

# Switching Kapasitor untuk Perbaikan Power Faktor dengan Menggunakan Mikrokontroler M68HC11

Tejo Wihardiyono – L2F 096 631 e-mail : t\_wihardiyono@yahoo.com  
 Jurusan Teknik Elektro  
 Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

**Abstraks** : Pemakaian daya listrik baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun dalam dunia industri umumnya mempunyai beban bersifat reaktif induktif yang menyebabkan gelombang arus tertinggal dari gelombang tegangan. Hal ini mengakibatkan besarnya daya yang diserap dari sumber lebih besar daripada daya yang dipakai oleh beban (faktor daya tidak maksimal), sehingga menimbulkan kerugian yang tidak sedikit. Kerugian daya yang disebabkan beban reaktif induktif bisa dikurangi dengan daya reaktif kapasitif yang bisa diperoleh dengan memasang rangkaian kapasitor (kapasitor bank) paralel dengan beban. Dalam tugas akhir ini dirancang suatu model peralatan perbaikan faktor daya untuk beban induktif. Sebagai pengkompensasi faktor daya induktif digunakan 4 buah kapasitor yang dipasang paralel dengan beban dengan masing masing kapasitornya bisa terangkai baik secara seri maupun paralel. Dengan kombinasi rangkaian kapasitor ini diharapkan akan didapatkan nilai faktor daya yang maksimal. Sebagai pengontrol sistem ini digunakan mikrokontroler M68HC11 buatan motorola. Keluaran dari sistem yang dirancang berupa nilai faktor daya awal dan nilai faktor daya akhir dengan menggunakan tujuh segmen serta relay yang diaktifkan untuk membentuk rangkaian kapasitor dengan lampu LED

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Akhir-akhir ini kebutuhan energi dunia semakin meningkat dengan semakin berkembangnya industrialisasi. Hal ini menyebabkan harga energi menjadi semakin mahal. Pengaruh yang dirasakan paling besar terasa dalam dunia industri, dimana mesin – mesin yang digunakan membutuhkan daya yang besar. Kerugian daya yang disebabkan adanya penurunan nilai faktor daya dalam dunia industri akan mengakibatkan kenaikan biaya produksi yang tidak sedikit. Untuk meningkatkan faktor daya ini dapat dilakukan dengan memasang kapasitor secara paralel dengan beban.

Sistem perbaikan faktor daya yang telah ada saat ini hanyalah dengan menghubungkan rangkaian yang diukur faktor dayanya dengan suatu kombinasi kapasitor paralel. Sehingga hasil yang dicapai belum tentu merupakan faktor daya yang maksimum. Untuk mengatasi hal tersebut, sistem yang akan dirancang ini mencoba membuat suatu sistem yang menghubungkan rangkaian yang diukur faktor dayanya dengan suatu kombinasi kapasitor yang masing-masing kapasitornya bisa terangkai seri maupun paralel. Dengan kombinasi ini diharapkan nilai faktor daya yang telah diperbaiki mampu mendekati nilai maksimumnya.

### 1.2 Sasaran

Sasaran yang hendak dicapai dalam tugas akhir ini adalah menghasilkan model *Switching* Kapasitor untuk Perbaikan Power Faktor dengan Menggunakan Mikrokontroler M68HC11.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Mengingat kompleksnya permasalahan yang ada maka pada tugas akhir ini diberikan batasan masalah sebagai berikut :

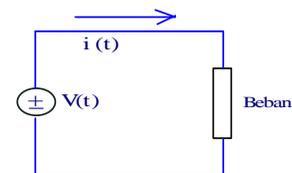
- Sebagai pengontrol sistem pengkompensasi faktor daya ini menggunakan mikrokontroler M68HC11 produksi motorola.
- Sistem pengkompensasi faktor daya yang dirancang ini digunakan untuk daya satu fasa.
- Sistem yang dirancang hanya bisa dipergunakan untuk mengkompensasi faktor daya dengan jenis beban induktif.

- Kapasitor yang digunakan sebagai pengkompensasi faktor daya sejumlah 4 (empat) buah masing-masing berkapasitas 6  $\mu\text{F}$  dengan berbagai kombinasi baik seri maupun paralel.
- Rentang kerja alat ini agar berfungsi dengan baik adalah pada beban yang membutuhkan daya reaktif kapasitif minimal 22,8 VAR sampai 365 VAR.
- Nilai terkecil faktor daya yang bisa diperbaiki oleh peralatan ini adalah 0,54 (sudut fasa 1 radian).

## II. DASAR TEORI

### Daya Dalam Kawasan Waktu

Sebuah jaringan pasif yang umum dengan tegangan  $v(t)$  dan arus yang dihasilkan sebesar  $i(t)$  seperti diperlihatkan pada Gambar 2.1. Daya yang berubah terhadap waktu atau daya sesaat ke dalam jaringan adalah perkalian tegangan dan arus:



Gambar 2.1 Rangkaian dengan Beban

$$p(t) = v(t) i(t) \dots \dots \dots (2.1)$$

Jika  $v(t)$  dan  $i(t)$  merupakan sinusoida, berarti tegangan dan arus merupakan suatu sinyal periodik yang akan menghasilkan daya periodik pula. Pada keadaan tunak sinusoida, maka fungsi dari tegangan dan arus terhadap waktu adalah:

$$v(t) = V_m \cos(\omega t + \theta) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \phi) \dots \dots \dots (2.3)$$

Sehingga dalam keadaan tunak sinusoida daya sesaat dapat dituliskan dengan:

$$p(t) = V_m I_m \cos(\omega t + \theta) \cos(\omega t + \phi) \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana:  $V_m$  = tegangan maksimum  
 $I_m$  = arus maksimum

Daya rata-rata merupakan besarnya harga rata-rata untuk daya sesaat, maka interval waktu dimana proses rata-rata tersebut berlangsung harus jelas didefinisikan. Daya rata-rata  $P$  dapat dituliskan sebagai berikut:

## Makalah Seminar Tugas Akhir

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\theta - \phi) \dots \dots \dots (2.5)$$

Karena besarnya tegangan maksimum adalah  $\sqrt{2}$  dari harga efektifnya dan besarnya arus maksimum juga adalah  $\sqrt{2}$  dari harga efektifnya maka:

$$P = \frac{1}{2} \sqrt{2} V_{ef} \sqrt{2} I_{ef} \cos(\theta - \phi) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$P = V_{ef} I_{ef} \cos(\theta - \phi)$$

Bentuk  $(\theta - \phi)$  dalam perhitungan di atas merupakan selisih fasa antara tegangan dan arus disederhanakan menjadi  $\phi$ .

$$P = V_{ef} I_{ef} \cos \phi \dots \dots \dots (2.7)$$

Pada sebuah jaringan atau rangkaian dengan beban berupa elemen induktif murni, tegangan terpasang akan menghasilkan suatu arus sinus yang tertinggal atau *lagging* sebesar  $90^\circ$ , sedangkan beban berupa elemen kapasitif murni akan menghasilkan arus yang mendahului tegangan atau *leading* sebesar  $90^\circ$ .

