

Rancang Bangun Pengendali Kapasitor Bank Untuk Koreksi Faktor Daya Listrik Berbasis *Internet of Things*

Bayu Febri Alfianto¹, Itmi Hidayat Kurniawan²

Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Makalah

Dikirim, 1 September 2021
Direvisi, 31 Mei 2022
Diterima, 31 Desember 2022

Kata Kunci:

Kapasitor Bank
IoT
Faktor Daya

Keyword:

Capacitor Bank
IoT
Power Factor

INTISARI

Kualitas daya listrik menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan. Perbaikan $\cos \phi$ sangatlah diperlukan guna meminimalisir penggunaan daya reaktif energi listrik. Kapasitor bank dapat memperbaiki *power factor* ($\cos \phi$) pada peralatan listrik konsumen. Oleh sebab itu, perlu adanya sebuah sistem pengendali kapasitor bank untuk koreksi faktor daya listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) dan keypad yang dapat memperbaiki nilai $\cos \phi$ secara manual maupun otomatis serta *monitoring* besaran listrik melalui sebuah aplikasi pada *smartphone* serta LCD Display. Komponen keypad pada sistem kendali kapasitor bank digunakan untuk memasukkan nilai referensi faktor daya dalam pengontrolan kapasitor secara real time. Dan IoT dimaksudkan pengontrolan kapasitor untuk memperbaiki nilai faktor daya yang bersifat *online*. Dalam perancangan kapasitor menggunakan rangkaian paralel serta dilengkapi dengan indikator kapasitor pada *smartphone* serta LCD Display memudahkan dalam pengaktifan kapasitor. Sistem perbaikan faktor daya ini dapat memperbaiki nilai faktor daya dengan beban listrik. Dari Hasil penelitian ini nilai sebelum perbaikan $\cos \phi = 0,52$ dan setelah diperbaiki nilai rata-rata $\cos \phi = 0,93$.

ABSTRACT

The quality of the electric power is something that needs to be considered. Improvement of $\cos \phi$ is needed to minimize the use of reactive power of electrical energy. Capacitor banks can improve the power factor ($\cos \phi$) in consumer electrical equipment. Therefore, it is necessary to have a capacitor bank control system for electric power factor correction based on the Internet of Things (IoT) and a keypad that can manually or automatically correct the $\cos \phi$ value and monitor electricity quantities through an application on a smartphone and LCD display. The keypad component of the capacitor bank control system is used to input power factor reference values in real time capacitor control. And IoT is meant to control capacitors to improve the online power factor value. In designing capacitors using parallel circuits and equipped with a capacitor indicator on a smartphone and LCD display makes it easier to activate the capacitor. This power factor improvement system can improve the value of the power factor with the electrical load. From the results of this study, the value before the repair was $\cos \phi = 0.52$ and after it was repaired, the average value was $\cos \phi = 0.93$.

Korespondensi Penulis:

Bayu Febri Alfianto
 Program Studi Teknik Elektro
 Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto
 JL. Raya Dukuhwaluh, Purwokerto, 53182
 Email: bayufebri0016@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Kualitas daya listrik pada industri sangat penting karena sangat mempengaruhi proses dan hasil akhir produksi. Ketika semakin sensitifnya suatu peralatan baik di industri maupun di rumah tangga, kualitas daya listrik menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan [1][2][3][4][5].

