

# PURWARUPA PERBAIKAN FAKTOR DAYA LISTRIK OTOMATIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER UNTUK LISTRIK RUMAH TANGGA DAN HOME INDUSTRI

Tri Rahayu Kuwat Lestari<sup>1</sup>, Budi Nugroho<sup>2</sup>, Roedy Kristiyono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Elektronika, Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta

Jl. Raya Solo Baki Km.2, Kwarasan Grogol SoloBaru, Sukoharjo

Email: [kuwatlestari60685@gmail.com](mailto:kuwatlestari60685@gmail.com), [binugatw@gmail.com](mailto:binugatw@gmail.com),  
[roedykristiyono1970@gmail.com](mailto:roedykristiyono1970@gmail.com)

## ABSTRAK

Beban induktif mengakibatkan daya reaktif yang dapat merugikan konsumen, untuk mengurangi daya reaktif digunakan kapasitor bank. Selama ini kapasitor bank dikontrol secara manual. Pada penelitian ini dibuat program pada mikrokontroler sebagai alat untuk mengatur cos phi dengan beban listrik yang variabel dan menghasilkan alat ukur cos phi meter digital sebagai pembanding cos phi analog yang telah ada di Laboratorium Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta. Cos phi meter digital pada beban induktif satu fasa berbasis mikrokontroler atmega16 memiliki langkah-langkah metodologi perancangan alat dengan pengumpulan data spesifikasi dari beban induksi satu fasa yang digunakan juga membuat rangkaian perancangan cos phi meter digital pada beban induktif satu fasa, dengan kapasitor sebagai perbaikan faktor dayanya dan melakukan instalasi pada sistem cos phi meter serta melakukan pengujian keseluruhan rangkaian perancangan cos phi meter digital pada beban induktif satu fasa dengan perancangan sistem juga perancangan hardware. Setelah ada kapasitor bank pada beban maksimum (motor 150 watt di tambah 3 unit lampu TL 3 X 36 watt) diperoleh cos phi meter analog sebesar 0,8 dan dengan menggunakan mikrokontroler sebesar 0,84, artinya ada perbedaan antara cos phi meter analog program mikrokontroler dengan standart deviasi error sebesar 2% dan masih sesuai standart pengukuran IEC.

**Kata Kunci:** *Beban Induksi, Daya reaktif, Kapasitor, Mikrokontroler*

## ABSTRACT

*Inductive load reactive power can lead to harm consumers, in order to reduce the reactive power used capacitor bank. During this time the capacitor banks controlled manually. In this study, the microcontroller program as a tool to regulate cos phi with a variable electrical load and produces measuring instruments cos phi digital meter for comparison cos phi existing analogue Laboratory Electrical Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta.. Cos phi digital meters on the inductive load of the phase-based microcontroller atmega16 has measures design methodology tools with data collection specifications of load induction single phase which is also used to make circuit design cos phi digital meter on the inductive load one phase, with capacitors as repair the power factor and install on the system cos phi meter and testing the design of a whole series of cos phi digital meter on the inductive load one phase to the design of the system also hardware design. Having no capacitor bank at maximum load (motor 150 watts plus 3 units of fluorescent lamp 3 X 36 watt) obtained cos phi 0.8 analog meter and using a microcontroller 0.84, meaning that there is a difference between cos phi meter analog microcontroller program with a standard deviation of error of 2% and still according to standard IEC measurement.*

**Keywords:** *Inductive Loads, Reactive Power, Capacitors, Microcontroller*

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik untuk menjalankan peralatan sehari-hari semakin menjadi kebutuhan yang mutlak diperlukan. Hal ini disebabkan oleh kemajuan teknologi yang menyediakan segala peralatan yang dapat digunakan untuk membuat hidup makin mudah dan nyaman dengan sumber daya listrik. Beban yang digunakan oleh pelanggan listrik bukan hanya berupa resistansi

murni, tetapi ada juga beban yang bersifat induktif atau kapasitif. Contoh beban induktif antara lain lampu TL, Mesin cuci, dan lain-lain. Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam satuan Watt atau Horsepower (HP), Horsepower merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara 746 Watt. Sedangkan Watt merupakan unit daya listrik dimana 1 Watt memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian arus 1 Ampere dan tegangan 1 Volt. [1].

