

## Implementasi Mikrokontroler Sebagai Pengendali Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Otomatis pada Jaringan Listrik

(Implementation of a Microcontroller as a Capacitor Controller for Automatic Power Factor Improvement in Electrical Networks)

DANA BAGUS PRASETYA, ISWANTO, RIF'AN TSAQIF AS SADAD

### ABSTRACT

With increasing electricity rates, the demands of efficiency in electric power consumption is a major consideration. Efficient use of electric power is affected by many factors. Among them is the quality of electric power. Power quality is strongly influenced by the use of certain types of expenses that resulted in the decline of efficiency. In the distribution of electric energy there are several problems encountered include the voltage drop, low  $\cos \Phi$ , and the loss of power. Load on the network load distribution can be either capacitive or inductive, but in general is an inductive load. If the inductive reactive load the higher the voltage drop will produce a zoom in, zoom power loss,  $\cos \Phi$  lower and lower distribution of power capacity. To reduce the inductive reactive power load required capacitive reactive power sources, one of which is to be installed in parallel capacitors.

In this study will be designing and manufacturing tools for controlling capacitor banks according to  $\cos \phi$  m, so that power quality will be better.

From the results of this research tool was able to detect the value of voltage, current, and  $\cos \phi$ . The resulting values of the three sensors is quite good. This tool is able to control the capacitor bank in accordance with the value of  $\cos \phi$  meters.

**Keywords:** ATMEGA8535, capacitor banks, Power Factor,  $\cos\Phi$ , microcontroller

### PENDAHULUAN

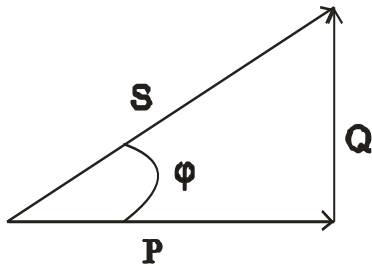
Dalam penyaluran energi listrik ada beberapa masalah yang dihadapi, antara lain adalah jatuh tegangan,  $\cos \Phi$  yang rendah, dan rugi-rugi daya. Beban pada jaringan distribusi bisa berupa beban kapasitif maupun induktif, namun pada umumnya merupakan beban induktif. Apabila beban reaktif induktif semakin tinggi, maka akan berakibat memperbesar jatuh tegangan, memperbesar rugi-rugi daya, menurunkan  $\cos \Phi$  dan menurunkan kapasitas penyaluran daya. Untuk mengurangi beban daya reaktif induktif diperlukan sumber daya reaktif kapasitif. Salah satu diantaranya adalah dengan kapasitor yang dipasang secara paralel. Pemasangan kapasitor tersebut menyebabkan arus yang mengalir pada penghantar menjadi lebih kecil, sehingga akan mengurangi besarnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan serta memperbaiki  $\cos \Phi$ .

Beberapa studi mengenai kapasitor bank telah banyak dilakukan. Salah satunya adalah Safaruddin (2008) yang telah membuat alat pengkoreksi  $\cos \Phi$  otomatis. Alat tersebut terdiri dari dua bagian, yaitu bagian kapasitor dan sensor beda fasa. Kekurangan dari alat tersebut adalah tidak dapat mengetahui nilai arus dan tegangan yang mengalir sebelum maupun sesudah diberi kapasitor, serta tidak dapat membedakan apakah beban *leading* atau *lagging*. Selain itu alat tersebut hanya mampu dilewati arus sampai dengan 1 ampere.

Sudrajat (2009) membuat alat ukur  $\cos \Phi$  meter digital yang memiliki konsep lebih sederhana, yaitu hanya mengukur nilai  $\cos \Phi$  saja dengan cara mengukur beda fasa pada tegangan dan arus, menampilkan nilai dari  $\cos \Phi$  beban, serta mendeteksi apakah beban tersebut *leading* atau *lagging*.

### Daya Listrik

Daya listrik merupakan besaran tenaga listrik yang diukur dalam satuan watt melalui perkalian dua faktor besaran listrik utama, yaitu arus dan tegangan. Dalam sistem tenaga listrik arus bolak-balik dikenal tiga macam daya, yaitu daya nyata, daya semu, dan daya reaktif yang biasa disebut segitiga daya yang digambarkan dalam Gambar 1.



GAMBAR 1. Segitiga daya

Dari Gambar 1 dapat dijelaskan masing-masing komponen yang membentuk segitiga daya sebagai berikut:

#### 1. Daya nyata

Daya nyata merupakan besarnya tenaga listrik yang terpakai oleh beban murni (yang hanya bernilai resistif). Daya nyata (P) dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$P = V.I \cos \phi \dots (\text{watt}) \quad (1)$$

dengan:

V : tegangan (volt)

I : arus (ampere)

#### 2. Daya semu

Daya semu adalah besarnya daya listrik yang tidak sepenuhnya menghasilkan usaha. Daya semu (S) dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$S = V.I \dots (\text{VA}) \quad (2)$$

#### 3. Daya reaktif

Daya reaktif adalah daya listrik yang tidak menghasilkan usaha dan diserap oleh beban-beban yang mempunyai nilai reaktansi, seperti mengandung komponen induktansi dan kapasitansi. Daya reaktif (R) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.

$$Q = V.I \sin \phi \dots (\text{VAR}) \quad (3)$$

### Tegangan dan Arus AC

Arus atau tegangan bolak-balik adalah arus atau tegangan yang besarnya selalu berubah-ubah secara periodik. Simbol tegangan bolak-balik adalah  $\sim$  dan bila diukur dengan osiloskop maka ditunjukkan arus dan tegangan bolak-balik berubah terhadap waktu secara periodik, sehingga memperlihatkan bentuk gelombang sinus. Oleh karena itu arus dan tegangan AC disebut juga arus dan tegangan sinusoidal.