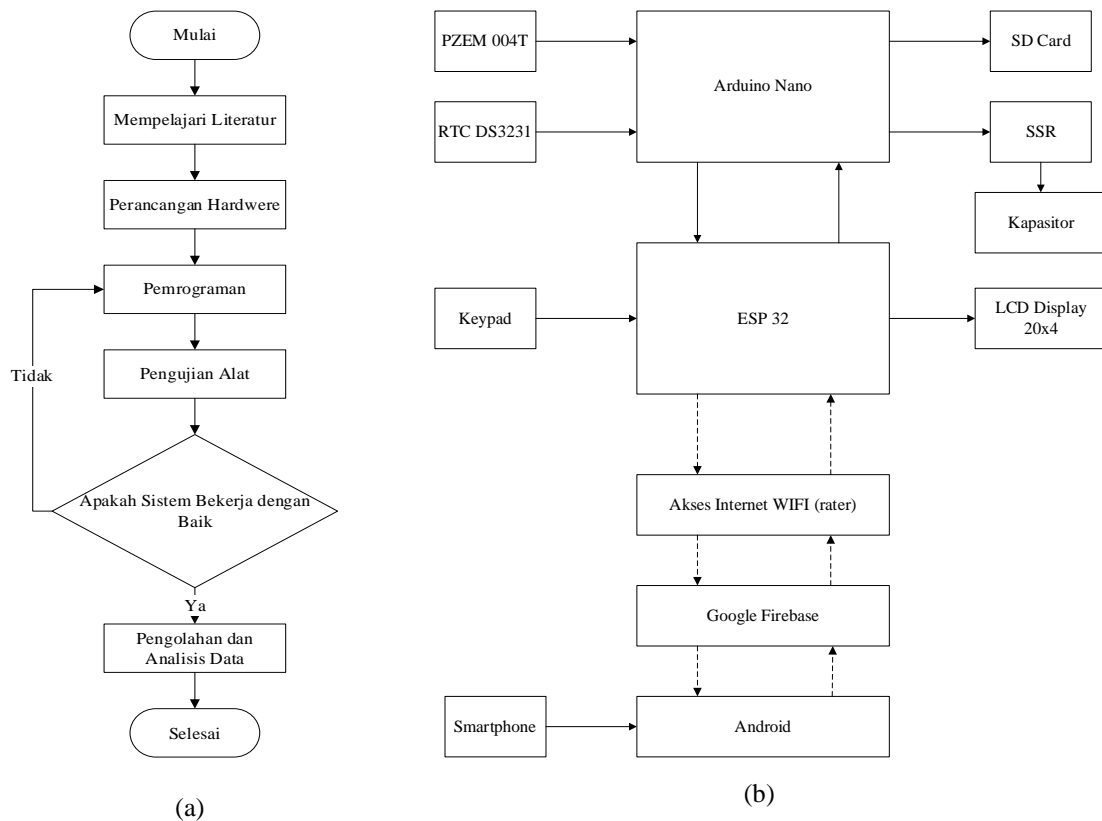
Kapasitor bank dapat memperbaiki *power factor* (Cos phi) untuk meningkatkan kualitas daya sekaligus meningkatkan efisiensi pemakaian peralatan listrik konsumen dan akhirnya efisiensi energi listrik yang disediakan oleh penyedia tenaga listrik [6][7][8][9][10].

Penggunaan keypad pada alat perancangan kapasitor bank dimaksudkan untuk memperbaiki nilai faktor daya dalam pengontrolan kapasitor ketika kondisi benar-benar *urgent*. Dan IoT dimaksudkan pengontrolan kapasitor untuk memperbaiki nilai faktor daya yang bersifat *online* dan pengontrolan pemakaian kapasitor dari jarak jauh menggunakan *smartphone* dengan teknologi IoT.

Berdasarkan latar belakang diatas maka pada penelitian dilakukan Rancang Bangun Pengendali Kapasitor Bank Untuk Koreksi Faktor Daya Listrik Berbasis *Internet of Things*. Tujuannya adalah untuk mewujudkan alat pengendali kapasitor menggunakan aplikasi IoT dengan dilengkapi kendali *solid state relay* guna memperbaiki nilai $\cos \phi$ secara manual dan otomatis dalam menentukan kebutuhan kapasitor pada instalasi listrik guna mengurangi penggunaan daya reaktif.

2. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan kegiatan penelitian ini, ada beberapa tahapan yang diperlukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, dan tahapan – tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar 1(a).