### Daya Nyata dan Faktor Daya

Besarnya daya yang diserap oleh jaringan atau rangkaian beban dari sumber daya disebut daya nyata. Sedangkan daya yang dipergunakan oleh beban disebut daya rata-rata. Kuantitas daya nyata dan daya rata-rata sangat berhubungan dengan besarnya faktor daya.

Besarnya kuantitas daya nyata  $S$  dapat dirumuskan sebagai besarnya perkalian antara tegangan efektif dan arus efektif, dan faktor daya ( $pf$ ) dirumuskan sebagai perbandingan antara daya rata-rata ( $P$ ) dengan daya nyata ( $S$ ). Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S = V_{ef} I_{ef} \dots \dots \dots (2.8)$$

Atau jika kita menggunakan nilai maksimum dari tegangan dan arus didapat:

$$S = \frac{1}{2} V_m I_m \dots \dots \dots (2.9)$$

Satuan yang digunakan untuk mengukur besarnya daya nyata adalah Volt Ampere atau (VA). Sedangkan besarnya faktor daya secara matematis dituliskan sebagai berikut:

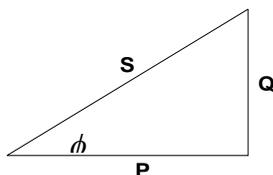
$$pf = \cos \phi = P/S \dots \dots \dots (2.10)$$

Faktor daya tergantung dari sifat beban yang ada, kalau beban bersifat kapasitif, maka faktor daya disebut mendahului atau *leading*, maksudnya disini arus akan mendahului tegangan sebesar  $\phi$ . Kalau beban bersifat induktif, maka faktor daya disebut *lagging* atau tertinggal, maksudnya disini arus tertinggal dari tegangan sebesar  $\phi$ .

### Daya Kompleks dan Segitiga Daya

Daya dapat juga dianggap sebagai kuantitas kompleks. Besarnya daya kompleks akan didapatkan sebesar daya nyata, dan bagian riil dari daya kompleks akan diperlihatkan sebesar daya rata-rata yang riil. Kuantitas baru, yaitu bagian yang *imaginer* dari daya kompleks disebut daya reaktif.

Dalam bentuk segitiga daya, hubungan daya nyata, daya rata-rata dan daya reaktif dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2 Segitiga Daya Kompleks

Persamaan untuk daya kompleks adalah:  $S = P + jQ$

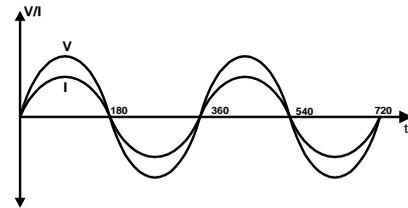
Dimana  $Q$  adalah besarnya daya reaktif. Besarnya  $Q$  dapat dihitung dengan persamaan Pythagoras :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \dots \dots \dots (2.11)$$

Satuan dari  $Q$  adalah Volt Ampere Reaktif atau VAR. Daya Reaktif  $Q$  untuk arus yang mendahului tegangan, maka besarnya sering disebut VAR kapasitif, dan untuk arus ketinggalan dari tegangan, maka besarnya daya reaktif lazim disebut dengan VAR induktif.

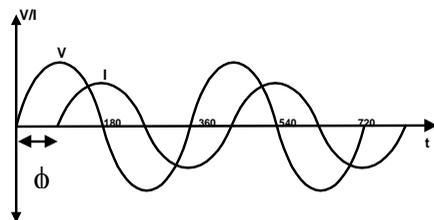
### Perbaikan Faktor Daya

Dalam sebuah sumber arus bolak-balik, bila beban yang diaplikasikan bersifat resistif murni, maka gelombang tegangan dan arus adalah sefasa seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3.



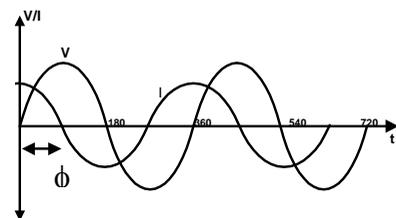
Gambar 2.3 Beban Resistif

Beban yang bersifat induktif atau kapasitif dapat menggeser titik persilangan nol antara tegangan dan arus. Bila bebannya merupakan beban induktif persilangan nol gelombang arus muncul beberapa saat *setelah* persilangan nol gelombang tegangan muncul. Hal ini biasa dikatakan sebagai arus tertinggal.



Gambar 2.4 Beban Induktif

Sebaliknya untuk arus beban yang bersifat kapasitif, persilangan nol gelombang arus akan muncul beberapa saat *sebelum* persilangan nol gelombang tegangan. Hal ini biasa dikatakan sebagai arus mendahului.



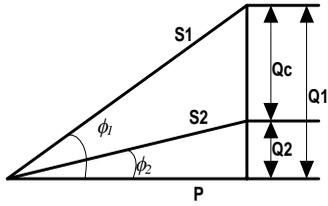
Gambar 2.5 Beban Kapasitif

Sebuah kapasitor daya atau yang dikenal dengan nama kapasitor bank harus mempunyai daya  $Q_c$  yang sama dengan daya reaktif dari sistem yang akan diperbaiki faktor dayanya. Jika keadaan ini dipenuhi, kapasitor bank akan memperbaiki faktor daya menjadi bernilai maksimum (faktor daya = 1). Besarnya daya reaktif yang diperlukan untuk

## Makalah Seminar Tugas Akhir

mengubah faktor daya dari  $\cos \phi_1$  menjadi  $\cos \phi_2$  dapat ditentukan dengan

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \dots \dots \dots (2.12)$$



Gambar 2.6 Prinsip Perbaikan Faktor Daya

### Sistem Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah piranti yang dapat menjalankan perintah-perintah yang diberikan kepadanya dalam bentuk baris-baris program yang dibuat untuk pekerjaan tertentu. Program yang dimaksud dalam hal ini adalah kumpulan perintah yang diberikan pada sistem mikrokontroler, yang kemudian diolah oleh sistem tersebut untuk melaksanakan pekerjaan tertentu.

