

PERBAIKAN FAKTOR DAYA OTOMATIS PADA BEBAN INDUKTIF DENGAN IMPLEMENTASI AIR COIL MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO

Muhammad Rafli Bolkiah¹, Henri Prasetya², Yuliarman Saragih³, dan Dian Budhi Santoso⁴

^{1,2,3,4}*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang*
E-mail: ¹muhammad.rafli18174@student.unsika.ac.id, ²henri.prasetya15059@student.unsika.ac.id,
³yuliarman@staff.unsika.ac.id, ⁴dian.budhi@ft.unsika.ac.id

ABSTRACT

This inductive equipment causes a low value of the electric power factor. The low value of the power factor ($\cos \phi$) in an electric power system is a problem that must be minimized. With a low power factor value, it will cause losses for consumers as well as for electricity producers. Power factor improvements are carried out by installing a capacitor bank in parallel with the load. The use of relays in the capacitor bank switching process can cause transient disturbances that can affect voltage quality. Air Coil is used to reduce transient interference in the switching process. Test results with the implementation of Air Coil on capacitor banks show a change in the power factor value, while the results of tests carried out at 06.00 for a 46 watt fan load experienced an increase in power factor value of 2%, 36 watt fan by 2%, 80 watt television by 1%.

Keyword: Power Factor, Capacitor Bank, Air Coil

1. PENDAHULUAN

Peningkatan ilmu pengetahuan dan inovasi saat ini berkembang begitu cepat, sehingga banyak peralatan terprogram telah muncul. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), tuntutan dalam hidup menjadi lebih mudah, karena peralatan yang digunakan bekerja secara konsekuen dan esensial. Sesuai dengan perkembangan IPTEK sistem otomasi atau instrumentasi semakin signifikan dalam kehidupan manusia, khususnya di bidang kelistrikan.

Listrik merupakan bagian penting yang dibutuhkan saat ini. Hampir semua perangkat rumah menggunakan energi listrik dalam pemanfaatannya. Perangkat keras tersebut meliputi lampu, TV, lemari es, *Air Conditioner* (AC), mesin cuci pakaian, *siphon* air, dll. Perangkat ini harus dikaitkan dengan energi listrik yang akan digunakan. Pemanfaatan energi listrik di beban listrik sering timbul masalah lantaran daya yang terpakai tidak sesuai daya yang dibutuhkan beban. Faktor daya pada beban sangat rendah, sehingga daya yang digunakan tidak optimal.

Sebagian besar peralatan listrik yang digunakan dalam industri maupun keluarga merupakan resistif dan induktif. Pada perangkat resistif, sangat jarang menemukan perangkat resistif yang sebenarnya, umumnya induktif resistif. Peralatan yang bersifat induktif menyebabkan faktor daya listrik menjadi rendah. Untuk meningkatkan penggunaan daya listrik, keberadaan daya reaktif harus dijaga agar tetap mendasar, mengingat beban induktif menggunakan daya reaktif, beban menggunakan arus bukan hanya untuk melayani kebutuhan kerja beban, tetapi juga untuk menciptakan medan magnet di dalam perangkat dan menyebabkan arus menjadi lebih besar dari pekerjaan. Secara alami mengurangi efisiensi daya dan mengurangi kapasitas daya terpasang.

Penurunan mutu faktor daya ($\cos \phi$) pada sistem daya listrik merupakan masalah yang perlu dibatasi. Penurunan mutu faktor daya dapat mengakibatkan kerugian pada konsumen dan penyedia tenaga listrik. Kerugian pada konsumen yaitu tegangan pada sistem menjadi menurun, ketidakmampuan untuk memaksimalkan kapasitas daya yang menyebabkan efisiensi daya menjadi rendah serta kapasitas daya listrik terpasang berkurang. Kerugian pada penyedia tenaga listrik yaitu menyuplai kapasitas daya yang besar ke sistem. Efisiensi tenaga listrik dapat tercapai dengan meningkatkan kualitas daya. Ketika kualitas daya unggul meningkatkan penurunan tegangan, faktor daya, kehilangan daya, kapasitas daya serta efisiensi tenaga listrik. Kualitas daya yang unggul adalah ketika nilai faktor daya 0,85 atau menghampiri 1.

Kompensator daya reaktif konvensional merupakan kapasitor bank terpasang secara paralel dalam sistem kelistrikan. Jaringan listrik manual, nilai kapasitor terpasang mempunyai nilai konstan. Kelemahan instalasi manual adalah ketika beban berubah maka nilai kapasitor tidak lagi sesuai dengan perbaikan faktor daya, karena kapasitor yang terpasang bernilai tetap dan pemasangan dalam instalasi listrik bersifat permanen, perbaikan faktor daya tidak efisien. Nilai pada kapasitor yang terpasang sama dengan perbaikan faktor daya supaya peningkatan efisiensi tenaga listrik dan dapat bermanfaat secara optimal.