Gambar 1 (a) Diagram Alir Penelitian, (b) Diagram Blok Perangkat Keras

2.1. Perancangan Sistem

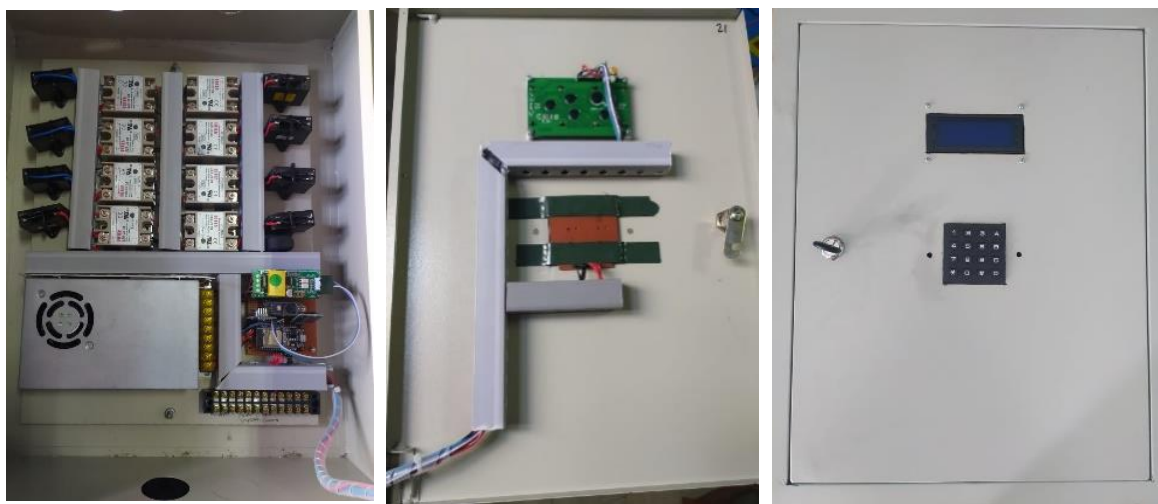
Perancangan sistem dibagi dua bagian yaitu perancangan hardware dan software. Perancangan hardware dimulai membuat blok diagram, membuat diagram alir sistem untuk komunikasi antara sensor, keypad, serta komponen lain menuju mikrokontroler dan keluaran sistem berupa tampilan pada LCD 20x4 dan smartphone dikirim melalui koneksi WiFi. Perangkat keras yang dirancang dalam penelitian ini terdiri dari tiga bagian yaitu input, proses dan output. Pada Gambar 1(b) dapat di bagi dengan 3 bagian yaitu :Bagian pertama adalah bagian input yaitu sensor PZEM 004T, RTC DS3231, Keypad, *Smartphone* serta *Power Supply*. Bagian kedua adalah bagian proses yaitu mikrokontroler Arduino Nano, ESP 32 serta sistem IoT. Bagian ke tiga adalah bagian output yaitu Modul SD card, *Solid State Relay* dan LCD 20x4.

Perancangan software dilakukan membuat database guna dapat menerima data dari sistem hardware secara realtime terkoneksi dengan jaringan internet. Database realtime dibuat platform Google Firebase. Kemudian pembuatan aplikasi Android melalui appinventor.mit.edu. Aplikasi ini sebagai penampil data yang dikirimkan oleh sistem hardware dan juga sebagai media penyimpanan data. Tahapan dalam proses kerja dalam perangkat lunak pada sistem diawali dengan inisialisasi sensor ,selanjutnya sistem akan membaca nilai PZEM 004T. Perhitungan *power faktor* dengan menggunakan rumus. Dihilangkan nilai tegangan, arus, daya, frekuensi, $\cos \phi$ awal dan serta kebutuhan kapasitor. Pengendalian alat secara aplikasi dan keypad kemudian sistem menghitung power faktor sesuai dengan nilai kebutuhan. Memasukan nilai kebutuhan dengan sistem otomatis atau manual dengan rentang Level 8 maka SSR 1-8 ON bernilai 32uF, Level 7 maka SSR 2-8 ON bernilai 28uF, Level 6 maka SSR 3-8 ON bernilai 24uF, Level 5 maka SSR 4-8 ON bernilai 20uF, Level 4 maka SSR 5-8 ON bernilai 16uF, Level 3 maka SSR 6-8 ON bernilai 12uF, Level 2 maka SSR 7-8 ON bernilai 8uF, Level 1 maka SSR 8 ON bernilai 4uF. Perhitungan *power faktor* setelah menambahkan kapasitor.

