

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT UKUR $\cos \phi$
METER DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLLER
ATMEGA 328**

(Skripsi)

Oleh

HERDIWAN YUDISTIRA



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MEASURING INSTRUMENT COS ϕ METER DIGITAL BASED ON MICROCONTROLLER ATMEGA 328

By

HERDIAWAN YUDISTIRA

Cos ϕ meters serve as an instrument that is used to know the power factor. Because the importance of the value of power factor it takes an apparatus for performing the exact measurement to know the quality of power so can increase the efficiency of electric power .

The purpose of duty end of this is to make a measuring instrument digital are able to read value cos ϕ based on mikrokontroler atmega 328 and then compare the precision with a measuring instrument cos ϕ analog. In principle a measuring instrument this compare different the phase between the current and voltage of the output comparator , while in its testing with 3 kind of load which is resistif load, inductive load, and capacitive load .

The result of this research is the measuring tools cos ϕ meter digital can successfully read the value of cos ϕ for testing 3 pieces of load. In testing using a resistive load with R 256 Ω obtained cos ϕ value of 0.92 , while in the meter analog meter cos ϕ obtained a value of 1 . To use the inductive load R 256 Ω is connected in series with L 0,24 H obtained cos ϕ value of 0,91, while the measuring tool cos ϕ analog meter using the same load obtained a value of 0,94. In testing using a capacitive load with R 22 Ω connected in series with the capacitor C 16 μ f obtained cos ϕ value of 0,96, while in the cos ϕ meter analog obtained a value of 0,98. The test results obtained has little difference with the results of testing using cos ϕ analog meter . Cos ϕ measurement results using analog meter is much better than the digital meter cos ϕ .

Keyword : Cos ϕ meter, Power Factor, Microcontroller Atmega 328, Comparator

ABSTRAK

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT UKUR COS ϕ METER DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 328

Oleh

HERDIAWAN YUDISTIRA

Cos ϕ meter merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui besarnya faktor daya (*power factor*). Karena pentingnya nilai faktor daya maka dibutuhkan suatu alat untuk melakukan pengukuran yang tepat guna untuk mengetahui kualitas daya sehingga dapat meningkatkan efisiensi tenaga listrik.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat alat ukur digital yang mampu membaca nilai Cos ϕ yang berbasis mikrokontroler ATmega 328 dan kemudian membandingkan tingkat ketelitiannya dengan alat ukur Cos ϕ analog. Pada prinsipnya alat ukur ini membandingkan beda fasa antara arus dan tegangan dari output komparator, sedangkan pada pengujiannya menggunakan 3 buah beban yaitu beban resistif, induktif, dan kapasitif.

Hasil dari perancangan ini adalah alat ukur Cos ϕ meter digital yang berhasil membaca nilai Cos ϕ untuk pengujian 3 buah beban. Pada pengujian menggunakan beban resistif dengan R 256 Ω didapat nilai cos ϕ sebesar 0,92 sedangkan pada alat ukur Cos ϕ meter analog didapatkan nilai sebesar 1. Untuk beban induktif menggunakan R 256 Ω dihubungkan seri dengan L 0,24 H didapatkan nilai Cos ϕ sebesar 0,91 sedangkan pada alat ukur Cos ϕ meter analog menggunakan beban yang sama didapatkan nilai sebesar 0,94. Pada pengujian menggunakan beban kapasitif dengan R 22 Ω dihubungkan seri dengan kapasitor C 16 μf didapatkan nilai cos ϕ sebesar 0,96 sedangkan pada alat ukur cos ϕ meter analog didapatkan nilai sebesar 0,98. Hasil pengujian yang diperoleh memiliki sedikit perbedaan dengan hasil pengujian menggunakan cos ϕ meter analog. Hasil pengukuran menggunakan Cos ϕ meter analog jauh lebih baik dibandingkan dengan Cos ϕ meter digital.

Kata kunci : Cos ϕ meter, faktor daya (*power factor*), mikrokontroler ATmega 328, komparator.

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT UKUR COS ϕ
METER DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLLER ATmega
328**

Oleh

HERDIAWAN YUDISTIRA

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT
UKUR COS ϕ METER DIGITAL BERBASIS
MIKROKONTROLLER ATMEGA 328**

Nama Mahasiswa : **Herdiawan Yudistira**

Nomor Pokok Mahasiswa : 0815031062

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Osea Zebua, S.T., M.T.
NIP 19700609 199903 2 003



Ir. Noer Sudjarwanto, M.T.
NIP 19681207 199603 1 003

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

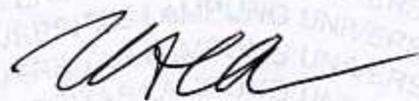


Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

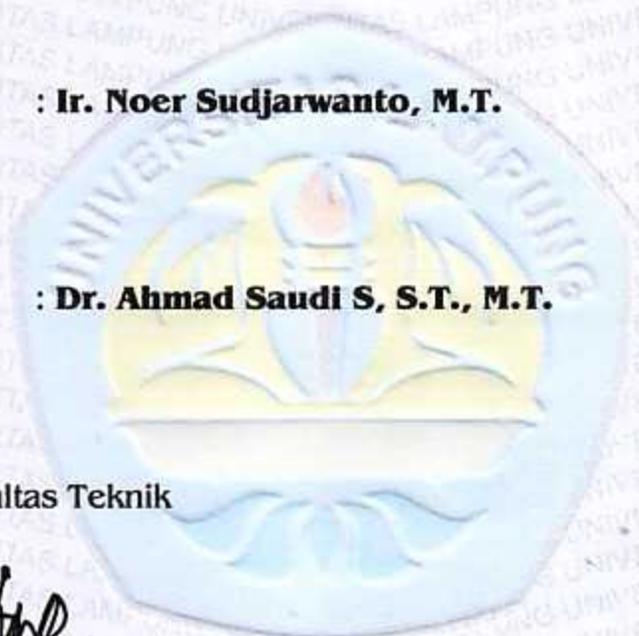
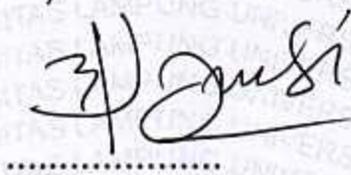
Ketua : **Osea Zebua, S.T., M.T.**



Sekretaris : **Ir. Noer Sudjarwanto, M.T.**



Penguji : **Dr. Ahmad Saudi S, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **10 Desember 2015**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan didalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 22 februari 2016



Herdiawan Yudistira

0815031062

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Trimurjo pada tanggal 26 Juni 1990, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari Bapak Damai Ali dan Ibu Siti Marsitoh. Pendidikan di Sekolah Dasar di SDN 1 Sumur Bandung diselesaikan pada tahun 2002, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama di SLTP PGRI 1 Way Jepara Lampung Timur diselesaikan pada tahun 2005, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Way Jepara Lampung Timur diselesaikan pada tahun 2008.

