

Perbaikan Nilai Faktor Daya Menggunakan Zero Crossing Detector Untuk Switching Kapasitor Bank Pada Usaha Bengkel Las

Aldhy Rizhaldy S.G¹, Andriani Parastiwi², Fathoni³

[Submission: 20-07-2021, Accepted: 30-07-2021]

Abstract— Electrical energy is a very essential needs for public or industries, both in rural and urban areas. The power factor is a result from the comparison between active power (KW) and apparent power (KVA). The high quality of the power happened if the size of the power factor value is above 0.85 or close to 1. While the power quality is poor if the size of the power factor value is below 0.35. The installation of power capacitors in electrical networks is a palalel installation of capacitors in an electrical installation with the result that there is an increasing the efficiency of the power factor (cosphi). The test results obtained an average value of error reading power factor of 25.25%. The test results on the 350 watt hand drill and sitting drill 248 watt increased the power factor efficiency at 56% and 25% with 3 active capacitors and 2 active capacitors while the 540 watt grenda and 180 watt sitting drill did not increase the power factor efficiency due to the value of the power factor on the 540 watt grinder and the 180 watt drill sitting had exceed 0.85.

Keywords — Power Factor, Cosphi, Zero Crossing Detector

Intisari— Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat utama bagi penduduk dan industri, baik yang berada di pedesaan maupun yang di perkotaan. Faktor daya merupakan rasio perbandingan antara daya aktif (KW) dan daya semu (KVA). Kualitas daya yang baik adalah jika ukuran nilai faktor daya diatas 0.85 atau mendekati 1. Sedangkan kualitas daya yang buruk jika ukuran nilai faktor daya dibawah 0.35. Pemasangan kapasitor daya dalam jaringan listrik merupakan pemasangan kapasitor secara paralel pada suatu instalasi listrik dengan harapan dapat menaikkan efisiensi faktor daya (cosphi). Hasil pengujian alat didapatkan nilai rata - rata kesalahan pembacaan faktor daya sebesar 25.25%. Hasil pengujian pada bor tangan 350 watt dan bor duduk 248 watt terjadi kenaikan efisiensi faktor daya sebesar 56% dan 25% dengan 3 buah kapasitor aktif dan 2 buah kapasitor aktif sedangkan pada grenda 540 watt dan bor duduk 180 watt tidak terjadi kenaikan efisiensi faktor daya dikarenakan nilai faktor daya pada grenda 540 watt dan bor duduk 180 watt sudah melebihi 0.85.

Kata Kunci — Faktor Daya, Power Factor, Cosphi, Zero Crossing Detector

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat utama bagi penduduk dan industri, baik yang berada di pedesaan maupun yang di perkotaan. Tanpa energi listrik sulit rasanya bagi penduduk maupun industri menjalankan aktifitasnya[1]. Faktor daya merupakan rasio perbandingan antara daya aktif (KW) dan daya semu (KVA). Kualitas daya yang baik adalah jika ukuran nilai faktor daya diatas 0.85 atau mendekati 1. Sedangkan kualitas daya yang buruk jika ukuran nilai faktor daya dibawah 0.35. Besarnya nilai faktor daya dipengaruhi oleh seberapa besar nilai sudut pergeseran fasa gelombang arus dan fasa gelombang tegangan. Menurut hukum fisika bahwa beban – beban yang bersifat induktif bila dihubungkan dengan sumber arus listrik bolak – balik (AC) akan terjadi pergeseran fasa gelombang, yaitu fase gelombang tegangan akan mendahului fase gelombang arus sebesar sudut 90°. Semakin kecil nilai sudut fase maka nilai faktor daya akan mendekati 1, dan kualitas daya akan menjadi semakin baik. Kualitas dan efisiensi daya listrik ditentukan oleh ukuran nilai faktor daya.

Untuk mendeteksi adanya pergeseran fasa antara arus dan tegangan maka diperlukan metode zero crossing detector. Metode zero crossing detector digunakan mendeteksi perpotongan gelombang sinus pada tegangan AC dengan zero point tegangan AC tersebut, sehingga dapat memberikan sinyal acuan saat dimulainya pemicuan sinyal PWM[2]. Perbaikan atau koreksi faktor dapat dilakukan dengan memasang kapasitor yang dihubungkan secara paralel dengan beban yang umumnya bersifat induktif seperti motor induksi, alat las dan sebagainya. Perbaikan faktor daya tersebut dikenal sebagai kompensasi fasa. Pemasangan kapasitor daya dalam jaringan listrik merupakan pemasangan kapasitor secara

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

¹Mahasiswa, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang , Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang.
e-mail: aldhyrizhaldy@gmail.com

^{2,3}Dosen, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang , Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang.
e-mail: andriani.parastiwi@polinema.ac.id, pakfapyrus@yahoo.com



paralel pada suatu instalasi listrik dengan harapan dapat menaikkan efisiensi faktor daya (cosphi).