Mikrokontroler terdiri atas bagian pemroses utama (*Central Processing Unit/CPU*), bagian memori, dan bagian masukan/keluaran (*Input/Output; I/O*). Bagian pemroses utama (*CPU*) merupakan bagian utama dari suatu sistem mikrokontroler. *CPU* berisi rangkaian pengontrol, register-register, dan *ALU (Arithmetic Logic Unit)* yang merupakan bagian yang bertugas melakukan proses aritmetika dan logika.

Bagian memori terdiri dari *ROM (Read Only Memory)*, yaitu memori yang hanya dapat dibaca, *RAM (Random Acces Memory)*, yaitu memori yang dapat dibaca dan ditulis secara acak. Memori digunakan untuk menyimpan semua program yang akan dieksekusi, data yang akan diproses, dan data hasil proses.

Bagian *I/O (masukan/keluaran)* dari sistem mikrokontroler adalah bagian yang menghubungkan mikrokontroler dengan sistem di luar mikrokontroler. Mikrokontroler menerima data dari luar, berupa data dari transduser ataupun dari keypad melalui bagian masukan (*port input*) dan akan mengirimkan data keluar yang telah diolah melalui bagian keluaran (*port output*).

### Mikrokontroler M68HC11A1

Mikrokontroler M68HC11A1 merupakan mikrokontroler yang penulis gunakan dalam pembuatan tugas akhir ini. Mikrokontroler M68HC11A1 termasuk dalam mikrokontroler buatan Motorola. Mikrokontroler M68HC11A1 merupakan suatu keping tunggal yang memuat suatu sistem mikrokontroler terintegrasi dengan konfigurasi sebagai berikut:

1. RAM dengan kapasitas 256 byte.
2. EEPROM dengan kapasitas 512 byte.
3. *Port A*, merupakan kombinasi masukan dan keluaran sebanyak 8-bit, yaitu *port A0 – A2* untuk input, *A3 – A7* sebagai output
4. *Port B* dan *Port C*, merupakan *port* data dan alamat.. *Port B* untuk alamat atas (*ADDR8, ADDR9, ..., ADDR15*) dan *Port C* untuk data dan alamat bawah (*ADDR0, ADDR1, ..., ADDR7*)
5. *Port D*, yang dapat di kembangkan sebagai jalur *SPI (Serial peripheral interface)*.

6. *Port E*, *port* masukan baik analog maupun digital ke dalam sistem mikrokontroler M68HC11.

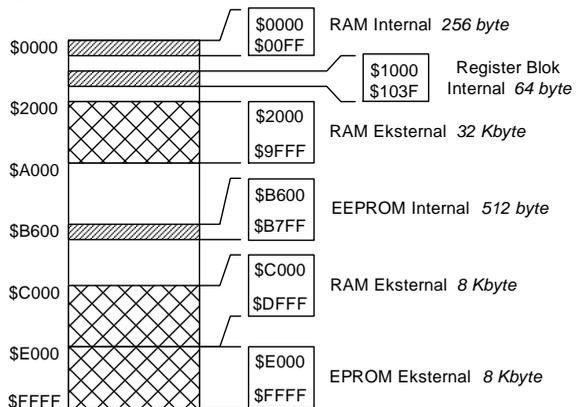
### Register-register pada Mikrokontroler M68HC11A1

Pada *CPU* terdapat register-register yang mempunyai fungsi-fungsi tertentu. Register untuk fungsi-fungsi tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Register Indeks (*Index Register*)  
Register Indeks dipakai untuk fungsi-fungsi penyimpanan data sementara yang umum.
- b. Register Perintah (*Instruction Register / IR*)  
Register perintah memiliki kegunaan untuk menyimpan kode operasi dari perintah yang akan diterjemahkan dan yang akan dilaksanakan.
- c. Akumulator (*Accumulator*)  
Akumulator sering digunakan pada proses-proses operasi baik operasi logika, operasi aritmetika, maupun operasi pemindahan data.
- d. Pencacah program (*Program Counter / PC*)  
Program counter (*PC*) berfungsi untuk menampung alamat-alamat perintah yang akan diterjemahkan dan dieksekusi.
- e. Register Keadaan (*Condition Code Register /CCR*)  
Register keadaan terdiri dari bit-bit individual yang di-*set* dan akan di-*reset* selama program mencatat kondisi-kondisi khusus dalam pelaksanaan perintah.
- f. *Stack Pointer (SP)*  
*Stack pointer* merupakan bagian dari *RAM* yang difungsikan sebagai penyimpan data sementara dalam bentuk tumpukan (*stack*).

### Organisasi Memori

Mikrokontroler M68HC11A1 mempunyai memori sendiri baik *RAM* maupun *EEPROM* pada keping *chip*-nya. Tapi untuk suatu sistem yang lebih besar dibutuhkan memori eksternal atau memori luar agar dapat menyimpan baris-baris instruksi maupun data dan alamat. Pada mode ekspansi ini pemetaan memori dari sistem Mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pemetaan Alamat Memori Mikrokontroler M68HC11A1

Dari pemetaan memori diatas, maka pada alamat  $\$E000 - \$FFFF$  (*EEPROM*) sebanyak 8 Kbyte digunakan untuk *power on program* yaitu untuk menyimpan baris-baris program dan alamat  $\$2000 - \$3FFF$  (*RAM eksternal*) sebanyak 8 Kbyte digunakan untuk menyimpan data atau alamat program sementara.

## Makalah Seminar Tugas Akhir

### 2.8 Pencacah Berjalan Bebas (Free Running Counter)

Pencacah Berjalan Bebas (*Free Running Counter*) dalam mikrokontroller M68HC11 merupakan pusat dari pelayanan pewaktu (*timing*). Jika mikrokontroller di-*reset* pencacah berjalan bebas ini akan memulai menghitung dari nol.

