

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam penyaluran energi listrik ada beberapa masalah yang dihadapi antara lain arus saluran tinggi, factor daya 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 maupun kapasitif semakin tinggi maka akan berakibat memperbesar arus, memperbesar rugi-rugi daya, dan menurunkan factor 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 memperbaiki factor daya.

Pada penelitian ini, peralatan yang akan dibuat diharapkan dapat digunakan untuk **Implementasi Mikrokontroler Sebagai Pengendali Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Otomatis Pada Jaringan Listrik**. Jaringan listrik PLN masuk kedalam alat ini dan dideteksi nilai tegangan, arus, dan $\cos \Phi$ nya, ketika jaringan listrik PLN tersebut diberi beban (sifatnya induktif) maka akan dideteksi $\cos \Phi$ yang terjadi, lalu alat akan memerintahkan relay untuk meng-switch kapasitor mana saja yang akan digunakan. Proses pensaklaran relay secara

otomatis sesuai dengan sifat beban yang terdeteksi sehingga diharapkan

walaupun terjadi nilai $\cos \Phi$ yang berbeda – beda akibat beban maka dengan menggunakan kapasitor yang pas akan didapatkan nilai $\cos \Phi$ mendekati 1.

1.2 Rumusan Masalah

Agar arah dari proyek tugas akhir ini menjadi jelas, maka perlu dibuat rumusan masalah yang harus dipecahkan yaitu :

1. Bagaimana Membuat nilai $\cos \Phi$ mendekati nilai 1 dengan melakukan *switching* kapasitor secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler.
2. Mengetahui pengaruh pemakaian kapasitor pada nilai tegangan, arus, dan $\cos \Phi$ pada jaringan listrik.
3. Bagaimana pembuatan software agar bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak meluas kepermasalahan yang lain, maka Penelitian ini dibatasi pada :

1. perancangan alat (kontroler) monitoring $\cos \Phi$, tegangan dan arus jala – jala PLN dengan range tegangan rendah yaitu 220 volt.
2. Alat digunakan untuk memperbaiki beban induktif.
3. Prinsip kerja sensor tegangan, sensor arus, dan pengkondisi gelombang.
4. Prinsip kerja *switching* kapasitor dengan nilai $1.2 \mu\text{F} + 5\%$ secara otomatis.
5. Prinsip kerja alat dalam perbaikan faktor daya agar mendekati 1

1.4 Ruang Lingkup

Monitoring tegangan menggunakan sistem rangkaian pembagi tegangan yang sebelumnya telah diturunkan menggunakan trafo stepdown, dan disearahkan menggunakan dioda jembatan.

Monitoring arus, yang digunakan adalah komponen semikonduktor yakni sensor arus ACS706ELC-20A yang dapat dialiri oleh arus sebesar 20 Ampere yang dirancang untuk sistem instrumentasi, peralatan ini diharapkan lebih efisien, sehingga tidak perlu harus menggunakan teknologi trafo arus untuk mengukur arus yang mengalir.

Monitoring $\cos \Phi$ dilakukan dengan membandingkan beda fasa gelombang yang diambil dari trafo arus dan trafo tegangan.

Dengan mendapatkan nilai tegangan, arus, dan $\cos \Phi$ hasil pengukuran, maka nilai tersebut diolah oleh ADC Mikrokontroler dan ditampilkan menggunakan LCD, lalu jika terjadi kesalahan atau simpangan pada nilai tersebut maka mikro memerintahkan relay untuk mengaktifkan dan menonaktifkan kapasitor yang tepat. Jika nilai parameter yang diinginkan telah tercapai, maka kapasitor itulah yang digunakan.

1.5 Hasil Akhir

Hasil akhir dari tugas akhir ini berupa:

1. Perangkat Keras (hardware)

Perangkat keras berupa alat kontroler yang mampu mengetahui besaran tegangan, arus, dan $\cos \Phi$. Dengan mendapatkan nilai tegangan,

$\cos \Phi$ dan arus, jika hasil nilai melebihi batas yang telah

ditentukan, maka alat dapat memberi peringatan pada Mikrokontroler, lalu mengaktifkan kapasitor secara otomatis sampai $\cos \Phi \geq 0.950$.

2. Perangkat lunak (*software*)

Perangkat lunak berupa program dengan bahasa pemrograman C yang diaplikasikan pada mikrokontroler (ATMEL ATMega 16) yang digunakan untuk mengolah data dari sensor yang mengendalikan aktuator penggerak.

1.6 Manfaat yang Diperoleh

Adapun manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Memperoleh kesempatan terjun ke dunia praktis dan menerapkan ilmu yang telah diperoleh untuk menyelesaikan permasalahan dalam dunia nyata.
 - b. Penelitian ini sebagai sarana pengembangan diri dan memperluas wawasan di dunia nyata.
2. Bagi pihak Universitas Muhammadiyah Yogyakarta “ UMY “

Sebagai tambahan pustaka bagi jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, dan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta “ UMY “ pada umumnya, dan sebagai referensi bagi mahasiswa lain yang membutuhkan.

3. Bagi Masyarakat

Bila hasil penelitian ini benar-benar direalisasikan, maka masyarakat dapat lebih merasakan manfaat listrik secara nyata dan mendapatkan kualitas listrik yang baik.

4. Bagi Industri PLN

Bila hasil ini direalisasikan, maka akan membantu pihak PLN sebagai pihak produsen listrik karena akan membantu dalam menghasilkan kualitas listrik yang baik pada konsumen listrik.

1.7 Metode Penelitian

Karya tulis ini disusun dengan tahap-tahap :

1. Studi Kepustakaan (*Library Study*) yaitu studi yang dilakukan untuk mendapat pengetahuan dengan cara mengumpulkan data baik dari internet maupun dari buku-buku.
2. Studi Lapangan (*Field Study*) yaitu dengan cara mengumpulkan komponen yang diperlukan untuk perancangan, merakit komponen dan melakukan pengujian bertahap.
3. Metode Observasi yaitu pengamatan terhadap alat yang akan dibuat, dengan cara melakukan percobaan baik secara langsung maupun secara tidak langsung.
4. Metode Perancangan yaitu tahap perancangan yang akan dibuat, mengenai perencanaan rangkaian, layout PCB, tata letak komponen-komponen yang di perlukan dan perencanaan mekanik rangkaian.

5. Analisis dan Evaluasi, setelah dilakukan pengumpulan data baik berdasarkan studi kepustakaan maupun studi lapangan, maka dilakukan analisis terhadap data-data yang telah terkumpul serta perlu dilakukan evaluasi agar sistem berjalan lancar.

1.8 Sistematika Penulisan Laporan

Laporan Tugas Akhir ini dibagi menjadi lima Bab, sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Memuat penjelasan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, hasil akhir, manfaat yang diperoleh, pelaksanaan pekerjaan, catatan perubahan dan sistematika laporan tugas akhir ini.

BAB II LANDASAN TEORI

Terdiri dari dua bagian, dasar-dasar teoritis, dan spesifikasi garis-besar dari alat yang hendak direncanakan dan dibuat dalam tugas akhir ini.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

Berisi penjelasan mengenai pelaksanaan perancangan pembuatan alat baik perangkat keras dan perangkat lunak yang dibuat secara detail.

BAB IV PRINSIP KERJA ALAT DAN UJI COBA

Bab ini menjelaskan produk akhir yang dihasilkan memuat hasil uji dan spesifikasi alat ataupun *software* yang dihasilkan dan analisis

kritis atas alat yang dihasilkan serta pelajaran-pelajaran yang diperoleh dari penyusunan tugas akhir ini.