Berdasarkan penjabaran di atas, perlu melakukan penelitian yang tepat untuk meningkatkan perbaikan nilai faktor daya. Penelitian ini yaitu membuat rancang bangun kompensator faktor daya otomatis dengan implementasi *air coil* pada beban induktif listrik 1 *phase* untuk efisiensi tenaga listrik. Alat ini akan dapat meningkatkan perbaikan

nilai faktor daya pada beban induktif secara otomatis dan dapat mengurangi nilai arus masuk pada kapasitor. Mikrokontroler Atmega32 digunakan sebagai pengendali kendali otomatis. Fungsi dari mikrokontroler Atmega32 yaitu pemrosesan data input serta kontrol *switch* kontaktor kapasitor sebagai kompensator. Mikrokontroler mengontrol *switch* kontaktor pada kapasitor aktif sama dengan nilai faktor daya *input* dan terukur pada sensor. Perancangan perbaikan nilai faktor daya pada penelitian guna mendekati nilai maksimum.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Daya listrik adalah energi guna melakukan pekerjaan. Dalam sistem kelistrikan, daya adalah jumlah energi guna melakukan pekerjaan seperti panas, cahaya, mekanik dan suara. Satuan daya listrik adalah watt, di mana 1 watt sama dengan 746 *HorsePower* (HP). 1 watt sama dengan mengalikan 1 *ampere* arus dan 1 *volt* tegangan (Yasin, 2013).

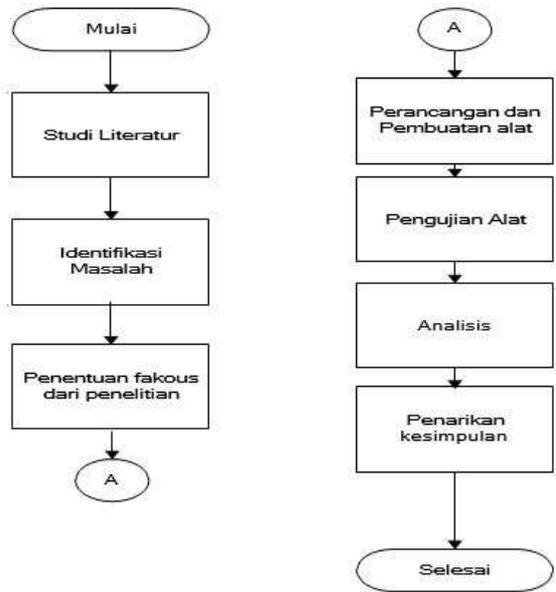
Faktor daya atau $\cos\phi$ adalah rasio perbandingan daya aktif (P) dan daya semu (S) di rangkaian AC. *Phase* antara V dan I atau $\cos\phi$. Di bawah merupakan rumus persamaan faktor daya (Yasin, 2013):

$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$

Ada tiga macam faktor daya (Hamza, 2013). Faktor daya *unity*, faktor daya tertinggal (*lagging*), faktor daya mendahului (*leading*). Makin kecil faktor daya atau $\cos\phi$, maka makin banyak daya hilang terhadap daya terpakai maka makin tinggi nilai pada daya reaktif (VAR) terhadap daya aktif (watt). Kerugian bagi kosnumen serta penyedia tenaga listrik (Astuti, 2011).

Proses perbaikan nilai faktor daya beban induktif yaitu merangkai kapasitor bank secara paralel (Syafrianto, Asrul, 2012). Pada beban listrik induktif dapat mengakibatkan gelombang arus di belakang gelombang tegangan dan menghasilkan faktor daya yang rendah mengakibatkan rugi daya. Pemasangan kapasitor bank secara paralel pada instalasi listrik dapat mengurangi rugi-rugi daya pada beban induktif (Wihardiyono, 2011).

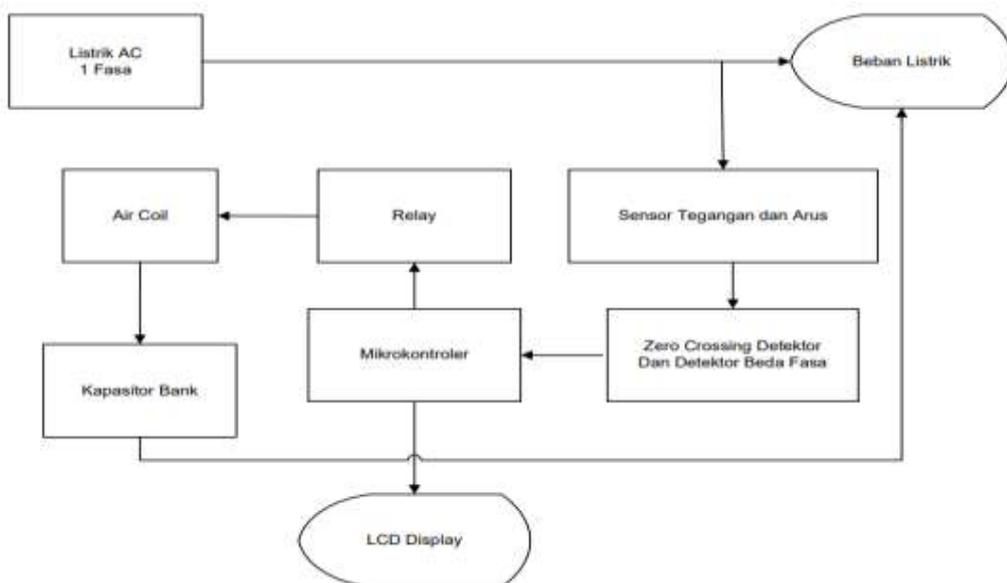
3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Penelitian.