### 2.9 Penangkap Masukan (Input captures)

*Input captures* mengizinkan mikrokontroller M68HC11 untuk merekam waktu dari kejadian-kejadian luar. Kejadian luar tersebut harus menyebabkan masukan *pin input captures* membalik posisi. Fungsi *input captures* untuk merekam waktu suatu kejadian berdasarkan pada nilai dari pencacah berjalan bebas. *Input captures* merekam hitungan pencacah bebas ke dalam register *input captures*. Dalam satu chip mikrokontroller M68HC11 ada tiga pin yang disediakan sebagai *input captures*, yaitu pin 31, pin 32, dan pin 33. Ketiga pin tersebut terdapat pada *port A* dari mikrokontroller M68HC11.

### 2.10 Serial peripheral interface (SPI)

*Serial peripheral interface* (SPI) adalah penyedia masukan / keluaran (I/O) untuk transmisi data dalam bentuk serial. Karakteristik SPI adalah sebagai berikut:

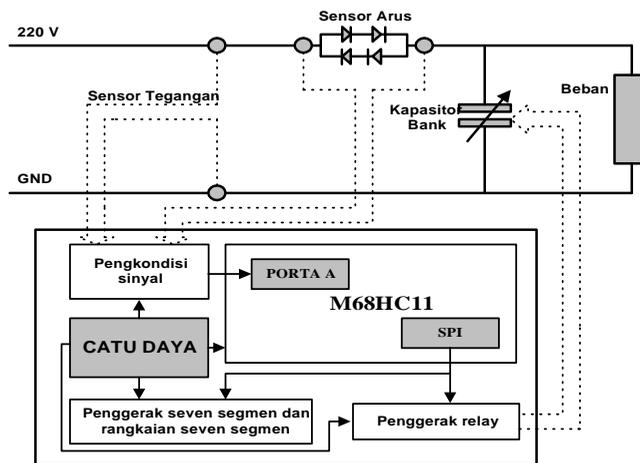
- a. Transmisi data dalam SPI merupakan transmisi data dengan menggunakan pewaktu (clock) yang sama dari mikrokontroller M68HC11.
- b. Pada SPI terdapat sistem master dan slave. Slave dapat berjumlah satu buah atau lebih, dan master dapat menyeleksi dengan slave yang mana akan melakukan transmisi data.
- c. Master menyiapkan proses pengiriman data dengan pengiriman *synchronizing clock*. Master mengakhiri transmisi data setelah 8 bit clock telah terkirim.
- d. Transmisi data dapat dalam bentuk dua arah (*full duplex*). Untuk membangun sistem ini diperlukan 4 bit *port* dari mikrokontroller M68HC11, yaitu:
  1. MOSI (Master Out Slave In), *port* D2.
  2. MISO (Master In Slave Out), *port* D3.
  3. SCK (Serial Clock), *port* D4.
  4. SS (Slave Select), *port* D5.

## III. PERANCANGAN ALAT

Pada proses perancangan alat *switching* kapasitor untuk perbaikan power faktor ini pada dasarnya dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*).

### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

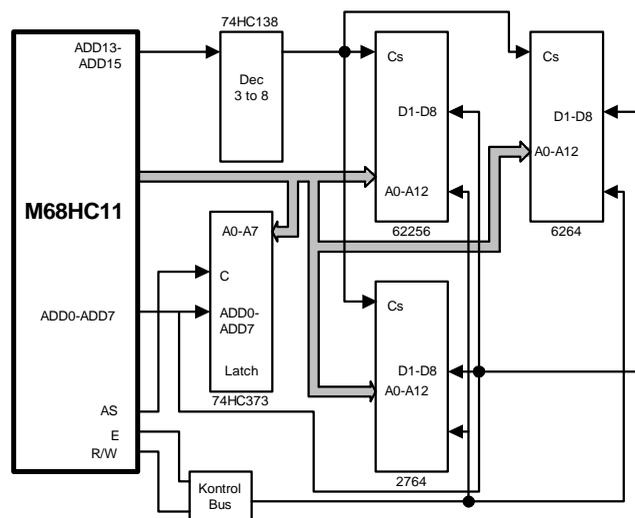
Pada perancangan perangkat keras ini sistem dibagi menjadi beberapa blok rangkaian. Setiap blok rangkaian ini bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing. Gambaran secara umum perancangan alat ini diperlihatkan dalam blok diagram pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram Rangkaian

### 3.2 Unit Kontrol

Bagian utama dalam perancangan sistem adalah mikrokontroller M68HC11. Unit pengontrol ini menggunakan instruksi dengan mengirimkan alamat dan perintah baca ke memori. Instruksi-instruksi ini berupa kode biner yang kemudian didekodekan oleh rangkaian logika dalam unit kontrol untuk menentukan instruksi mana saja yang dipanggil. Gambar sistem minimum mikrokontroller M68HC11 diperlihatkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Sistem Minimum Mikrokontroller M68HC11

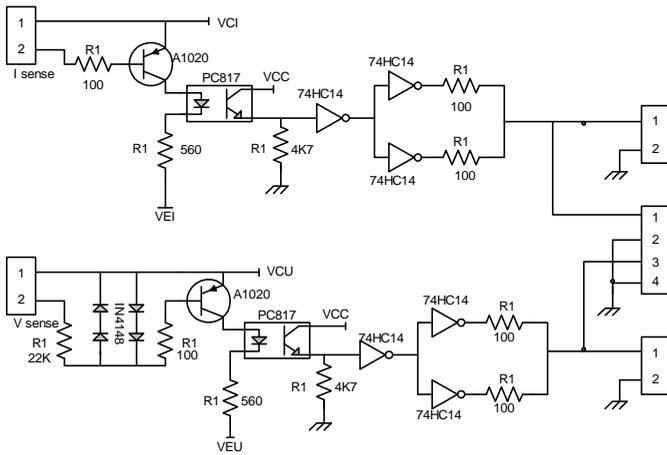
### 3.3 Blok Sensor Arus, Sensor Tegangan dan Pengkondisi Sinyal

Tujuan akhir dari blok ini adalah mengkonversi sinyal analog arus dan tegangan ke dalam bentuk sinyal yang sesuai bagi masukan sistem digital yang terdapat pada bagian pengolah utama. Sinyal yang dimaksud adalah sinyal pulsa dengan tegangan 5V dengan fasa yang sama dengan sinyal masukan. Gambar rangkaian blok sensor arus, tegangan dan pengkondisi sinyal secara lengkap diperlihatkan pada Gambar 3.4.