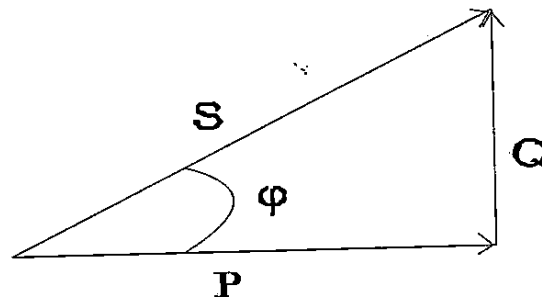
BAB V PENUTUP

Dada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran serta penutup

2.2 Dasar-dasar Teori

2.2.1. 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 seperti gambar berikut :



Gambar 2.1 segitiga daya

Dari gambar tersebut maka dapat dijelaskan masing-masing komponen yang membentuk segitiga daya sebagai berikut :

2.2.1.1. Daya Nyata

Daya nyata merupakan besarnya tenaga listrik yang terpakai oleh beban murni (yang hanya bernilai resistif) dan menghasilkan daya nyata.

Daya nyata (P) dapat dihitung sebagai berikut :

$$P = V.I \cos \varphi \dots (\text{watt}) \quad (2.1)$$

Dimana :

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

2.2.1.2. Daya Semu

Daya semu (S) adalah besarnya daya listrik yang menghasilkan daya yang tidak sepenuhnya menghasilkan usaha.

$$S = V.I \dots VA \quad (2.2)$$

2.2.1.3. 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 dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = V.I \sin \phi \dots VAR \quad (2.3)$$

a. 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. Sehingga arus dan tegangan AC disebut juga arus dan tegangan sinusoida.

a. Frekuensi dan Tegangan Maksimum Arus AC

Satu siklus tegangan AC memerlukan waktu 1/50 sekon, waktu ini dinamakan periode, maka dalam waktu 1 sekon terjadi 50 siklus.

Banyaknya siklus yang terjadi dalam waktu 1 sekon tersebut yang

b. Nilai Efektif Arus dan Tegangan AC

Arus dan tegangan efektif adalah nilai arus dan tegangan yang ditunjukkan alat ukur AC. Bila kita mengukur menggunakan alat ukur, maka nilai 220 volt adalah tegangan efektif.

c. Hubungan Nilai efektif dan Nilai Maksimum

$$V_m = V_{ef} \sqrt{2} \quad \text{dan} \quad V_{ef} = V_m / \sqrt{2} \quad (2.4)$$

b. Cos Φ

Cos Φ 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 Φ (*power factor*) :

$$Pf = \text{Cos } \varphi \quad (2.5)$$

Karena $\cos (\theta_v - \theta_I) = (\theta_I - \theta_v)$, maka tidak terlihat adanya sudut cos Φ . 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.

c. Sebab Dan Akibat Faktor Daya Yang Rendah

Faktor daya yang rendah disebabkan oleh peralatan yang bersifat induktif dan kapasitif. Seperti diketahui bahwa beban yang bersifat induktif adalah motor induksi dan unit-unit balas (ballast) dari lampu yang memerlukan arus magnetisasi reaktif untuk gerakannya. Medan magnet dari peralatan-peralatan seperti ini memerlukan arus yang tidak melakukan kerja yang bermanfaat dan tidak mengakibatkan panas atau daya mekanis

tetapi yang diperlukan hanyalah untuk membangkitkan medan. Sedangkan peralatan yang bersifat kapasitif sangat jarang ditemukan. Akibat dari nilai $\cos \Phi$ maka akan muncul beberapa persoalan sebagai berikut :

- a. Membesarnya penggunaan daya listrik karena rugi-rugi daya.
- b. Membesarnya penggunaan daya reaktif.
- c. Mutu listrik menjadi rendah.

Prinsip dasar dari peningkatan $\cos \Phi$ adalah menyuntikkan suatu arus dengan fase mendahului dalam rangkaian agar menetralkan efek ketinggalan fase. Dalam kondisi ini, energi yang dibutuhkan oleh medan magnet bersirkulasi diantara peralatan koreksi dan instalasi yang dikoreksi sebagai pengganti antara instalasi dan sumber.

d. Upaya Dalam Penghematan Daya Listrik

Untuk memenuhi kebutuhannya, pelanggan dapat melakukan berbagai upaya dengan faktor- $\cos \Phi$ listrik untuk menghemat biaya pemakaian daya listrik, antara lain :

- a. Peningkatan efisiensi daya yang memungkinkan peralatan listrik beroperasi secara efisien.
- b. Memperkecil arus listrik dengan pemakaian penghantar dengan penampang yang lebih kecil sehingga berkurang rugi-rugi daya saluran arus magnetisasinya yang disebabkan oleh resistansi penghantar.
- c. Menghilangkan biaya Kvarh dengan perbaikan $\cos \Phi$ pada beban listrik yang akan menurunkan pemakaian daya reaktif sehingga dapat menghilangkan biaya Kvarh (bila volt ampere reaktif benar)

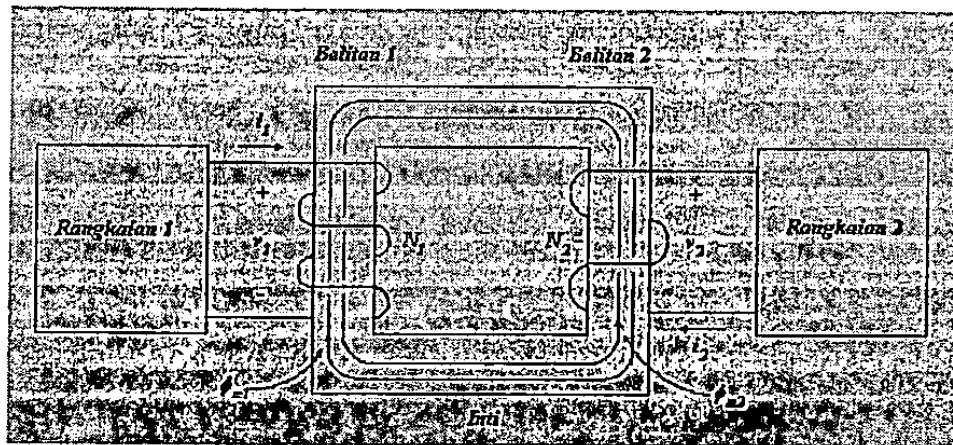
Keuntungan lainnya adalah mengurangi rugi-rugi daya pada sistem dan peningkatan tegangan karena daya meningkat.

- d. Memperbaiki $\cos \Phi$ karena dengan kualitas $\cos \Phi$ yang baik akan menurunkan arus listrik pada jenis beban induktif, sehingga motor, saluran daya dan beban listrik lainnya akan bekerja pada temperatur yang tidak begitu tinggi yang akan membuat peralatan listrik tersebut mempunyai umur pakai yang lebih lama.
- e. Meningkatkan kapasitas daya listrik karena dengan berkurangnya arus listrik dalam jala-jala, maka akan tersedia peluang perluasan atau penambahan beban tanpa revisi jaringan penghantar dalam jangka pendek.

2.2.2. Sensor

2.2.2.1. 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 dan masuk pada trafo step down, 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 disini menggunakan 000 mendapatkan nilai tegangan

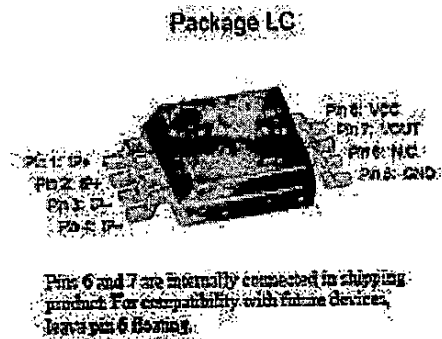


Gambar 2.2 Trafo Step Down

Jika kita anggap 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 2.2 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 .