Pemakaian beban tersebut dapat mengakibatkan turunnya nilai faktor daya sehingga menyebabkan timbulnya daya reaktif. Daya reaktif tersebut tidak dimanfaatkan oleh konsumen, tetapi pelanggan tetap harus membayar pemakaian daya tersebut. Hal tersebut dapat diselesaikan dengan memperbaiki faktor daya. Namun untuk dapat memperbaikinya harus diketahui terlebih dahulu nilai faktor daya dari pemakaian beban listrik. Maka perlu suatu alat guna memperbaiki faktor daya tersebut [2].

Apabila tegangan dan arus sefasa maka faktor daya ini dikatakan faktor daya  $\cos \phi = 1$ . Faktor daya  $\cos \phi = 1$  ini terjadi apabila bebannya resistif, seperti lampu pijar. Untuk memperbaiki  $\cos \phi$  atau faktor daya dapat dikendalikan oleh mikrokontroler [2]. Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik yang dapat menyimpan program di dalamnya. Kelebihan utama dari mikrokontroler ini adalah terdapat Flash Memory, RAM, dan peralatan I/O pendukung sehingga memiliki ukuran yang sangat ringkas dan lebih leluasa untuk dihubungkan dan melakukan pengontrolan terhadap perangkat lain. Oleh sebab itu dibuat alat untuk memperbaiki faktor daya dengan menggunakan kapasitor bank, yang dikontrol oleh mikrokontroler [3]. ATmega16 menggunakan arsitektur Harvard dengan memisahkan antara memori dan bus untuk program dan data untuk memaksimalkan kemampuan dan kecepatan. ATmega 16 memiliki fitur-fitur sebagai berikut : *32 register general-purpose, timer/counter flexibel dengan mode compare, interrupt internal dan external, serial UART, programmable Watchdog Timer, dan mode power saving, ADC dan PWM internal* [4].

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan ini adalah:

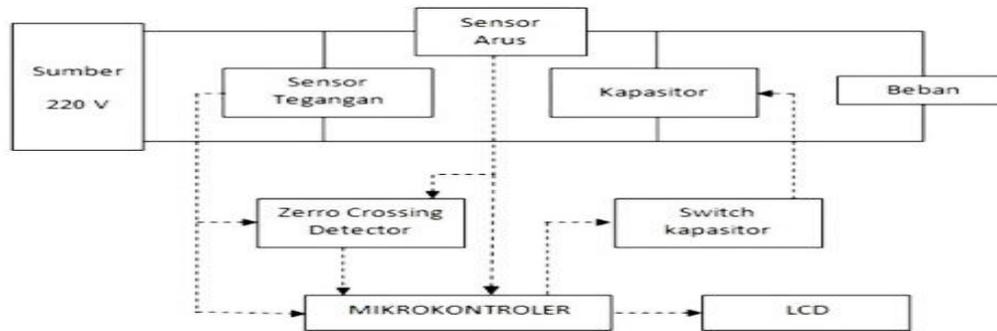
- a. Membuat program mikrokontroler sebagai alat untuk memperbaiki  $\cos \phi$  dengan beban listrik yang variabel pada standart laboratorium.
- b. Menghasilkan alat ukur  $\cos \phi$  meter digital untuk digunakan pada laboratorium Teknik Elektronika Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta sebagai pembanding  $\cos \phi$  analog yang telah ada.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Perancangan sistem

Perancangan Cos Phi Digital pada beban induktif satu fasa berbasis mikrokontroler ATmega16 ini dimulai dari perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Perancangan *hardware* sendiri terdiri dari beberapa bagian, yaitu perancangan sistem minimum, perancangan rangkaian *zero crossing detector*, perancangan sensor arus, perancangan sensor tegangan, perancangan rangkaian LCD dan perancangan *power supply*.