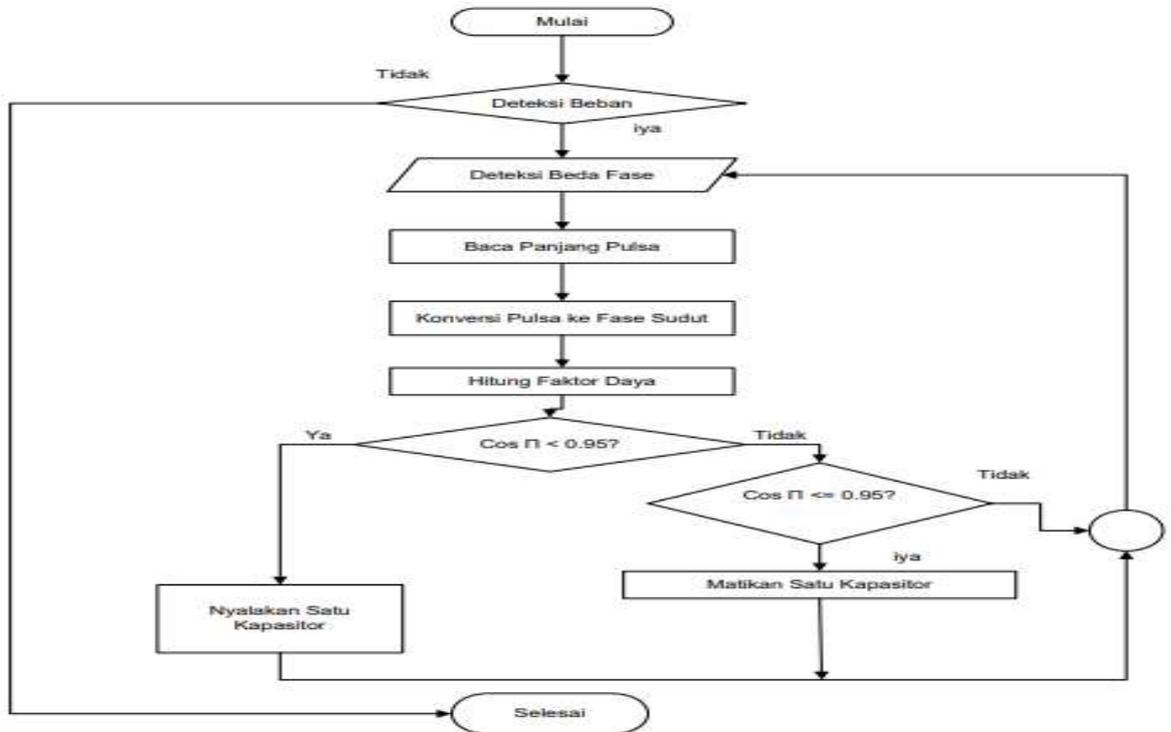
Pada metodologi penelitian yaitu studi literatur, identifikasi masalah, penentuan fokus dari penelitian, perancangan dan pembuatan, pengujian, analisis dan hasil penelitian. Berdasarkan metodologi tersebut, pemaparan yaitu:

3.1 Perancangan Perangkat Keras



Gambar 3.2 Perancangan Perangkat Keras.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 3.3 Perancangan Perangkat Lunak.