### Cos $\Phi$

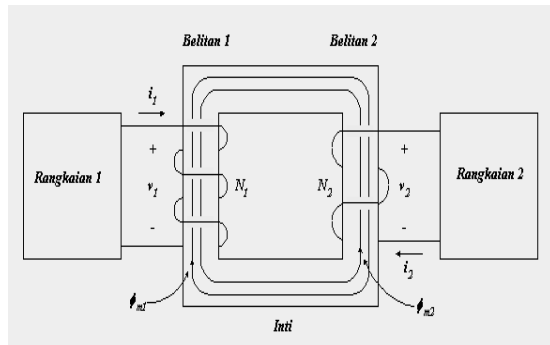
Cos  $\Phi$  adalah perbandingan antara daya nyata dengan daya semu. Perbedaan sudut fasa antara arus listrik dan tegangan dalam sistem listrik arus bolak-balik disebut dengan sudut cos  $\Phi$  (power factor).

$$Pf = \cos \phi \quad (4)$$

Karena  $\cos (\theta_v - \theta_I) = (\theta_I - \theta_v)$ , maka tidak terlihat adanya sudut cos  $\Phi$ . Untuk membedakannya maka digunakan istilah *lagging power factor* dan *leading power factor*. *Lagging power factor* berarti bahwa fasor arus tertinggal fasor tegangan, sedangkan *leading power factor* menyatakan bahwa fasor arus mendahului fasor tegangan.

### Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi sebagai pendeteksi nilai tegangan AC yang mengalir pada alat tersebut. Sensor tegangan disini prinsipnya sama dengan trafo pengukuran tegangan pada gardu induk. Tegangan yang mengalir dari jala-jala PLN akan masuk pada trafo *step down* (Gambar 2), lalu keluaran dari trafo *step down* disearahkan menggunakan dioda bridge dan dibagi tegangan agar tidak lebih dari 5 volt, karena mikrokontroler hanya dapat membaca tegangan dari 0- 5 volt. Tegangan DC tersebut masuk ke port ADC dan dicari persamaannya agar mendapatkan nilai tegangan sebenarnya (tegangan AC).



GAMBAR 2. Trafo step down

Jika dianggap kumparan 1 adalah sebagai kumparan primer, maka dengan adanya  $i_1$ , maka di dalam inti besi akan muncul fluks magnetik. Jika fluks magnetik yang muncul pada inti besi adalah berubah-ubah, maka pada kumparan sekunder akan muncul beda potensial. Fluks magnetik yang berubah-ubah ini dapat dibangkitkan jika  $V_1$  adalah sumber tegangan AC. Besarnya tegangan pada kumparan primer adalah sebanding dengan rasio jumlah lilit pada kumparan sekunder terhadap primer. Dari Gambar 2 dapat dilihat  $N_1$  sebanyak 3 lilit, sedangkan  $N_2$  adalah sebanyak 2 lilit, sehingga secara ideal, perbandingan tegangan antara  $V_1$  terhadap  $V_2$  adalah sebanding dengan  $N_1$  terhadap  $N_2$ .

#### Sensor Arus

Alat untuk mengukur arus adalah dengan teknologi semikonduktor. Pengukuran arus ini menggunakan sensor arus ACS706ELC-20A yang dapat dialiri oleh arus sebesar 20 Ampere yang dirancang untuk sistem instrumentasi (Gambar 3). Peralatan ini diharapkan lebih efisien, sehingga tidak perlu harus menggunakan teknologi trafo arus untuk mengukur arus yang mengalir. Penelitian ini mengaplikasikan suatu komponen elektronika ke dalam suatu sistem perangkat elektronika yang nantinya diharapkan perangkat elektronika ini mempunyai fungsi sebagai

penunjang dan memberikan manfaat dalam kehidupan manusia.



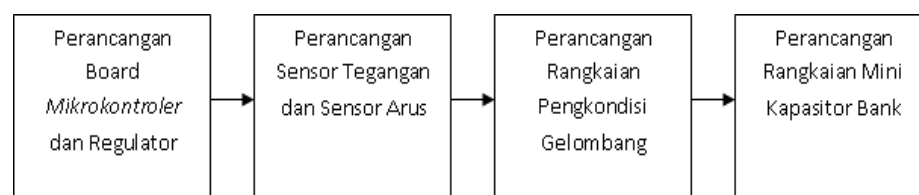
GAMBAR 3. Sensor arus

#### Detektor Beda Fasa

Untuk mengukur nilai  $\cos \Phi$  digunakan  $\cos \Phi$  meter. Metode yang digunakan dalam pemrosesan pembacaan nilai suatu  $\cos \Phi$  adalah metode lebar pulsa yang diproses oleh gerbang Ex-Or. Oleh karena itu input dari gelombang sinus tegangan dan arus diubah menjadi gelombang kotak, karena detektor pergeseran fasa antara arus dan tegangan menggunakan gerbang Ex-Or. Input dari gerbang Ex-Or tersebut adalah nol dan satu. Oleh karena itu gelombang sinus arus dan tegangan tersebut diubah menjadi gelombang kotak yang bernilai nol dan satu.

#### METODE PENELITIAN

Pada Gambar 4 diperlihatkan proses perancangan alat yang terdiri dari empat tahapan. Tujuan dari setiap tahapan adalah guna mendapatkan spesifikasi-spesifikasi yang dianggap cocok untuk diterapkan dan digunakan pada pembuatan alat, sehingga nantinya dapat sesuai dengan fungsi dan kegunaan alat tersebut.



GAMBAR 4. Diagram blok proses perancangan alat

### Perancangan Sensor Tegangan dan Sensor Arus

Rancangan kedua sensor ini digunakan untuk mengetahui nilai tegangan dan arus yang mengalir pada beban. Pada pembuatan sensor - sensor, sebelumnya telah mengalami beberapa kali perubahan.