Pada tahun 2008, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN 2008. Pada semester 5 penulis memilih Konsentrasi Sistem Energi Elektrik sebagai fokus dalam perkuliahan dan penelitian.

Pada Tahun 2012 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) pada tanggal 1 Februari – 29 Februari di Divisi Perawatan Dinas Transmisi dan Distribusi di PT. Krakatau Daya Listrik, Cilegon, Banten dan pada laporan kerja praktik membahas mengenai “Perawatan dan Pemeliharaan *Vacuum Circuit Breaker* 30KV di MTS III PT. Krakatau Daya Listrik”.

*“Sukses Tidak Diukur Menggunakan Kekayaan,
Sukses Adalah Pencapaian Yang Kita
Inginkan”*

**“Bekerjalah bagaikan tak butuh uang.
Mencintailah bagaikan tak pernah disakiti
dan menarilah bagaikan tak seorang pun
sedang menonton”
(Mark Twain)**

**“Manusia Tidak Merancang Untuk Gagal...
Mereka Gagal Untuk Merancang”
(William J. Siegel)**

**Kupersembahkan Karya Kecil dan Sederhana Ini Untuk
Ayah Dan Ibuku Tercinta ;**

**Damai Ali
&
Siti Marsitoh**

**atas ketulusan, kasih sayang, doa dan semua pemberian
yang tiada henti...**

Tak lupa untuk saudariku tercinta;

**Tiara Damai Yanti
atas doa dan dukungan yang diberikan...**

SANWACANA

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT, Karena berkat rahmat dan hidayah-NYA penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi dengan judul “**Perancangan dan Implementasi Alat Ukur Cos ϕ Meter Digital Berbasis Mikrokontroler ATmega 328**” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun bila terdapat kekurangan dalam skripsi ini.

Selama melaksanakan penelitian, penulis banyak mendapatkan pengalaman yang sangat berharga. Penulis juga telah mendapat bantuan baik moril, materi, bimbingan, petunjuk serta saran dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik;
2. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung;
3. Bapak Osea Zebua, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama atas kesediaannya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tugas akhir ini;

4. Bapak Ir. Noer Sudjarwanto, M.T. selaku Pembimbing Kedua atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tugas akhir ini;
5. Bapak Dr. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Penguji Utama tugas akhir. Terima Kasih untuk masukan dan saran-sarannya dalam tugas akhir ini;
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung atas pengajaran dan bimbingannya yang diberikan selama ini kepada penulis;
7. Mbak Ning beserta seluruh jajarannya atas semua bantuannya menyelesaikan urusan administrasi di Teknik Elektro Universitas Lampung selama ini;
8. Kedua orang tua penulis, Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, cinta dan kasih sayang sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini;
9. Adik penulis, Tiara Damai Yanti serta seluruh keluarga besarku yang tidak dapat disebut satu persatu, atas segala kasih sayang, perhatian, dukungan dan pengorbanannya selama penulis menyelesaikan kuliah;
10. Kekasih hatiku Endah Permana yang selalu memberikan motivasi dan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
11. Saudara-saudara seperjuangan, Felix Manahan A.N, Andrie Dwi Setyawan, Jeni Achmat Rinaldi, M. Cahyadi, dan Riady Amarta atas segala dukungan, motivasi dan selalu menemani penulis dalam suka maupun duka;
12. Seluruh punggawa Teknik Elektro 2008 “Terimakasih” atas kebersamaan dan dukungannya, kalian adalah sahabat-sahabat ELEKTRO yang luar biasa;
13. Seluruh Keluarga Besar Kostan Belimbing dan Kostan Nipis yang telah bersama-sama sebagai penghuni kostan dengan segala keriangannya;

14. Muhammad Cahnyonyo, Rahmat Hidayat, Aris Susilo, Haki Midia Aliman H, Wan Novri S, Teguh Ardiansyah, M Zainal Abidin, dan teman-teman yang lain yang telah membantu penulis dari awal hingga akhir untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
15. Semua pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah hingga terselesaikannya tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu;
16. Almamater tercinta, atas kisah hidup yang penulis dapatkan semasa kuliah.

Semoga kebaikan, kemurahan hati dan bantuan yang telah diberikan semua pihak mendapat balasan yang setimpal dari ALLAH SWT dan semoga hari-hari kita selalu indah dan menjadi lebih baik lagi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari kesalahan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan serta saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dimasa yang akan datang. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, 22 Februari 2016

Penulis,

Herdiawan Yudistira

DAFTAR ISI

COVER

ABSTRAK	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Manfaat Penelitian	2
D. Batasan Masalah	2
E. Perumusan Masalah	3
F. Hipotesis	3
G. Sistematika Penulisan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. FAKTOR DAYA	5
1. Segita Daya.....	5
2. Jenis-jenis daya.....	6

3. Beban-beban sistem tenaga listrik	7
4. Analisa $\cos \phi$ pada rangkaian RLC baik R seri, RL dan RC ...	10
B. S ENSOR ARUS ACS 712	14
C. TRANSFORMATOR TEGANGAN	15
D. <i>ZERO CROSSING</i> DAN <i>PHASA DETECTOR</i>	16
E. <i>LOW PASSS FILTER</i>	17
F. ARDUIONO UNO	18
III. METODE PENELITIAN	23
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
B. Alat dan Bahan	23
C. Metode Penelitian	24
D. Pembuatan Alat.....	30
E. Pengujian Alat	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
A. Realisasi Perangkat Keras dan Pengujian.....	31
1. Spesifikasi Perangkat Keras	31
2. Transformator Tegangan dan Sensor Arus	32
3. Rangkaian Minumum Mikrokontroler ATmega 328.....	34
4. Rangkaian Komparator, XOR dan D flip-flop	35
5. Hasil Perancangan Alat Ukur $\cos \phi$ Meter Digital Berbasis Mikrokontroler ATmega 328	36
B. Pembuatan Program Pada Mikrokontroler Atmega 328	39