Sedangkan perancangan *software* sendiri terdiri dari perancangan program mikrokontroler menggunakan bahasa C dengan menggunakan CodeVision AVR sebagai *software compiler*. Berikut adalah blok diagram dari perancangan alat  $\cos \phi$  untuk memperbaiki faktor daya berbasis mikrokontroler ATmega16 yang ditunjukkan pada gambar 1. dibawah ini:



Gambar 1. Blok Diagram

## 2.2. Perancangan Hardware

Dalam perancangan hardware ini jenis mikrokontroler yang digunakan pada sistem ini adalah AVR ATmega16, yang memiliki empat port I/O yaitu, Port A, Port B, Port C, dan Port D yang masing-masing port memiliki 8 buah pin I/O. Rancangan mikrokontroler di sini sekaligus merupakan rancangan dari sistem minimum ATmega16, perancangan rangkaian *zero crossing detector*, perancangan rangkaian sensor arus, perancangan *switching* kapasitor, perancangan sensor tegangan, perancangan rangkaian LCD dan perancangan *power supply*.

### a. Perancangan Sistem Minimum

Pada umumnya, suatu mikrokontroler tidak dapat berdiri sendiri mikrokontroler membutuhkan elemen pendukung (selain *power supply*) untuk berfungsi: Kristal Oscillator (XTAL), dan Rangkaian RESET, 2 elemen tersebut merupakan syarat utama terbentuknya sistem minimum.

### b. Perancangan Zero Crossing Detector

Rangkaian zero crossing detector berfungsi untuk mengetahui titik nol pada tegangan jala-jala listrik. *Zero Crossing* adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus pada tegangan dan arus. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif.

Seberangan tersebut yang menjadi acuan yang digunakan untuk pemberian waktu tunda untuk pemucuan dari triac. Rangkaian *zero crossing detector* ini terdapat dua buah, yang pertama mewakili tegangan dan yang kedua mewakili arus. Berikut adalah gambar rangkaian *zero crossing detector* tegangan.

### c. Rangkaian Power Supply

*Power supply* merupakan bagian terpenting dari sistem, karena tanpa *power supply* maka seluruh rangkaian tidak akan dapat berjalan dengan semestinya. Pada perancangan alat ini daya yang digunakan sebesar 5 VDC, daya tersebut digunakan untuk daya mikrokontroler serta pada rangkaian *relay driver*.

### d. Rangkaian LCD

Dalam merangkai LCD dengan mikrokontroler harus diketahui fungsi-fungsi pin yang terdapat pada modul LCD. Jumlah pin pada LCD berjumlah 16pin dan fungsi pin tersebut dapat dilihat pada *datasheet*-nya untuk menentukan mana pin RS, R/W, *Enable* (E), Data0 sampai Data7 (D0 – D7) .

### e. Rangkaian Sensor Tegangan

Sensor tegangan ini digunakan untuk mendapatkan parameter tegangan sehingga dapat mengetahui besar tegangan fasa.

#### f. Rangkaian Sensor Arus

Sensor arus ini digunakan untuk mendapatkan parameter arus sehingga dapat mengetahui besar arus fasa. Pada pembuatan sensor arus ini menggunakan trafo arus.

#### g. Rangkaian *Switch* Kapasitor

Rangkaian *switch*, dalam hal ini adalah rangkaian yang berhubungan dengan output atau keluaran yang merupakan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan di mikrokontroler, dan ini juga berdasarkan input yang masuk ke mikrokontroler. Dalam perancangan rangkaian *switch* ini terdapat 4 buah *optoisolator* yang memiliki fungsi untuk menggerakkan kapasitor.

### 2.3. PENGUJIAN

Setelah perencanaan dan pembuatan sistem, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian. Pengujian dilakukan agar dapat mengetahui apakah semua sistem sudah berfungsi sesuai yang diinginkan atau belum, lalu apa saja kelebihan dan kekurangannya.

Proses pengujian dilakukan setelah semua rangkaian dalam keadaan siap dan pengujian dilakukan pada saat tegangan jala-jala listrik 209 Volt.