#### 1. Sensor tegangan

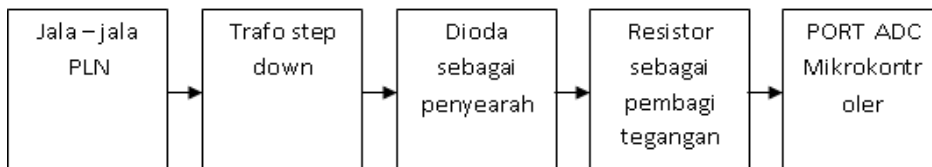
Sensor tegangan digunakan untuk mengukur nilai tegangan PLN yang masuk ke beban, yang nantinya akan digunakan untuk memonitor pengaruh pemasangan kapasitor bank terhadap nilai tegangannya. Perancangan sensor tegangan dirubah dengan menggunakan prinsip trafo pengukuran pada gardu induk. Diagram blok sensor tegangan dan rangkaian sensor tegangan dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

#### 2. Sensor arus

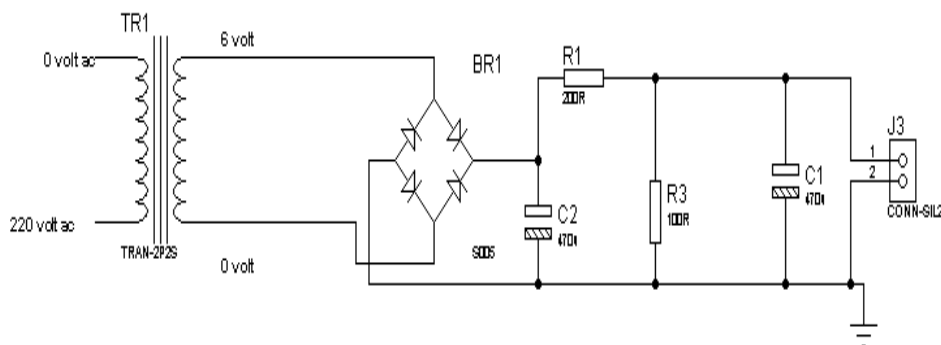
Sensor arus berfungsi sebagai pengukur arus AC yang masuk ke beban, yang nantinya akan digunakan untuk memonitor pengaruh

pemasangan kapasitor bank terhadap nilai arusnya. Sensor arus pada rangkaian ini menggunakan komponen ic hall effect yakni acs712-20 yang mampu dialiri arus sampai dengan 20 ampere. Pada perancangan kedua nilai yang terbaca oleh mikrokontroler lebih stabil, sehingga dapat terlihat nilai arus yang mengalir pada beban.

Prinsip kerja dari rangkaian sensor arus ini adalah dengan adanya arus yang mengalir pada ic tersebut maka akan timbul medan magnet. Medan magnet tersebut nantinya akan digunakan sebagai olahan dari komponen – komponen yang ada di dalam ic. Medan magnet yang timbul akibat arus yang mengalir adalah berbanding lurus. Semakin besar arus yang mengalir, maka medan magnet yang ditimbulkan semakin besar pula. Pada bagian ic terdapat 2 bagian yang berbeda. Bagian yang pertama adalah bagian tegangan tinggi 220 volt AC dan bagian yang kedua adalah bagian tegangan rendah 5 volt DC. Keluaran dari sensor arus ini adalah tegangan DC yang nantinya akan diolah oleh mikrokontroler. Blok diagram sensor arus dan rangkaian sensor arus dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



GAMBAR 5. Diagram blok sensor tegangan

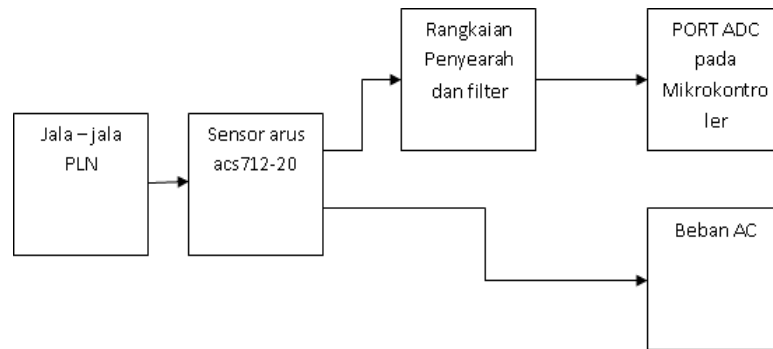


GAMBAR 6. Skematik rangkaian sensor tegangan

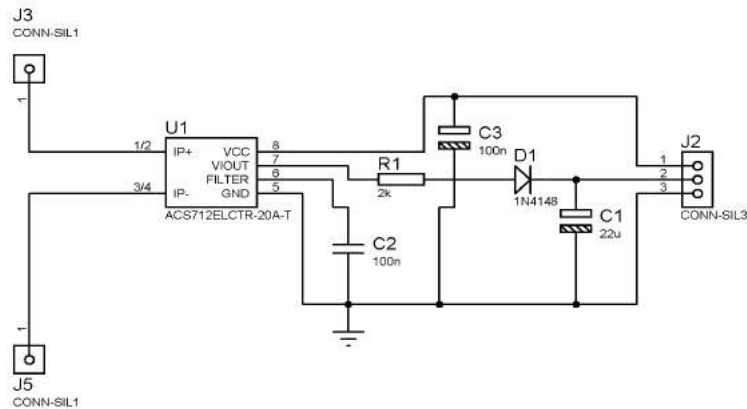
*Perancangan Mini Kapasitor Bank*

Tahap perancangan ini bertujuan untuk membuat rangkaian kapasitor sebanyak 8 buah yang dirangkai secara paralel terhadap jaringan jala – jala PLN. Penggunaan kapasitor ini diatur secara otomatis oleh mikrokontroler yang pengaturan switchnya menggunakan transistor dan relay. Rangkaian mini kapasitor bank dapat dilihat pada Gambar 9.

