

PEMANFAATAN MICROCONTROLLER AT89C51 UNTUK MEMPERBAIKI FAKTOR DAYA PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

Armansyah, Yusmartato, Ramayulis Nasution
Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik UISU
armansyah@ft.uisu.ac.id ; yusmartato@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Perancangan perangkat lunak bertujuan menciptakan perangkat lunak (software) perbaikan faktor daya (cos φ) Pada sistem tenaga listrik multimachine dengan menerapkan mikrokontroler Atmel AT89C51 yang mampu memilih kapasitor secara otomatis. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan bahasa assembler. Perancangan perangkat lunak meliputi : Perancangan alamat memori, Perancangan alamat input/output, Perancangan fungsi masing-masing port I/O, perencanaan hubungan sensor, Percobaan Modul, dan Penerapan prototype. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dan data arus dan tegangan yang masuk ke beban induktif melalui rangkaian sensor tegangan dan arus untuk mendapatkan data beda fase dari beban induktif. Analisis data dilakukan dengan mengaplikasikan mikrokontroler AT89C51 sebagai pengendali kapasitor otomatis yang diprogram dengan bahasa Assembler guna menurunkan faktor daya beban induktif, serta mengolah data, sekaligus pengujian terhadap modul-modul perbaikan faktor daya Target yang dicapai adalah faktor daya 0,8

Kata-Kata Kunci: Pengaturan, Faktor Daya, Mikrokontroler

I. Pendahuluan

Dengan meningkatnya perkembangan teknologi akan menghadirkan kemudahan-kemudahan bagi kehidupan manusia. Saat ini Komputer sudah menjadi kebutuhan utama untuk memudahkan manusia dalam melakukan pekerjaan.

Banyak hal yang mungkin saat ini untuk menyelesaikan permasalahannya manusia membutuhkan waktu, tenaga yang cukup besar dalam penyelesaiannya, tetapi dengan adanya kemajuan teknologi Mikrokontroler hal-hal tersebut dapat dilakukan dengan mudah.

Pada saat ini penyediaan tenaga listrik dari PLN ke konsumen sudah kurang memadai karena tegangan yang tererukur pada konsumen tidak mencapai 220 volt lagi, hal ini menyebabkan pemakaian beban rumah tangga akan terganggu, karena beban rumah tangga sekarang berupa motor listrik, ballast pada lampu TL, dan jenis beban lainnya. Hal ini menyebabkan rugi-rugi daya listrik yang mengakibatkan factor daya (cos φ) tidak terpenuhi seperti yang diharapkan.

Permasalahan ini bisa merusak peralatan rumah tangga yang menggunakan energy listrik, sebab itu diperlukan sebuah alat yang dapat mengatur faktor daya (cos φ) .

II. Tinjauan Pustaka

2.1 Daya Fasa Tunggal

Bentuk gelombang tegangan pada sistem daya dapat diandaikan berupa sinusoida murni dengan frekuensi tetap. Dalam istilah tegangan dan arus, satuan daya adalah watt. Daya dalam watt yang diserap oleh suatu beban pada setiap saat adalah hasil kali tegangan jatuh sesaat di antara beban itu

dalam volt dengan besar arus sesaat yang mengalir dalam beban tersebut dalam ampere.

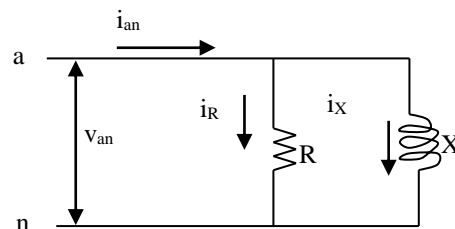
Seperti terlihat pada Gambar 1, jika kutub-kutub beban dinamakan a dan n, R adalah beban resistif yang diparalel dengan beban induktif X, I_R adalah arus yang mengalir pada beban resistif. I_X adalah arus yang mengalir pada beban induktif maka tegangan antara kutub a,n (v_{an}) dan arus yang mengalir ke beban (i_{an}) tersebut dinyatakan oleh :

$$v_{an} = V_{max} \cos \omega t \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$i_{an} = I_{max} \cos(\omega t - \theta) \quad \dots \dots \dots (2)$$

daya sesaatnya adalah

$$p = v_{an} \cdot i_{an} = V_{max} I_{max} \cos \omega t \cos(\omega t - \theta) \quad (3)$$