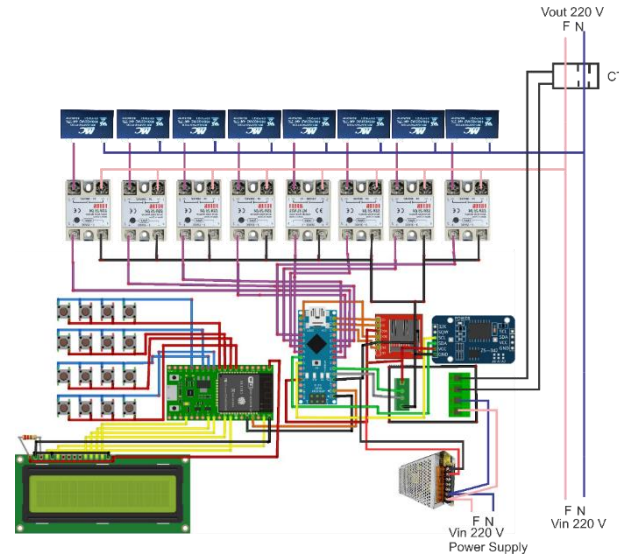
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Perangkat Keras

Sistem peralatan supaya dapat bekerja dengan baik harus dilakukan proses perencanaan yang matang. Pada alat kontrol kapasitor bank secara ini mempunyai beberapa rangkaian *hardware* yang harus berhubungan satu sama lain. Skema rangkaian kapasitor bank dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Rangkaian tersebut meliputi rangkaian keseluruhan meliputi rangkaian suplai 5V, Sensor PZEM-004T, Keypad, Pengendali mikrokontroler Arduino Nano dan ESP 32, *Solid State Relay* kontrol Kapasitor, RTC DS3231, Modul SD Card, LCD Display 20x4.



Gambar 2. Perangkat Keras yang digunakan dalam penelitian



Gambar 3. Skema rangkaian Sistem Kendali Kapasitor Bank

Untuk menguji kehandalan sistem diperlukan pengujian sistem yang telah dirancang. Pengujian setiap bagian dimaksudkan untuk mengetahui unjuk kerja rangkaian, sehingga rangkaian layak diterapkan dalam sistem. Pengujian keseluruhan dimaksudkan untuk menguji kehandalan sistem terhadap kesalahan

3.2. Pengujian Sensor PZEM-004T

Pengujian Sensor PZEM-004T bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan, arus, daya, frekuensi dan faktor daya pada aliran listrik 220 V. Kemudian dibaca oleh Arduino Nano dan ditampilkan pada LCD 20x4 dan *Smartphone*. Sensor ini menggunakan sensor tegangan dan sensor arus CT yang terintegrasi. Pada pengujian ini sensor PZEM 004T akan dibandingkan dengan watt meter.

a. Pengujian beban tanpa menggunakan kapasitor

Tabel 2 Pengujian menggunakan lampu TL 36 W

No	Parameter	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (P)	PF (°)
1	Alat	219	0,34	38,8	0,53
2	Wattmeter	219,1	0,33	38	0,52
<i>Error %</i>					1

Tabel 3 Pengujian menggunakan lampu TL 2 x 36 W

No	Parameter	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (P)	PF (°)
1	Alat	219	0,68	77,3	0,52
2	Wattmeter	218,4	0,67	75	0,51
<i>Error %</i>					1

Tabel 4 Pengujian menggunakan lampu TL 3 x 36 W

No	Parameter	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (P)	PF (o)
1	Alat	219	1,1	124,6	0,52
2	Wattmeter	219	1,09	122	0,51
<i>Error %</i>					1