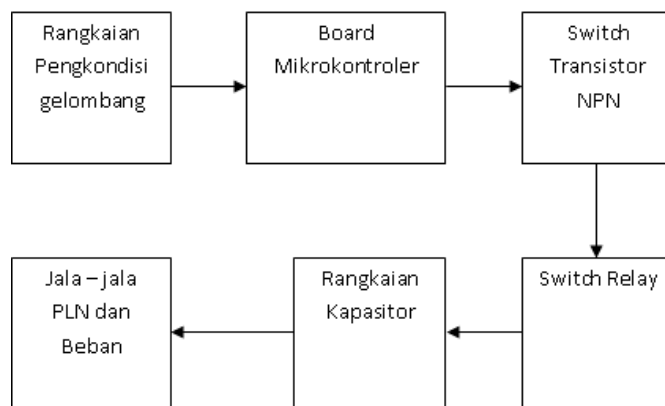
Pada perancangan mini kapasitor bank, kapasitor yang digunakan adalah kapasitor dengan merk Hanaya yang memiliki toleransi 5 % sebanyak 8 buah dengan nilai masing – masing 1.2uF. Delapan kapasitor tersebut seluruhnya dirangkai secara paralel dan didapat nilai kapasitor secara keseluruhan sebesar 9.6uF. Sehingga jika terjadi perubahan nilai kapasitor atau perubahan jenis kapasitor, maka akan berpengaruh terhadap perubahan  $\cos \Phi$  yang dihasilkan.



GAMBAR 7. Diagram blok sensor arus



GAMBAR 8. Skematik rangkaian kedua sensor arus



GAMBAR 9. Rangkaian mini kapasitor bank

## HASIL DAN ANALISIS

### *Prinsip Kerja Alat*

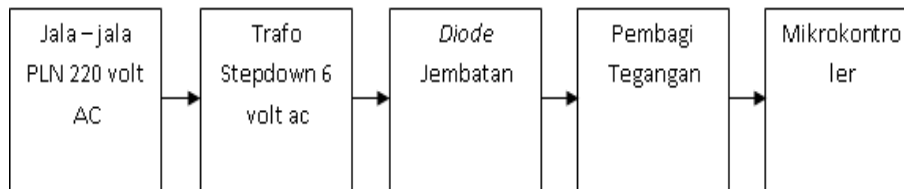
Prinsip kerja alat meliputi penjelasan sistem kerja bagian – bagian alat, yaitu:

1. Prinsip kerja sensor tegangan
2. Prinsip kerja sensor arus
3. Prinsip kerja pengkondisi gelombang
4. Prinsip kerja switch kapasitor

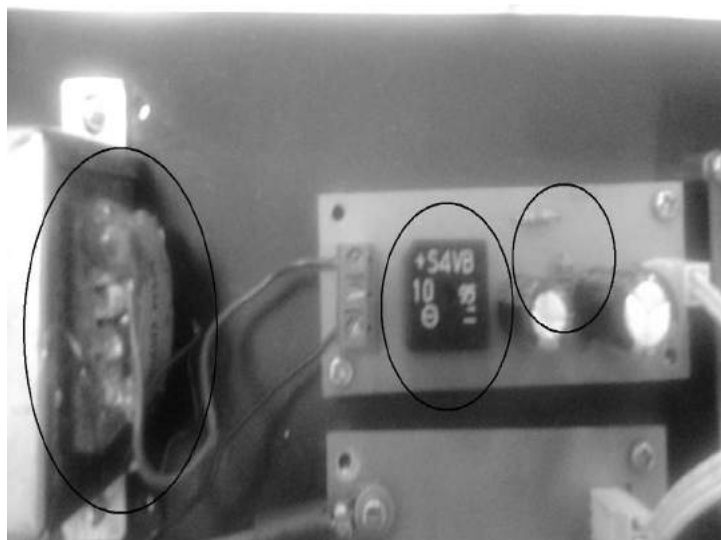
#### *1. Prinsip kerja sensor tegangan*

Prinsip kerja sensor tegangan meliputi sistem kerja trafo stepdown yang menurunkan tegangan dari 220 volt AC menjadi 6 volt AC, dioda jembatan sebagai penyearah dan rangkaian pembagi tegangan yang nantinya akan digunakan sebagai inputan untuk mikrokontroler.

Gambar 10 menunjukkan diagram blok dari prinsip kerja sensor tegangan yang digunakan.



GAMBAR 10. Diagram blok rangkaian sensor tegangan



GAMBAR 11. Rangkaian sensor tegangan

Dari Gambar 10 kemudian diaplikasikan menjadi sebuah rangkaian elektronik seperti yang dapat dilihat pada Gambar 11.

Pada Gambar 11, bagian yang dilingkari adalah bagian – bagian yang terdiri dari trafo stepdown, dioda penyearah, dan rangkaian pembagi tegangan.

Dalam penggunaan sensor tegangan, range tegangan yang mampu terbaca oleh sensor adalah dari 180 volt AC sampai dengan 240 volt AC. Trafo stepdown yang digunakan adalah dengan kapasitas 1 A dan tegangan sekunder yang digunakan 6 volt AC. Kemudian tegangan 6 volt AC disearahkan dengan menggunakan dioda jembatan, sehingga didapatkan tegangan DC. Tegangan DC kemudian dibagi tegangan dengan menggunakan resistor R1 200 ohm dan R2 100 ohm dan didapat perbandingan sebesar 1 : 3. Dengan demikian jika  $V_{in}$  sebesar 3 volt, maka  $V_{out}$  sebesar 1 volt. Hal ini dilakukan karena tegangan yang dapat diolah mikrokontroler maksimal sebesar 5 volt.

## 2. Prinsip kerja sensor arus

Implementasi rangkaian sensor arus dengan menggunakan ic acs712-20A dapat dilihat pada Gambar 12.