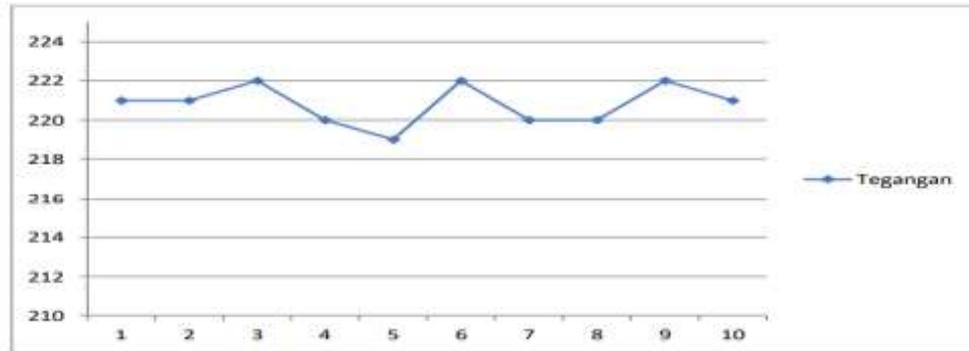
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Pengukuran Sensor Tegangan

Pengukuran sensor tegangan menggunakan sampel beban kipas angin dengan spesifikasi tegangan 220V dan 46 watt. Hasil pengukuran sensor tegangan dengan sampel beban setrika rata-rata sebesar 221V.

Tabel 4.1 Rata-Rata Hasil Pengukuran Sensor Tegangan.

Pengujian ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V	221	221	222	220	219	222	220	220	222	221
Rata-rata	221									



Gambar 4.1 Grafik Rata-Rata Hasil Pengukuran Sensor Tegangan.

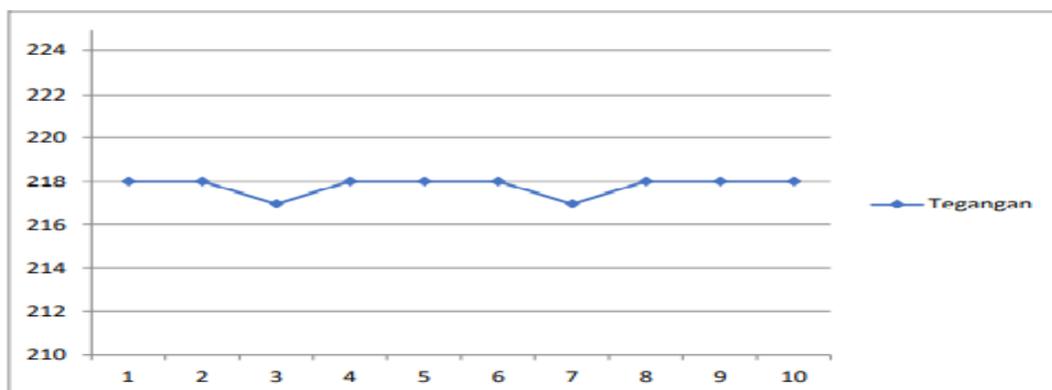
Menentukan nilai valid dan keberhasilan pengukuran yaitu dengan menggunakan perbandingan hasil pengukuran perancangan alat penelitian dan multimeter analog. Analisis kesalahan relatif rata-rata dengan rumus:

$$KR(\%) = \frac{\text{hasil multimeter} - \text{hasil sensor}}{\text{hasil multimeter}} \times 100\%$$

Mengenai data hasil pengukuran tegangan pada beban kipas angin 46 watt menggunakan multimeter analog pada tabel 4.2:

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Multimeter Analog.

Pengukuran ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V	218	218	217	218	218	218	217	218	218	218
Rata-rata	218									



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran Multimeter Analog.

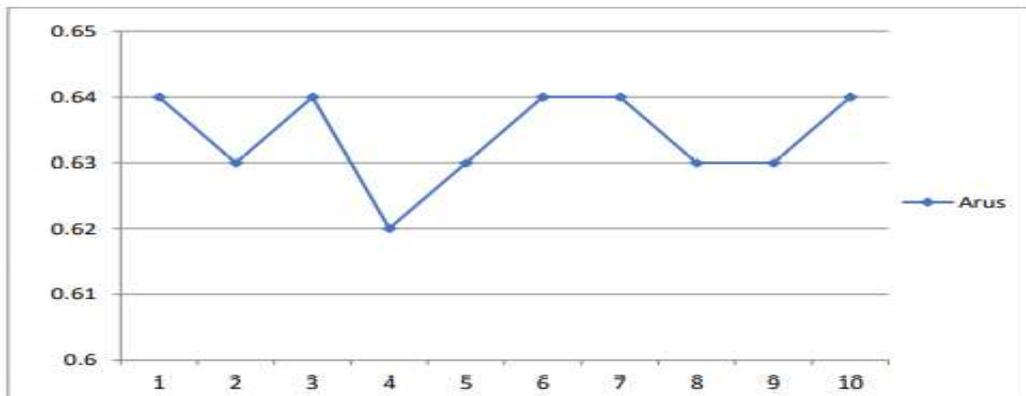
Berdasarkan rumus analisis kesalahan rata-rata maka nilai *error* kesalahan rata-rata dari hasil *prototype* dengan multimeter sebesar -1,38%.