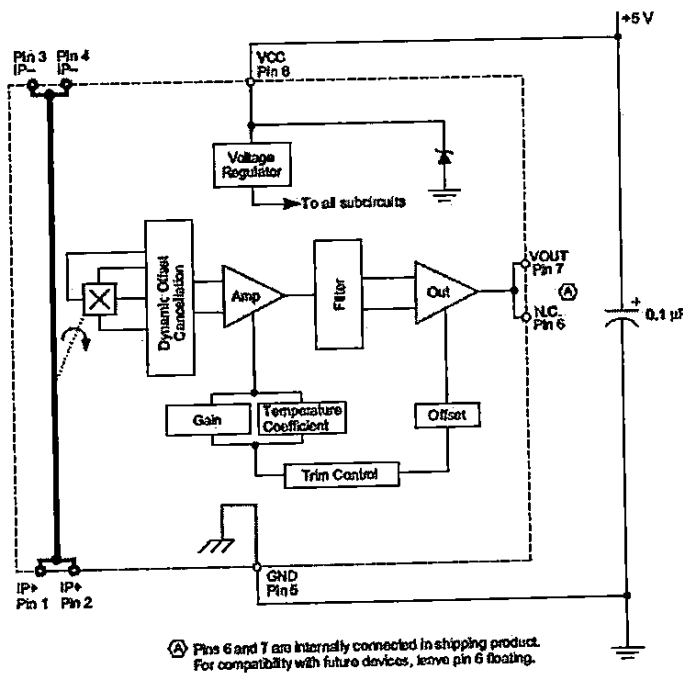
2.2.2.2. Sensor Arus

Alat untuk mengukur arus dengan teknologi semikonduktor. Pengukuran arus ini menggunakan sensor arus ACS706ELC-20A yang dapat dialiri oleh arus sebesar 20 Ampere yang dirancang untuk sistem



Gambar 2.3 Sensor Arus ACS706ELC-20A

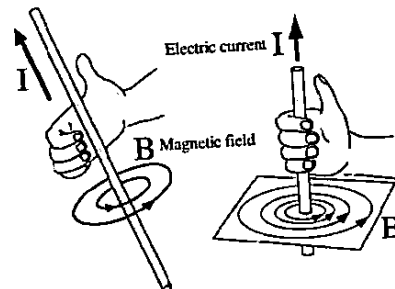
Peralatan ini diharapkan lebih efisien, sehingga tidak perlu harus menggunakan teknologi trafo arus untuk mengukur arus yang mengalir. Penelitian ini mengaplikasikan suatu komponen elektronika ke dalam suatu sistem perangkat elektronika yang nantinya diharapkan perangkat elektronika ini mempunyai fungsi sebagai penunjang dan memberikan manfaat dalam kehidupan manusia.



Gambar 2.4 Blok diagram ACS712

Sensor arus ACS706ELC-20A yang dapat dialiri oleh arus sebesar 20 Ampere. Modul rangkaian pengkondisi yang menggunakan teknik hall effect untuk mendeteksi adanya aliran arus hingga 20A melalui modul tersebut. Keluaran dari modul ini dapat dihubungkan pada ADC sehingga sistem mikrokontroler dapat menghitung nilai besaran arus yang lewat. Dengan mengetahui besaran arus yang lewat pada peralatan, maka alat dapat memonitoring besaran arusnya.

Prinsip dari sensor arus ini adalah dengan menggunakan metode hall effect, atau medan magnet. Karena setiap arus yang mengalir akan timbul medan magnet disekitar media yang dialiri arus tersebut, setiap kenaikan arus yang mengalir, maka medan magnet yang diterima juga semakin besar. Hal ini diambil dari prinsip yang sering kita kenal dengan kaidah tangan kanan. Hal ini menunjukkan bahwa medan magnet disekitar penghantar lurus berarus listrik berbentuk lingkaran sepusat dengan penghantar itu sebagai pusatnya. Arah medan magnet di sekitar penghantar lurus berarus listrik dapat dilihat pada gambar 2.5 di bawah.



Gambar 2.5 Kaidah Tangan Kanan

Untuk menentukan arah medan magnet disekitar penghantar berarus digunakan kaidah tangan kanan, dengan ketentuan : arah ibu jari menunjukkan arah arus listrik. arah lipatan jari yang lain menunjukkan arah medan magnet

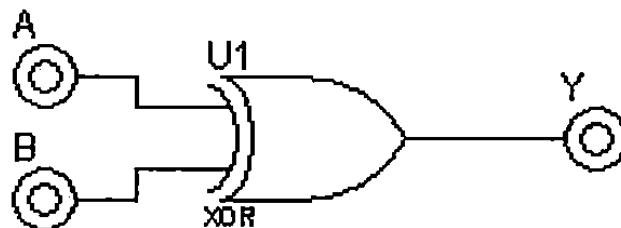
Atau dapat juga dengan kaidah sekrup putar kanan, dengan ketentuan : arah putaran sekrup menunjukkan arah medan magnet. arah maju atau mundurnya sekrup menunjukkan arah arus listrik.

2.2.2.3. Detektor Beda Fasa

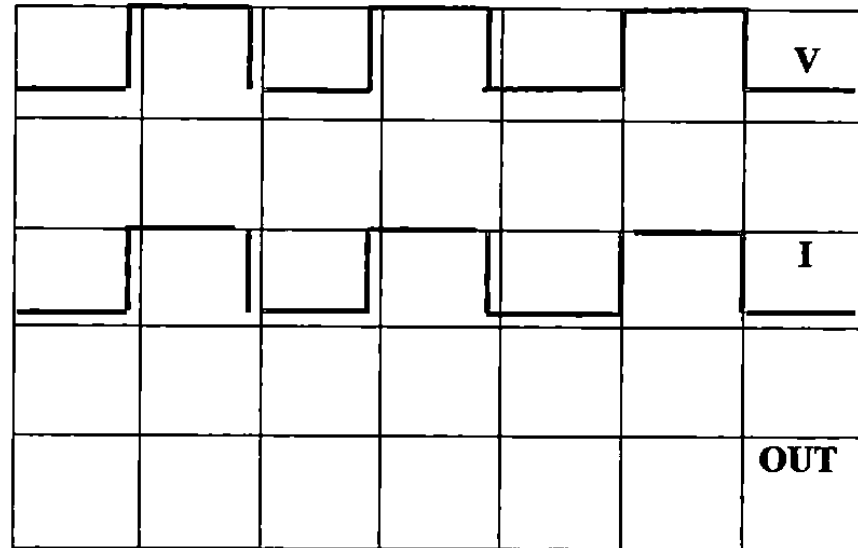
Untuk mengukur nilai $\cos \Phi$ itu sendiri digunakan $\cos \Phi$ meter. Metode yang di gunakan dalam pemrosesan pembacaan nilai suatu $\cos \Phi$ ini adalah metode lebar pulsa yang diproses oleh gerbang Ex-Or. Karena pemrosesan pembacaan nilai suatu $\cos \Phi$ adalah metode lebar pulsa menggunakan gerbang Ex-Or maka 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 di ubah menjadi gelombang kotak yang bernilai nol dan satu.

Tabel 2.1. Tabel kebenaran Ex-or Gate

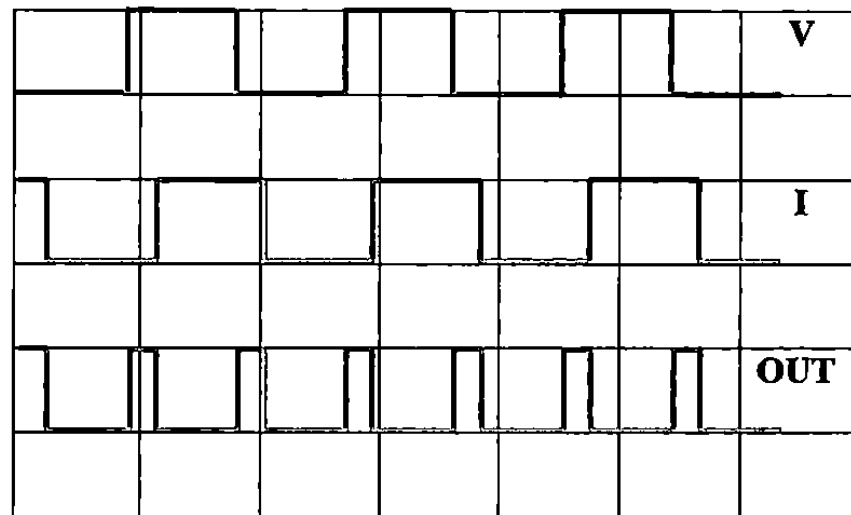
INPUT		OUT PUT
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

