan dengan step berikutnya. Pekerjaan telah selesai jika set poin cosphi telah sesuai dan berhenti pada step dengan kompensasi kombinasi yang telah direncanakan sebelumnya. Selain itu sistem monitoring ini berfungsi untuk pemantauan yang di kirim dari ESP8266 yang akan terkoneksi ke aplikasi blynk data yang ditampilkan yaitu berupa daya yang dibaca oleh sensor PZEM-004T dan proses steping pada kapasitor bank dinamis yang dapat dimonitor jarak jauh berbasis Iot.



Gambar 6. Tampilan Dashboard Blynk

D. HASIL

Hasil pengujian ini akan digunakan sebagai perbandingan untuk mengevaluasi selisih presentase penghematan listrik setelah pemasangan kapasitor bank dan proses monitoring secara real time, sehingga dapat diketahui seberapa besar presentase efisiensi energi yang dihasilkan dari penggunaan alat tersebut berikut ini gambar kondisi rangkaian sebelum dihubungkan dengan kapasitor dan sesudah terkoneksi dengan kapasitor. pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap hasil dari perancangan kapasitor bank dinamis yang bisa dimonitoring jarak jauh berbasis Iot pengujian menggunakan beban motor 1phase dan bor listrik 300w. Yang bertujuan untuk memperoleh data acuan nilai perbandingan sebelum menggunakan kapasitor bank dan sesudah menggunakan kapasitor bank.

Beban Motor 1phase



Gambar 7. Pengujian Motor 1phase Sebelum



Gambar 8. Pengujian Motor 1phase Sesudah

Tabel 1. Pengujian Motor 1phase

	Tegangan	Arus	Daya	VAR	Faktor daya
Sebelum	235,1V	0,95A	118,7	189,63	0,53
Sesudah	235 V	0,6A	118W	78,9	0,83

Pengujian motor 1 phase menunjukkan perbedaan signifikan pada daya reaktif (VAR) sebelum dan sesudah penggunaan kapasitor bank. Sebelum menggunakan kapasitor, daya reaktif sebesar 189,9 VAR dengan faktor daya ($\cos \phi$) 0,53. Setelah ditambahkan kapasitor, daya reaktif menurun menjadi 78,9 VAR dan $\cos \phi$ meningkat menjadi 0,83. Hal ini menunjukkan berkurangnya daya yang terbuang. Meskipun daya aktif hanya berkurang sebesar 0,7 watt, efisiensi sistem meningkat karena penurunan signifikan pada daya reaktif

Beban bor listrik 300 W



Gambar 9. Pengujian Menggunakan Bor Listrik Sebelum



Gambar 10. Pengujian Bor Listrik Sesudah

Tabel 2. Pengujian Bor Listrik

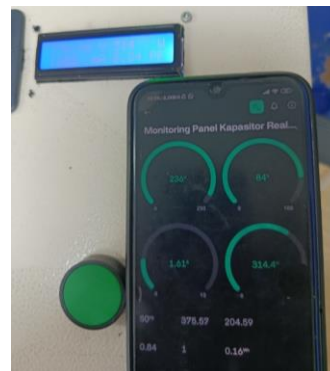
	Tegangan	Arus	Daya	VAR	Faktor daya
Sebelum	235,1V	1,26A	198,5W	215,22	0,68
Sesudah	235 V	0,96A	196,9W	106,29	0,88

Pengujian motor 1 phase menunjukkan bahwa penggunaan kapasitor bank mengurangi daya reaktif dari 215,22 VAR menjadi 106,29 VAR dan meningkatkan faktor daya ($\cos \phi$) dari 0,68 menjadi 0,88. Meskipun daya aktif hanya berkurang 1,6 watt, terjadi pengurangan signifikan pada daya yang terbuang, sehingga efisiensi sistem listrik meningkat.

Beban motor 1phase dan bor listrik



Gambar 11. Pengujian Motor 1phase Dan Bor Listrik Sebelum



Gambar 12. Pengujian Motor 1phase Dan Bor Listrik Sesudah

Tabel 3. Pengujian Motor 1phase Dan Bor Listrik

	Tegangan	Arus	Daya	VAR	Faktor daya
Sebelum	235,1V	2,16A	312,7W	395,42	0,62
Sesudah	236 V	1,61A	314,4W	204,59	0,84

Pengujian motor 1 phase dan bor listrik menunjukkan bahwa setelah penggunaan kapasitor bank, daya reaktif menurun dari 395,42 VAR menjadi 204,59 VAR dan faktor daya ($\cos \phi$) meningkat dari 0,62 menjadi 0,84. Meskipun daya aktif bertambah 1,7 watt (kurang dari 1%), peningkatan ini dianggap wajar. Secara keseluruhan, penurunan daya reaktif dan kenaikan faktor daya menunjukkan peningkatan efisiensi sistem listrik.