Gambar 1. Beban Paralel

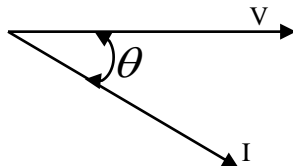
2.2 Segitiga Daya

Persamaan (3) menunjukkan suatu cara dengan gambar untuk memperoleh daya nyata (P), daya reaktif (Q) dan sudut fasa keseluruhan bagi beberapa beban yang dihitung paralel karena Cos φ adalah P/|S|

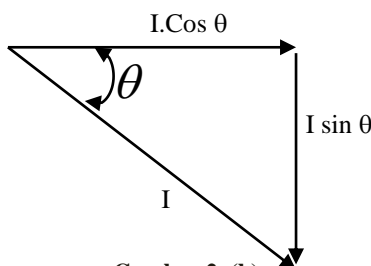
Pada rangkaian induktif didapatkan bahwa arus mengikuti tegangan seperti ditunjukkan pada

Gambar 2.a dengan tegangan (V) sebagai reference. Gambar 2.b menggambarkan komponen arus. Gambar 2.c terdiri dari arus (I), $I \sin \theta$ dan $I \cos \theta$ yang dikalikan dengan tegangannya. Sehingga dengan perkalian dengan tegangan reference didapatkan harga :

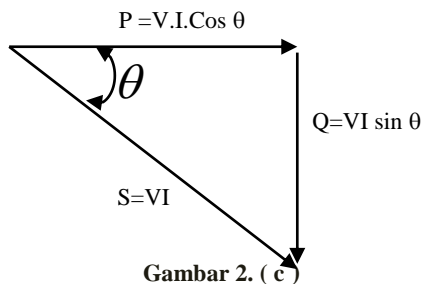
Daya Semu $S = V.I$
 Daya Nyata $P = V.I.Cos\theta$
 Daya Reaktif $Q = V.I.Sin\theta$



Gambar 2.(a)



Gambar 2. (b)



Gambar 2. (c)

Gambar 2. Hubungan Arus dan Tegangan Pada Rangkaian Induktif

Sehingga sebuah segitiga daya untuk beban induktif dapat dilukiskan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 c. Untuk beberapa beban yang dihubung paralel, daya nyata (P) keseluruhan akan merupakan jumlah daya rata-rata masing-masing beban, yang harus dilukis sepanjang sumbu mendatar dalam suatu analisa grafis.

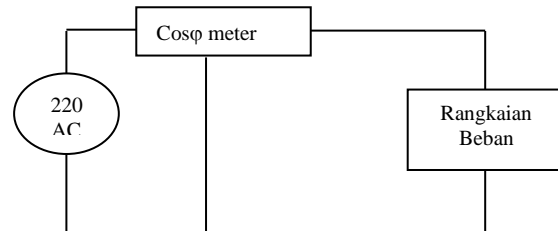
III. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode experiment laboratories. Adapun digunakan metode ini adalah karena bermaksud menggunakan laboratorium untuk mengadakan experiment membuat prototype rangkaian, menggandakan pengukuran, menganalisa rangkaian selanjutnya data yang diperoleh melalui experiment tersebut digunakan untuk menjawab permasalahan.

3.1 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data untuk pengujian $\text{Cos}\phi$ rangkaian beban dan nilai kapasitor yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan prosedur sebagai berikut :

a. $\text{Cos}\phi$ meter dipasang seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Prosedure Pengukuran $\text{Cos}\phi$ Beban

- b. Perubahan nilai $\text{Cos}\phi$ beban didapat dengan merubah / memvariasi beban yang "ON"
- c. Prosedure a dan b dilakukan sebelum ada perbaikan faktor daya. selanjutnya dicari $\text{Cos}\phi$ beban yang baru dan nilai kapasitor yang "ON" setelah adanya perbaikan faktor daya.