**Gambar 2.6** Gerbang EXOR

Dua buah pulsa berasal dari sinyal tegangan dan arus dari sumber yang sama yakni jala-jala yang memiliki lebar pulsa dan frekuensi sama Gambar 2.7. Kedua sinyal ini apabila dimasukkan di dalam gerbang Ex-OR menghasilkan suatu sinyal dengan nilai nol ini sesuai dengan tabel 2.1. Dibawah ini, hal ini bisa di oprasikan bahwa nilai $\cos \Phi$ -nya satu karena tidak teradi selisih pergeseran fase antara arus dan tegangan



Gambar 2.7 Timing diagram Fase 0 derajat



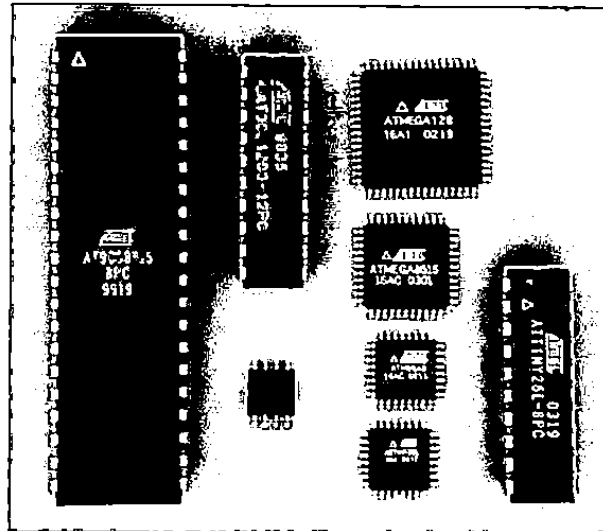
Gambar 2.8 *Timing diagram* Pergeseran Fase

2.2.3. Sistem Yang digunakan Pada Alat

Sistem kontroler yang digunakan pada pembuatan robot ini ialah sistem kontroler yang dibangun dengan menggunakan sistem berbasis Mikrokontroler, dimana mikrokontroler yang digunakan pada pembuatan

robot ini iyalah jenis mikrokontroler keluarga AVR, yang bertugas sebagai pusat pengendalian pergerakan robot dalam melakukan tugasnya.

2.2.3.1. Mikrokontroler AVR



Gambar 2.9 Jenis-Jenis Mikrokontroler

a. Mikrokontroler Keluarga AVR

Mikrokontroler AVR merupakan keluarga mikrokontroler RISC keluarga Atmel. Konsep arsitektur AVR pada mulanya dibuat oleh 2 orang mahasiswa di Norwegia Institute of Technology (NTH) yaitu Alf-Egil Bogen dan Vegard Wollan yang kemudian selanjutnya dikembangkan oleh perusahaan Atmel Norwegia.

b. Arsitektur AVR

AVR merupakan mikrokontroler dengan arsitektur Harvard dimana antara kode program dan data disimpan dalam memori secara terpisah. Umumnya arsitektur Harvard ini menyimpan kode program dalam memori permanen atau semi permanen (non volatile) sedangkan data

disimpan dalam memori tidak permanen (volatile). Sehingga dengan arsitektur seperti ini memori program mikrokontroler menjadi lebih terlindungi dari spike tegangan dan faktor lingkungan lain yang dapat merusak kode program. Beberapa jenis AVR memiliki memory Flash, EEPROM dan SRAM yang semuanya terintegrasi dalam satu IC, sehingga untuk aplikasi-aplikasi tertentu tidak akan memerlukan memory eksternal.

c. Memori Program

Kode program/instruksi disimpan dalam Flash memory, yaitu memory jenis non-volatile yang tidak akan hilang datanya meskipun catu daya dimatikan. Hampir semua instruksi berukuran 16-bit yaitu terdiri dari upcode dan data atau operand yang nantinya akan diolah oleh instruksi tersebut. Memori flash ini akan dialamati 16-bit per siklus instruksi. Hal ini tentu berbeda dengan mikrokontroler pada umumnya dan sedikit membingungkan, karena mikrokontroler AVR 8-bit memiliki lebar memory program 16-bit tetapi memory data RAM 8-bit. Jadi setiap pengalamatan program akan mengambil data selebar 16 bit tetapi untuk pengalamatan data RAM hanya 8 bit.

Meskipun tidak berlaku untuk semuanya tetapi pada umumnya ukuran kapasitas memori program keluarga AVR ditunjukkan. Sebagai contoh ATmega64x berarti memiliki kapasitas memori program sebesar

d. Memori Data Dan Register

Ruang alamat memori data terdiri dari register utama, register I/O, dan SRAM. Keluarga AVR memiliki 32 byte register utama dan diksifikasikan tiap 8-bit. 32 register ini dipetakan dalam alamat memori paling awal yaitu pada alamat 0000h – 001fh. Selanjutnya 64 byte berikutnya digunakan untuk register I/O (0020h – 005Fh). Dan kemudian SRAM dimulai dari alamat 0060h sampai kapasitas memory habis. Pada beberapa AVR ruang register I/O masih bisa diperluas dengan menggunakan teknik memori mapped I/O dengan mengambil bagian tertentu dari alamat SRAM. Meskipun terdapat pemisahan antara register utama dan register I/O tetapi semuanya tetap dapat diakses dan dimanipulasi seperti halnya mengakses SRAM.

e. Eeprom

Beberapa mikrokontroler AVR juga telah memiliki EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) internal sebagai tempat penyimpanan data semi permanen. Jadi seperti halnya flash memori, EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan. EEPROM internal ini tidak dipetakan bersama dengan Register utama, register I/O dan SRAM di atas. EEPROM hanya dapat diakses melalui register spesial dan operasi read/write sehingga waktu aksesnya lebih lambat dari pada mengakses register ataupun RAM.

f. Eksekusi Program

Keluarga AVR hanya memiliki satu alur waktu eksekusi. Instruksi mesin berikutnya diambil bersamaan dengan instruksi yang sekarang sedang dikerjakan. Hampir semua instruksi dilakukan hanya dalam satu atau dua siklus detak (clock). Hal ini yang membuat AVR relatif lebih cepat bila dibandingkan dengan mikrokontroler 8-bit lainnya. Selain itu mikrokontroler AVR juga didesai memiliki efisiensi eksekusi yang baik untuk kode program hasil kompilasi C. Maksudnya adalah kode program yang dituliskan dalam bahasa C setelah dikompilasi akan menghasilkan file dengan ukuran yang tidak jauh berbeda dengan kode program yang dituliskan menggunakan assembler.

g. Kecepatan

Umumnya mikrokontroler keluarga AVR memiliki kecepatan clock dari 0 – 16 MHz, tetapi ada beberapa yang bisa sampai dengan clock 20 MHz. Mikrokontroler AVR dapat diatur pada mode kerja tertentu agar penggunaan dayanya rendah tetapi untuk melakukan hal ini harus diikuti dengan pengurangan kecepatan clock. Semua keluarga AVR memiliki fitur on-chip oscillator, sehingga tidak memerlukan clock eksternal dan hampir semua instruksi AVR merupakan 1 siklus instruksi sehingga AVR dapat mencapai kecepatan hampir 1MIPS per MHz

h. Pengembangan

AVR memiliki banyak fasilitas pengembangan yang tersedia dengan harga yang murah, bahkan gratis. Selain itu kompatibilitas diantara chip keluarga AVR juga sangat baik.

Mikrokontroler keluarga AVR yang digunakan pada pembuatan alat ini adalah ATmega 16, dikarenakan mikrokontroler seri ini memiliki fasilitas yang memadai untuk mengerjakan tugas-tugas atau perintah yang dilakukan dari pengendali. Kapasitas programnya cukup dan tidak terlalu besar. Dari perbandingan dan penyesuaian akan kebutuhan yang digunakan pada alat dipilihnya ATmega16 dibandingkan ATmega8535. hal ini dilakukan karena alat banyak menggunakan rangkaian yang membutuhkan tegangan sekaligus menghindari adanya tegangan turun (drop voltage).