I. TINJAUAN PUSTAKA

A. Daya Listrik

1. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang memang benar – benar digunakan dan terukur pada beban. Daya aktif dibedakan berdasarkan penggunaannya, yaitu pada satu fasa atau tiga fasa[3]. Secara matematis dapat ditulis :

$$\begin{aligned} \text{Untuk 1 fasa} & : P = V \times I \text{ Cos} \\ \text{Untuk 3 fasa} & : P = V \times I \text{ Cos} \quad 3 \end{aligned} \quad (1)$$

Keterangan :

| | |
|-----|------------------|
| P | = Daya Aktif (W) |
| V | = Tegangan (V) |
| I | = Arus (A) |
| Cos | = Faktor Daya |

2. Daya Semu

Daya semu adalah nilai tenaga listrik yang melalui suatu penghantar. Daya semu merupakan hasil perkalian dari tegangan dan arus yang melalui suatu penghantar. Daya semu dibedakan berdasarkan penggunaannya, yaitu pada satu fasa dan tiga fasa[3]. Secara matematis dapat dituliskan:

$$\begin{aligned} \text{Untuk 1 fasa} & : S = V \times I \\ \text{Untuk 3 fasa} & : S = V \times I \end{aligned} \quad (2)$$

Keterangan :

| | |
|---|------------------|
| S | = Daya Semu (VA) |
| V | = Tegangan (V) |
| I | = Arus (A) |

3. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dihasilkan oleh peralatan – peralatan listrik. Sebagai contoh, pada motor listrik terdapat 2 daya reaktif panas dan mekanik. Daya reaktif panas karena kumparan pada motor dan daya reaktif mekanik karena perputaran. Daya reaktif adalah hasil perkalian dari tegangan dan arus dengan vektor daya[3]. Secara matematis dapat dituliskan :

$$\begin{aligned} \text{Untuk 1 fasa} & : Q = V \times I \text{ Sin} \\ \text{Untuk 3 fasa} & : Q = V \times I \text{ Sin} \quad 3 \end{aligned} \quad (3)$$

Keterangan :

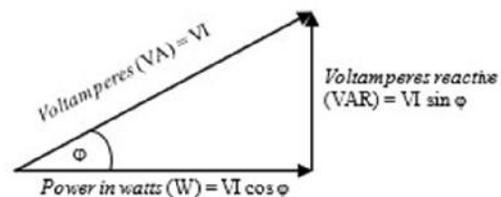
| | |
|-----|-----------------------|
| Q | = Daya Reaktif (VAR) |
| V | = Tegangan (V) |
| I | = Arus (A) |
| Sin | = Besaran Vektor Daya |

B. Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan segitiga yang mengambarkan hubungan matematis antara tipe – tipe daya yang berbeda (daya aktif, reaktif, dan semu) berdasarkan prinsip trigonometri[3]. Dengan menerapkan dalil phitagoras dan dalil – dalil trigonometri hubungan antara daya semu (S), daya nyata(P), dan daya reaktif (Q) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} (S)^2 & = (\text{daya nyata}(P))^2 + (\text{daya reaktif}(Q))^2 \\ (VI)^2 & = (VI \cos \phi)^2 + (VI \sin \phi)^2 \end{aligned} \quad (4)$$

Dari sini selain daya semu VI (*voltampere*) yang diserap oleh beban pada kenyataannya terdapat faktor daya. Hubungan vektoris antara daya nyata (*watt*) dan daya semu (*voltampere*) diperhatikan dalam segitiga daya sebagai berikut:



Gambar 1 Segitiga Daya [3]

C. Faktor Daya

Menurut sejarahnya, penggunaan konsep daya semu (*apparent power*) dan faktor daya (*power factor*) diperkenalkan oleh kalangan industri penyedia daya listrik, yang bisnisnya memindahkan energi listrik dari satu titik ke titik lain. Efisiensi proses pemindahan daya listrik ini terkait langsung dengan biaya energi listrik yang pada gilirannya menjelma menjadi biaya yang harus dibayarkan oleh konsumen. Hal ini mempengaruhi perpindahan energi listrik tersebut adalah faktor daya. Untuk mencapai efisiensi pemindahan energi 100%, maka rangkaian harus memiliki nilai faktor daya sebesar 1. Namun hal ini sulit dicapai karena adanya rugi – rugi yang ditimbulkan oleh penghantar listrik dan juga beban listrik, terutama beban induktif. Perbandingan antara daya nyata (*watt*) terhadap perkalian arus dan tegangan (*voltampere*) disebut faktor daya (pf). Secara matematis faktor daya (pf) atau disebut $\cos \phi$ adalah sebagai berikut