IV. KESIMPULAN

Telah berhasil dirancang sebuah kapasitor bank dinamis berbasis Iot untuk perbaikan faktor daya pada instalasi rumah tangga. Alat ini mampu menyesuaikan nilai kapasitansi secara otomatis sesuai kebutuhan daya reaktif beban, menggunakan rotary switch yang dikendalikan Arduino. Sensor arus mendeteksi perubahan beban, lalu sistem memilih kombinasi kapasitor yang sesuai untuk mempertahankan atau meningkatkan faktor daya.

Hasil pengujian menunjukkan peningkatan faktor daya dari 0,70 menjadi 0,97 serta penurunan arus dari 1,21 A menjadi 0,34 A saat menggunakan beban kipas, menandakan keberhasilan sistem. Alat ini juga terhubung dengan platform Iot Blynk untuk pemantauan real-time melalui perangkat mobile, memungkinkan pengguna melihat data seperti arus, tegangan, dan status kapasitor dari jarak jauh. Meskipun alat ini tidak secara langsung menghemat energi (daya aktif/watt), namun efektif dalam mengoreksi faktor daya, yang berdampak pada pengurangan daya reaktif terbuang dan memaksimalkan efisiensi penggunaan listrik di rumah tangga.) Percobaan pertama menggunakan beban kipas menunjukkan peningkatan $\cos \phi$ dari 0,70 menjadi 0,97 dan penurunan arus dari 1,21 A menjadi 0,34 A setelah pemasangan kapasitor, menandakan keberhasilan alat. Sistem dilengkapi platform Iot berbasis Blynk untuk monitoring real-time melalui perangkat mobile, menampilkan data seperti arus, tegangan, dan status kapasitor

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. S. St. Awaliah Maghfirah, Faisal Syafar, “Perkembangan teknologi di era digital sekarang ini bertumbuh semakin cepat . Teknologi merupakan suatu sarana atau sistem yang berfungsi untuk memberikan kenyamanan serta kemudahan bagi manusia . Oleh karena itu teknologi menjadi sangat penting di era sek,” *UNM J. Technol. Vocat.*, vol. 7, no. 1, 2023.
- [2] A. Dani and M. Hasanuddin, “Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi Kasus STT Sinar Husni),” *STMIK R. – AMIK R.*, vol. 1, no. 1, pp. 673–678, 2021.
- [3] F. Hunaini, A. Ridho Adisyahrudin, and S. Setiawidayat, “JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA BEBAN LISTRIK SKALA RUMAH TANGGA DENGAN METODE FUZZY LOGIC,” *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 11–21, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.widyagama.ac.id/index.php/jasee/article/view/434>
- [4] J. Murianto, D. Febrianto, and F. Azmi, “Rancang Bangun Alat Uji Pada Perbaikan Faktor Daya Dengan Kapasitor Bank,” *JESCE (Journal Electr. Syst. Control Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 53–62, 2020, [Online]. Available: <https://www.ojs.uma.ac.id/index.php/jesce/article/view/3995%0Ahttps://www.ojs.uma.ac.id/index.php/jesce/article/download/3995/2811>
- [5] W. A. Furqon, W. P. Muljanto, and N. P. Agustini, “Rancang Bangun Sistem Cos Phi Analyzer Untuk Penentuan Nilai Kapasitor,” *Magn. J. Mhs. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 17–26, 2023.
- [6] R. A. Fahlevi and P. Prihono, “Peningkatan Produktivitas Pabrik Kertas Dengan Mempertimbangkan Power Faktor Dan Menggunakan Kapasitor Bank Di Pt Dayasa Aria Prima,” *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 51–59, 2023, doi: 10.33884/jrsi.v8i2.7260.
- [7] A. ArjunPratikto, “Simulasi Kendali Dan Monitoring Daya Listrik Peralatan Rumah Tangga Berbasis ESP32,” *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 3, no. 1, pp. 38–48, 2022, doi: 10.36040/alinier.v3i1.4855.
- [8] N. Naibaho, “Optimalisasi Energi Listrik Diantara Penggunaan Kapasitor Daya Dengan Motor Sinkron,” *J. Ilm. Elektrokrisna*, vol. 7, no. 2, p. 82, 2019.
- [9] K. Hamamni, M. Mukhsim, and D. Siswanto, “Prototipe Sistem Monitoring Biaya Penggunaan Listrik Pada Rumah Kos Berbasis Iot,” *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 1, no. 02, pp. 35–46, 2021, doi: 10.31328/jasee.v1i02.12.
- [10] D. Djukarna and M. Murni, “Pengembangan Superkapasitor Bank dengan Kontroler ESP-32 Berbasis Iot sebagai Alat Penyimpan Energi,” *J. Inov. dan Pembelajaran Fis.*, vol. 10, no. 1, pp. 44–56, 2023, doi: 10.36706/jipf.v10i1.19570.
- [11] F. Sintia Ningrum and D. Pandji Triadyaksa, “Sistem Otomatisasi Dan Kendali Jarak Jauh Lampu Smart House Berbasis Nodemcu Esp8266,” *Berk. Fis.*, vol. 23, no. 4, pp. 151–160, 2020.