Pada Gambar 12 tampak bahwa bagian yang dilingkari sebelah kiri digunakan sebagai input arus AC 220 volt dan output arus AC 220 volt. Jadi pada bagian tersebut dirangkai secara seri dengan jala – jala PLN dan beban. Sedangkan pada bagian yang dilingkari sebelah kanan adalah output dari sensor arus yang berupa tegangan DC, dan output tersebut digunakan sebagai input untuk mikrokontroler.

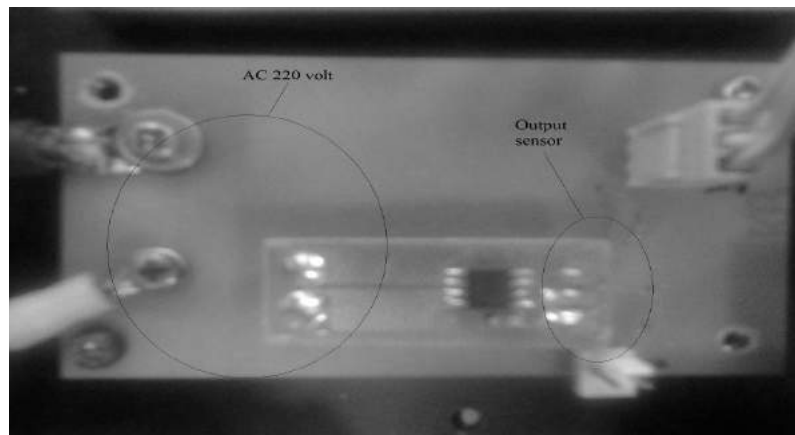
Pada keadaan tanpa beban atau tidak ada arus yang mengalir, output dari sensor arus adalah tegangan DC sebesar 2.5 volt, dan maksimum dialiri arus 20 A dengan tegangan output 4.5 volt. Sehingga setiap kenaikan arus 5 A pada beban akan mempengaruhi kenaikan tegangan output sensor sebesar 0,5 volt DC.

## 3. Prinsip kerja pengkondisi gelombang

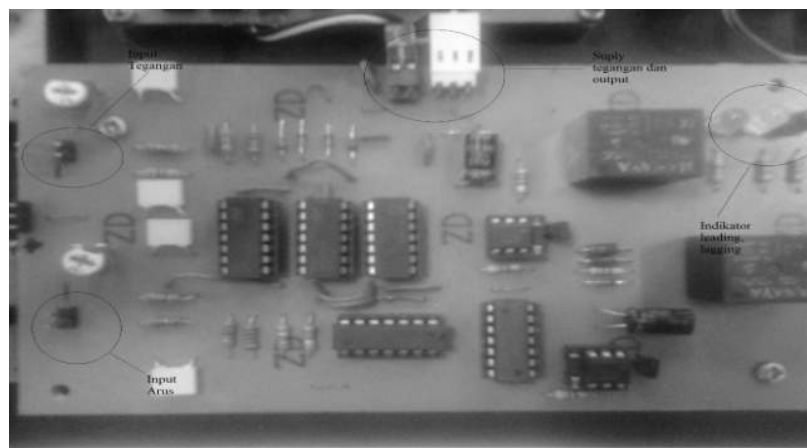
Rangkaian pengkondisi gelombang ditunjukkan pada Gambar 13. Lingkaran hitam yang ada pada Gambar 13 adalah bagian – bagian port untuk pengkondisi gelombang. Pada bagian input tegangan mendapatkan output dari trafo tegangan, sedangkan pada input arus didapatkan output dari trafo arus. Pada suplai diberikan tegangan dari rangkaian regulator. Nilai tegangan yang dibutuhkan sebesar +5volt, -5volt, +12 volt, dan ground. Untuk indikator *leading* dan *lagging* digunakan sebuah led yang dipicu oleh relay. Relay tersebut mendapat kondisi input dari rangkaian input gelombang tegangan dan input gelombang arus.

## 4. Prinsip kerja switch kapasitor

Dalam rangkaian ini digunakan sebanyak 8 kapasitor, karena port yang terdapat pada mikrokontroler yang digunakan untuk switch adalah 8. Jadi 1 port mikrokontroler mengendalikan 1 buah kapasitor.



GAMBAR 12. Rangkaian sensor arus



GAMBAR 13. Rangkaian pengkondisi gelombang



GAMBAR 14. Rangkaian Switch Kapasitor

### *Pengoperasian Alat*

Untuk pengoperasian alat, pada bagian listrik tegangan tinggi yang digunakan untuk mensuplai beban AC akan lebih baik jika dihubungkan terlebih dahulu dengan jala-jala PLN dan beban, sehingga jika terjadi ketidak stabilan arus dan tegangan pada saat starting beban tidak akan mereset bagian mikrokontroler. Jika bagian tegangan tinggi telah terhubung dengan jala-jala PLN dan beban, lalu alat diaktifkan dengan cara menghubungkan suplai alat dengan jala-jala PLN. Diharapkan pada suplai power alat terhubung dengan grounding yang ada pada kotak kontak, sehingga dapat mengurangi noise yang berpengaruh terhadap pengukuran.

Setelah semua terhubung, maka alat akan mendeteksi nilai parameter-parameter yang ada pada sensor dan rangkaian pengkondisi gelombang. Pendeteksian parameter dilakukan selama 60 detik. Jika selama 60 detik parameter yang didapat normal ( $\cos \Phi$  mendekati 1) atau beban telah bersifat kapasitif, maka mikrokontroler tidak akan mengaktifkan kapasitor. Tetapi jika selama 60 detik tersebut terdeteksi nilai  $\cos \Phi$  menjauhi 1, maka mikrokontroler akan mengaktifkan kapasitor satu persatu sampai didapatkan nilai  $\cos \Phi$  mendekati 1. Jika nilai yang didapat telah mendekati 1, maka mikrokontroler akan menghentikan switch kapasitor tersebut, dan menahan pada kondisi tersebut.