$$pf = \frac{P(\text{watt})}{VI(\text{voltampere})} \quad (5)$$

$$\cos \phi = \frac{P}{VI} \quad (6)$$



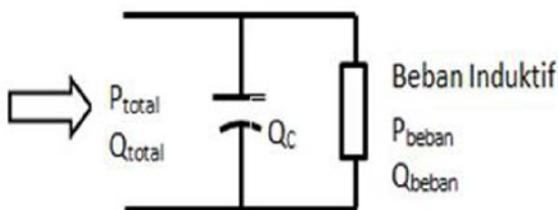
Pada rangkaian induktif, arus tertinggal dari tegangan, oleh sebab itu rangkaian ini memiliki faktor daya tertinggal dan *lagging*. Sedangkan pada rangkaian kapasitif, arus mendahului tegangan, oleh karena itu rangkaian ini memiliki faktor daya mendahului atau *leading*[3].

D. Perbaikan Faktor Daya

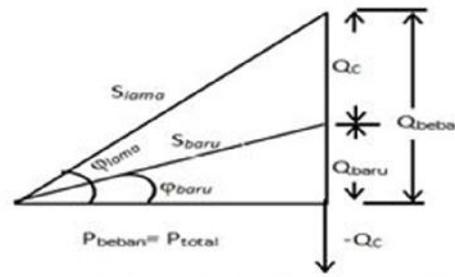
Faktor daya yang rendah dihasilkan oleh peralatan elektronika yang bersifat induktif, seperti motor induksi, ballast transformator yang memerlukan arus magnetisasi reaktif untuk gerakannya. Medan magnet dari peralatan tersebut memerlukan arus yang tidak melakukan kerja yang bermanfaat dan tidak mengakibatkan panas atau daya mekanis, tetapi yang diperlukan hanyalah untuk membangkitkan medan[7].

Faktor daya berhubungan dengan daya reaktif Q, daya reaktif Q adalah daya yang hilang maka diharapkan daya rata-rata P bernilai besar dan harga Q sekecil mungkin. Idealnya nilai faktor daya mendekati 1 atau *cos* atau jenis beban resistif. Hal ini sulit dilakukan karena pada kenyataannya di industri terdapat banyak motor-motor listrik sebagai penggerak peralatan produksi. Motor listrik adalah Gambaran adanya nilai-nilai XL dengan demikian harga Q menjadi besar ($XL > XC$). Faktor daya semakin kecil atau *cos* makin besar akan semakin banyak daya yang hilang dibanding daya yang dimanfaatkan, atau semakin besar nilai daya reaktif di banding daya aktif. Hal ini merugikan baik bagi pengguna instalasi maupun bagi pihak pembangkit pemberi daya[4].

Instalasi listrik dengan nilai daya reaktif tinggi dapat dikoreksi dengan cara memasang kapasitor atau generator sinkron secara paralel pada instalasi listrik. Mengingat kapasitor atau generator sinkron mempunyai nilai X negatif. Pemasangan kapasitor dapat di Gambarkan pada Gambar dan analisis daya dengan adanya kapasitor pada Gambar[4]:



Gambar 2 Pemasangan Kapasitor [4]



Gambar 3 Analisis Daya dengan Adanya Kapasitor Paralel [4]

$$P_{total} = P_{beban} + P_c$$

$$P_{total} = P_{beban} + 0 \quad (7)$$

$$Q_{total} = Q_{beban} + Q_c \quad (8)$$

$$\cos \theta_{lama} = \frac{P}{S} \quad (9)$$

$$\cos \theta_{baru} = \frac{P}{S} \quad (10)$$

Nilai daya pada kapasitor paralel

$$-Q_c = \frac{V^2}{X} \quad (11)$$

$$X_c = \frac{V^2}{Q} \quad (12)$$

Mencari nilai kapasitansi dapat digunakan persamaan

$$X_c = \frac{1}{\omega} \quad (13)$$

$$C = \frac{1}{2\pi} \quad (14)$$

E. Kapasitor Bank

Bank kapasitor adalah rangkaian yang terdiri dari beberapa unit kapasitor. Kapasitas unit kapasitor menyatakan besar daya reaktif nominal yang dihasilkan pada tegangan dan frekuensi nominal, dinyatakan dalam satuan dasar var. Praktisnya, unit kapasitor diproduksi dalam kapasitas diproduksi dalam kapasitas tertentu dan bersifat diskrit[6].

Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar faktor daya dipasang paralel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan keluar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian



yang memerlukannya dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah itu kembali normal (tetap) maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron. Pada saat kapasitor mengeluarkan elektron (Ic) berarti sama juga kapasitor menyuplai daya reaktif ke beban. Keran beban bersifat induktif (+) sedangkan daya reaktif bersifat kapasitor (-) akibatnya daya reaktif yang berlaku menjadi kecil. Berikut rumus yang digunakan untuk menentukan nilai besaran kapasitor[5].

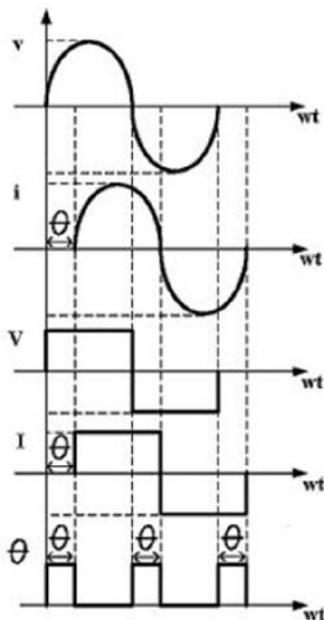
$$C = \frac{Q}{-V^2\omega} \quad (15)$$

Dimana :

- Qc = Daya Reaktif Kapasitor (VAR)
- V = Tegangan (volt)
- = 2 f

F. Zero Crossing Detector

Rangkaian ini berfungsi untuk mendeteksi perbedaan sudut fasa yang mengalir ke beban. Detektor fasa dibuat menggunakan komparator dan gerbang logika XOR. Komparator digunakan untuk mendapatkan informasi saat nilai tegangan dan nilai arus tepat melewati titik nol. Gerbang logika XOR digunakan untuk mengetahui nilai beda sudut fasa. Nilai perbedaan sudut fasa didapat dengan menghitung selang waktu antara tegangan naik dan tegangan turun pada keluaran gerbang logika XOR.



Gambar 4 Input dan Output pada Metode Zero Crossing Detector[6]

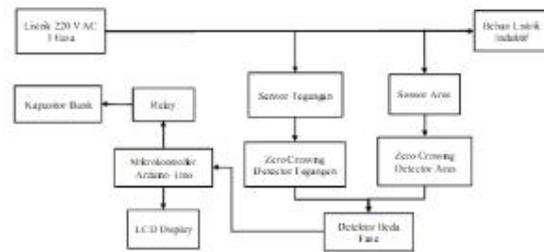
III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Prosedur Pelaksanaan

Pada penelitian ini, dilakukan analisis deskriptif komparatif. Metode deskriptif adalah untuk dapat menjelaskan rumusan masalah yang diteliti berkenaan dengan keberadaan variabel mandiri, variabel mandiri adalah variabel yang berdiri sendiri, bukan variabel independen. Metode komparatif ini dilakukan dengan membandingkan perubahan nilai faktor daya sebelum dipasang alat dan sesudah dipasang alat. Dengan variabel penelitian sebagai berikut:

- Variabel bebas : Faktor daya
- Variabel terikat : Arus, Daya Aktif

B. Diagram Blok Sistem



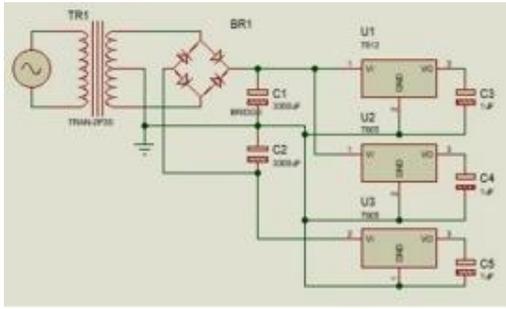
Gambar 5 Diagram Blok Sistem

1. Sensor tegangan digunakan untuk mendeteksi pergeseran fasa dari masukan tegangan AC dengan menggunakan rangkaian *zero crossing detector* (v) agar pergeseran fasa dari AC supply dapat dibaca oleh detektor beda fase
2. *Current* trafo atau sensor arus digunakan sebagai komponen pendeteksi pergeseran fasa pada AC supply dengan menggunakan rangkaian *zero crossing detector* (i) agar pergeseran fasa dari arus AC supply dapat dibaca oleh detektor beda fase
3. Detektor beda fase digunakan untuk mengetahui selisih fase antara fase tegangan dan fase arus. Untuk mengetahui selisih fase antara fase tegangan dan fase arus maka digunakan IC XOR gate.
4. Relay digunakan sebagai saklar otomatis untuk mengaktifkan dan menonaktifkan kapasitor bank.