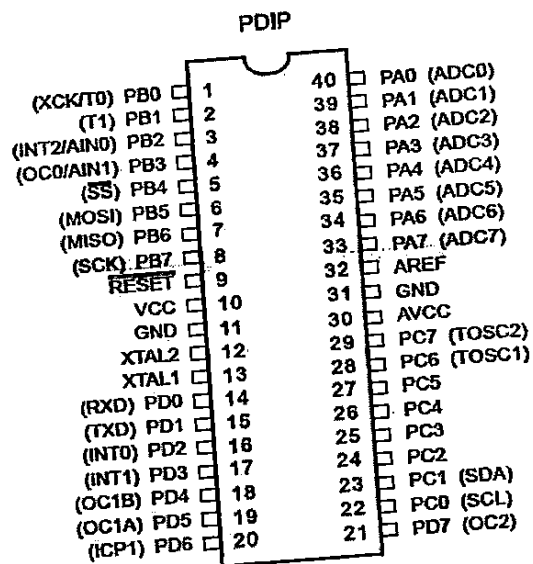


Gambar 2.10 Chip Mikrokontroler ATmega16

Berikut adalah fasilitas yang ada didalam Atmega16 :

1. Saluran Input/Output ada 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D.
2. ADC (Analog to Digital Converter) 10bit sebanyak 8 channel

3. Dua buah timer/counter 8 bit
4. Satu buah timer/counter 16 bit
5. Tegangan operasi 2.7v-5.5V
6. Internal SRAM sebesar 512 byte
7. EEPROM sebesar 512 bytes yang dapat diprogram saat beroperasi
8. Memory flash sebesar 16 KB
9. Unit interupsi internal dan eksternal
10. Antarmuka komparator analog
11. 4 channel PWM
12. Port USART programmable untuk komunikasi serial



Gambar 2.11 Pin out ATmega 16

(Datasheet atmel)

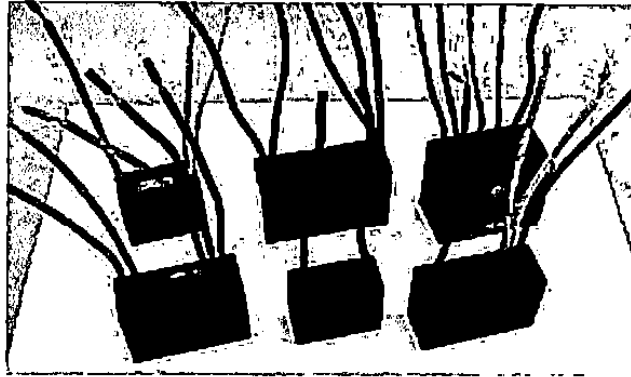
Mikrokontroler ATmega16 memiliki 40 pin untuk model PDIP, dan 44 pin untuk model TQFP dan PLCC. Nama-nama pin pada mikrokontroler ini adalah :

1. VCC untuk tegangan pencatu daya positif.
2. GND untuk tegangan pencatu daya negatif.
3. PortA (PA0 - PA7) sebagai port Input/Output dan memiliki kemampuan lain yaitu sebagai input untuk ADC
4. PortB (PB0 - PB7) sebagai port Input/Output dan juga memiliki kemampuan yang lain.
5. PortC (PC0 - PC7) sebagai port Input/Output untuk ATmega16.
6. PortD (PD0 - PD7) sebagai port Input/Output dan juga memiliki kemampuan yang lain.
7. RESET untuk melakukan reset program dalam mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 untuk input pembangkit sinyal clock.
9. AVCC untuk pin masukan tegangan pencatu daya untuk ADC.
10. AREF untuk pin tegangan referensi ADC.

2.2.4. Kapasitor

Kapasitor – kapasitor statik biasanya digunakan untuk perbaikan $\cos \Phi$ dan dipasang paralel dengan beban. Cara kerja kapasitor itu sendiri adalah apabila diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk kapasitor dan 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 kapasitif untuk meredam daya reaktif yang bersifat induktif.



Gambar 2.12 Capacitor AC

2.2.5. Relay

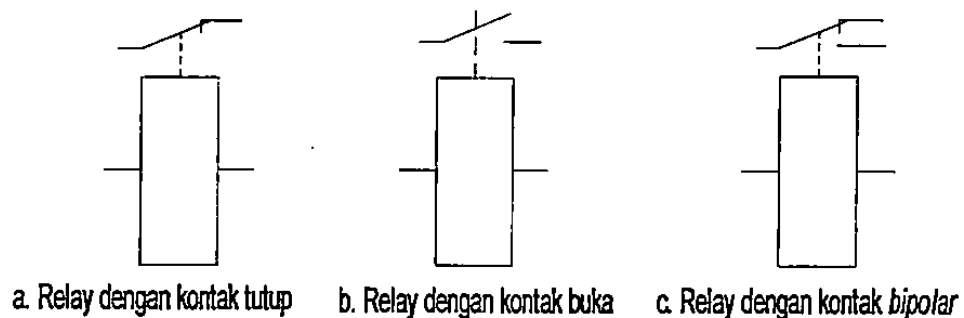
Relay merupakan saklar elektromagnetik yang dapat membuka dan menutup arus listrik. Selain digunakan sebagai saklar, relay juga berfungsi sebagai isolator (pemisah) antara rangkaian digital yang bertegangan 12 Vdc dengan rangkaian listrik maupun elektronis yang bertegangan 220 Volt dan berdaya besar (arus yang melewatinya besar), sehingga apabila terjadi hubung singkat (short) pada rangkaian listrik maupun elektronis, rangkaian digital tidak rusak.

Pada relay terdapat nilai tegangan yang harus diberikan pada terminal kumparan agar relay dapat bekerja dengan nilai tegangan dan arus maksimum yang dapat melalui terminal saklar. Perinsip kerja relay secara umum adalah jika ada arus listrik yang mengalir dalam kumparan maka inti yang berada ditengah kumparan termagnetisasi, berubah menjadi magnet dan mampu menarik pelat logam sehingga terminal terminal

saklar yang awalnya *normally open* akan menutup dan sebaliknya terminal-terminal saklar yang awalnya *normally close* akan membuka.

Berdasarkan arus yang bekerja dapat dibedakan menjadi dua, yaitu relay AC dan relay DC. Sedangkan berdasarkan hubungan kontakannya, relay dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

- Relay dengan kontak tutup (*normally close*), merupakan relay yang kontakannya akan membuka (*open*) apabila diberi arus.
- Relay dengan kontak buka (*normally open*), merupakan relay yang kontakannya akan menutup (*close*) apabila diberi arus.
- Relay dengan kontak tukar (*bipolar*), merupakan relay yang memiliki dua kumparan dan dua kondisi kerja.