Perbaikan faktor daya dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan $\text{Cos}\phi$ referensi melalui keyboard, selanjutnya melalui penekanan salah satu interrupt mikrokontroller akan melakukan perbaikan faktor daya, dari perbaikan tersebut akan diperoleh data $\text{Cos}\phi$ beban yang baru dan nilai kapasitor. Sedangkan daya kompleks yang baru dianalisis melalui perhitungan $S_b = \frac{P_m}{\cos \phi_b}$ sehingga didapat daya kompleks yang baru yaitu $S_m = \frac{P_m}{\cos \phi_m}$ di mana, S_m adalah daya kompleks mula-mula, P_m adalah daya nyata mula-mula, $\text{Cos}\phi_m$ besarnya faktor daya mula-mula, S_b adalah daya kompleks yang baru dan $\text{Cos}\phi_b$ adalah besarnya faktor daya baru.

IV. Hasil dan Pembahasan

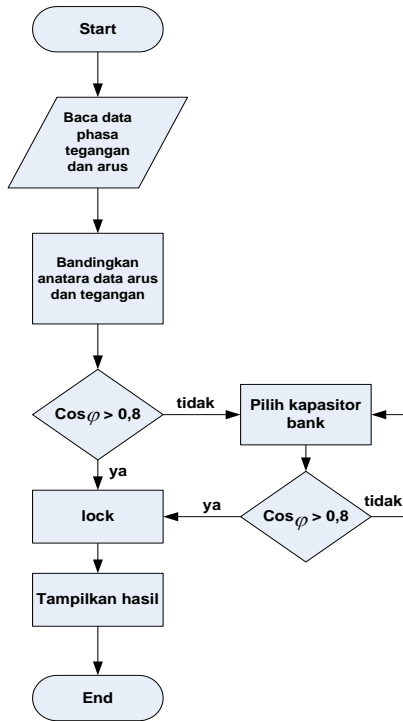
Adapun tahapan kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut terciptanya:

- 1). Rangkaian sensor tegangan dan arus, Rangkaian yang akan mengubah beda tegangan dan arus jala-jala menjadi besaran yang dikehendaki, berupa trafo arus dan tegangan,
- 2). Rangkaian pengkonversi, rangkaian yang akan mengubah beda fase antara sinyal tegangan dan sinyal arus menjadi sebuah sinyal tegangan dan sinyal arus menjadi sebuah sinyal yang mempunyai " duty cycle" tertentu berupa ADC,
- 3). Rangkaian peggeser fase, rangkaian yang digunakan untuk menggeser salah satu fase dari sinyal input (tegangan/arus) hasil penggeseran ini untuk kalibrasi dari sistem mikrokontroller,
- 4). Rangkaian keyboard untuk memasukkan nilai $\text{cos } \phi$ referensi, Rangkaian kendali $\text{cos } \phi$ oleh pemakai,
- 5). Rangkaian driver, Rangkaian digunakan untuk pemutusan dan penyalaan kapasitor,
- 6). Rangkaian display untuk menampilkan nilai dari

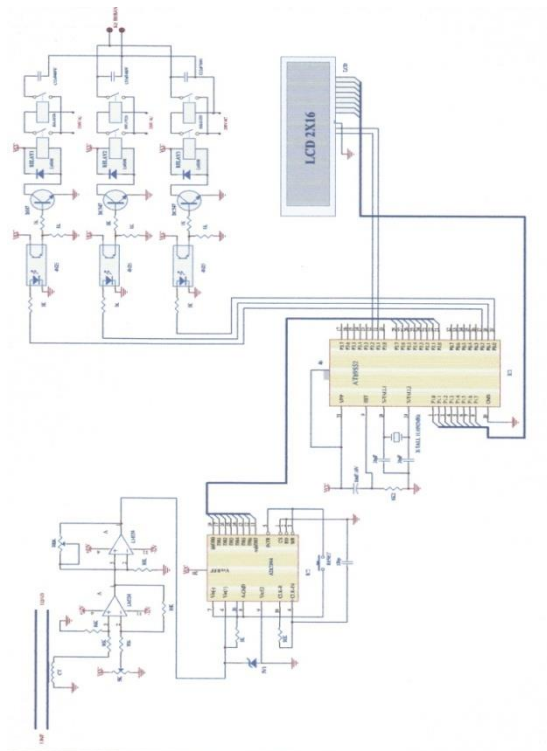
cos φ beban dan cos φ referensi

4.1 Subrutin program utama

Rutin-rutin penting dari keseluruhan program perbaikan factor daya digambarkan dengan diagram alir