C. Perancangan Rangkaian Power Supply

Rangkaian power supply berfungsi menyuplai daya keseluruhan rangkaian sistem.



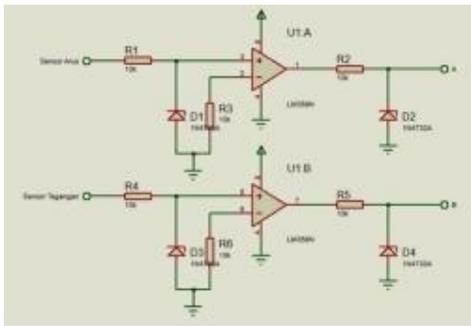


Gambar 6 Rangkaian Power Supply

Pada perancangan power supply digunakan jenis trafo CT 2 ampere, diode sebagai penyearah, kapasitor, 3 buah IC LM 7805 sebagai regulator tegangan agar keluarannya stabil +5 volt DC, IC LM 7905 sebagai regulator tegangan agar keluarannya stabil -5 volt DC, dan IC LM 7812 sebagai regulator tegangan agar keluarannya stabil +12 volt DC.

D. Perancangan Rangkaian Zero Crossing Detector

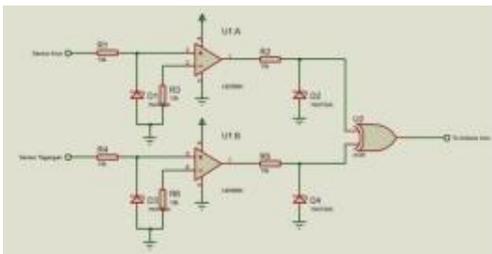
Pada rangkaian zero crossing detector digunakan IC LM358 untuk mengubah sinyal sinusoida dari sensor tegangan dan sensor arus menjadi bentuk sinyal step (sinyal kotak).



Gambar 7 Rangkaian Zero Crossing Detector

E. Perancangan Rangkaian Detektor Beda Fase

Rangkaian ini berfungsi untuk mendeteksi adanya beda fase antara gelombang arus dan tegangan.

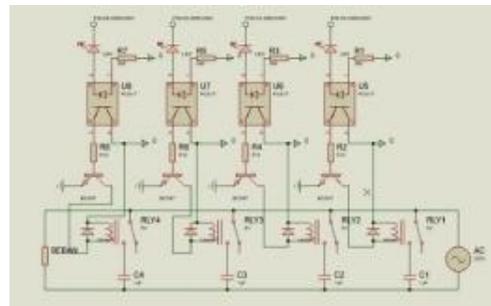


Gambar 8 Rangkaian Detektor Beda Fase

Sinyal keluaran dari step (sinyal kotak) dari zero crossing detector dimasukkan ke input IC gerbang logika XOR 74LS86 untuk menghasilkan sinyal step yang menunjukkan nilai beda fase antara fase arus dan tegangan. Prinsip kerja IC XOR 74LS86 yaitu jika kedua input berlogika sama maka output akan berlogika "0". Jika kedua input berlogika tidak sama, maka output akan berlogika "1". IC XOR 74LS86 digunakan untuk membandingkan dua sinyal input, yaitu sinyal arus dan sinyal tegangan yang berasal dari keluaran rangkaian komparator, sehingga dapat diketahui perbedaan sudut fase antara sinyal tegangan dan sinyal arus yang mengalir pada beban. Perbedaan fase yang terjadi merepresentasikan nilai faktor daya. Nilai beda fase akan mempengaruhi berapa nilai kapasitor yang harus dipasang pada beban untuk mengkompensasi daya reaktif agar faktor daya dapat ditingkatkan diatas 0.85.

F. Perancangan Rangkaian Kapasitor Bank

Kapasitor yang digunakan sebagai kompensator yaitu terdiri dari 4 buah kapasitor. Kapasitor dipasang secara parallel ke instalasi listrik menggunakan relay.