C. Pengujian Nilai $\cos \phi$ Berdasarkan Jenis Beban	41
1. Pengujian menggunakan modul untuk beban resistif dan induktif	41
2. Pengujian menggunakan modul untuk beban resistif dan kapasitif	48
3. Pengujian beban menggunakan lampu pijar dengan $\cos \phi$ analog	53
4. Pengujian beban menggunakan lampu pijar dengan $\cos \phi$ digital	54
V. SIMPULAN DAN SARAN	58
A. Simpulan.....	58
B. Saran	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
4.1	Pengujian menggunakan $\cos \phi$ meter analog.....	42
4.2	Pengujian menggunakan $\cos \phi$ meter digital	43
4.3	Hasil perhitungan nilai faktor daya ($\cos \phi$).....	44
4.4	Pengujian menggunakan beban resistif dan kapasitif	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Segitiga Daya	6
2.2 Arus sefasa dengan tegangan	9
2.3 Arus tertinggal dari tegangan (<i>lagging</i>)	9
2.4 Arus mendahului tegangan (<i>leading</i>)	10
2.5 Rangkaian dengan beban R terhubung seri.....	10
2.6 Rangkaian dengan beban R dan L terhubung seri.....	11
2.7 Rangkaian dengan beban R dan C terhubung seri	13
2.8 Rangkain Sensor ACS 712.....	15
2.9 tranformator tegangan	16
2.10 Rangkaian <i>Detector Phasa</i>	17
2.11 <i>Intup</i> dan <i>output</i> pada rangkaina <i>phasa detector</i>	17
2.12 Arduino Uno	19
3.1 Blok diagram perancangan.....	25
3.2 Diagram alir penelitian.....	28
3.3 Diagram alir prinsip kerja alat	29
4.1 Tranformator tegangan 350 mA.....	32
4.2 Gambar Pin-out Diagram ACS 712	33
4.3 sensor arus ACS 712	33
4.4 Mikrokontroller ATmega328.....	34
4.5 Rangkaian komparator, XOR, dan D flip-flop.....	35

4.6	Rangkaian $\cos \phi$ meter digital berbasis mikrokontroler ATmega 328.....	36
4.7	Alat ukur $\cos \phi$ meter digital.....	39
4.8	Gelombang kotak keluaran dari komparator	40
4.8	Modul pengukuran beban resistif dengan $\cos \phi$ meter analog	41
4.10	Modul pengukuran beban induktif dan resistif terhubung seri dengan $\cos \phi$ meter analog	42
4.11	Modul pengukuran beban resistif dan induktif menggunakan $\cos \phi$ meter digital	43
4.12	Gelombang keluaran sensor tegangan dan sensor arus	45
4.13	Gelombang keluaran dari IC LM 339 dan IC LM 324	46
4.14	Pengujian beban dengan beban resistif dan kapasitif menggunakan $\cos \phi$ meter digital	48
4.15	Gelombang keluaran dari sensor tegangan dan sensor arus.....	50
4.16	Gelombang keluaran dari IC LM 339 dan IC LM 324	51
4.17	pengujian beban dengan beban resistif dan kapasitif menggunakan $\cos \phi$ meter analog	52
4.18	Beban lampu pijar dengan $\cos \phi$ analog	53
4.19	Beban lampu pijar dengan $\cos \phi$ digital.....	54
4.20	Gelombang keluaran dari sensor arus dan tegangan.....	55
4.21	Gelombang keluaran dari IC LM 324 dan IC LM 339.....	56

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Efisiensi energi listrik dapat ditingkatkan dengan cara memperbaiki kualitas daya. Kualitas daya yang baik dapat memperbaiki drop tegangan, faktor daya, rugi-rugi daya, kapasitas daya dan efisiensi energi listrik. Faktor daya atau *power factor* (*PF*) merupakan istilah yang sangat penting, tidak hanya bagi penyedia layanan listrik, namun juga bagi konsumen listrik terutama bagi konsumen level tegangan menengah dan rendah. Cos ϕ meter merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui besarnya faktor daya (*power factor*). Perbandingan antara daya aktif (KW) dan daya semu (KVA) akan menghasilkan faktor daya (cos ϕ). Kualitas daya yang baik adalah jika faktor daya $> 0,8$ (cos $\phi > 0,8$).

Karena pentingnya nilai faktor daya maka dibutuhkan suatu alat untuk melakukan pengukuran yang tepat guna untuk mengetahui kualitas daya sehingga dapat meningkatkan efisiensi tenaga listrik. Sejauh ini pengukuran faktor daya menggunakan alat ukur cos ϕ meter yang masih berbentuk analog, sehingga masih didapatkan angka ketelitian yang belum akurat dikarenakan faktor human error atau faktor kesalahan manusia pada saat pembacaan hasil pengukuran. Untuk itu pada tugas akhir ini dibuat sebuah alat ukur nilai cos ϕ berbentuk digital. Alat ukur cos ϕ digital ini akan menggunakan mikrokontroler yang diharapkan dapat

mempermudah dalam pengukuran dan memperbaiki kesalahan dalam pembacaan nilai hasil pengukuran.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat alat ukur $\cos \phi$ digital berbasis mikrokontroler ATmega 328.
2. Membandingkan ketelitian antara alat ukur $\cos \phi$ analog dan $\cos \phi$ digital.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil adalah :

1. Mempermudah pengukuran faktor daya dan mendapatkan hasilnya.
2. Memudahkan akuisisi data $\cos \phi$ secara digital.

D. Batasan Masalah

Beberapa hal yang membatasi masalah dalam pembahasan tugas akhir ini:

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah jenis ATmega 328.
2. Penelitian ini hanya untuk mengukur nilai $\cos \phi$ dan tidak membahas tentang bagaimana melakukan perbaikan faktor daya.
3. Penelitian ini hanya mengukur beda arus dan tegangan satu fasa.

E. Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membuat alat ukur $\cos \varphi$ digital berbasis mikrokontroler ATmega 328.
2. Bagaimana melakukan perbandingan hasil pengukuran antara $\cos \varphi$ digital dan $\cos \varphi$ analog.

F. Hipotesis

Dengan menggunakan perhitungan faktor daya dan menggunakan mikrokontroler maka alat ukur $\cos \varphi$ meter digital dapat dilakukan.

G. Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disusun secara sistematis dengan urutan sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan

Memuat latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan, dan hipotesis.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Berisi teori-teori dari berbagai sumber pustaka yang mendukung dalam pembuatan alat ukur $\cos \varphi$ digital berbasis mikrokontroler.

3. Bab III Metode Penelitian

Berisi tempat dan waktu pelaksanaan penelitian, bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian, dan metode yang digunakan dalam penelitian.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Berisi tentang proses pembuatan alat ukur $\cos \varphi$ meter digital berbasis mikrokontroler ATmega 328 serta analisa tentang aplikasi tersebut.

5. Bab V Simpulan dan Saran

Berisi simpulan dari hasil analisa pada bab pembahasan dan saran yang terkait dengan hasil penelitian.

6. Daftar Pustaka

Berisi berbagai sumber pustaka yang digunakan untuk dijadikan referensi dalam penulisan tugas akhir ini.

7. Lampiran

Berisi dokumen-dokumen yang mendukung dalam penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. FAKTOR DAYA

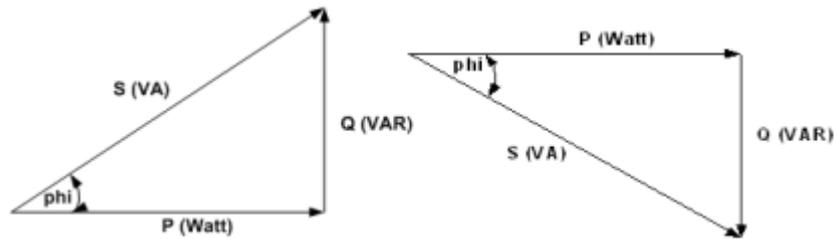
Faktor daya (PF) merupakan perbandingan antara daya aktif (P) satuan nya watt (W) dengan daya semu (S) satuannya volt-ampere (VA).Memperbaiki faktor daya adalah memperbaiki perbedaan besar sudut daya nyata dengan daya semu yang digunakan dalam rangkaian AC atau perbedaan sudut fasa antara tegangan (V) dan arus (I) yang biasa dinyatakan dalam $\cos \phi$ (ϕ). Harga faktor daya tergantung dari beda fasa antara arus dan tegangan.

$$\begin{aligned} \text{Faktor Daya} &= \frac{\text{Daya aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} = \frac{\text{Watt}}{\text{Volt Ampere}} \\ &= \frac{VI \cos \phi}{VI} = \cos \phi \dots\dots\dots (2.1) \end{aligned}$$

Faktor daya mempunyai rentang nilai (*range*) antara 0 – 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang ideal adalah apabila nilai faktor mendekati satu^[1].

1. Segitiga daya

Daya semu (S) merupakan resultan dari dua komponen, yaitu daya aktif (P) dan daya reaktif. Hubungan ini disebut dengan segitiga daya dan dalam bentuk vektor dan digambarkan dalam gambar 2.1.



Gambar 2.1 Segitiga daya

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots (2.2)$$

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \dots\dots\dots (2.3)$$

$$S = V \times I \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\text{Faktor Daya} = \frac{P}{S} = \cos \varphi \dots\dots\dots (2.5)$$

2. Jenis-jenis daya

- Daya Aktif

Daya aktif (*active power*) merupakan besarnya daya yang digunakan oleh peralatan listrik untuk dapat beroperasi secara optimal atau daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah watt. Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja.

- Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk membentuk medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk *fluks* medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain-lain.

- Daya Semu

Daya Semu (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya semu adalah VA^[2].

3. Beban-beban sistem tenaga listrik

Beban sistem tenaga terdiri dari beberapa jenis diantaranya adalah :

- Beban resistif

Beban resistif murni merupakan beban yang tidak mempunyai perbedaan fasa antara arus dan tegangan atau dengan kata lain mempunyai $\cos \phi = 1$. Beban resistif murni biasa terdapat pada pemanas listrik ataupun pada lampu pijar. Rumus besar daya pada beban resistif :

$$P = V \times I \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan:

P = daya aktif (watt)

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

- Beban resistif induktif (R-L)

Beban resistif induktif pada sistem tenaga listrik biasanya terdiri dari motor-motor listrik, lampu TL, pemanas jenis induksi (*induction heating*), transformator dan beban-beban lainnya yang umumnya menghasilkan reaktansi induktif. Beban induktif mempunyai nilai $\cos \phi$

lagging (arus tertinggal dari tegangan). Beban resistif induktif memiliki faktor daya yang rendah sehingga dapat menyebabkan tegangan dan arus berlawanan fasa sehingga menghasilkan daya reaktif yang besar dan menghasilkan daya watt yang kecil.

- Beban resistif kapasitif (R-C)

Beban resistif kapasitif adalah beban yang mengandung suatu rangkaian hambatan dan kapasitor. Beban R-C mempunyai faktor daya 0 – 1 “*leading*”. Beban R-C digunakan untuk mengkompensasi daya reaktansi induktif yang ditimbulkan oleh beban-beban induktif sehingga reaktansi induktif semakin kecil. Pada beban R-C bentuk gelombang arus mendahului gelombang tegangan sebesar $\phi^{[1]}$.

Untuk menghitung besar reaktansi kapasitif adalah:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} \dots\dots\dots (2.7)$$

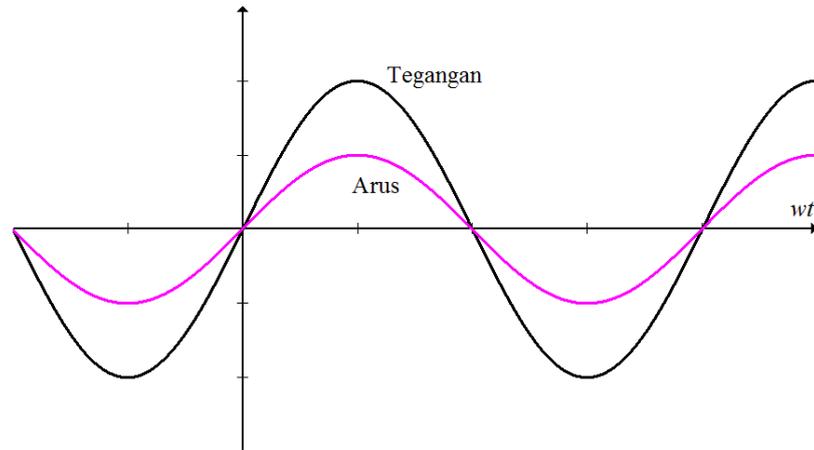
Dengan : X_c = reaktansi kapasitif, f = frekuensi, C = kapasitor.