Gambar 4. Diagram alir program Analisis Control Faktor Daya Beban Induktif



Gambar 5. Gambar rangkaian lengkap Pengaturan Cos φ

4.2 Analisa Program

Proses inialisasi dalam pembuatan program sangat diperlukan agar masing-masing port maupun register dan memori yang digunakan dapat dikenal

```

p0      equ    080h
p1      equ    090h
p2      equ    0a0h
p3      equ    0b0h
sp      equ    081h
dph     equ    083h
dpl     equ    082h
b       equ    0f0h
buff    equ    030h
data1   equ    031h
data2   equ    032h
data3   equ    033h
data4   equ    034h
data5   equ    035h
data6   equ    036h
data7   equ    037h
data8   equ    038h
data9   equ    039h
status  equ    03ah
    
```

Pertama-tama program diawali dengan pengalamanan awal program (diawali dengan alamat 0000h).

```
org    0000h
```

4.3 Pada rutin start

Pada rutin check_adc1 program akan memasukkan data 0h ke p0, lalu program lompat ke rutin lcdsetup, selanjutnya program lompat ke rutin cleardisplay1 dan diikuti dengan membandingkan isi akumulator dengan lompat ke line 1, jika nilai padaline 1 tidak sama maka program akan lompat kerutin adc2, namun jika sama maka program akan lompat ke rutin menu. Pada rutin adc2 program akan memeriksa apakah carry set akumulator port 2, jika carry berlogika 0 maka program akan lompat ke rutin check_cos 1, namun jika carry berlogika 1 maka program akan lompat ke rutin check_addcap1 dan seterusnya hingga cos φ = 1.

```

start:  mov    p0,#00h
adc1:   acall  lcdsetup
        acall  cleardisplay1
        call  line1
        jmp   menu

adc2:   mov    a,p2
        cjne  a,#0bh,oka
        jmp   cos1j oka:
        jc    cos1j
        cjne  a,#18h,ok99
        jmp   addcap1
ok99:   jc    addcap1
        jmp   addcap

addcap1: mov   p0,#01h
        call  delay
        mov  status,#01h
    
```

```

        jmp    check_adc
adccap:  mov    a,status
        cjne a,#30h,chk_add
        inc    a
        mov    status,a
        mov    p0,#01h
        call   delay
        jmp    check_adc

chk_add:  cjnea,#31h,chk_add2
        inc    a
        mov

status,a  mov    p0,#03h

        call   delay
        jmp    check_adc

chk_add2: cjnea,#32h,chk_add3
        inc    a
        mov    status,a
        mov    p0,#07h
        call   delay
        jmp    check_adc

chk_add3: cjne a,#33h,chk_end
        mov    status,#33h
        jmp    check_adc
chk_end:  jmp    adc2
cos1j:   mov    p0,#00h
        call   delay
        mov    status,#30h
        jmp    check_adc

check_adc: mov    a,p2
chk1:    cjne a,#0bh,ok2
        jmp    cos1

ok2:    jc    cos1
chk09:  cjne a,#18h,ok09
        jmp    cos09

ok09:   jc    cos09
chk09up: cjne a,#16h,ok099
        jmp    cos09

ok099:  jc    cos09
chk08:  cjne a,#1ch,ok08
        jmp    cos08

ok08:   jc    cos09
chk08up: cjne a,#1fh,ok088
        jmp    cos08

ok088:  jc    cos08j
        jmp    chk07
cos08j:  jmp    cos08

chk07:  cjne a,#20h,ok07
        jmp    cos07j
ok07:   jc    cos08j

        jmp    chk07up
cos07j:  jmp    cos07

chk07up: cjne a,#22h,ok077
        jmp    cos07
ok077:  jc    cos07j

chk06:   cjne a,#23h,ok06
        jmp    cos06
ok06:   jc    cos07j

chk06up: cjne a,#26h,ok066
        jmp    cos06
ok066:  jc    cos06j
        jmp    start
cos06j:  jmp    cos06

cos1:    mov    data1,#31h
        mov    data2,#2eh
        mov    data3,#30h
        mov    data4,#20h
        mov    data5,#20h
        mov    data6,#20h
        mov    data7,#43h
        mov    data8,status
        mov    data9,#04h
        jmp    display

cos09:   mov    data1,#30h
        mov    data2,#2eh
        mov    data3,#39h
        mov    data4,#20h
        mov    data5,#20h
        mov    data6,#20h
        mov    data7,#43h
        mov    data8,status
        mov    data9,#04h
        jmp    display

cos08:   mov    data1,#30h
        mov    data2,#2eh
        mov    data3,#38h
        mov    data4,#20h
        mov    data5,#20h
        mov    data6,#20h
        mov    data7,#43h
        mov    data8,status
        mov    data9,#04h
        jmp    display

cos07:   mov    data1,#30h
        mov    data2,#2eh
        mov    data3,#37h
        mov    data4,#20h
        mov    data5,#20h
        mov    data6,#20h
        mov    data7,#43h
        mov    data8,status
        mov    data9,#04h
        jmp    display