#### a. Pengujian Tegangan Power Supply

Perancangan power supply menggunakan trafo step down untuk menurunkan tegangan AC 209 Vac menjadi 9 Vac. Setelah diturunkan tegangannya lalu selanjutnya disearahkan menggunakan dioda bridge. Karena tegangan yang dibutuhkan sebesar 5 Vdc maka tegangan 9 Vdc dipotong menggunakan IC regulator LM 7805. Tegangan tersebut digunakan untuk supply mikrokontroler serta relay. Berikut adalah hasil pengujian power supply yang ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Pengujian Rangkaian *Power Supply*

Obyek yang diukur	Hasil Pengukuran
V1	209 Vac
V2	8,92 Vac
V3	8,9 V ac
V4	4,96 Vac

Hasil pengukuran *power supply* di atas menunjukkan bahwa *power supply* berfungsi dan sesuai apa yang diinginkan. *Power supply* ini digunakan untuk catu daya mikrokontroler yang membutuhkan tegangan 4,5 – 5,5 Vdc dan *optoisolator* sebagai switch kapasitor yang membutuhkan tegangan supply 5 Vdc.

#### b. Pengujian *Zero Crossing Detector*

Rangkaian *zero crossing detector* berfungsi untuk mengetahui titik nol arus dan tegangan dari beban yang digunakan untuk acuan sinyal pemicuan dari triac. Karena *zero crossing detector* ini digunakan untuk mengetahui arus dan tegangan maka di gunakanlah dua *zero crossing detector* yaitu *zero crossing detector* arus dan *zero crossing detector* tegangan. Rangkaian *zero cros detector* dihubungkan pada PORTD 0, dan PORTD 1. Pengukuran rangkaian ini menggunakan osiloscope sebagai alat ukur untuk mendapatkan sinyal keluaran dari rangkaian *zero cros detector* arus dan tegangan.

#### c. Pengujian Mikrokontroler

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah mikrokontroler dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Maka dilakukan pengujian pada jalur-jalur port yang dimiliki oleh mikrokontroler ATmega16.

Prosedur pengetesan :

- a) Mempersiapkan voltmeter untuk mengukur level tegangan output tiap port dari mikrokontroler.
- b) Membuat program untuk pengujian keluaran mikrokontroler, kemudian meng-*compile*-nya.
- c) Men-download program ke dalam mikrokontroler ATmega16 dengan menggunakan *ISP downloader*.

Adapun tabel hasil pengujian keluaran tegangan mikrokontroler dapat dilihat pada tabel 2. di bawah ini :

Obyek yang diukur	Hasil Pengukuran Output
Port A	4,85 volt
Port B	4,85 volt
Port C	4,85 volt
Port D	4,85 volt

#### d. Pengujian Sensor Tegangan

Sensor tegangan diuji dengan melihat perbandingan antara input dan output dari trafo tegangan. Perbandingan sebesar 220 volt input dengan output 6 volt. Adapun tabel hasil pengujian sensor tegangan dapat dilihat pada tabel 3. di bawah ini :

No.	Obyek yang diukur	Hasil Pengukuran
1	V1	217 Vac
2	V2	4,9 Vac

Hasil pengujian telah dibuktikan bahwa sensor tegangan dapat digunakan untuk membaca tegangan dan masuk ke ADC mikrokontroler.

#### e. Pengujian Sensor Arus

Sensor arus diuji dengan memberikan beban agar ada arus yang mengalir. Apabila ada arus input yang mengalir sebesar 5A maka berbanding 2,5 volt untuk outputnya. Adapun tabel hasil pengujian keluaran sensor arus dapat dilihat pada tabel 4. di bawah ini :

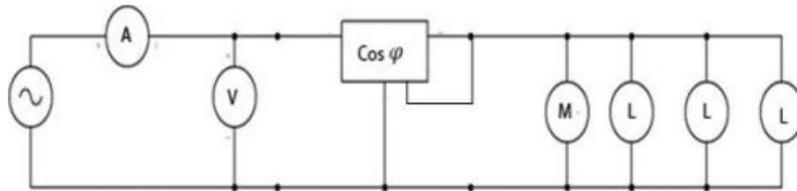
No.	Obyek yang diukur	Hasil Pengukuran
1	A	1 Ampere
2	V1	0,5 volt

Hasil pengujian telah dibuktikan bahwa sensor arus dapat digunakan untuk membaca arus dan masuk ke ADC mikrokontroler.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Validasi alat yang dibuat sebelum ada kapasitor