### *Uji Coba*

Uji coba yang dilakukan bertujuan mengetahui seberapa optimalkah alat dapat bekerja,

sehingga dapat diketahui ambang batas alat pada saat bekerja dengan optimal. Dengan demikian spesifikasi alat dapat ditentukan.

Tahapan uji coba alat terbagi atas empat bagian utama pengujian, yaitu:

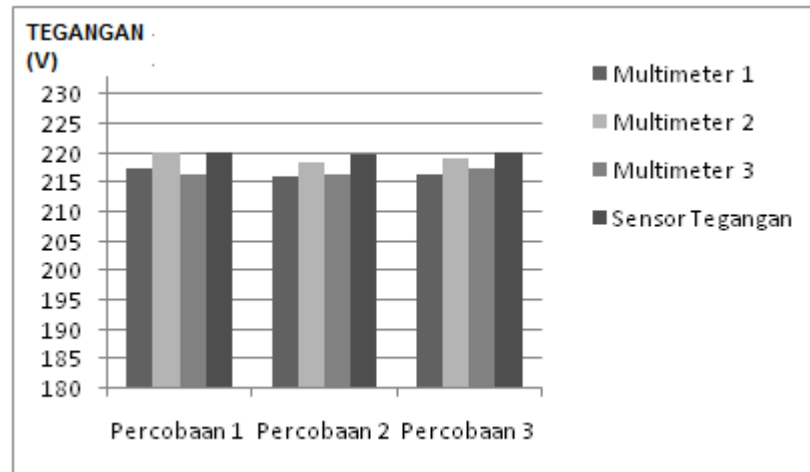
1. Tahapan uji coba sensor tegangan
2. Tahapan uji coba sensor arus
3. Tahapan uji coba pengkondisi gelombang
4. Tahapan uji coba alat pengkoreksi  $\cos \Phi$ .

#### *1. Tahapan uji coba sensor tegangan*

Pada tahap pengujian ini digunakan variabel AC sebagai input tegangan, dan untuk pembandingan pengukuran dan mencari nilai error digunakan multimeter digital sebanyak 3 buah dengan jenis yang berbeda-beda. Multimeter 1 menggunakan jenis Winner M890C dengan tingkat akurasi 0,8 %, multimeter 2 menggunakan jenis Dekko 86D dengan tingkat akurasi yang tidak diketahui, dan multimeter 3 menggunakan jenis Sanwa CD800a dengan tingkat akurasi 0,7 %.

Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali. Range tegangan yang digunakan adalah 180 volt AC sampai dengan 240 volt AC, atau sesuai dengan kinerja maksimal dari variabel AC yang digunakan sebagai pensuplai tegangan AC variabel. Untuk mengetahui nilai-nilai *error* dalam bentuk grafik, maka ditunjukkan grafik nilai dari sensor tegangan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 15. Nilai tegangan yang digunakan sebagai set poin adalah tegangan 220 volt AC. Dari Gambar 15 akan diketahui *error* yang dihasilkan cukup kecil.





GAMBAR 15. Data sensor tegangan

## 2. Tahapan uji coba sensor arus

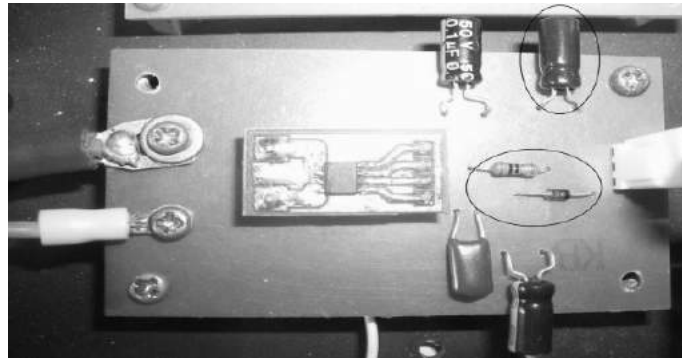
Dalam pengambilan data sensor arus terjadi permasalahan, yaitu data atau nilai yang keluar dari sensor arus selalu berubah dan tidak stabil. Hal ini dikarenakan keluaran dari sensor arus berupa gelombang sinus, tetapi berada di atas level 0 (nol) volt. Oleh karena itu ditambahkan rangkaian penyearah dengan menggunakan *diode*. *Diode* yang digunakan harus bersifat *high speed*, karena frekuensi yang dihasilkan dari sensor arus > 100 hz, sehingga jika menggunakan *diode* biasa tidak dapat memberikan respon yang baik. Selain disarankan menggunakan *diode*, keluaran dari *diode* juga perlu diberi filter berupa kapasitor polar (*elco*). Setelah penambahan rangkaian tersebut, keluaran dari sensor arus menjadi stabil. Gambar 16 menunjukkan rangkaian sensor arus yang telah diberikan tambahan komponen penyearah dan filter.

Pada tahap pengujian ini digunakan beban lampu bolam 10 watt sampai dengan 60 watt AC maupun beban-beban AC yang lain sebagai input sensor arus. Untuk pembandingan pengukuran dan mencari nilai eror digunakan multimeter digital sebanyak 2 buah dengan jenis yang berbeda. Multimeter 1 menggunakan jenis power meter GW instek dengan tingkat akurasi 0,1 % dan multimeter 2 menggunakan jenis winner M890C dengan tingkat akurasi 1,2%. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali. Range tegangan dalam pengujian yang digunakan adalah 0 ampere AC sampai dengan 1,5 ampere AC, atau sesuai dengan beban-beban AC yang digunakan sebagai pensuplai arus AC.