- Hubungan fasa

Ada tiga kemungkinan hubungan fasa antara arus dan tegangan dalam satuan rangkaian.

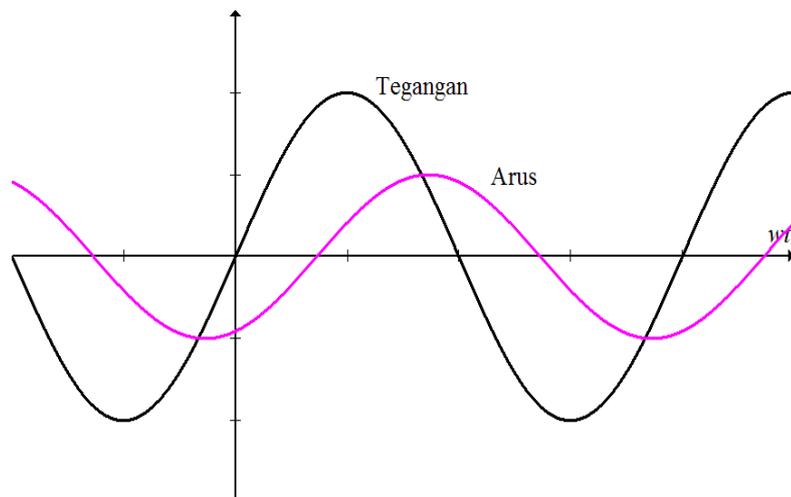
1. Arus dan tegangan sefasa.

Gelombang tegangan dan arus berpotongan pada titik yang sama secara periodik, seperti ditunjukkan pada gambar 2.2. Dalam hal ini dikatakan bahwa tegangan sefasa dengan arus



Gambar 2.2 Arus sefasa dengan tegangan

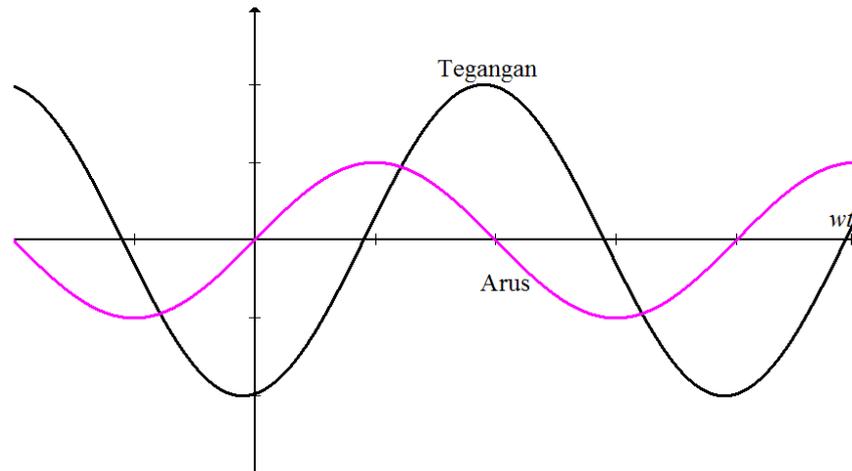
2. Tegangan dapat melalui harga nol dan naik ke harga tertinggi pada waktu yang lebih dulu dari arus, seperti ditunjukkan pada gambar 2.3. Dalam hal ini arus dikatakan tertinggal dari tegangan (*lagging*).



Gambar 2.3 Arus tertinggal dari tegangan (*lagging*)

3. Tegangan dapat melalui harga nol dan harga tertingginya pada beberapa saat kemudian dari pada arus, seperti ditunjukkan pada gambar 2.4. Dalam hal ini arus dikatakan mendahului tegangan (*leading*). Lamanya waktu arus mendahului atau tertinggal dari tegangan bervariasi dalam rangkaian yang berbeda dari kondisi

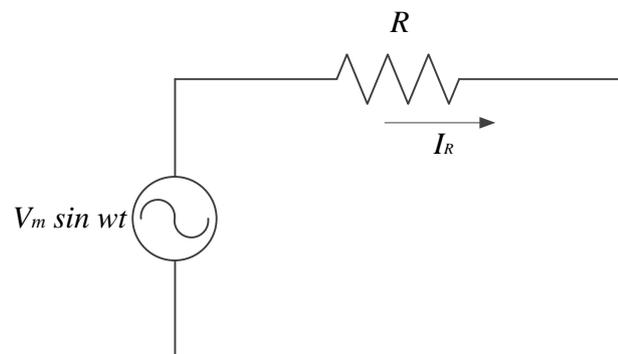
sefasa sampai mendahului atau tertinggal siklus atau 90° . Oleh karena itu waktu dapat diukur dalam derajat listrik, beda waktu atau beda fasa dari arus dan tegangan biasanya dinyatakan dalam derajat listrik atau disebut dengan sudut fasa.



Gambar 2.4 Arus mendahului tegangan (*leading*)^[3].

4. Analisa faktor daya ($\cos \phi$) pada rangkaian R-L-C

Rangkaian yang dihubungkan seri dengan resistor R ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Rangkaian dengan beban R terhubung seri

Pada rangkaian diatas berlaku hubungan:

$$V_R = V_m \sin \omega t \text{ atau } V_R = V_m \sin 2\pi f t \dots\dots\dots (2.7)$$

dan besar arus yang mengalir pada beban R adalah:

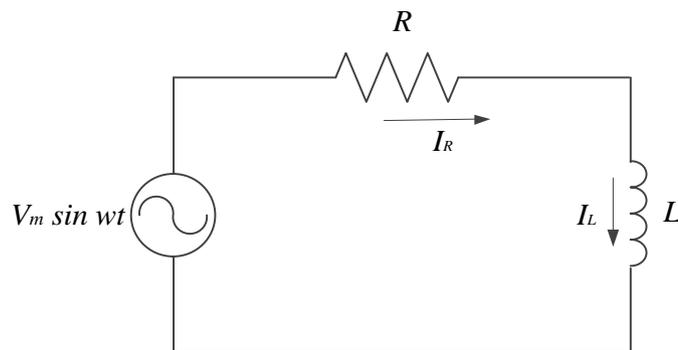
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{R} = \frac{|V| \angle 0^0}{|R| \angle 0^0} = \frac{V}{R} \angle 0^0 \dots\dots\dots (2.8)$$

dan,

$$\varphi = 0^0 \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\cos \varphi = \cos 0^0 = 1 \dots\dots\dots (2.10)$$