Untuk menentukan rata-rata *error*, maka digunakan rumus perhitungan :

$$\Delta\%error = \frac{\sum \%error}{Jumlah\ Sampel}$$

Dari perhitungan didapat nilai prosentase rata-rata *error* yaitu 1%. Dengan tingkat kesalahan *error* yang rendah, maka dapat disimpulkan bahwa pengukuran dengan alat sangat relevan.

b. Pengujian berbeban menggunakan kapasitor

Tabel 5 Pengujian beban menggunakan kapasitor pada lampu TL 36 W

No	Parameter	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (P)	PF (°)
1	Alat	219	0,19	38,4	0,93
2	Wattmeter	218,4	0,18	38	0,93
Error %					0

Tabel 6 Pengujian beban menggunakan kapasitor pada lampu TL 2 x 36 W

No	Parameter	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (P)	PF (°)
1	Alat	219	0,38	77	0,93
2	Wattmeter	219,1	0,37	76	0,93
Error %					0

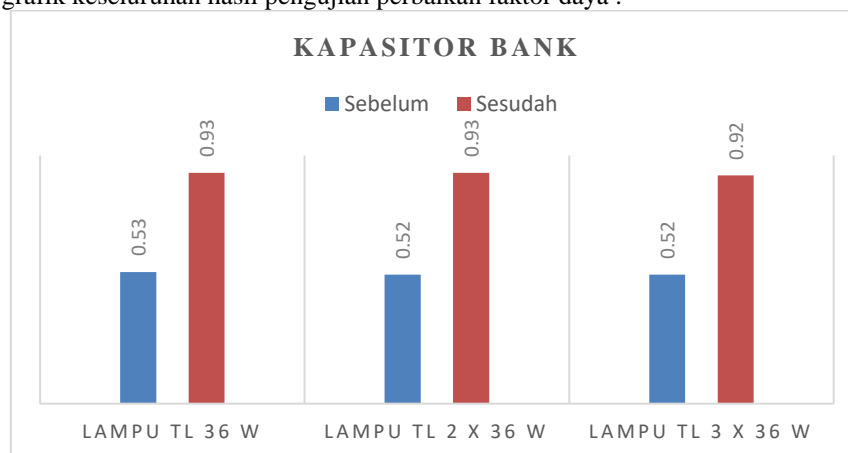
Tabel 7 Pengujian beban menggunakan kapasitor pada lampu TL 3 x 36 W

No	Parameter	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (P)	PF (°)
1	Alat	220	0,62	124,7	0,92
2	Wattmeter	219,5	0,61	123	0,92
Error %					0

Dari perhitungan didapat nilai prosentase rata-rata *error* yaitu 0%. Dengan tingkat kesalahan *error* yang rendah, maka dapat disimpulkan bahwa pengukuran dengan alat sangat relevan.

c. Grafik pengujian tanpa dan menggunakan kapasitor

Adapun grafik keseluruhan hasil pengujian perbaikan faktor daya :



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Perbaikan Faktor Daya

Dari grafik perbaikan faktor daya sudah sesuai dengan standar ketetapan dengan nilai $<0,85 - 1$ yang digunakan. Hasil dari pengujian sensor PZEM004T yaitu pengujian 1 dari penggunaan lampu TL 36 W didapatkan PF sebesar $0,53^\circ$ dilakukan penambahan kapasitor sebesar level 1 yaitu 1 kapasitor aktif sebesar $4\mu\text{F}$ sehingga PF naik sebesar $0,93^\circ$. Dan kebutuhan kapasitor sebelumnya $-4,41\mu\text{F}$ dan sesudah penambahan menjadi $-0,6\mu\text{F}$ untuk mencapai PF $0,98^\circ$. Nilai kebutuhan kapasitor berkurang $3,81\mu\text{F}$ dengan nilai toleransi kapasitor -5% dan $+10\%$.