Untuk sensor arus, antara jala-jala dengan beban dipisahkan oleh empat buah dioda yang dipasang sedemikian sehingga mampu melewatkan arus bolak-balik. Sinyal tegangan dioda yang dengan sinyal arus inilah yang dicuplik oleh sensor arus. Selanjutnya sinyal arus yang masih berupa sinyal analog ini digunakan sebagai masukan rangkaian

## Makalah Seminar Tugas Akhir

transistor sebagai piranti saklar. Selanjutnya sinyal keluaran transistor ini digunakan sebagai masukan bagi optocoupler.



Gambar 3.3 Blok Sensor Arus, Tegangan dan Pengkondisi Sinyal

Pada sensor tegangan menggunakan cara yang mirip dengan pencuplikan sinyal arus. Tujuan dari bagian ini adalah menyesuaikan aras sinyal tegangan yang dicuplik dengan yang dibutuhkan oleh optocoupler. Dengan mengamati diagram schematik sensor tegangan, mengabaikan tahanan maju dioda, terlihat bahwa arus sebesar 10 mA melewati dioda dan memastikan tegangan  $V_{BB}$  sebesar 2 kali tegangan dioda pencuplik tegangan atau 2 kali  $V_{BE}$  yaitu sekitar 1,4 V. Selanjutnya aras sinyal optocoupler dapat diperkirakan dengan menghitung arus kolektor dari transistor A1020.

Keluaran dari rangkaian transistor ini digunakan sebagai masukan bagi rangkaian optocoupler. Keluaran dari rangkaian optocoupler ini berupa gelombang persegi yang selanjutnya komparator pemicu schmitt yang disusun secara kaskade dan kemudian paralel. Tujuannya adalah untuk memastikan bentuk gelombang yang benar-benar persegi.

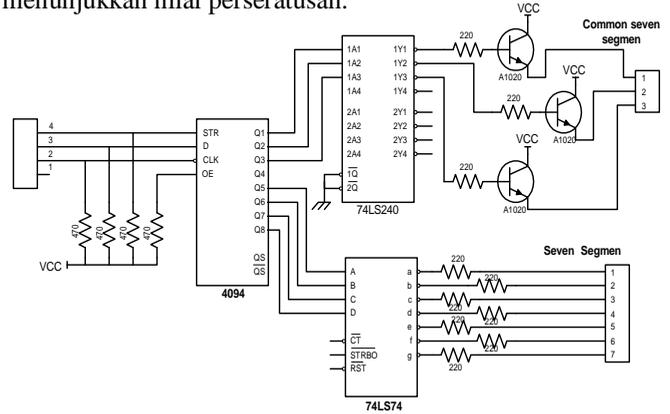
Keluaran dari rangkaian ini dimasukkan ke *input captures* mikrokontroller M68HC11. Keluaran sensor tegangan dimasukkan ke dalam pin *input captures* 1 (*port A2*) dan keluaran sensor arus dimasukkan ke dalam pin *input captures* 2 (*port A1*). Selanjutnya beda fasa antara sinyal tegangan dan sinyal arus ini dihitung oleh program dalam mikrokontroller M68HC11 untuk mendapatkan nilai faktor daya.

### 3.4 Blok Penggerak Tujuh Segmen

Blok rangkaian ini digunakan sebagai penggerak peraga tujuh segmen. Sebagai data masukan dari blok rangkaian ini berasal keluaran *serial peripheral interface* mikrokontroller. Karena data dari keluaran *serial peripheral interface* berupa data serial, maka perlu sebuah register geser agar data tersebut bisa diterjemahkan. Register geser yang dimaksud adalah IC CD4094 yang merupakan register geser 8 bit. Rangkaian blok penggerak tujuh segmen diperlihatkan pada Gambar 3.5.

Pada perancangan ini digunakan 3 buah tujuh segmen sebagai penunjuk nilai keluaran. Ketiga tujuh segmen tersebut digunakan untuk menunjukkan nilai  $\cos \phi$  peralatan yang diperbaiki faktor dayanya. Tujuh segmen yang pertama digunakan untuk menunjukkan nilai satuan, yang kedua

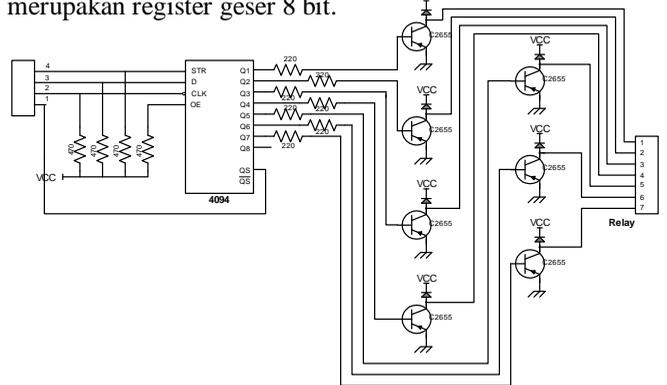
persepuluhan dan tujuh segmen yang ketiga digunakan untuk menunjukkan nilai perseratusan.



Gambar 3.4 Blok Penggerak Tujuh Segmen

### 3.5 Blok Penggerak Relay

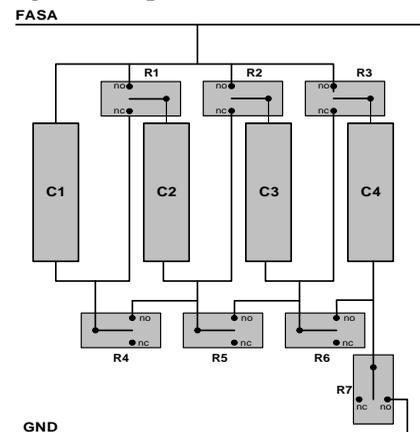
Blok rangkaian penggerak relay digunakan untuk memilih relay-relay yang akan diaktifkan. Identik dengan blok penggerak tujuh segmen, blok rangkaian penggerak relay juga menggunakan data masukan dari keluaran *serial peripheral interface* mikrokontroller. Karena itu blok rangkaian penggerak relay perlu register geser IC CD4094 yang merupakan register geser 8 bit.