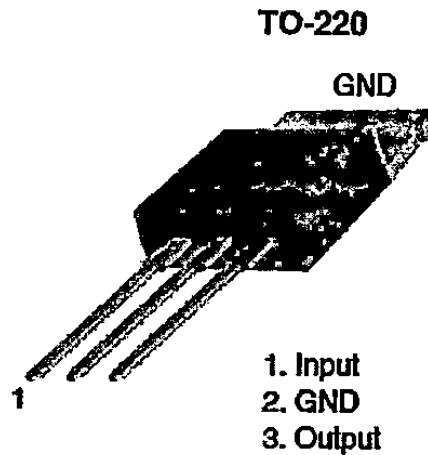


Gambar 2.13 Simbol relay

2.2.6. IC Regulator

Pada pembuatan rangkaian power suplai, komponen yang digunakan ialah IC regulator 7812 , 7912, dan 7905 sebagai regulator tegangan yang akan diinputkan pada seluruh rangkaian alat. Tujuan penggunaan IC regulator 7812, 7912, dan 7905 adalah untuk mendapatkan tegangan output sebesar +12 volt , -12 volt dan -5 volt yang stabil. Sehingga rangkaian

elektronika alat dapat bekerja secara normal. Berikut gambar pin IC regulator

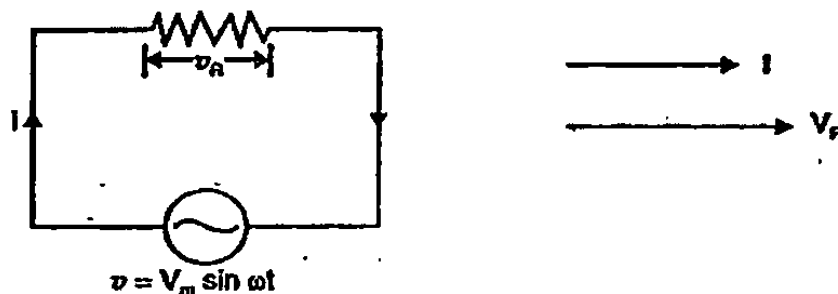


Gambar 2.14 Konfigurasi Pin IC regulator

2.2.7. Rangkaian Beban AC

2.2.7.1. Rangkaian AC dengan Resistansi Murni

Saat tegangan bolak-balik dihubungkan ke rangkaian dengan resistansi murni, maka elektron – elektron bebas (yaitu arus listrik) mengalir dengan arah tertentu pada setengah siklus pertama sumber tegangan dan mengalir dengan arah yang berlawanan pada setengah siklus berikutnya, jadi menghasilkan arus bolak-balik dalam rangkaian.



Gambar 2.15 Rangkaian AC Dengan Resistansi Murni Dan Diagram

Perhatikan sebuah rangkaian terdiri dari R Ohm dihubungkan ke sebuah sumber teganga bolak-balik. Misal tegangan bolak-balik diberikan oleh persamaan :

$$v = V_m \sin \omega t \quad (2.6)$$

Sebagai hasil tegangan ini, sebuah arus bolak-balik i akan mengalir dalam rangkaian. Tegangan sumber hanya terbebani oleh jatuh tegangan pada resistan yaitu

$$V = iR \quad (2.7)$$

Atau
$$i = \frac{v}{R} \quad (2.8)$$

Dengan mensubstitusi nilai v , diperoleh

$$i = \frac{V_m}{R} \sin \omega t \quad (2.9)$$

Nilai i akan mencapai maksimum (yaitu I_m) ketika $\sin \omega t = 1$, jadi

$$I_m = \frac{V_m}{R} \quad (2.10)$$

Dan persamaan (ii) di atas menjadi,

$$i = I_m \sin \omega t \quad (2.11)$$

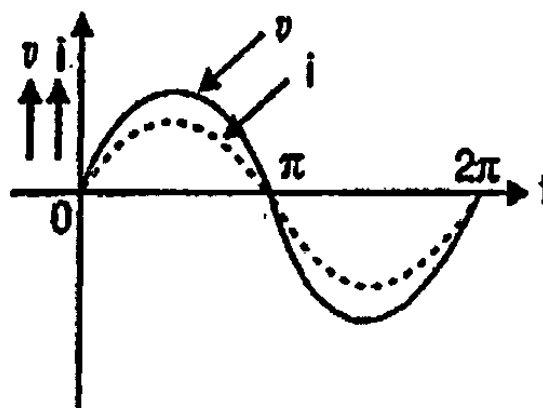
Jika dinyatakan dalam nilai-nilai r.m.s

$$\frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \times R \quad (2.12)$$

$$\text{atau } V = V_R = IR \quad (2.13)$$

(i) **Sudut fase.** Jelas terlihat dari persamaan (2.6) dan (2.11) di atas bahwa tegangan sumber dan arus rangkaian mempunyai fase yang sama

yaitu baik tegangan maupun arus melewati nilai nol masing-masing pada saat yang sama dan mencapai nilai maksimum positif dan negatif masing-masing pada saat yang sama. Hal ini juga ditunjukkan dalam diagram fasor pada Gambar 2.15. Di atas. Gambar 2.16. Di bawah ini juga menunjukkan arus sefase dengan tegangan sumber.



Gambar 2.16. Arus Sefase Dengan Tegangan Sumber

Daya. Pada suatu rangkaian, daya listrik yang dikonsumsi pada saat tertentu merupakan perkalian tegangan dan arus pada saat itu, yaitu

$$\text{Daya sesaat, } P = vi = (V_m \sin \omega t)(I_m \sin \omega t)$$

$$= V_m I_m \sin^2 \omega t$$

$$= V_m I_m \frac{(1 - \cos 2\omega t)}{2}$$

$$= \frac{V_m I_m}{2} - \frac{V_m I_m}{2} \cos 2\omega t \quad (2.14)$$

Jadi daya terdiri dari dua bagian yaitu bagian konstan ($\frac{V_m I_m}{2}$) dan

bagian yang berubah-ubah ($\frac{V_m I_m}{2} \cos 2\omega t$). Karena daya merupakan

besaran scalar, daya rata-rata selama satu siklus penuh dapat dihitung. Jadi daya yang dikonsumsi

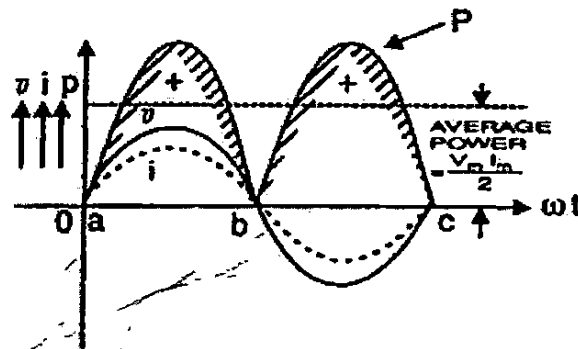
$$\begin{aligned}
 P &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{V_m I_m}{2} d(\omega t) + \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{V_m I_m}{2} \cos 2\omega t d(\omega t) \\
 &= \frac{V_m I_m}{2} + 0 \\
 &= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} \qquad (2.15)
 \end{aligned}$$

$$\text{atau } P = V_R I = VI \qquad (2.16)$$

di mana $V = V_R =$ nilai r.m.s. tegangan sumber

$I =$ nilai r.m.s. arus rangkaian

(iii) **Kurva daya.** Gambar 2.17. Menggambarkan kurva daya untuk rangkaian resistans murni. Kurva daya diperoleh dari perkalian nilai tegangan dan arus sesaat yang bersesuaian. Sudah jelas bahwa daya selalu positif kecuali pada titik-titik a, b dan c di mana daya bernilai nol pada saat itu. Ini berarti bahwa tegangan sumber secara konstan mengirimkan daya ke rangkaian yang dikonsumsi oleh rangkaian.



Gambar 2.17. Kurva Daya Untuk Rangkaian Resistans Murni

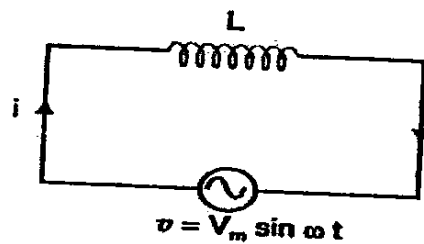
Perlu dicatat bahwa kurva daya merupakan gelombang sinus. Nilai rata-rata gelombang sinus untuk satu siklus penuh setengah dari nilai maksimum. Jika nilai daya maksimum adalah $V_m I_m$,

$$\text{Daya rata-rata, } P = \frac{V_m I_m}{2} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} = VI \quad (2.17)$$

2.2.7.2. Rangkaian AC dengan Induktansi Murni

Ketika arus bolak-balik mengalir ke dalam kumparan induktif murni, e.m.f. balik ($= L di / dt$) diinduksikan karena terdapat induktans kumparan. E.m.f balik ini pada setiap saat menghambat perubahan arus pada kumparan. Selama tidak ada jatuh tegangan Ohm, tegangan sumber harus mengatasi e.m.f. balik ini saja.