Rangkaian yang dihubungkan seri dengan resistor R dan induktor L ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Rangkaian dengan beban R dan L terhubung seri

Pada rangkaian dengan beban R dan L terhubung seri terdapat hubungan:

$$I = I_R = I_L \dots\dots\dots (2.11)$$

Dalam bentuk fasor, impedansi dinyatakan sebagai:

$$Z = R + jX_L = R + j 2\pi f L \dots\dots\dots (2.12)$$

Magnitud impedansi dan sudut fasanya dinyatakan sebagai:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\cos \varphi = \cos \left(\tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) \right) \dots\dots\dots (2.15)$$

Besar tegangan pada resistor R dan induktor L dinyatakan sebagai:

$$V_L = jIX_L = j\omega IL = j2\pi fIL \dots\dots\dots (2.16)$$

$$V_R = IR \dots\dots\dots (2.17)$$

Magnitud tegangan dan sudut fasa dinyatakan sebagai:

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{V_L}{V_R}\right) \dots\dots\dots (2.19)$$

$$\cos \varphi = \cos \left(\tan^{-1}\left(\frac{V_L}{V_R}\right) \right) \dots\dots\dots (2.20)$$

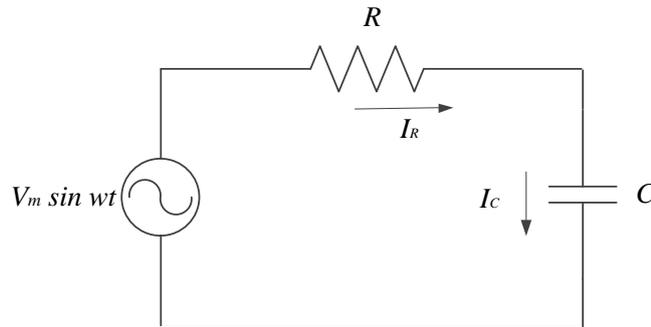
Atau dalam bentuk persamaan sinusoidal, maka nilai arus pada rangkaian dinyatakan sebagai:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V_m \sin \omega t}{|Z| \angle \varphi} = \frac{V_m}{|Z|} \sin(\omega t - \varphi) = \frac{V_m}{|Z|} \sin(2\pi ft - \varphi) \dots\dots\dots (2.21)$$

$$I = I_m \sin(\omega t - \varphi) = I_m \sin(2\pi ft - \varphi) \dots\dots\dots (2.22)$$

Faktor daya ($\cos \varphi$) untuk rangkaian dengan beban resistif dan induktif yang terhubung seri dapat dihitung dengan persamaan 2.15 atau persamaan 2.20.

Rangkaian dengan beban R dan C ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Rangkaian dengan beban R dan C terhubung seri

Pada rangkaian R-C terhubung seri ini terdapat beberapa hubungan:

$$I = I_R = I_C \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

Dalam bentuk fasor, impedansi dinyatakan dengan:

$$Z = R - jX_C = R - j2\pi fC \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

Magnitud impedansi dan sudut fasanya dinyatakan sebagai:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{X_C}{R} \right) \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

$$\cos \varphi = \cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{X_C}{R} \right) \right) \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

Besar tegangan pada resistor R dan induktor C dinyatakan sebagai:

$$V_C = jIX_C = \frac{I}{j\omega C} = -\frac{jI}{2\pi fC} \quad \dots\dots\dots (2.28)$$

$$V_R = IR \quad \dots\dots\dots (2.29)$$

Magnitude tegangan dan sudut fasa dinyatakan sebagai:

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{V_C}{V_R}\right) \dots\dots\dots (2.31)$$

$$\cos \varphi = \cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{V_C}{V_R}\right)\right) \dots\dots\dots (2.32)$$

Atau dalam bentuk persamaan sinusoidal, maka nilai arus pada rangkaian dinyatakan sebagai:

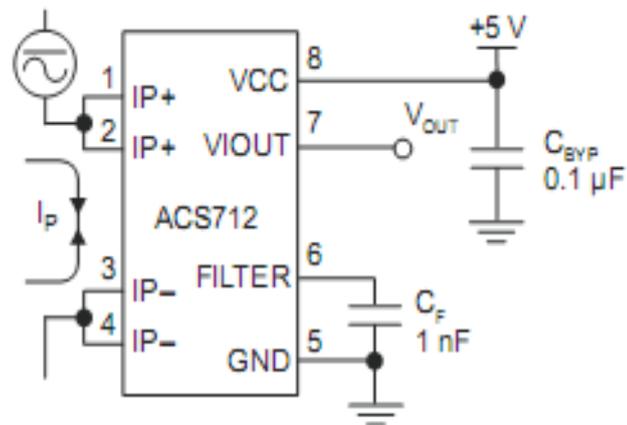
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V_m \sin \omega t}{|Z| \angle -\varphi} = \frac{V_m}{|Z|} \sin(\omega t + \varphi) = \frac{V_m}{|Z|} \sin(2\pi f t + \varphi) \dots\dots\dots (2.33)$$

$$I = I_m \sin(\omega t + \varphi) = I_m \sin(2\pi f t + \varphi) \dots\dots\dots (2.34)$$

Nilai faktor daya dari rangkaian dengan beban R dan C terhubung seri dapat diperoleh dengan persamaan 2.27 atau 2.32.

B. SENSOR ARUS ACS 712

ACS 712 merupakan suatu IC terpaket yang mana berguna untuk sensor arus menggantikan transformator arus yang relatif besar dalam hal ukuran. Pada prinsipnya ACS 712 sama dengan sensor efek *hall* lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnet disekitar arus kemudian dikonversikan menjadi tegangan yang linear dengan perubahan arus. Gambar 2.8 adalah contoh aplikasi dari ACS 712. Pin 1 dan 2 merupakan masukan (*masukan*) dari sumber, sedangkan pin 3 dan 4 merupakan *keluaran* yang tersambung ke beban. Vcc 5 V dan *ground* berasal dari catu daya dan Vout pada pin 7 menjadi masukan berupa sinyal analog dari rangkaian deteksi bedafasa.



Gambar 2.8 Contoh aplikasi dari rangkaian sensor arus ACS 712^[4].