Gambar 9 Rangkaian Kapasitor Bank

- Menentukan nilai R1 pada modul relay dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R1 = \frac{Vs - Vf}{I} \tag{1}$$

Keterangan :

Vs = Voltage Source / Tegangan Sumber (5 Volt)

Vf = Voltage Forward / Tegangan Maju (1.2 Volt)

I = Arus yang dikeluarkan oleh pin I/O digital Arduino Uno

$$R1 = \frac{Vs - Vf}{I}$$

$$R1 = \frac{5Volt - 1.2Volt}{10mA}$$



$$R1 = \frac{3.8\text{ Volt}}{0.01\text{ A}}$$

$$R1 = 380\ \text{ohm}$$

$$R1 = R3 = R5 = R7 = 380\ \text{ohm}$$

- Menentukan nilai R2 pada modul relay dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$R2 = \frac{V_{bb} - V_{be}}{I_b} \quad (2)$$

Dimana nilai Ib dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$I_b = \frac{I_c}{h_{fe}} \quad (3)$$

Keterangan :

Vbb = Tegangan basis (5 Volt)

Vbe = Tegangan transistor pada saat cut off (0.7 Volt)

Ib = Arus basis (0.9mA)

Ic = Arus kolektor (100mA / sesuai datasheet)

Hfe = gain penguat sebuah transistor (110 / sesuai datasheet)

$$I_b = \frac{I_c}{h_{fe}}$$

$$I_b = \frac{100\text{ mA}}{110}$$

$$I_b = 0.9\text{ mA}$$

$$R2 = \frac{V_{bb} - V_{be}}{I_b}$$

$$R2 = \frac{5\text{ Volt} - 0.7\text{ Volt}}{0.9\text{ mA}}$$

$$R2 = \frac{4.3\text{ Volt}}{0.9\text{ mA}}$$

$$R2 = \frac{4.3\text{ Volt}}{0.0009\text{ A}}$$

$$R2 = 4.78\text{ Kohm}$$

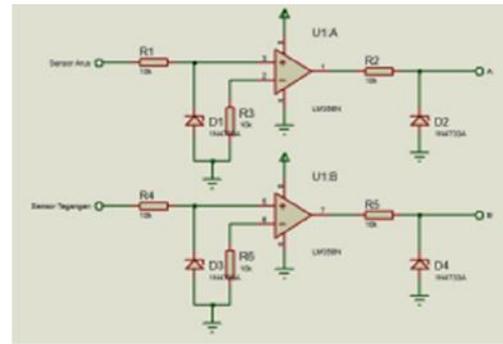
$$R2 = R4 = R6 = R8 = 4.78\text{ Kohm}$$

Jadi nilai resistor maksimum pada R2 adalah 4.78 Kohm

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

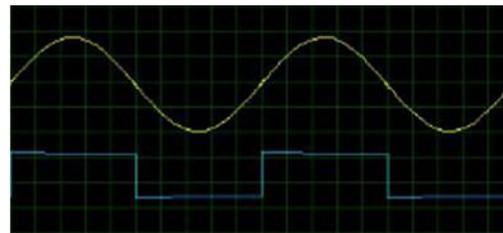
A. Pengujian Zero Crossing Detector

Pengujian zero crossing detector dilakukan untuk membangkitkan fase dari sensor tegangan dan sensor arus yang kemudian kedua fase tersebut akan diteruskan ke detektor beda fase.



Gambar 10 Pengujian Rangkaian Zero Crossing Detector

Berdasarkan hasil pengujian rangkaian zero crossing detector diperoleh bentuk sinyal seperti Gambar 8.



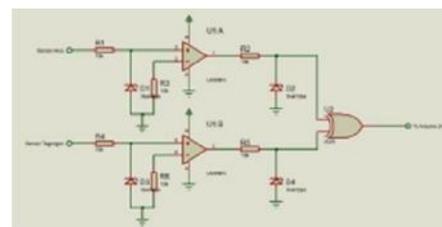
Gambar 11 Sinyal Masukan dan Keluaran Zero Crossing Detector

Gambar 11 merupakan hasil dari pengujian rangkaian zero crossing detector dimana input dari gelombang sinus bisa dikonversikan menjadi output gelombang kotak.

B. Pengujian Detektor Beda Fase

Pengujian detektor beda fase dilakukan untuk mengetahui selisih antara fase sinyal tegangan dan fase sinyal arus. Pengujian rangkaian detektor beda fase dapat dilakukan dengan menggunakan IC XOR dengan rangkaian seperti Gambar 9.

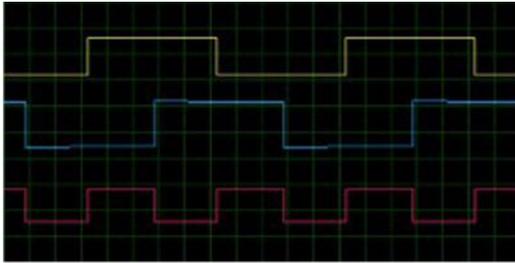
Hasil pengujian rangkaian detektor beda fase menggunakan beban induktif berupa peralatan didalam bengkel las didapatkan bentuk fase gelombang seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 12 Rangkaian Detektor Beda Fase



Hasil pengujian rangkaian detektor beda fase diperoleh bentuk sinyal seperti Gambar 10.