4.2 Hasil Pengujian Pengukuran Sensor Arus

Pengukuran sensor arus menggunakan sampel beban kipas angin dengan spesifikasi tegangan 220V dan 46 watt. Hasil pengukuran sensor arus dengan sampel beban setrika rata-rata sebesar 1,3 ampere.

Tabel 4.3 Rata-Rata Hasil Pengukuran Sensor Arus.

Pengukuran ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	0,64	0,63	0,64	0,62	0,63	0,64	0,64	0,63	0,63	0,64
Rata-rata	0,63									



Gambar 4.3 Grafik Rata-Rata Hasil Pengukuran Sensor Arus.

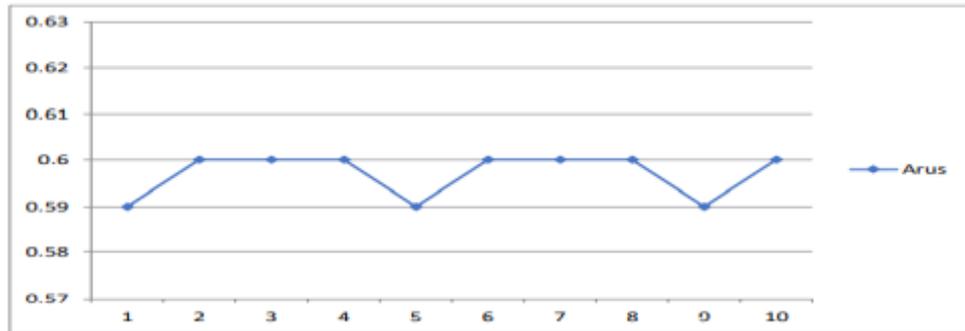
Menentukan nilai valid dan keberhasilan pengukuran yaitu dengan menggunakan perbandingan hasil pengukuran perancangan alat penelitian dan multimeter analog. Analisis kesalahan relatif rata-rata dengan rumus:

$$KR(\%) = \frac{\text{hasil multimeter} - \text{hasil sensor}}{\text{hasil multimeter}} \times 100\%$$

Mengenai data hasil pengukuran arus pada beban kipas angin 46 watt menggunakan multimeter analog pada table pada tabel 4.4:

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Multimeter Analog.

Pengukuran ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	0,59	0,60	0,60	0,60	0,59	0,60	0,60	0,60	0,59	0,60
Rata-rata	0,60									



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran Multimeter Analog.

Berdasarkan rumus analisis kesalahan rata-rata maka nilai *error* kesalahan rata-rata dari hasil *prototype* dengan multimeter sebesar -5 %.

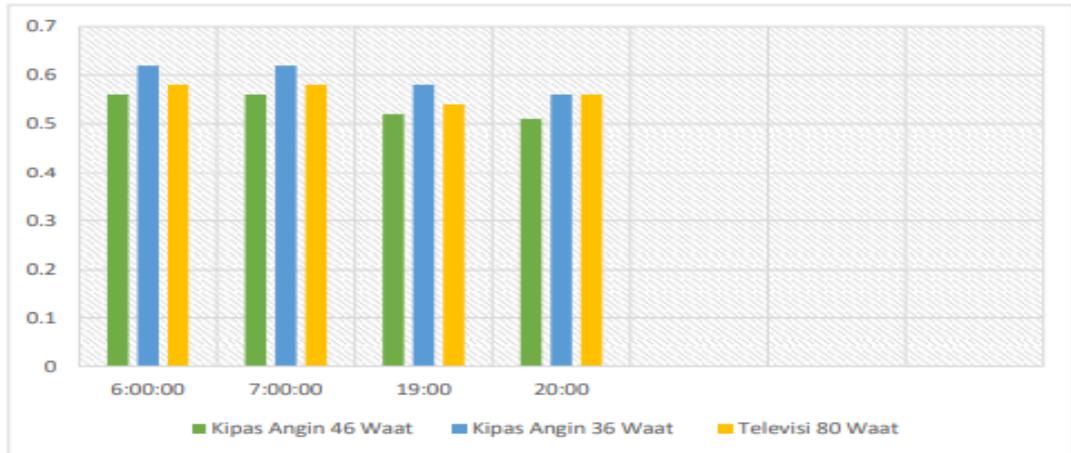
4.3 Hasil Pengujian Rata-Rata Nilai Faktor Daya Awal Berdasarkan Interval Waktu.

Hasil rata-rata pengukuran nilai *cos phi* sebelum adanya perbaikan faktor daya pada tabel 4.5:

Tabel 4.5 Rata-Rata Hasil Pengukuran Cos Phi Sebelum Perbaikan.