Gambar 3.5 Blok Rangkaian Penggerak Relay

Relay yang digunakan dalam perancangan ini berjumlah 7 buah, sehingga keluaran IC CD4094 yang digunakan juga hanya 7 keluaran. Ketujuh keluaran IC CD4094 ini digunakan untuk menggerakkan tujuh buah transistor yang difungsikan sebagai saklar.

### 3.6 Blok Rangkaian Kapasitor Bank



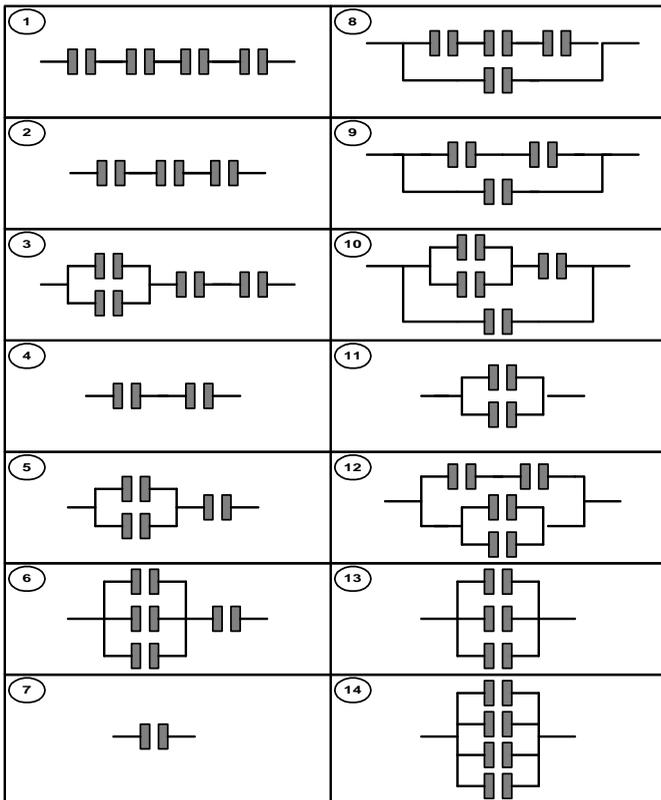
Gambar 3.6 Blok Rangkaian Kapasitor Bank

## Makalah Seminar Tugas Akhir

Dalam perancangan alat *switching* kapasitor ini digunakan empat buah kapasitor yang disusun sedemikian rupa bersama tujuh buah relay. Dengan perancangan rangkaian seperti yang terlihat pada Gambar 3.7 memungkinkan kapasitor bisa membentuk berbagai konfigurasi sesuai dengan kombinasi relay yang aktif.

Masing-masing kapasitor dalam kapasitor bank ini mempunyai kapasitansi 6  $\mu\text{F}$ . Daftar nilai kapasitansi untuk semua kombinasi kapasitor diperlihatkan pada Gambar 3.8.

Dengan melihat berbagai kombinasi kapasitor yang diperlihatkan pada Gambar 3.8. Bisa dihitung nilai kapasitansi dari tiap-tiap kombinasi beserta relay-relay yang aktif pada kapasitor bank untuk membentuk kombinasi tersebut.



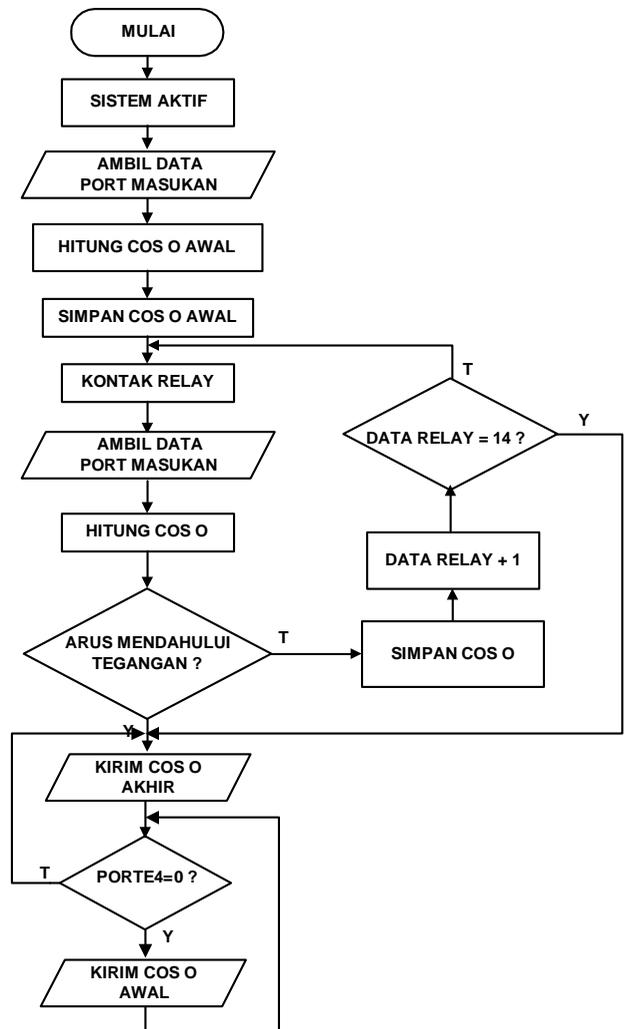
Gambar 3.7 Rangkaian Kombinasi Kapasitor

Tabel 3.1 Daftar Relay Aktif dan Nilai Kapasitansi Kombinasi Kapasitor (berdasarkan gambar 3.7)

No	Konfigurasi Relay Aktif	Kapasitansi ( $\mu\text{F}$ )
1	7	1,5
2	1, 7	2
3	1, 4, 7	2,4
4	2, 7	3
5	1, 2, 5, 7	4
6	1, 2, 4, 5, 7	4,5
7	3, 7	6
8	3, 6, 7	8
9	1, 3, 6, 7	9
10	1, 3, 4, 6, 7	10
11	2, 3, 6, 7	12
12	2, 3, 5, 6, 7	15
13	1, 2, 3, 5, 6, 7	18
14	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	24

### 3.7 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak memegang peranan yang sangat penting dalam pembuatan tugas akhir ini. Perangkat lunak dalam sistem ini merupakan urutan perintah dalam bahasa mesin yang yang membuat sistem bekerja sesuai dengan perintah tersebut. Bahasa yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah bahasa assembler mikrokontroler M68HC11.