Pengujian 2 dari penggunaan lampu TL 2 x 36 W didapatkan PF sebesar $0,52^\circ$ dilakukan penambahan kapasitor sebesar level 2 yaitu 2 kapasitor aktif sebesar $8\mu\text{F}$ sehingga naik PF sebesar $0,93^\circ$. Dan kebutuhan kapasitor sebelum $-9,06\mu\text{F}$ dan sesudah penambahan menjadi $-1,2\mu\text{F}$ untuk mencapai PF $0,98^\circ$. Nilai kebutuhan kapasitor berkurang $7,86\mu\text{F}$ dengan nilai toleransi kapasitor -5% dan $+10\%$.

Pengujian 3 dari penggunaan lampu TL 3 x 36 W didapatkan PF sebesar $0,52^\circ$ dilakukan penambahan kapasitor sebesar level 3 yaitu 3 kapasitor aktif sebesar $12\mu\text{F}$ sehingga naik PF sebesar $0,92^\circ$. Dan kebutuhan kapasitor sebelum $-14,61\mu\text{F}$ dan sesudah penambahan menjadi $-2,32\mu\text{F}$ untuk mencapai PF $0,98^\circ$. Nilai kebutuhan kapasitor berkurang $12,29\mu\text{F}$ dengan nilai toleransi kapasitor -5% dan $+10\%$.

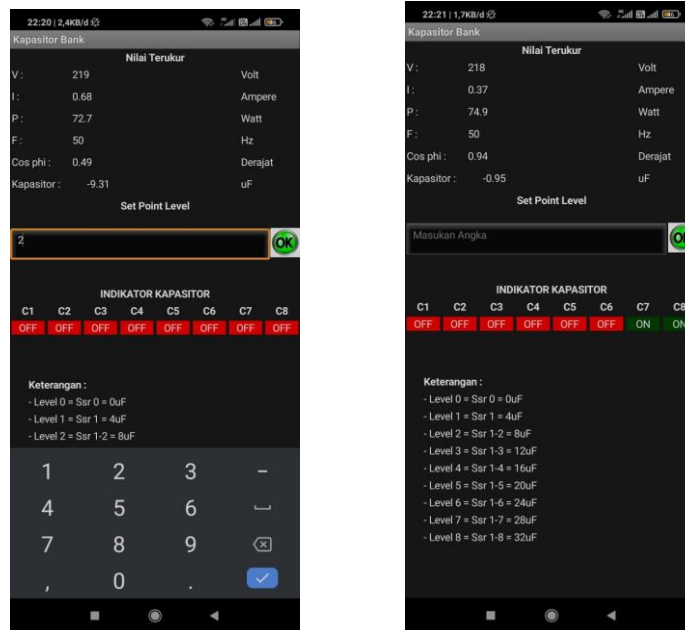
3.3. Pengujian Aplikasi Android

Pengujian Aplikasi kendali ini digunakan untuk memastikan bahwa aplikasi yang dibuat dengan mit app inventor dapat di instal pada *smartphone* Android, serta halaman yang ada pada aplikasi dapat berfungsi dengan baik. Pengujian yang dilakukan yaitu apabila memasukan nilai pada “Masukan Angka” pada *set point level*. Untuk sistem manual dengan memasukan nilai sesuai level yang diharapkan dan untuk sistem otomatis dengan memasukan nilai “999” dengan menggunakan kebutuhan kapasitor. Dan nilai sudah sesuai yang diinginkan maka tekan tombol “OK”. Dan setelah tekan tombol “OK” maka akan menjalankan sistem dengan melihat indikator kapasior yang menyala dan tidak menyala. Serta parameter tegangan, arus, daya, frekuensi, $\cos \phi$ dan kebutuhan kapasitor.

a) Pengujian *set point level 2*

Pada pengujian ini dapat dilakukan dengan sistem manual ataupun otomatis. Pada pengujian secara manual dengan cara masukan angka 2 pada *set point level*. Dan untuk pengujian secara otomatis dengan cara masukan angka 999 pada *set point level*.