Jadi tegangan bolak-balik = e.m.f balik.



Gambar 2.18 Rangkaian AC dengan Induktansi Murni

Dengan memperhatikan tegangan bolak-balik dihubungkan ke sebuah induktans murni L Henry seperti pada Gambar 2.18. Misal persamaan tegangan bolak-balik sumber adalah :

$$v = V_m \sin \omega t \quad (2.18)$$

Terlihat, $V_m \sin \omega t = L \frac{di}{dt}$

atau $di = \frac{V_m}{L} \sin \omega t dt$

Dengan mengintegalkan kedua sisi, diperoleh

$$\begin{aligned} i &= \frac{V_m}{L} \int \sin \omega t dt \\ &= \frac{V_m}{\omega L} (-\cos \omega t) \end{aligned}$$

atau $i = \frac{V_m}{\omega L} \sin(\omega t - \pi/2)$ (2.19)

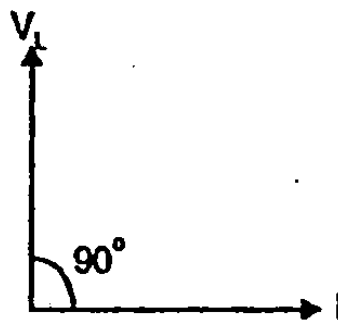
Nilai i akan mencapai maksimum ketika $\sin(\omega t - \pi/2) = 1$, jadi

$$I_m = \frac{V_m}{\omega L} \quad (2.20)$$

Dengan mensubstitusi nilai $\frac{V_m}{\omega L} = I_m$ ke dalam persamaan (2.19),

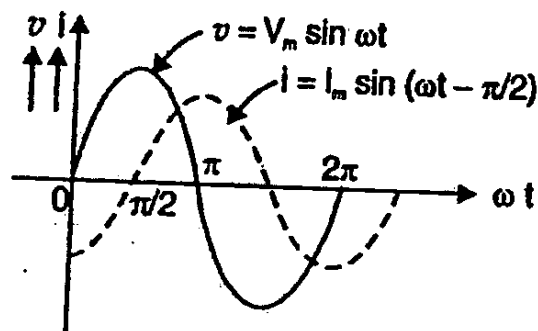
diperoleh

$$i = I_m \sin(\omega t - \pi/2) \quad (2.21)$$



Gambar 2.10 Diagram Fasor Rangkaian Induktansi

(i) **Sudut fase.** Terlihat dari persamaan (2.18) dan (2.19) bahwa arus tertinggal terhadap tegangan sejauh $\pi/2$ radian atau 90° . Dengan demikian, dalam induktans murni, arus tertinggal terhadap tegangan sejauh 90° . Hal ini juga ditunjukkan dalam diagram fasor pada Gambar 2.19. Diagram gelombang pada Gambar 2.20. Juga menunjukkan bahwa arus tertinggal terhadap tegangan sejauh 90° . Ada penjelasan fisik untuk tertinggalnya arus terhadap tegangan dalam sebuah kumparan induktif. Induktans menghambat perubahan arus dan menghasilkan tunda kenaikan atau penurunan arus dalam rangkaian. Hal ini mengakibatkan arus tertinggal dibelakang tegangan.



Gambar 2.20. Arus Tertinggal Terhadap Tegangan Sejauh 90°

(ii) **Reaktansi induktif.** Induktans bukan hanya menyebabkan arus tertinggal terhadap tegangan, tetapi juga membatasi besar arus dalam rangkaian. Telah diterangkan di atas bahwa

$$I_m = \frac{V_m}{\omega L}$$

atau

$$\frac{V_m}{I_m} = \omega L$$

Jelas bahwa hambatan yang diberikan induktans terhadap arus yang mengalir adalah ωL . Besaran ini disebut dengan reaktansi induktif X_L dari sebuah kumparan. Reaktansi induktif mempunyai dimensi yang sama dengan resistans, dengan demikian juga bersatuan sama yaitu Ohm. Jadi,

$$I_m = \frac{V_m}{X_L}$$

$$\text{atau} \quad \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{V_m / \sqrt{2}}{X_L}$$

$$\text{atau} \quad I = \frac{V}{X_L} \quad (V = V_L)$$

di mana reaktansi induktif $X_L = \omega L = 2\pi fL$ dan bersatuan Ohm jika L dalam Henry dan f dalam Hz.

(iii) Daya

$$\text{Daya sesaat, } p = vi = (V_m \sin \omega t)(I_m \sin(\omega t - \pi/2))$$

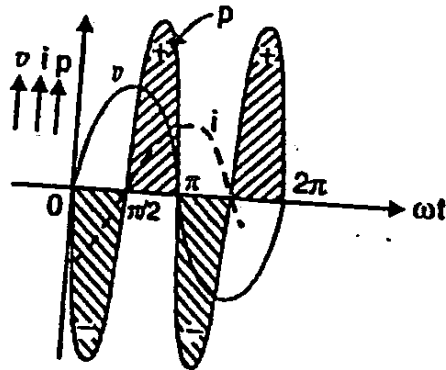
$$= -V_m I_m \sin \omega t \cos \omega t$$

$$= -\frac{V_m I_m}{2} \sin 2\omega t \quad (2.22)$$

Daya rata-rata, $P =$ Rata-rata P satu siklus

$$= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} -\frac{V_m I_m}{2} \sin 2\omega t d(\omega t) = 0 \quad (2.23)$$

Dengan demikian daya yang diserap dalam induktans adalah nol



Gambar 2.21 Kurva Daya Untuk Sebuah Induktans Murni

(iv) **Kurva daya.** Gambar 2.21. Menunjukkan kurva daya untuk sebuah induktans murni. Selama setengah siklus 90° pertama, tegangan positif dan arus negatif. Dengan demikian daya yang disuplai negatif. Ini berarti daya mengalir dari kumparan ke sumber. Selama 90° berikutnya, tegangan dan arus positif dan daya yang disuplai positif. Dengan demikian daya mengalir dari sumber ke kumparan. Dengan cara yang sama, untuk 90° berikutnya daya mengalir dari kumparan ke sumber dan selama 90° terakhir daya mengalir dari sumber ke kumparan. Pengamatan terhadap kurva daya selama satu siklus penuh menunjukkan bahwa daya positif sama dengan daya negatif. Dengan demikian, resultan daya untuk satu siklus adalah nol yaitu induktans murni tidak mengkonsumsi daya. Daya listrik hanya mengalir dari sumber ke kumparan dan kembali lagi ke sumber.

2.2.7.3. Rangkaian AC dengan Kapasitansi Murni

Ketika tegangan bolak-balik dihubungkan ke sebuah kapasitor, kapasitor akan diberi energi untuk setengah siklus pertama dan kemudian

mengembalikan sebagai te
 Hasilnya adalah electron berq
 plat-plat kapasitor, jadi meng