C. TRANSFORMATOR TEGANGAN

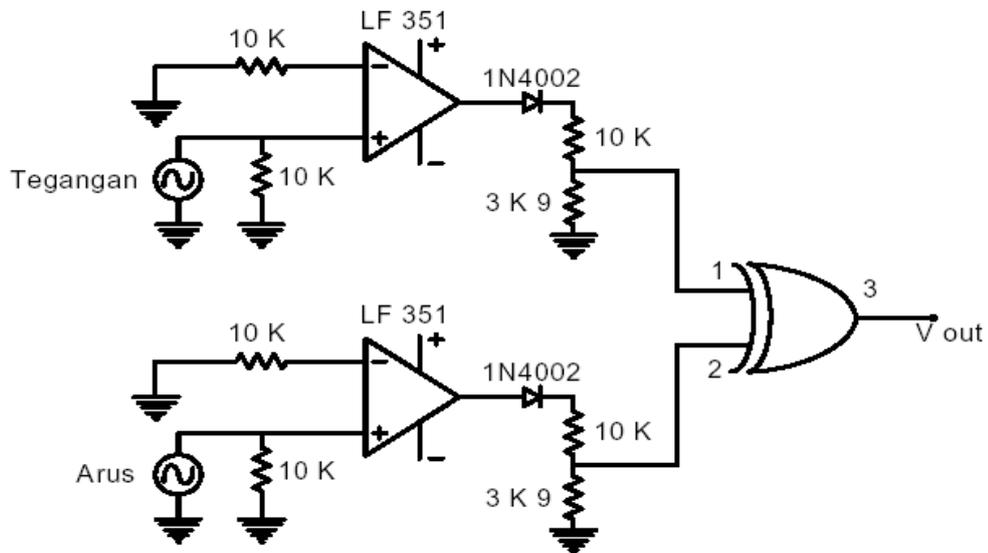
Transformator tegangan adalah suatu peralatan listrik yang dapat menurunkan tegangan tinggi menjadi tegangan rendah dan begitu juga sebaliknya. Fungsi dari transformator tegangan adalah untuk memperoleh tegangan yang sebanding dengan tegangan yang dibutuhkan dan untuk memisahkan rangkaian dari sistem dengan tegangan tinggi (yang selanjutnya disebut rangkaian primer) terhadap rangkaian dimana alat ukur terhubung (yang disebut rangkaian sekunder) dan pada transformator tegangan yang dibutuhkan adalah tingkat ketelitiannya dan penurunan tegangannya yang disesuaikan dengan alat ukur. Transformator tegangan ditunjukkan pada gambar 2.9.



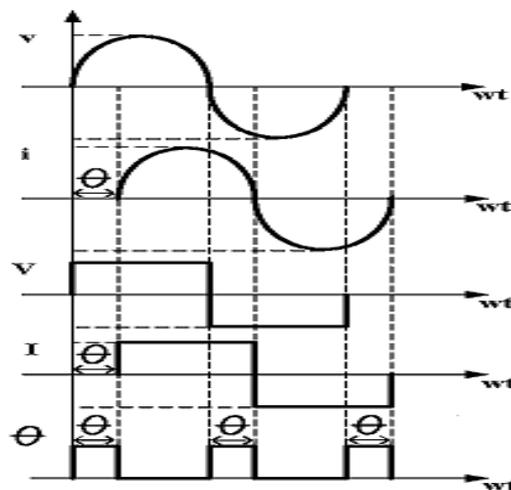
Gambar 2.9 Tranformator tegangan^[5]

D. ZERO CROSSING DAN FASA DETECTOR (DETECTOR FASA)

Rangkaian ini berfungsi untuk mendeteksi perbedaan sudut fasa dari tegangan dan arus yang mengalir ke beban. Detektor fasa dibuat menggunakan komparator dan gerbang logika XOR. Komparator digunakan untuk mendapatkan informasi saat nilai tegangan dan nilai arus tepat melewati titik nol. Gerbang logika XOR digunakan untuk mengetahui nilai beda sudut fasa. Nilai beda sudut fasa didapat dengan menghitung selang waktu antara tegangan naik dan tegangan turun pada keluaran gerbang logika XOR. Rangkaian detector fasa ini ditunjukkan pada gambar 2.10, serta sinyal masukan dan keluaran pada rangkaian *zero crossing detector* dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.10 Rangkaian Detektor Fasa

Gambar 2.11 Masukan dan keluaran pada rangkaian detektor fasa^[2]

E. LOW PASS FILTER

Dalam proses pembacaan data dari sensor, biasanya sistem masih memiliki *noise*, maka dibutuhkan sebuah *filter* untuk mengurangi *noise* tersebut dan membuat data pembacaan sensor lebih stabil. *Filter* ini digunakan pada

keluaran sensor agar nilai keluaran sensor yang dihasilkan lebih stabil dan meningkatkan kestabilan sistem. Salah satu jenis *filter* yang bisa digunakan adalah *low-pass filter*. Hal ini karena *low-pass filter* dapat menyaring perubahan pembacaan sensor yang pendek yang dapat menyebabkan *noise*. Pada aplikasi pembacaan posisi kemiringan oleh sensor, *low pass filter* ini dirumuskan:

$$\text{sudut} = (a \times \text{sudut}) + (b \times \text{pembacaan sudut}) \quad \dots\dots\dots (2.35)$$

dimana:

sudut = Pembacaan sudut hasil *low pass filter*

pembacaan sudut = pembacaan sudut aktual oleh sensor

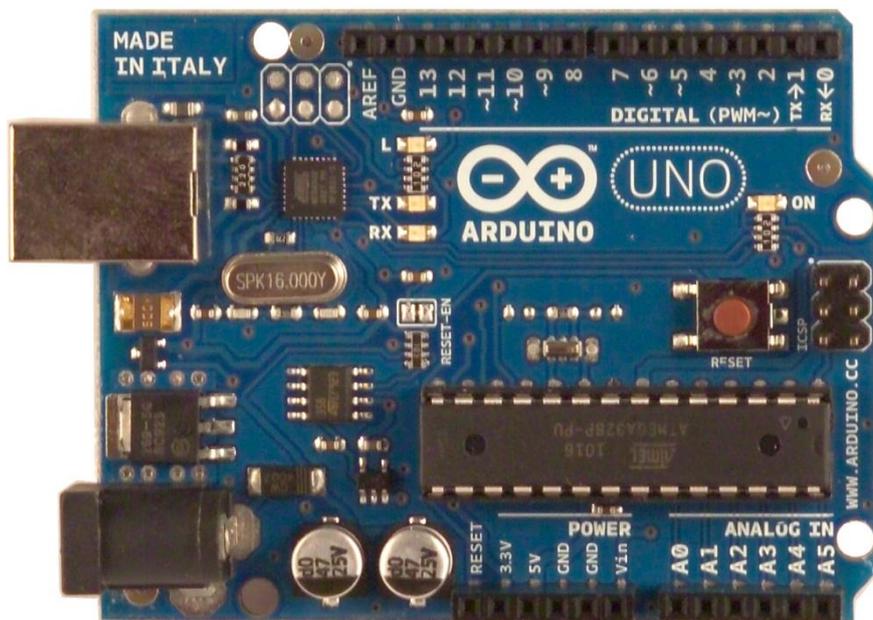
a dan *b* = koefisien *filter* (0 - 0,99)