Jam	Beban	Rata-rata Cosphi
06.00	Kipas angin 46 Watt	0,56
	Kipas angin 36 Watt	0,62
	Televisi 80 Watt	0,58
07.00	Kipas angin 46 Watt	0,56
	Kipas angin 36 Watt	0,62
	Televisi 80 Watt	0,58
19.00	Kipas angin 46 Watt	0,52
	Kipas angin 36 Watt	0,58
	Televisi 80 Watt	0,54
20.00	Kipas angin 46 Watt	0,51
	Kipas angin 36 Watt	0,56
	Televisi 80 Watt	0,56

Berdasarkan hasil rata-rata dari pengukuran sebelum adanya perbaikan faktor daya terlihat terjadi perubahan nilai faktor daya pada interval waktu 06.00 dan 07.00 dengan 19.00 dan 20.00.

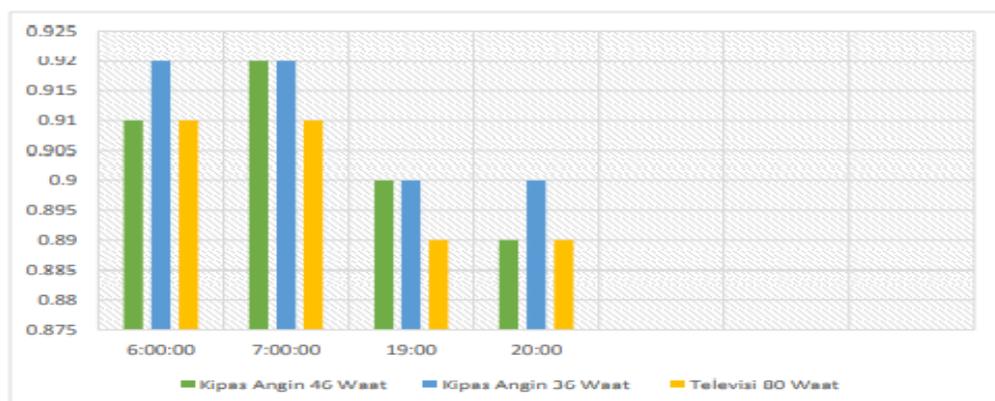


Gambar 4.5 Grafik Rata-Rata Nilai Faktor Daya Awal.

Menentukan fungsi alat serta kenaikan efesiensi faktor daya yaitu menggunakan perbandingan hasil pengukuran perancangan alat penelitian. Mengenai hasil rata-rata hasil perbaikan faktor daya pada tabel 4.6 :

Tabel 4.6 Hasil Rata-Rata Nilai Perbaikan Faktor Daya.

Jam	Beban	Rata-rata Cosphi
06.00	Kipas angin 46 Watt	0,91
	Kipas angin 36 Watt	0,92
	Televisi 80 Watt	0,91
07.00	Kipas angin 46 Watt	0,92
	Kipas angin 36 Watt	0,92
	Televisi 80 Watt	0,91
19.00	Kipas angin 46 Watt	0,90
	Kipas angin 36 Watt	0,90
	Televisi 80 Watt	0,89
20.00	Kipas angin 46 Watt	0,89
	Kipas angin 36 Watt	0,90
	Televisi 80 Watt	0,89



Gambar 4.6 Grafik Hasil Rata-Rata Nilai Perbaikan Faktor Daya.

Berdasarkan perbandingan hasil sebelum dan sesudah perbaikan nilai faktor daya, maka persentase rata-rata kenaikan nilai efisiensi faktor daya ada pada tabel 4.7:

Tabel 4.7 Persentase Nilai Perbaikan Faktor Daya.

Jam	Beban	Cosphi Awal	Cosphi Akhir
06.00	Kipas angin 46 Watt	0,56	0,91
	Kipas angin 36 Watt	0,62	0,92
	Televisi 80 Watt	0,58	0,91
07.00	Kipas angin 46 Watt	0,56	0,92
	Kipas angin 36 Watt	0,62	0,92
	Televisi 80 Watt	0,58	0,91
19.00	Kipas angin 46 Watt	0,52	0,90
	Kipas angin 36 Watt	0,58	0,90
	Televisi 80 Watt	0,54	0,89
20.00	Kipas angin 46 Watt	0,51	0,89
	Kipas angin 36 Watt	0,56	0,90
	Televisi 80 Watt	0,56	0,89



Gambar 4.7 Grafik Persentase Nilai Perbaikan Faktor Daya.