Untuk mendapatkan hasil yang valid maka harus dilakukanlah pengujian langsung terhadap beban-beban induktif. Untuk pemasangan alat ukur terhadap beban induktif dapat dilihat pada gambar 2. dibawah ini :



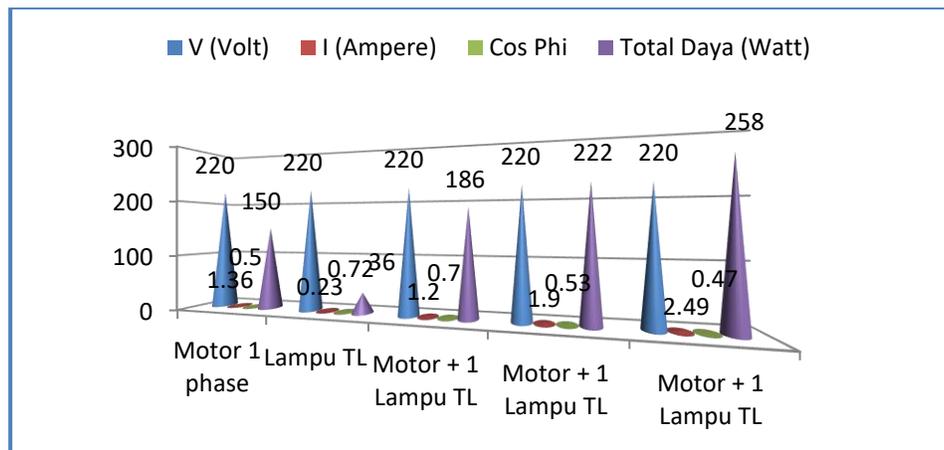
Gambar 2. Validasi Alat

Gambar 2. merupakan gambar pengujian terhadap beban-beban induktif yang terpasang pada sumber juga pemasangan alat ukur berupa Ampermeter, voltmeter dan cos phi. Berikut adalah hasil pengukuran sistem tanpa kapasitor menggunakan cos phi meter analog yang ditunjukkan pada tabel 5. dibawah ini :

Tabel 5. Pengujian sistem tanpa kapasitor menggunakan cos phi meter analog

No	Nama Beban	V (Volt)	I (Ampere)	Cos Phi	Total Daya (Watt)
1	Motor 1 phase	220	1,36	0,5	150
2	Lampu TL	220	0,23	0,72	36
3	Motor + 1 Lampu TL	220	1,2	0,70	186
4	Motor + 1 Lampu TL	220	1,9	0,53	222
5	Motor + 1 Lampu TL	220	2,49	0,47	258

Pada tabel 5. dari pengujian sistem tanpa kapasitor menggunakan cos phi meter analog maka didapat hasil yang dapat dilihat pada tabel 5. untuk membandingkan dengan pengujian sistem tanpa kapasitor dengan cos phi meter menggunakan Atmega16 maka dilakukanlah pengujian dengan Atmega16.

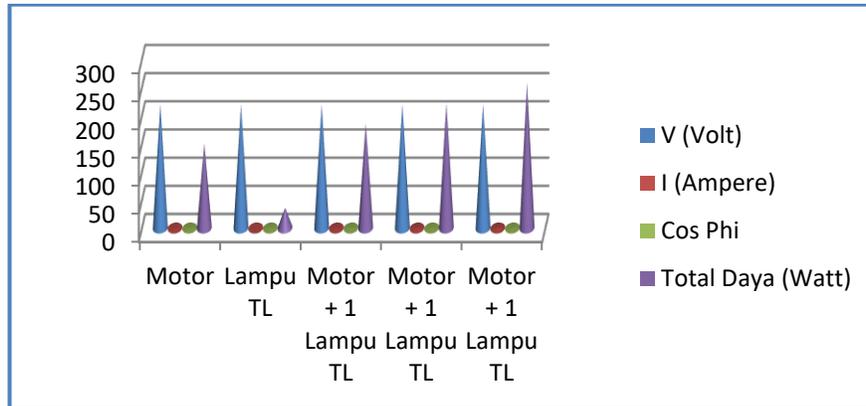


Gambar 3. Grafik pengujian tanpa kapasitor

Berikut adalah hasil pengujian sistem tanpa kapasitor menggunakan cos phi meter yang menggunakan Atmega16 yang ditunjukkan pada tabel 6. dibawah ini:

Tabel 6. Pengujian sistem tanpa kapasitor menggunakan cos phi meter analog ATmega16

No	Nama Beban	V (Volt)	I (Ampere)	Cos Phi	Total Daya (Watt)
1	Motor	220	0,76	0,9	150
2	Lampu TL	220	0,17	0,93	36
3	Motor + 1 Lampu TL	220	0,88	0,96	186
4	Motor + 1 Lampu TL	220	1,21	0,83	222
5	Motor + 1 Lampu TL	220	1,39	0,84	258



Gambar 19. Grafik pengujian dengan kapasitor

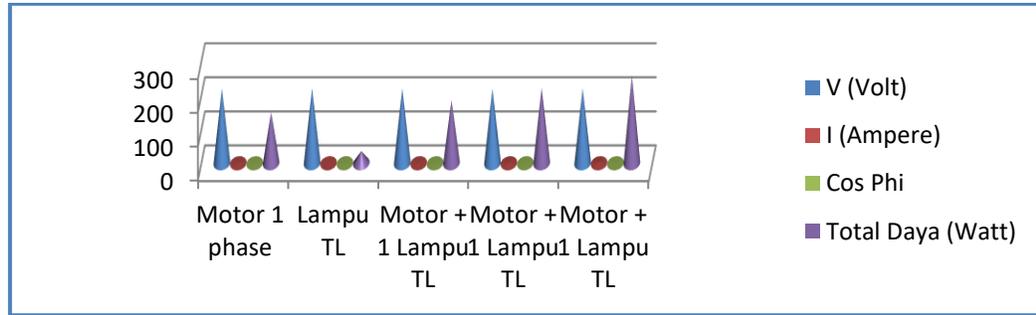
Pada tabel 6. dari pengujian sistem tanpa kapasitor menggunakan Atmega16 dapat dilihat bahwa sedikit selisih antara pengukuran cos phi meter analog dan menggunakan Atmega16. Adapun sebelum dilakukan pengujian tanpa ditambahkan kapasitor bank, nilai cos phi yang didapat sangat buruk. Oleh karena itu perlu penambahan kapasitor bank sebagai perbaikan cos phi.

### 3.2. Validasi alat yang dibuat setelah ada kapasitor

Pengujian sistem dengan kapasitor menggunakan cos phi meter analog maka didapat hasil yang dapat dilihat pada tabel 7. untuk membandingkan dengan pengujian sistem dengan kapasitor menggunakan cos phi meter Atmega16 maka dilakukanlah pengujian menggunakan Atmega16.

Tabel 7. Pengujian sistem tanpa kapasitor menggunakan Cos phi meter analog

No	Nama Beban	V (Volt)	I (Ampere)	Cos Phi	Total Daya (Watt)
1	Motor 1 phase	220	1,36	0,5	150
2	Lampu TL	220	0,23	0,72	36
3	Motor + 1 Lampu TL	220	1,2	0,70	186
4	Motor + 1 Lampu TL	220	1,9	0,53	222
5	Motor + 1 Lampu TL	220	2,49	0,47	258

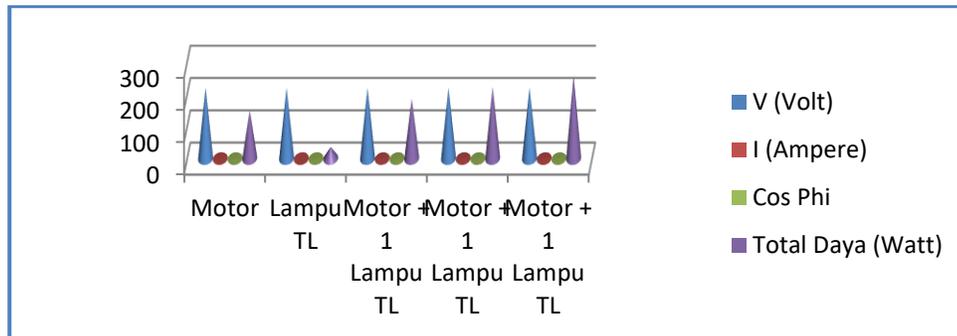


Gambar 20. Pengujian dengan cos phi meter analog

Berikut adalah hasil pengukuran sistem dengan kapasitor menggunakan cos phi meter yang menggunakan Atmega16 yang ditunjukkan pada tabel 8. Berikut :