Gambar 3.8 Diagram Alir Program Utama

Dengan bahasa assembler ini memungkinkan kita untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, sehingga kita bisa memberikan perintah kepada mikrokontroler untuk dapat bekerja sesuai dengan keinginan kita.

Dalam perancangan perangkat lunak ini, akan dibuat diagram alir program *switching* kapasitor untuk perbaikan faktor daya dengan menggunakan mikrokontroler M68HC11. Diagram alir program utama ini diperlihatkan pada Gambar 3.8.

## IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

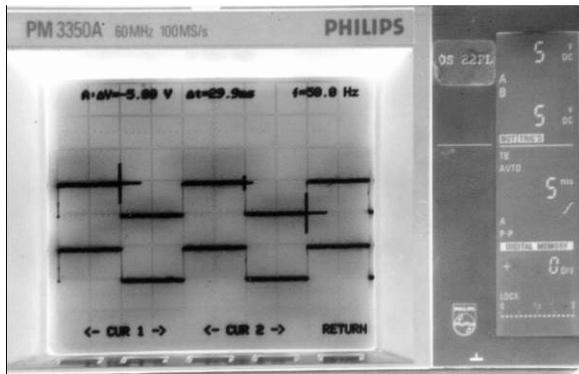
### 4.1 Pengujian Sensor dan Pengkondisi Sinyal

#### 1. Pengujian dengan beban resistif

Alat ukur yang digunakan untuk pengujian ini adalah osiloskop. Osiloskop ini digunakan untuk melihat perbedaan fasa antara sinyal arus dan sinyal tegangan

## Makalah Seminar Tugas Akhir

Berdasarkan teori, jika suatu rangkaian mendapatkan beban dengan impedansi resistif murni, maka sinyal tegangan akan sefasa dengan sinyal arus. Pada Gambar 4.2 diperlihatkan keluaran osiloskop untuk beban resistif.



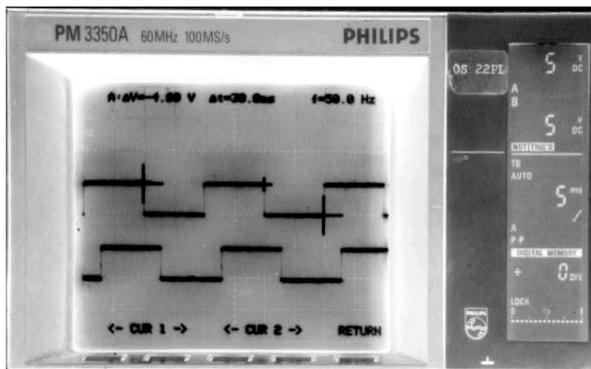
Gambar 4.2 Keluaran Pengkondisi Sinyal dengan Beban Resistif

Probe 1 (sinyal atas) merupakan keluaran pengkondisi sinyal tegangan, sedangkan probe 2 (sinyal bawah) merupakan keluaran pengkondisi sinyal arus.

### 2. Pengujian dengan beban induktif<sup>1</sup>

Identik dengan pengujian dengan beban resistif, pada pengujian dengan beban induktif juga menggunakan osiloskop sebagai alat penguji. Osiloskop ini digunakan untuk melihat perbedaan fasa antara sinyal arus dan sinyal tegangan.

Berdasarkan teori, jika suatu rangkaian mendapatkan beban dengan impedansi induktif, maka sinyal arus akan muncul *setelah* sinyal tegangan muncul. Pada Gambar 4.4 diperlihatkan keluaran osiloskop untuk beban induktif. Probe 1 (sinyal atas) merupakan keluaran pengkondisi sinyal tegangan, sedangkan probe 2 (sinyal bawah) merupakan keluaran pengkondisi sinyal arus.

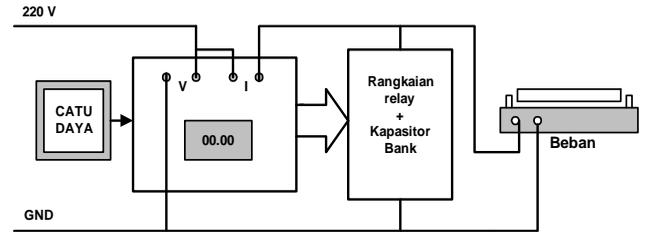


Gambar 4.4 Keluaran Pengkondisi Sinyal dengan Beban Induktif

### 4.2 Pengujian Rangkaian Keseluruhan

Tujuan dari pengujian rangkaian secara keseluruhan adalah untuk mengetahui apakah rangkaian sudah bisa bekerja sesuai dengan yang diharapkan atau belum. Pengujian dilakukan pada berbagai jenis beban yang akan diperbaiki nilai faktor dayanya dan mengamati apakah terdapat peningkatan nilai faktor daya sebelum dan sesudah relay kontak. Cara pengujian rangkaian dilakukan dengan membuat rangkaian seperti diperlihatkan pada Gambar 4.5.

Dari hasil pengujian yang dilakukan diperoleh data seperti diperlihatkan pada Tabel 4.1.