Gambar 13 Sinyal Keluaran Detektor Beda Fase

Gambar 13 merupakan hasil dari pengujian rangkaian detektor beda fase dimana kedua input gelombang kotak dari sensor tegangan dan sensor arus yang dikonversikan menjadi satu output gelombang kotak oleh IC XOR dimana output tersebut akan diinputkan ke dalam mikrokontroler.

C. Pengujian Alat

Pengujian alat kompensator faktor daya bertujuan untuk mengetahui apakah alat yang sudah dirancang dan dibuat dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Secara umum rangkaian yang digunakan pada alat kompensator faktor daya ditunjukkan pada Gambar 9.

Pengujian alat kompensator faktor daya dilakukan dengan pengambilan data pengukuran faktor daya (cosphi) pada beberapa sampel beban. Untuk menentukan nilai kevalidan dan keefektifan dan titik kesalahan, dilakukan perbandingan hasil pengukuran faktor daya antara alat yang dibuat dengan alat yang sudah ada dipasaran (pabrik). Setelah mendapatkan data hasil pengukuran, didapatkan nilai kesalahan rata – rata dengan analisis rumus :

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

Keterangan:

- cosphi meter A = cosphi meter pabrikan
- cosphi meter B = cosphi meter hasil perancangan,

TABEL 1
PERBANDINGAN COSPHI METER

| No | Beban | Cosphi Meter A | Cosphi Meter B | Nilai Error (%) |
|------------------------------|------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1. | Bor Tangan 350 watt | 0.61 | 0.44 | 27.87% |
| 2. | Grenda 540 watt | 0.94 | 0.99 | -5.32% |
| 3. | Bor Duduk 180 watt | 0.91 | 0.97 | -6.6% |
| 4. | Bor Duduk 248 watt | 0.86 | 0.78 | 9.3% |
| Jumlah kesalahan rata – rata | | | | 25.25% |

Hasil pengujian perbandingan pengukuran alat yang telah dibuat dengan alat yang sudah ada untuk kalibrasi dan mencari nilai kesalahan pengukuran, didapatkan data seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Dari data tersebut didapatkan nilai rata – rata kesalahan pengukuran sebesar 25.25% . Besarnya nilai kesalahan pengukuran dari alat kemungkinan disebabkan oleh pembacaan panjang periode sinyal on. Karena timer pencacah penghitung periode pulsa pada mikrokontroler berupa nilai bilangan bulat bukan nilai bilangan pecahan.

TABEL 2
PERBANDINGAN NILAI FAKTOR DAYA SEBELUM DAN SESUDAH PERBAIKAN

| No | Beban | Pengujian ke | Faktor Daya Awal | Faktor Daya Akhir | Kapasitor Aktif | | | |
|----|------------------------|--------------|------------------|-------------------|-----------------|----------|----------|----------|
| | | | | | 1 1uF | 2 1uF | 3 1uF | 4 1uF |
| 1. | Bor Tangan 350 watt | 1 | 0.46 | 0.99 | OC | SC | SC | SC |
| | | 2 | 0.44 | 0.99 | | | | |
| | | 3 | 0.39 | 0.99 | | | | |
| | | Rata - rata | 0.43 | 0.99 | | | | |
| 2. | Grenda 540 watt | 1 | 0.99 | - | OC | OC | OC | OC |
| | | 2 | 0.99 | - | | | | |
| | | 3 | 0.99 | - | | | | |
| | | Rata - rata | 0.99 | - | | | | |
| 3. | Bor Duduk 180 watt | 1 | 0.97 | - | OC | OC | OC | OC |
| | | 2 | 0.96 | - | | | | |
| | | 3 | 0.97 | - | | | | |
| | | Rata - rata | 0.97 | - | | | | |
| 4. | Bor Duduk 248 watt | 1 | 0.78 | 1.00 | OC | OC | SC | SC |
| | | 2 | 0.74 | 1.00 | | | | |
| | | 3 | 0.73 | 1.00 | | | | |
| | | Rata - rata | 0.75 | 1.00 | | | | |

Keterangan :

- SC = *Source Circuit* (Aktif)
- OC = *Open Circuit* (Tidak Aktif)