Pada Gambar 5 (a) tertera kebutuhan kapasitor sebesar $-9,31\mu\text{F}$ dimana perbaikan faktor daya membutuhkan sebesar $8\mu\text{F}$ sehingga memasukan nilai 2 pada *set point level*. Lalu menekan tombol OK. Pada hasil pengujian aplikasi android dalam memasukan *set point level 2* dapat mengaktifkan 2 SSR 0N relai 8 dan 7 sehingga kebutuhan kapasitor menjadi $-0,95\mu\text{F}$. Sehingga nilai kebutuhan berkurang sebesar $8,36\mu\text{F}$ dengan toleransi kapasitor -5% dan $+10\%$.



(a)

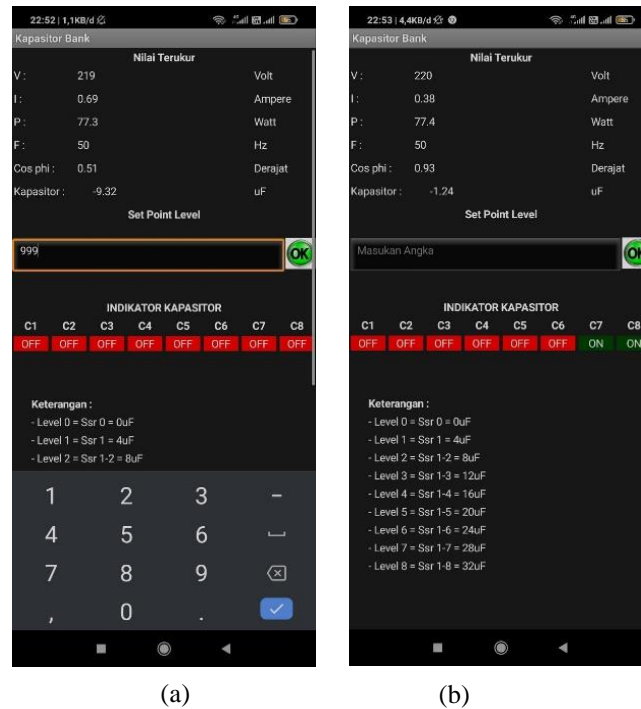
(b)

Gambar 5. (a) Pengujian aplikasi android level 2 secara manual, (b) Hasil Pengujian Pengujian aplikasi android level 2 secara manual

b) Pengujian *set point level 2 secara otomatis*

Pada Gambar 6 (a) tertera kebutuhan kapasitor sebesar $-9,32\mu\text{F}$ dimana perbaikan faktor daya membutuhkan sebesar $8\mu\text{F}$ sehingga memasukan nilai 999 pada *set point level*. Lalu menekan tombol OK.

Pada hasil pengujian aplikasi android dalam memasukan *set point level 2* dapat mengaktifkan 2 SSR 0N relai 8 dan 7 sehingga kebutuhan kapasitor menjadi $-1,24\mu\text{F}$. Sehingga nilai kebutuhan berkurang sebesar $8,08\mu\text{F}$ dengan toleransi kapasitor -5% dan $+10\%$.



Gambar 2 (a) Pengujian aplikasi android level 2 secara otomatis, (b) Hasil Pengujian aplikasi android level 2 secara otomatis

3.4. Pengujian Keseluruhan Sistem

Seluruh sistem berjalan dengan baik sesuai dengan apa yang sudah dirancang dan direncanakan. Pengujian keseluruhan juga dapat digunakan untuk mengetahui kendala-kendala pada sistem ini. Setelah melakukan semua pengujian didapatkan hasil bahwa Rancang Bangun Pengendali Kapasitor Bank Untuk Koreksi Faktor Daya Listrik Berbasis *Internet of Things* berjalan dengan baik. Pengujian seluruh halaman sistem telah berjalan baik. Sensor PZEM 004T yang digunakan untuk membaca nilai faktor daya memiliki prosentase *error* terbesar 1%. Sedangkan untuk kendali pada aplikasi dapat berfungsi dengan baik.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian pengendali kapasitor bank dari tahap perancangan hingga tahap akhir pengujian sistem dapat disimpulkan :