Gambar 4.5 Pengujian Kerja Rangkaian secara Keseluruhan

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kerja Rangkaian secara Keseluruhan

No	Beban	<i>pf</i> awal	<i>pf</i> akhir	Relay aktif	Nilai kapasitor ( $\mu\text{F}$ )
1	Pijar 40 W	1,00	1,00	0	0
2	Pijar 100 W	1,00	1,00	0	0
3	TL 20 W	0,54	0,99	1,2,4,5,7	4,5
4	TL 40 W	0,62	0,99	1,2,4,5,7	4,5
5	TL 60 W	0,57	1,00	1,3,4,6,7	10
6	TL 80 W	0,58	1,00	1,3,4,6,7	10
7	TL 100 W	0,67	1,00	2,3,5,6,7	15
8	P 40 W TL 20 W	0,80	1,00	1,2,4,5,7	4,5
9	P 40 W TL 40 W	0,80	0,99	1,2,4,5,7	4,5
10	P 40 W TL 60 W	0,73	1,00	1,3,4,6,7	10
11	P 40 W TL 80 W	0,72	1,00	1,3,4,6,7	10
12	P 40 W TL 100 W	0,67	0,99	2,3,5,6,7	15
13	P 100 W TL 20 W	0,91	1,00	1,2,4,5,7	4,5
14	P 100 W TL 40 W	0,91	0,99	1,2,4,5,7	4,5
15	P 100 W TL 60 W	0,82	1,00	1,3,4,6,7	10
16	P 100 W TL 80 W	0,82	1,00	1,3,4,6,7	10
17	P 100 W TL 100 W	0,77	0,98	2,3,5,6,7	15

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian dan analisa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil cuplikan sensor tegangan dan sensor arus yang digunakan berupa sinyal kotak dengan amplitudo 5V dan fasanya sama dengan sinyal tegangan dan sinyal arus yang masuk ke beban.
2. *Input captures* pada mikrokontroler M68HC11 dapat digunakan untuk mengetahui beda fasa antara sinyal tegangan dan sinyal arus yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui besarnya faktor daya.
3. Kapasitor bank dapat dikombinasikan secara seri maupun paralel untuk mendapatkan hasil kompensasi faktor daya yang lebih optimal.
4. Dengan menggunakan empat buah kapasitor yang bernilai sama dan tujuh buah relay pada kapasitor bank bisa dihasilkan 14 jenis kombinasi rangkaian kapasitor dengan nilai kapasitansi yang berbeda.

### 5.2 Saran-saran

Agar sistem ini dapat lebih sempurna dan bermanfaat, maka penulis memberikan saran-saran sebagai berikut ini :

1. Penggunaan dioda pada sensor arus dengan kemampuan melewatkan arus lebih tinggi dapat

## Makalah Seminar Tugas Akhir

meningkatkan kemampuan transduser untuk mengindera beban yang berarus lebih besar.

2. Dengan menggunakan trafo tegangan dan trafo arus sebagai sensor serta rangkaian pengubah analog ke digital (ADC) akan bisa didapatkan model perbaikan faktor daya yang sekaligus bisa digunakan sebagai alat ukur arus, alat ukur tegangan dan alat ukur daya.
3. Untuk pengembangan selanjutnya pembuatan model perbaikan faktor daya yang mampu digunakan pada beban kontinyu akan menambah keakuratan pengukuran.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Albert Poul Malvino, *"Prinsip-prinsip Elektronik"*, Erlangga, Jakarta, 1992.
2. Beni Lukman, *Pencacah Sudut Fasa*, Laporan Kerja Praktek, Teknik Elektro Undip, Semarang, 1999.
3. Cooper, William David, *"Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran"*, Erlangga, Jakarta, 1991.
4. J. P. M Steeman, *"Data Sheet Book 2"*, PT. Elex Media Komputindo, Gramedia, Jakarta 1996.
5. John C. Skroder, *"Using the M68HC11 Microcontroller"*, International Edition, Prentice-Hall International, Inc, U.S of America, 1997.
6. Joseph A. Eminister, M.S.E. alih bahasa Sahat Pakpahan Ir, *Teori dan Soal-soal Rangkaian Listrik*, Edisi Kedua, Erlangga Jakarta, 1988.
7. Larry D. Jones, A. Foster Chin, *"Electronic Instruments and Measurements"*, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1991.
8. M. E. Van Valkenburg Prof, Alih Bahasa, S. H Nasution, Ir. MSc, *"Analisis Jaringan Listrik"*, Edisi Ketiga, Penerbit Erlangga, 1994.
9. Milman, Jacob, Elektronika Terpadu, *"Rangkaian Sistem Analog dan Digital"*, Erlangga, Jakarta, 1993.
10. Motorola Data and Doc Team, *"HC11 Reference Manual"*, Motorola Inc, 1991.
11. National Semiconductor Data and Doc Team, *Logic Data Book Vol.1*, National Semiconductor Corporation. 1991.
12. Roger L. Tokheim, MS, *"Prinsip-prinsip Digital"*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta, 1994.
13. Rony Arles, *"AC Multi Power Meter Satu Fasa"*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Undip, 2000.
14. Sapiie, Sudjana & Nishimo Osamu, *"Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik*, Pradnya Paramita, Jakarta", 1975.
15. Sulasno, Ir, *"Teknik Tenaga Listrik"*, Satya Wacana, Semarang, 1991.
16. Sunu Hasta Wibowo, *Instalasi Kapasitor Bank pada Hotel Barito Palace Banjarmasin*, Laporan Kerja Praktek, Teknik Elektro Undip, Semarang, 1994.
17. Tocci, Ronald J, *"Digital System and Applications"*, Prantice Hall, Inc USA, 1991.
18. W. Foulsham & Co Ltd, *Data dan Persamaan Transistor*, PT. Elex Media Komputindo, Gramedia, Jakarta 1996.
19. William H. Hayt, Jr, Jack E. Kemmerly, Pantur Silabun, *"Rangkaian Listrik"*, Jilid 1, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta, 1996.
20. Zuhail, *"Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya"*, Gramedia, Jakarta 1993.



**Tejo Wihardiyono**, dilahirkan di Kebumen pada tahun 1978. Selepas menyelesaikan jenjang pendidikan atas penulis berkesempatan melanjutkan studinya di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang melalui jalur UMPTN pada tahun 1996. Penulis berkesempatan melakukan kerja praktek di PT Tensindo Kendal dan kegiatan magang kerja di PT Telkom Divre IV Semarang. Selama menjadi mahasiswa penulis sempat aktif menjadi asisten praktikum pengukuran listrik, praktikum teknik digital, praktikum mikroprosesor, EWS, Organisasi Asisten Laboratorium Dasar, Organisasi Asisten Laboratorium Elektronika. Bidang ilmu yang ditekuni penulis yaitu rangkaian digital dan mikrokontroler.

Mengetahui  
Pembimbing II

**Ir. Agung Warsito, DHET**  
**NIP.131 668 485**