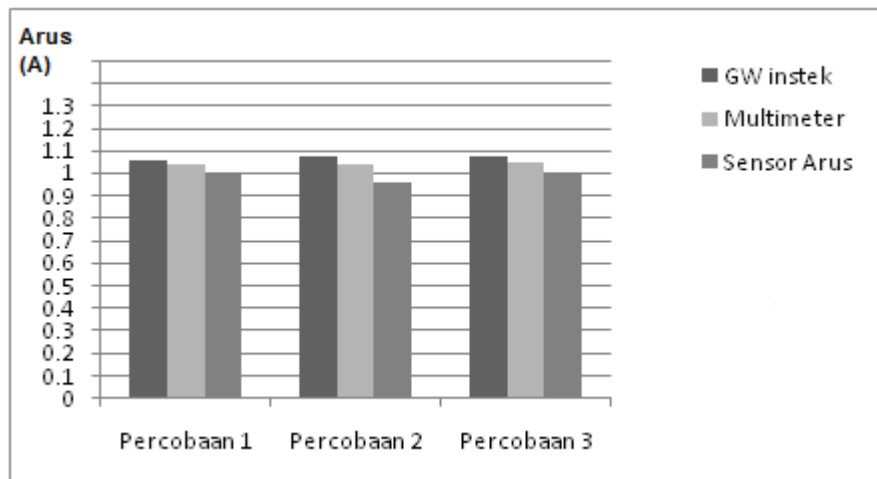
Pada tahap pengujian sensor arus digunakan beban lampu bolam, karena pada lampu bolam memiliki nilai watt yang cukup besar dan arus yang dibutuhkan cukup besar, sehingga perubahan yang terjadi pada arus yang mengalir mampu dideteksi oleh sensor arus. Jika perubahan arus yang mengalir sebesar 100mA, perubahan yang terjadi tidak mampu terbaca oleh sensor arus, karena *range* perubahan nilai arusnya terlalu kecil. Dalam percobaan sensor arus, beban 0 sampai 1,5 ampere, sensor arus ACS712 tidak terjadi panas yang berlebih. Nilai arus yang digunakan sebagai set poin adalah arus dengan beban 250 watt, sehingga arus yang mengalir 1.136 ampere. Gambar 17 menunjukkan nilai-nilai *error* dari sensor arus dalam bentuk grafik.

## 3. Tahapan uji coba pengkondisi gelombang

Pada pengambilan data dan pengujian rangkaian pengkondisi gelombang, sempat terjadi masalah dalam pembacaan nilai output dari XOR-gate. Konsep awal direncanakan pembacaan output XOR-gate dengan cara menggunakan timer cacah, namun hasil yang didapatkan tidak maksimal. Kemudian dicoba menggunakan cara untuk penyearah dan filter dari sensor arus, dengan menggunakan dioda 1N4148 dan *elco*. Dengan percobaan yang dilakukan ternyata nilai keluaran dari XOR-gate mampu terdeteksi oleh mikro dengan baik, karena dalam perubahan lebar gelombang dari gelombang tegangan dan arus rangkaian tambahan tersebut dapat merespon dengan baik dan hasilnya dapat dibaca oleh port adc pada mikro.



GAMBAR 16. Rangkaian sensor arus



GAMBAR 17. Data sensor arus

Pada tahap pengujian ini akan didapatkan nilai  $\cos \Phi$  dari bermacam-macam beban yang digunakan. Nilai  $\cos \Phi$  didapat dari hasil perbandingan gelombang tegangan dan gelombang arus yang telah didapatkan selisihnya dari hasil gerbang XOR. Beban yang digunakan bersifat induktif dengan nilai  $\cos \Phi$  yang berbeda – beda. Agar didapatkan beban induktif maka beban yang digunakan adalah lampu TL 20 watt.

Alat ukur yang digunakan adalah  $\cos \Phi$  meter digital merek GW instek dengan tingkat akurasi 0.1 %. Dari beberapa pengujian didapatkan hasil perbandingan nilai  $\cos \Phi$  dari  $\cos \Phi$  meter digital.

Untuk pembacaan  $\cos \Phi$ , alat hanya mampu membaca dengan range 0.050, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1. Jika pada  $\cos \Phi$  meter menunjukkan angka 0.720, maka pada alat ini menunjukkan angka 0.750.

TABEL 1. Nilai Cos  $\Phi$  dan Derajatnya

Nilai cos $\Phi$	Derajat	Nilai cos $\Phi$	Derajat
0.000	90 <sup>0</sup>	0.550	57 <sup>0</sup>
0.050	87 <sup>0</sup>	0.600	53 <sup>0</sup>
0.100	84 <sup>0</sup>	0.650	49 <sup>0</sup>
0.150	81 <sup>0</sup>	0.700	46 <sup>0</sup>
0.200	78 <sup>0</sup>	0.750	41 <sup>0</sup>
0.250	75 <sup>0</sup>	0.800	37 <sup>0</sup>
0.300	73 <sup>0</sup>	0.850	32 <sup>0</sup>
0.350	70 <sup>0</sup>	0.900	26 <sup>0</sup>
0.400	66 <sup>0</sup>	0.950	18 <sup>0</sup>
0.450	63 <sup>0</sup>	1.000	0 <sup>0</sup>
0.500	60 <sup>0</sup>		

#### 4. Tahapan uji coba alat pengkoreksi $\cos \Phi$

Hasil pengujian ini akan digunakan sebagai tolok ukur apakah alat sudah mampu bekerja dengan baik dalam memperbaiki Faktor Daya ( $\cos \Phi$ ) secara otomatis sesuai dengan nilai  $\cos \Phi$  yang ditentukan. Nilai  $\cos \Phi$  yang ditentukan sudah baik adalah minimal sebesar 0.950. Dengan melakukan perbaikan  $\cos \Phi$

secara otomatis maka diharapkan dapat diketahui pengaruh dari perbaikan  $\cos \Phi$  terhadap arus dan tegangan yang mengalir.