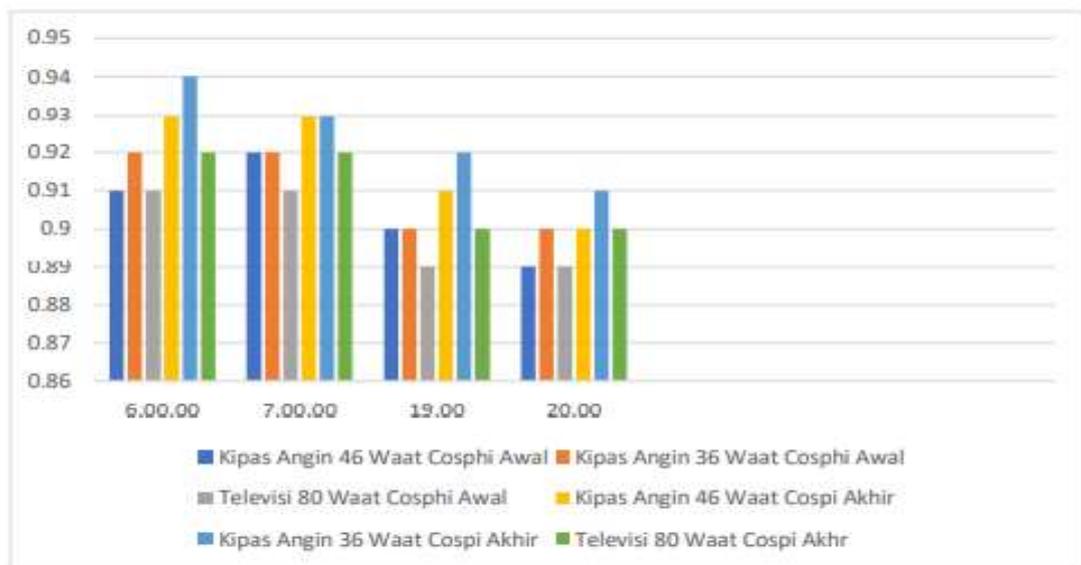
Berdasarkan grafik diatas dapat terlihat adanya prosentase kenaikan nilai faktor daya sebelum perbaikan dan setelah perbaikan faktor daya. Pada jam 06.00 untuk beban kipas angin 46 watt terjadi peningkatan nilai faktor daya sebesar 35%, kipas angin 36 watt 30% serta televisi 80 watt sebesar 33%.

4.4 Persentase Kenaikan Nilai Faktor Daya Dengan Implementasi *Air Coil*

Menentukan nilai valid dan kenaikan nilai efisiensi faktor daya yaitu dengan menggunakan perbandingan hasil pengukuran perancangan alat penelitian sebelum implementasi *air coil* pada perbaikan faktor daya dan setelah penambahan *air coil* pada nilai perbaikan faktor daya pada tabel 4.8:

Tabel 4.8 Rata-Rata Nilai Cos Phi Dengan *Air Coil*.

Jam	Beban	Tanpa Air Coil	Dengan Air Coil
06.00	Kipas angin 46 Watt	0,91	0,93
	Kipas angin 36 Watt	0,92	0,94
	Televisi 80 Watt	0,91	0,92
07.00	Kipas angin 46 Watt	0,92	0,93
	Kipas angin 36 Watt	0,92	0,93
	Televisi 80 Watt	0,91	0,92
19.00	Kipas angin 46 Watt	0,90	0,91
	Kipas angin 36 Watt	0,90	0,92
	Televisi 80 Watt	0,89	0,90
20.00	Kipas angin 46 Watt	0,89	0,90
	Kipas angin 36 Watt	0,90	0,91
	Televisi 80 Watt	0,89	0,90

**Gambar 4.8** Grafik Rata-Rata Dengan Air Coil.

Berdasarkan grafik di atas persentase kenaikan nilai faktor daya sebelum menggunakan *air coil* dan setelah menggunakan *air coil*. Pada jam 06.00 untuk beban kipas angin 46 watt terjadi peningkatan nilai faktor daya sebesar 2%, kipas angin 36 watt 2% serta televisi 80 watt sebesar 1%.

4.5 Analisis *Error* Rata-Rata

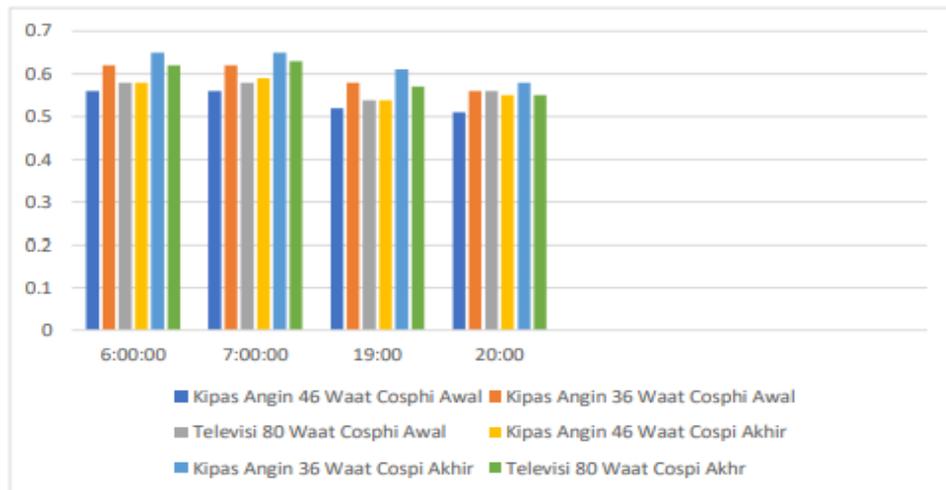
Menentukan nilai *error* rata-rata dan keberhasilan pengukuran yaitu dengan menggunakan perbandingan hasil pengukuran perancangan alat penelitian dengan *cos phi* meter. Analisis kesalahan relatif rata-rata dengan rumus adalah sebagai berikut:

$$KR(\%) = \frac{\text{hasil cosphi meter} - \text{hasil rancangan}}{\text{hasil cosphi meter}} \times 100\%$$