```

```

cos06:    mov  data1,#30h
          mov  data2,#2eh
          mov  data3,#36h
          mov  data4,#20h
          mov  data5,#20h
          mov  data6,#20h
          mov  data7,#43h
          mov  data8,status
          mov  data9,#04h
          jmp  display

display:  acall  line2
          mov  r1,#31h
          mov  a,@r1
next3:    cjne a,#04h,next2
          jmp  adc2
next2:    mov  p1,a
          acall writelcd
          inc  r1
          mov  a,@r1
          jmp  next3

menu:     mov  r2,a
wr_lcd0:  mov  a,r2
          call line1_menu
          cjnea,#04h,wrlcd0
          ajmp adc2
wrlcd0:   mov  p1,a
          acall writelcd
          inc  r2
          ajmp wr_lcd0

writelcd: setb  p3.2
          nop
          nop
          clr  p3.2
          ret

executelcd: clr  p3.1
          setb p3.2
          nop
          nop
          clr  p3.2
          setb p3.1
          ret

lcdsetup: mov  p1,#3bh
          acall executelcd
          mov  p1,#0ah
          acall executelcd
          mov  p1,#06h
          acall executelcd
          mov  p1,#04h
          acall executelcd
          ret

line1:    mov  p1,#080h
          acall executelcd
          ret

line2:    mov  p1,#0c0h
          acall executelcd

```

```

          ret

beglineone: mov  p1,#080h
          acall executelcd
          ret

beglinetwo: mov  p1,#0c4h
          acall executelcd
          ret

cleardisplay1: mov  p1,#001h
          acall executelcd
          acall beglineone
          ret

line1_menu: inc  a
          movc a,@a+pc
          ret
          db  'COS PHI :'
          db   04h

delay:     mov  r3,#0fh
dly22:     mov  b,#0ffh
dly11:     mov  r4,#0ffh
          djnz  r4,$
          djnz  b,dly11
          djnz  r3,dly22
          ret

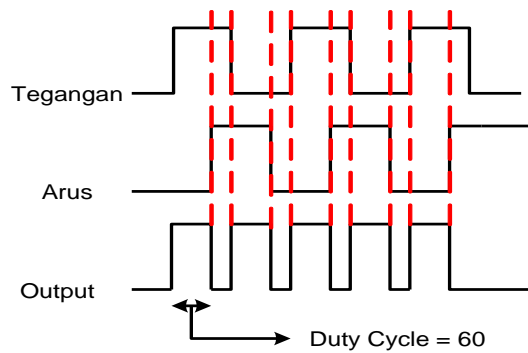
```

Diakhir dari sebuah program akan selalu diakhiri dengan perintah dibawah ini, agar program dapat mengetahui akhir dari program yang akan diisikan ke dalam memori program

```
end
```