1. Pengkondisian kapasitor ON/OFF serta pembacaan tegangan, arus, daya, frekuensi, faktor daya dan kebutuhan kapasitor dapat dilihat melalui Aplikasi MIT App Inventor, *firebase* dan LCD Display 20x4.
2. Penentuan nilai $\cos \phi$ agar mendapatkan nilai yang baik digunakan pembacaan kebutuhan kapasitor dengan mengaktifkan *solid state relay* kontrol kapasitor yang dirangkai secara paralel.
3. Pengontrolan kapasitor menggunakan aplikasi IoT serta keypad dalam memperbaiki $\cos \phi$ dengan memberikan nilai yang dibutuhkan namun tidak boleh melebihi kebutuhan yang ada.
4. Pengontrolan kapasitor menggunakan level secara bertingkat dengan level maksimal 8 level dengan nilai total kapasitor 32uF. Sehingga perbaikan kapasitor hanya memenuhi ketika kebutuhan mencapai 32uF.
5. Pengontrolan menggunakan sistem manual dan otomatis. Ketika manual dengan cara memberikan nilai sesuai levelnya. Ketika otomatis dengan cara memasukan angka "999" dengan sendirinya *leveling* mengikuti nilai kebutuhan kapasitor.
6. Indikator kapasitor sebagai tanda adanya kapasitor yang aktif pada LCD Display dan Aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Putri and F. I. Pasaribu, "Analisis Kualitas Daya Akibat Beban Reaktansi Induktif (X L) di Industri," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 81–85, 2018.
- [2] D. Sancipto, D. Notosudjono, and H. S. Utama, "TANGGA DENGAN KAPASITOR BANK OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) Program Studi Teknik Elektro , Fakultas Teknik-Universitas Pakuan Program Studi Teknik Elektro , Fakultas Teknik-Universitas Pakuan," *J. Online Mhs. Bid. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, 2020.
- [3] T. N. Hartono, "Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Beban Rumah Tangga dengan Menggunakan Switching Kapasitor dan Induktor Otomatis," *Tek. Elektro Univ. Brawijaya*, pp. 1–7, 2014.
- [4] A. K. Al Bahar, "Analisa Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Gedung TI BRI Ragunan," vol. 6, no. 1, pp. 33–41, 2017.
- [5] M. Fahmi Hakim, "Analisis Kebutuhan Capacitor Bank Beserta Implementasinya Untuk Memperbaiki Faktor Daya Listrik Di Politeknik Kota Malang," pp. 105–118, 2017.
- [6] S. Noor and N. Saputera, "Efisiensi Pemakaian Daya Listrik Menggunakan Kapasitor Bank," *Poros Tek.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–6, 2014.
- [7] V. Pratap, S. Tomar, D. Dwivedi, and M. Gwalior, "International Journal of Advance Engineering and Research Development," *Simul. F. Oriented Control Perm. Magn. Synchronous Mot.*, vol. 2, no. 4, pp. 630–636, 2015.
- [8] S. Mane, R. Sapat, P. Kor, J. Shelar, R. D. Kulkarni, and J. Mundkar, "Microcontroller based automatic power factor correction system for power quality improvement," *2020 Int. Conf. Emerg. Technol. INCET 2020*, vol. 4, no. 1, pp. 132–137, 2020, doi: 10.1109/INCET49848.2020.9154008.
- [9] P. Angga Juliantara, I. W. Arta Wijaya, and C. G. Indra Partha, "Rancang Bangun Kapasitor Bank Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega 328P Untuk Perbaikan Faktor Daya," *J. SPEKTRUM*, vol. 5, no. 1, p. 157, 2018, doi: 10.24843/spektrum.2018.v05.i01.p23.
- [10] M. Darusman, "Analisa Kelayakan Pemasangan Kapasitor Bank Pada Gardu Distribusi Untuk Kemampuan Layanan di PT. EPI (Energi Pelabuhan Indonesia) Cabang Pontianak," *Elektro*, p. 1, 2011.