TABEL 3
 PROSENTASE KENAIKAN NILAI RATA – RATA FAKTOR DAYA

| No | Beban | Sebelum Perbaikan | | | Setelah Perbaikan | | | Prosentase kenaikan faktor daya (%) |
|----|---------------------|-------------------|-------|---------|-------------------|-------|---------|-------------------------------------|
| | | PF | I | P | PF | I | P | |
| 1. | Bor Tangan 350 watt | 0.43 | 3.7A | 350.02W | 0.99 | 1.87A | 407.28W | 56% |
| 2. | Grenda 540 watt | 0.99 | 2.47A | 534.6W | - | - | - | 0% |
| 3. | Bor Duduk 180 watt | 0.97 | 0.84A | 174.6 | - | - | - | 0% |
| 4. | Bor Duduk 248 watt | 0.75 | 1.5A | 247.3W | 1.00 | 1.33A | 292.6 | 25% |

Keterangan :

- PF = Faktor Daya
- I = Arus
- P = Daya Aktif

Hasil pengujian perbaikan nilai faktor daya pada beban berupa peralatan bengkel las didapatkan data seperti pada Tabel 3. Peralatan yang digunakan adalah berupa bor tangan 350 watt, grenda 540 watt, bor duduk 180 watt, dan bor duduk 248 watt. Pada bor tangan 350 watt dan bor duduk 248 watt terjadi kenaikan efisiensi faktor daya sebesar 56% dan 25% dengan 3 buah kapasitor aktif dan 2 kapasitor aktif sedangkan pada grenda 540 watt dan bor duduk 180 watt tidak terjadi kenaikan efisiensi faktor daya dikarenakan nilai faktor daya pada grenda 540 watt, bor duduk 180 watt sudah melebihi 0.85. Nilai kapasitor akan bertambah terus sampai nilai kapasitor yang terpasang pada alat dapat memperbaiki nilai faktor daya sampai melebihi setting point yang telah ditentukan. Besarnya nilai kapasitor yang diperlukan untuk perbaikan faktor daya tergantung dari berapa nilai faktor daya awal sebelum kapasitor terpasang.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang kompensator faktor daya otomatis sebagai upaya efisiensi tenaga listrik yang telah diuraikan di atas maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Telah dibuat alat yang dapat memperbaiki kualitas daya dengan cara memperbaiki nilai faktor daya secara otomatis pada beban induktif khususnya beban induktif pada peralatan bengkel las.
2. Pada bor tangan 350 watt terjadi kenaikan efisiensi faktor daya sebesar 0.55% dengan 3 buah kapasitor aktif sedangkan pada grenda 540 watt dan bor duduk 180 watt tidak terjadi kenaikan efisiensi faktor daya dikarenakan nilai faktor daya pada grenda 540 watt dan bor duduk 180 watt sudah melebihi 0.85.

B. Saran

1. Kapasitor yang digunakan seharusnya adalah variabel kapasitor yang dapat diatur kapasitasnya, sehingga lebih presisi dan efisien
2. Menambah fasilitas yang dapat mendeteksi jenis beban, agar dapat membedakan beban resistif, induktif, dan kapasitif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fauzan., Wijaya, F.D., Sutopo, B., tahun. *Studi Perbaikan Faktor Daya Beban Induktif dengan Kompensator Reaktif Seri Menggunakan Sakelar Pemulih Energi Magnetik*. Jurnal Teknik Elektro FT UGM.
- [2] Mismail, Budiono. 2011. *Dasar Teknik Elektro Rangkaian Listrik*. Malang: UB Press.
- [3] Noor, F.A., Ananta, H., Sunardiyo, S., 2017. *Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya aktif pada Beban Listrik di Minimarket*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- [4] Astuti, Budi. 2011. *Pengantar Teknik Elektro*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [5] Bueche, Frederick J. 1989. *Fisika Edisi Kedelapan*. Jakarta: Erlangga
- [6] Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga
- [7] Neidle, Michael. 1999. *Teknologi Instalasi Listrik Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga
- [8] Hamzah, Amir dkk. 2013. *Perbaikan Faktor Daya Otomatis Berbasis Smart Relay Pada Jaringan Tegangan Rendah Satu Fasa*. Riau: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
- [9] Yasin, Muhammad. 2013. *Perancangan Cos Phi Meter Digital Berbasis Mikrokontroler Atmega16*. Bogor: Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor
- [10] Hartono, T. N., Shidiq, M., & Santoso, H. (2014). *Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Beban Rumah Tangga dengan Menggunakan Switching Kapasitor dan Induktor Otomatis*. Jurnal Mahasiswa TEUB, 2(1).
- [11] Wihardiyono, Tejo. 2011. *Switching Kapasitor untuk Perbaikan Power Faktor dengan Menggunakan Mikrokontroler M68HC11*. Semarang: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