Mengenai data hasil perbandingan perancangan alat penelitian dengan *cos phi* meter pada tabel 4.9:

Tabel 4.9 Hasil Perbandingan Alat Dengan *Cos Phi*.

Jam	Beban	Hasil Rancangan	Hasil Cos phi meter
06.00	Kipas angin 46 Watt	0,56	0,58
	Kipas angin 36 Watt	0,62	0,65
	Televisi 80 Watt	0,58	0,62
07.00	Kipas angin 46 Watt	0,56	0,59
	Kipas angin 36 Watt	0,62	0,65
	Televisi 80 Watt	0,58	0,63
19.00	Kipas angin 46 Watt	0,52	0,54
	Kipas angin 36 Watt	0,58	0,61
	Televisi 80 Watt	0,54	0,57
20.00	Kipas angin 46 Watt	0,51	0,55
	Kipas angin 36 Watt	0,56	0,58
	Televisi 80 Watt	0,56	0,55
	Rata-rata	0,56	0,59



Gambar 4.9 Grafik Hasil Perbandingan Alat Dengan *Cos Phi*.

Berdasarkan rumus analisis kesalahan rata-rata maka nilai eror kesalahan rata-rata dari hasil *prototype* dengan multimeter sebesar 5.08%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Membuat alat perbaikan nilai faktor daya dapat membaca nilai tegangan, arus, dan faktor daya dengan baik secara otomatis.

2. Perbaikan faktor daya otomatis pada beban induktif dengan beban kipas angin 46 watt, 36 watt dan televisi 80 watt pada jam 06.00, 07.00, 19.00 dan jam 20.00.
3. Hasil pengujian menunjukkan kenaikan faktor daya dengan kapasitor bank, adapun hasil pengujian pada jam 06.00 untuk beban kipas angin 46 watt mengalami kenaikan nilai faktor daya sebesar 35%, kipas angin 36 watt sebesar 33%, televisi 80 watt sebesar 30%.
4. Hasil pengujian dengan implementasi *air coil* pada kapasitor bank menunjukkan perubahan nilai faktor daya, adapun hasil pengujian pada jam 06.00 untuk beban kipas angin 46 watt mengalami kenaikan nilai faktor daya sebesar 2%, kipas angin 36 watt sebesar 2%, televisi 80 watt sebesar 1%.

5.2 Saran

1. Penambahan tampilan *leading*, *lagging* pada alat perbaikan faktor daya.
2. Penggunaan *stabilizer voltase* pada alat perancangan.
3. Penggunaan saklar semikonduktor dalam proses *switching*.
4. Penambahan rangkaian pendeteksi jenis beban, sehingga alat mampu membedakan jenis-jenis beban.

DAFTAR PUSTAKA

1. Andrianto, H. (2013). Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmega16 Menggunakan Bahasa C. Bandung: Informatika.
2. Astuti, B. (2011). Pengantar Teknik Elektro. Yogyakarta: Graha Ilmu.
3. Eko HS, H., Chusna A, Y., & Sudhiharto, I. (2010). Teknik Pengurangan Arus Inrush dan Pengurangan Harmonisa pada Kapasitor Bank untuk Beban non-linier. Teknik Elektro, 41-43.
4. Giancoli, D. (2001). FISIKA Edisi KeLima. Jakarta: Erlangga.
5. Hamza, A. d. (2013). Perbaikan Faktor Daya Otomatis Berbasis Smart Relay Pada Jaringan Tegangan Rendah Satu Fasa. Riau: Universitas Riau.
6. Syafrianto, Asrul. (2012). Rancang Bangun Alat Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Beban Dinamis 1 Fasa dan Monitoring Daya dengan LCD Grafik. Jurusan Teknik Elektro Industri PENS ITS, 1-2.
7. Tipler, P. A., & Llewellyn, R. A. (2008). Modern Physics Fifth Edition. New York: Clancy Marshall.

8. Wihardiyono, T. (2011). Switching Kapasitor untuk Perbaikan Power Faktor dengan Menggunakan Mikrokontroller M68HC11. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
9. Yasin, M. (2013). Perancangan Cos Phi Meter Digital Berbasis Mikrokontroler Atmega16. Bogor: Universitas Pakuan.