4.4 Pengujian Bentuk Gelombang Komparator Dan Gate XOR

Prosedure untuk pengukuran bentuk gelombang output dari komparator adalah sebagai berikut: (1) Sinyal arus yang telah dikonversikan menjadi sinyal tegangan dari trafo arus dimasukkan ke non invertng dari komparator 1, selanjutnya dengan menggunakan osiloskup diukur pin no.6 sebagai pin output dari komparator. (2) Sinyal tegangan dari trafo tegangan, sebelum masuk komparator terlebih dahulu dimasukkan pada rangkaian shifter, output dari phase shifter merupakan input bagi komparator 2, dan selanjutnya outputnya dibandingkan dengan output komparator. Rangkaian shifter digunakan untuk menyamakan fase kedua arus dan tegangan pada saat resistif. (3) Output dari kedua komparator dijadikan input bagi gate XOR, selanjutnya output dari gate XOR (lebar pulsa berlogika "1") merupakan beda fase dari sinyal tegangan dan sinyal arus



Gambar 6. Output gelombang komparator dari Gate XOR

Tabel 6. Data hasil analisis control faktor daya beban induktif

P	Cos φ Beban Awal	Cos φ. Referensi	Cos φ yang dicapai	Nilai Kapasitor (ON)
15W	0,82	0,80	0,80	5,75 μF
		0,79	0,82	6,26 μF
		0,82	0,82	6,26 μF
20W	0,78	0,77	0,78	8,97 μF
		0,80	0,80	9,25 μF
		0,80	0,84	9,42 μF
40W	0,82	0,78	0,79	3,73 μF
		0,79	0,80	3,75 μF
		0,80	0,82	3,96 μF
60W	0,65	0,70	0,71	7,42 μF
		0,82	0,85	7,62 μF
		0,80	0,82	7,53 μF

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dengan daya 15 W, cos φ referensi diberikan sama dengan 0.80 hal ini berarti bahwa cos φ beban yang akan dicapai berada pada range 0.80 - 0.89 dan cos φ beban yang dicapai adalah 0.80, sedangkan nilai kapasitor yang "ON" = 5,75 μF., secara teoritis hal tersebut dapat dianalisis dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Cos } \phi_m = \text{cos } \phi \text{ mula-mula} = 0,60 ;$$

$$\phi_m = 53,13^\circ$$

$$P_m = \text{Daya nyata mula-mula} = 15 \text{ W}$$

$$S_m = \text{Daya kompleks mula-mula} = \frac{P_m}{\text{cos } \phi_m} = \frac{15}{0,60} = 25 \text{ VA}$$

$$Q_m = S_m \text{ Sin } \phi_m = 25 \times \text{Sin } 53,13^\circ = 19,99 \text{ VAR}$$

$$\text{Cos } \phi_b = \text{cos } \phi \text{ baru} = 0,80 ; \phi_b = 36,87^\circ$$

$$S_b = \text{Daya kompleks baru} = \frac{P_m}{\text{cos } \phi_b} = \frac{15}{0,80} = 18,75 \text{ VA}$$

$$Q_b = S_b \text{ Sin } \phi_b = 18,75 \times \text{Sin } 36,87^\circ = 11,25 \text{ VAR}$$

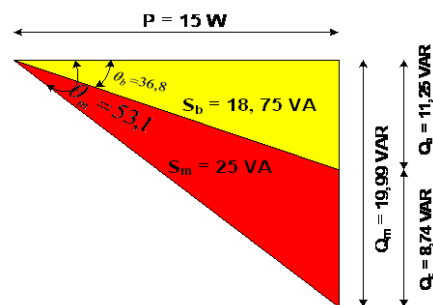
$$Q_c = \text{Daya reaktif kapasitor}$$

$$Q_m - Q_b = 19,99 - 11,25 = 8,74 \text{ VAR}$$

$$Q_c = \frac{E^2}{X_c} \rightarrow X_c = \frac{E^2}{Q_c} = \frac{220^2}{8,74} = 537,76 \text{ VAR}$$

$$C = \frac{1}{2fX_c\pi} = \frac{1}{2 \times 50 \times 5537,76 \times 3,14} = 5,75 \mu\text{F}$$

Selanjutnya hasil perhitungan dianalisis dengan melukiskan segitiga daya yang tersusun dari daya nyata dari beban mula (berupa lampu TL) (P_m), daya reaktif dari beban mula (Q_m) dan daya kompleks dari beban mula (S_m) untuk suatu beban yang kapasitif dengan suatu sudut fasa θ_m yang dihubungkan paralel dengan segitiga daya yang terdiri dari daya nyata beban kedua (berupa kapasitor), daya reaktifkapasitor (Q_c) dan daya kompleks pada beban kedua (S_b), yang merupakan beban kapasitif dengan suatu sudut θ_c yang negatif.