Tabel 8. Pengujian sistem dengan kapasitor menggunakan Cos phi meter yang menggunakan Atmega16

No	Nama Beban	V (Volt)	I (Ampere)	Cos Phi	Total Daya (Watt)
1	Motor	220	0,76	0,9	150
2	Lampu TL	220	0,17	0,93	36
3	Motor + 1 Lampu TL	220	0,88	0,96	186
4	Motor + 1 Lampu TL	220	1,21	0,83	222
5	Motor + 1 Lampu TL	220	1,39	0,84	258



Gambar 21. Grafik pengujian dengan atmel16

Pada tabel 8. dari pengujian sistem dengan kapasitor menggunakan Atmega16 dapat dilihat bahwa sedikit selisih antara pengukuran cos phi meter analog dan menggunakan Atmega16. Adapun setelah dilakukan pengukuran dengan penambahan kapasitor bank sebagai perbaikan cos phi maka cos phi yang dihasilkan akan semakin besar sehingga efisiensi semakin tinggi. Untuk itu dihitung persen error pada cos phi perancangan dengan cos phi hasil pengujian tanpa kapasitor pada beban maksimal motor ditambah tiga lampu TL berikut :

$$\begin{aligned}
 \% \text{ error } \cos \phi \text{ pada bebanmax} &= \left\{ \sqrt{\frac{\sum [X_n - X]^2}{n}} \right\} \times 100 \% \\
 &= \left\{ \sqrt{\frac{(0,45-0,46)^2 + (0,47-0,46)^2}{2}} \right\} \times 100 \% \\
 &= 1 \%
 \end{aligned}$$

Untuk persen *error* pada cos phi perancangan dengan cos phi hasil pengujian menggunakan kapasitor pada beban maksimal motor ditambah tiga lampu TL yang diambil dari persamaan dibawah ini

$$\begin{aligned} \% \text{ error cos } \varphi \text{ pada beban max} &= \left\{ \sqrt{\frac{\sum [X_n - X]^2}{n}} \right\} \times 100 \% \\ &= \left\{ \sqrt{\frac{(0,8-0,82)^2 + (0,84-0,82)^2}{2}} \right\} \times 100 \% \\ &= 2 \% \end{aligned}$$

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada alat cos phi meter digital berbasis mikrokontroler dinyatakan berfungsi dengan baik :

- a. Sebelum ada kapasitor bank pada beban maksimum (motor 150 watt di tambah 3 unit lampu TL 3 X 36 watt) diperoleh cos phi meter analog sebesar 0,45 dan dengan menggunakan mikrokontroler sebesar 0,47, artinya ada perbedaan antara cos phi meter analog program mikrokontroler dengan *standart deviasi error* sebesar 1% dan masih sesuai standart pengukuran IEC.
- b. Setelah ada kapasitor bank pada beban maksimum (motor 150 watt di tambah 3 unit lampu TL 3 X 36 watt) diperoleh cos phi meter analog sebesar 0,8 dan dengan menggunakan mikrokontroler sebesar 0,84, artinya ada perbedaan antara cos phi meter analog program mikrokontroler dengan *standart deviasi error* sebesar 2%

#### PUSTAKA

- [1] Rizqiawan, Arwindra. <http://konversi.wordpress.com/2010/05/05/memahamifaktor-daya/>
- [2] Belly, Alto. Daya Aktif, Reaktif dan Semu. Universitas Indonesia. 2010
- [3] Setiawan, Afrie. 20 Aplikasi Mikrokontroler ATmega16 Menggunakan BASCOM-AVR. Andi Offset. Yogyakarta. 2011.
- [4] Bejo, Agus. C dan AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535. Graha Ilmu. Yogyakarta. 2008