Percobaan dilakukan di laboratorium teknik elektro dengan menggunakan beban induktif. Mula-mula beban akan dideteksi berapa nilai  $\cos \Phi$  dan arusnya, lalu jika  $\cos \Phi$  kurang dari 0.950, maka alat akan melakukan switch kapasitor secara otomatis, sehingga  $\cos \Phi$  sampai bernilai  $\geq 0.950$ . Jika  $\cos \Phi$  yang dikehendaki telah tercapai maka switch kapasitor akan berhenti secara otomatis dan mempertahankan pada kondisi tersebut. Alat akan menampilkan nilai dari  $\cos \Phi$ , arus, tegangan dan juga nilai kapasitor yang digunakan untuk memperbaiki  $\cos \Phi$  tersebut.

Dalam melakukan switch kapasitor alat juga akan mendeteksi apakah beban tersebut bersifat *leading* atau *lagging*. Jika beban bersifat  $<0.950$  berarti *lagging*, maka alat akan melakukan switch kapasitor bertambah satu persatu secara otomatis. Jika beban induksi dimatikan maka alat akan mendeteksi bahwa beban menjadi kapasitif dan  $\cos \Phi < 0.950$  akibat beban kapasitor yang masih terpasang. Alat akan secara otomatis melepas atau mengurangi pemakaian kapasitor sampai dengan terdeteksi  $\cos \Phi \geq 0.950$ .

Gambar 17 dan Gambar 18 menunjukkan data data dari nilai – nilai yang terbaca oleh beban bor duduk tipe YY6314. Dari Gambar 17 dapat diamati, gelombang tegangan mendahului arus sebesar  $34^\circ$  atau 0.829 dan setelah perbaikan pada Gambar 18 pergeseran fasa mengecil menjadi  $18^\circ$  *lagging* atau 0.951 *lagging*. Jika dibandingkan dapat dianalisis sebagai berikut:

❖ Data alat

Cos  $\Phi$  awal = 0.800  
Cos  $\Phi$  akhir = 0.950  
Arus awal = 0.935 A  
Arus akhir = 0.780 A

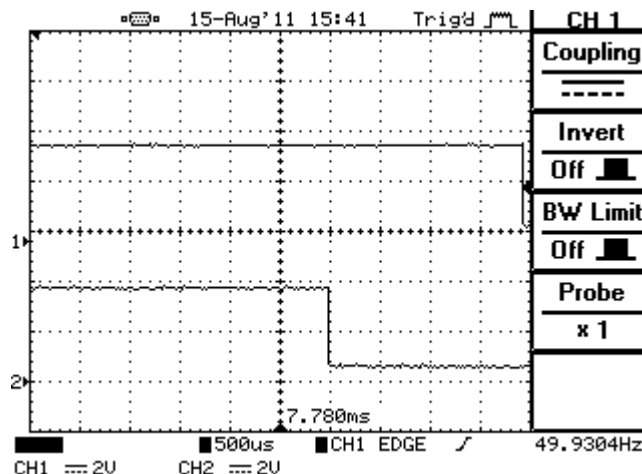
❖ Data GWinstek

Cos  $\Phi$  awal = 0.739  
Cos  $\Phi$  akhir = 0.883  
Arus awal = 0.850 A  
Arus akhir = 0.734 A

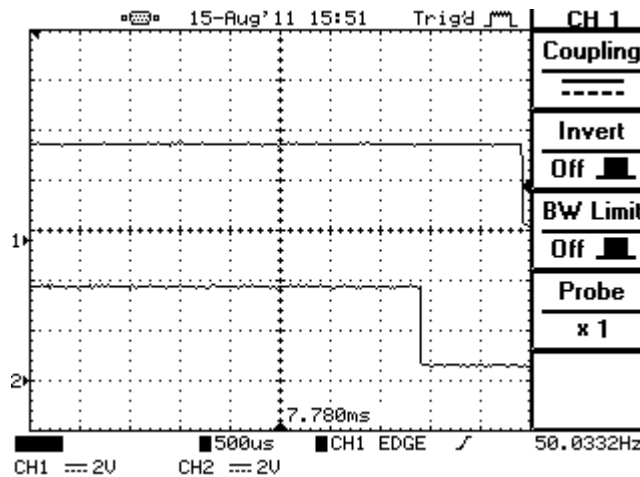
Dari kedua data di atas maka kedua alat sesuai dengan gelombang pada Gambar 17 dan 18. Jika dihitung nilai errornya, maka:

$$\text{error}_{\cos \theta} = \frac{0,950 - 0,883}{0,780,883} \times 100\% = 7,58\%$$

$$\text{error}_{\text{ arus}} = \frac{0,935 - 0,734}{0,734} \times 100\% = 6,27\%$$



GAMBAR 17. Gelombang induksi sebelum perbaikan



GAMBAR 18. Gelombang induksi setelah perbaikan

## KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pembuatan, pengujian alat dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada alat dapat dideteksi nilai tegangan, arus, dan  $\cos \phi$ . Nilai yang dihasilkan dari ketiga sensor tersebut cukup baik.
2. Alat dilengkapi dengan mini kapasitor bank yang bekerja dengan baik selama proses perbaikan  $\cos \phi$ .
3. Dalam melakukan perbaikan  $\cos \phi$ , penyaklaran kapasitor akan berhenti secara otomatis apabila mendekati nilai  $\cos \phi$  yang diinginkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Millman, J. dan Halkias, C. (1985). *Elektronika Terpadu*, Jilid Kedua, Jakarta: Erlangga.
- Safaruddin, Muhammad (2008). *Alat Pengkoreksi Cos  $\Phi$  Otomatis*, Tugas Akhir S1, Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Sudrajat, Budi Indra (2009). *Alat Ukur Cos  $\Phi$  Meter Digital*, Tugas Akhir S1, Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- William David Cooper (1994). *Instrumentasi Elektronika dan Teknik Pengukuran*, Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga.

Zuhail dan Zhaggischan (2004). *Prinsip Dasar Elektro Teknik*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

PENULIS:

Dana Bagus Prasetya✉

Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Bantul 55183, Yogyakarta.

✉Email : dana.prasetya@yahoo.com

Iswanto, Rif'an Tsaqif As Sadad

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Bantul 55183, Yogyakarta.