Gambar 7. Analisa segitiga daya untuk beban induktif paralel dengan kapasitif

Daya P yang diberikan kebeban adalah energi yang berguna tiap suatu waktu. Daya ini biasanya dialirkan rnelalui line distribusi dan transformator. Karena pada transformator, KVA nominalnya sering kali dipakai tegangan yang tetap, maka KVA nominalnya tergantung pada penunjukan arus rnaksirnurn yang diijinkan. Menurut teori jika beban induktif atau kapasitif murmi, rnaka transformator tidak dapat dibebani penuh dan daya yang dialirkan sama dengan nol.

Pada segitiga daya, sisi miring S diukur dari beban sistem distribusi dan P diukur dari daya guna yang diberikan Apabila S berapit dengan P, rnaka sudut θ adalah nol. Karena $\text{pf} = \text{Cos } \theta$, maka faktor daya sama dengan satu (1). Sehingga untuk beban induktif yang di-paralel dengan beban kapasitif, karena tegangan cabang pada beban adalah sama, daya P juga tidak berubah. Apabila faktor daya diperbesar, arus dan daya semu S bertambah kecil dan pernakaian daya akan bertambah efisien. Artinya P tidak berubah, tetapi pengarnbilan VA akan bertambah kecil.

V. Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan mengurangi tegangan masukan motor pada saat motor berheban ringan. Perbaikan faktor daya tidak akan efektif bila beban motor lebih besar dari 0,4 beban normal. Agar dapat bekerja secara on line maka perubahan tegangan dapat dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler dan pemasangan thyristor pada terminal motor. Dengan mikrokontroler diharapkan perbaikan faktor daya bisa mencapai 0,7 atau lebih saat beban nol. Nilai maksimum control faktor daya setelah dilakukan pengujian dapat mencapai sebesar 0,85 dan nilai ini cukup efektif.
2. Satu kelemahan sistem ini adalah motor mendapat tegangan sumber yang tidak sinus lagi, sehingga ada kemungkinan timbul banyak frekuensi harmonis. Mungkin pengendalian motor dengan inverter akan lebih baik karena bentuk tegangan yang dihasilkan bisa mendekati sinus.
3. Hasil penelitian ini merupakan suatu langkah maju khususnya bagi teknologi perbaikan power faktor yang disebabkan adanya beban induktif. Temuan dan hasil analisa pada tahap pertama ini adalah dasar untuk membangun perangkat lunak (software) modul program controller pada mikrokontroler AT89C51.

Daftar Pustaka

- [1] Design Prasmasti Y, Rachmat Mulyadi, 2000, *Pendekatan Nilai Induktansi dan apasitansi Pada Konverter AS-AS Topologi Boost Dengan Fungsi Eksponensial*, Proccending Seminar Elektrik dan Elektronika Daya, Yogyakarta, UGM.
- [2] Herman Widodo S., 1994, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*, Erlangga, Jakarta.
- [3] R.Sumarno,dkk, 2000, *Mempebaiki Power Faktor Dengan Mikrokontroler 80C31*, *Proceeding Seminar Elektrik dan Elektronika Daya*, Fakultas Teknik UGM Yogyakarta.
- [4] Supriyanto , 2006, *Pembuatan Rangkaian Dimmer Daya Tinggi Untuk Pengaturan Tegangan Motor Induksi berbasis mikrokontroler AT89C51*, HEADS JICA, laporan penelitian , Unimed, Medan
- [5] Noel M. Morris, 1988, *Aplikasi Listrik dan Elektronika*, PT Elex Media Komputindo.
- [6] Mohd. Izhar Abu Bakar, Che Mat Hadzer Mahhmud, 2000, *High Sensitivity Component Identification In The Switched-Capasitor Design*, Proccending Seminar Elektrik dan Elektronika Daya, Yogyakarta, UGM.
- [7] Stevenson, William D., 1982, *Element of Power System Analipsis*, , International , 4th, Mc Graw-Hill.
- [8] Zuhail, 1991, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, PT Gramedia Indonesia, Jakarta,