Gambar 2.22. Rangkaian

Dengan memperhatikan
 sebuah kapasitor dengan kaj
 Misalkan persamaan untuk te

$$V = \dots$$

Sebagai hasil dari teg
 mengalir ke rangkaian. Mis
 sebagai muatan plat kapasito

Muatan kapasitor,

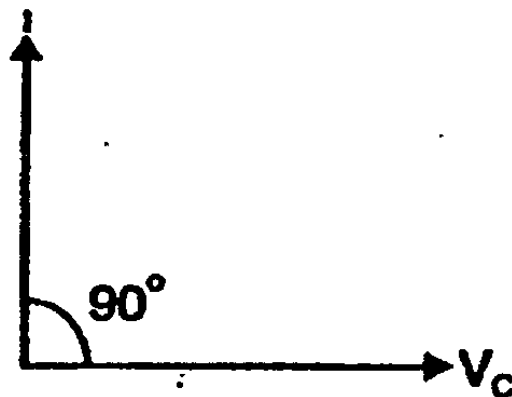
Arus rangkaian

atau
$$I = \omega CV_m \sin(\omega t + \pi/2) \quad (2.26)$$

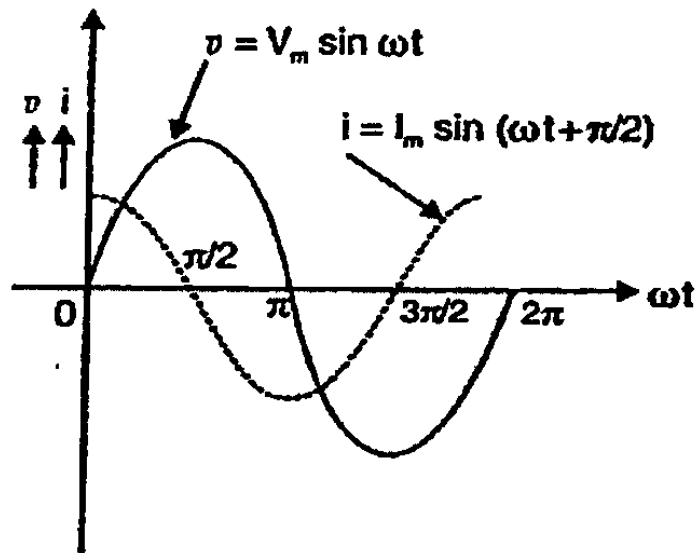
Nilai i akan mencapai maksimum (yaitu I_m) ketika $\sin(\omega t + \pi/2) = 1$. Jadi,

$$I = I_m \sin(\omega t + \pi/2) \quad (2.27)$$

(i) **Sudut fase.** Dari persamaan (2.24) dan (2.26) terlihat bahwa arus mendahului tegangan sebesar 90° atau $\pi/2$ radian. Dengan demikian dalam sebuah kapasitans murni, arus mendahului tegangan sebesar 90° . Hal ini ditunjukkan dalam gambar fasor pada Gambar 2.23. Dan gambar diagram gelombang pada Gambar 2.24. Mengungkapkan fakta yang sama. Juga ada penjelasan fisik tentang hal ini, yaitu bahwa kapasitans menghambat perubahan tegangan dan mengakibatkan tunda kenaikan atau penurunan tegangan yang melalui kapasitor. Hal ini menghasilkan tegangan tertinggal terhadap arus.



Gambar 2.23 Diagram Fasor Rangkaian Kapasitansi



Gambar 2.24. Arus Mendahului Tegangan Sebesar 90°

(ii) **Reaktansi kapasitif.** Kapasitans tidak hanya mengakibatkan tegangan tertinggal terhadap arus, tetapi juga membatasi besar arus ke dalam rangkaian. Dari penjelasan di atas terlihat bahwa :

$$I_m = \omega C V_m$$

Atau
$$\frac{V_m}{I_m} = \frac{1}{\omega C}$$

Jika V_C dan I dalam nilai-nilai r.m.s., maka

$$\frac{V_m}{I_m} = \frac{V_C}{I} = \frac{1}{\omega C} \quad (V = V_C)$$

Jelas bahwa hambatan yang dihasilkan sebuah kapasitans terhadap arus yang mengalir adalah $\frac{1}{\omega C}$. Besaran $\frac{1}{\omega C}$ disebut dengan reaktansi

kapasitif X_C dari sebuah kapasitor. Reaktansi kapasitif ini mempunyai

dimensi yang sama seperti resistans dan dengan demikian juga bersatuan Ohm. Jadi

$$I = \frac{V_C}{X_C}$$

(iii) **Daya.** Daya sesaat,

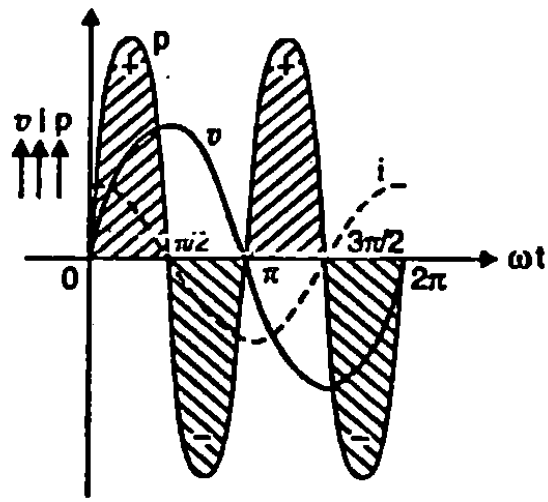
$$\begin{aligned} p &= vi = (V_m \sin \omega t)(I_m \sin(\omega t + \pi/2)) \\ &= V_m I_m \sin \omega t \cos \omega t \\ &= \frac{V_m I_m}{2} \sin 2\omega t \end{aligned} \quad (2.28)$$

Daya rata-rata, $P =$ Rata-rata p untuk satu siklus

$$= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{V_m I_m}{2} \sin 2\omega t d(\omega t) = 0 \quad (2.29)$$

Dengan demikian daya yang diserap dalam rangkaian kapasitans murni adalah nol.

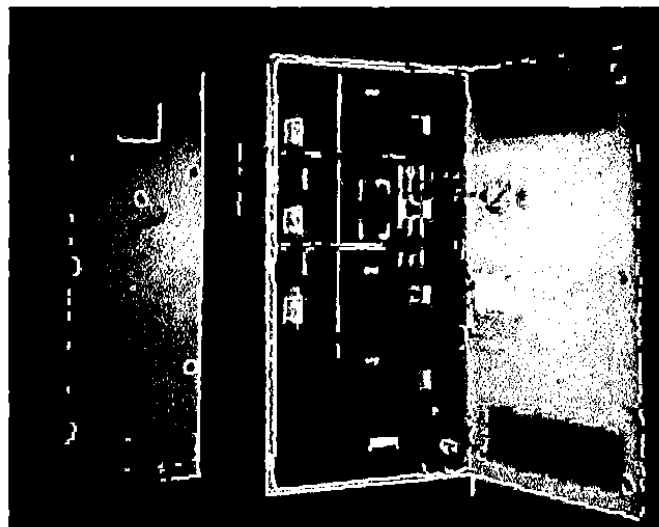
(iv) **Kurva daya.** Gambar 2.25. Menunjukkan kurva daya untuk sebuah rangkaian kapasitans murni. Kurva daya sama dengan kurva daya induktans murni karena sekarang arus mendahului tegangan sebesar 90° . Jelas terlihat bahwa daya positif sama dengan daya negatif selama satu siklus. Dengan demikian daya yang diserap adalah nol.



Gambar 2.25. Kurva Daya Untuk Sebuah Kapasitans Murni

2.2.8. Kapasitor Bank

Kapasitor Bank adalah beberapa kapasitor yang dihubungkan paralel yang akan diperlukan untuk memperbaiki nilai $\cos \Phi$, dengan bantuan alat kontrol otomatis $\cos \Phi$ (multi step controller).



Gambar 2.26 Capasitor Bank

Ditinjau dari cara kerjanya, capacitor bank dibedakan menjadi 2 :

1. *Fixed type*, dengan memberikan beban kapasitif yang tetap walaupun terdapat perubahan beban. Biasanya digunakan pada beban langsung

seperti pada motor induksi. Nilai yang aman adalah 5% dari kapasitas motor, pertimbangannya adalah kondisi saat tanpa beban.

2. *Automatic type*, memberikan beban kapasitif yang bervariasi sesuai dengan kondisi beban. Jenis panel ini dilengkapi dengan sebuah Power Factor Controller (PFC). PFC akan menjaga $\cos \Phi$ jaringan sesuai dengan target yang ditentukan. Untuk beban yang berfluktuasi dengan cepat digunakan Static Var Compensator type (SVC) yang menggunakan Thyristor sebagai switchernya. Sedangkan untuk fluktuasi beban yang tidak terlalu cepat digunakan Dynamic Var Compensator dengan menggunakan Magnetic Contactor serta PFC relay sebagai switchernya