Koefisien *a* harus jauh lebih besar dari koefisien *b*, misalnya $a=0,98$ dan $b=0,02$. [6]

F. ARDUINO UNO

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega 328, seperti ditunjukkan pada gambar 2.11. Memiliki 14 pin masukan dari keluaran digital dimana 6 pin masukan tersebut dapat digunakan sebagai keluaran PWM dan 6 pin masukan analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *board* Arduino Uno kekomputer dengan menggunakan kabel USB dengan sumber daya listrik AC yang disearahkan oleh *adaptor* DC atau baterai untuk menjalankannya.

Uno berbeda dengan board sebelumnya dalam hal koneksi *USB-to-serial*, yaitu menggunakan ATmega8U2 yang diprogram sebagai konverter ke *USB-to-serial* berbeda dengan *board* sebelumnya yang menggunakan *chip FTDI driver USB-to-serial*.



Gambar 2.12 Arduino Uno

Daya

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal (otomatis). Eksternal (non-USB) daya dapat berasal baik dari AC-ke adaptor-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menancapkan *plug jack* pusat positif ukuran 2,1 mm sebagai konektor POWER. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukkan ke dalam Gnd dan Vin pin header dari konektor POWER. Kisaran kebutuhan daya yang disarankan untuk board Uno adalah 7

sampai dengan 12 volt, jika diberi daya kurang dari 7 volt kemungkinan pin 5v Uno dapat beroperasi tetapi tidak stabil, kemudian jika diberi daya lebih dari 12 volt, regulator tegangan bisa panas dan dapat merusak *board* Uno.

Pin listrik adalah sebagai berikut:

VIN: Tegangan masukan kepada *board* Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai pengganti dari 5 volt koneksi USB atau sumber daya lainnya).

5V: catu daya digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lainnya.

3v3: sebuah pasokan 3,3 volt dihasilkan oleh regulator *on-board*.

GND: *ground pin*.

Memori

ATmega328 memiliki 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk *bootloader*), 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan EEPROM library).

Masukan dan output

Masing-masing dari 14 pin digital di Uno dapat digunakan sebagai masukan atau keluaran, dengan menggunakan fungsi *pinMode*, *digitalWrite*, dan *digitalRead*, beroperasi dengan daya 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki *internal pull-up resistor* (secara default terputus) dari 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini dihubungkan ke pin yang berkaitan dengan chip Serial ATmega8U2 USB-to-TTL.

Eksternal menyela: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu *interrupt* pada nilai yang rendah, dengan batasan tepi naik atau turun, atau perubahan nilai. Lihat (*attachInterrupt*) fungsi untuk rincian lebih lanjut.

PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan keluaran PWM 8-bit dengan fungsi *analog Write*.

SPI: 10 (SS), 11 (Mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *SPI library*.

LED: 13. Ada *built-in* LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai nilai HIGH, LED on, ketika pin bernilai LOW, LED off.

Uno memiliki 6 masukan analog, berlabel A0 sampai dengan A5, yang masing-masing menyediakan 10 bit dengan resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

I2C: A4 (*SDA*) dan A5 (*SCL*). Dukungan I2C (*TWI*) komunikasi menggunakan perpustakaan *Wire*.

Aref: Tegangan referensi (0 sampai 5V saja) untuk masukan analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference*.

Reset: Bawa baris ini LOW untuk me-reset mikrokontroler.

Komunikasi

Uno Arduino memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan

UART TTL (5V) untuk komunikasi serial, yang tersedia di pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega8U2 sebagai saluran komunikasi serial melalui USB dan sebagai *port virtual com* untuk perangkat lunak pada komputer. Firmware '8 U2 menggunakan *driver* USB standar COM, dan tidak ada *driver* eksternal yang diperlukan. Namun, pada Windows diperlukan, sebuah file inf. Perangkat lunak Arduino terdapat monitor serial yang memungkinkan digunakan memonitor data tekstual sederhana yang akan dikirim ke atau dari board Arduino. LED RX dan TX di papan tulis akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dengan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Sebuah software digital memungkinkan untuk berkomunikasi secara serial pada salah satu pin digital pada board Uno^[7].

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Perancangan sistem dilakukan dari bulan Februari sampai Desember 2015, bertempat di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. 1 unit Laptop dengan spesifikasi acer core I3.
2. Kabel USB.
3. Terminal.
4. Piting lampu.
5. Multimeter digital.
6. 1 unit osiloskop digital.
7. 1 unit solder untuk realisasi rangkaian.
8. 1 unit *Project Board*.

Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan untuk perancangan ini adalah:

1. 1 unit Trafo Step Dwon.
2. Sensor arus ACS 712.

3. IC LM 324.
4. IC LM 339.
5. IC Xor 74 LS 86
6. IC D flip flop 74 LS 74
7. Board arduino uno
8. 1 unit *LCD (Liquid Crystal Display.)*

C. Metode Penelitian

Pada penyelesaian tugas akhir ini ada beberapa langkah kerja yang dilakukan antara lain:

1. Studiliteratur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan yang mendukung tentang penulisan tugas akhir ini, antara lain :

- a. Karakteristik faktor daya.
- b. Sistem pengkondisian sinyal.
- c. Bahasa pemrograman *AVR Studio 4*.
- d. Karakteristik sensor arus dan tegangan.
- e. Karakteristik mikrokontroler Atmega328.
- f. Karakteristik komponen elektronika.

Studi literatur dilakukan dengan cara mencari dan mempelajari bahan-bahan ajar, internet, dan juga dari hasil penelitian sebelumnya yang membahas tentang sistem ini.

2. Perancangan alat.

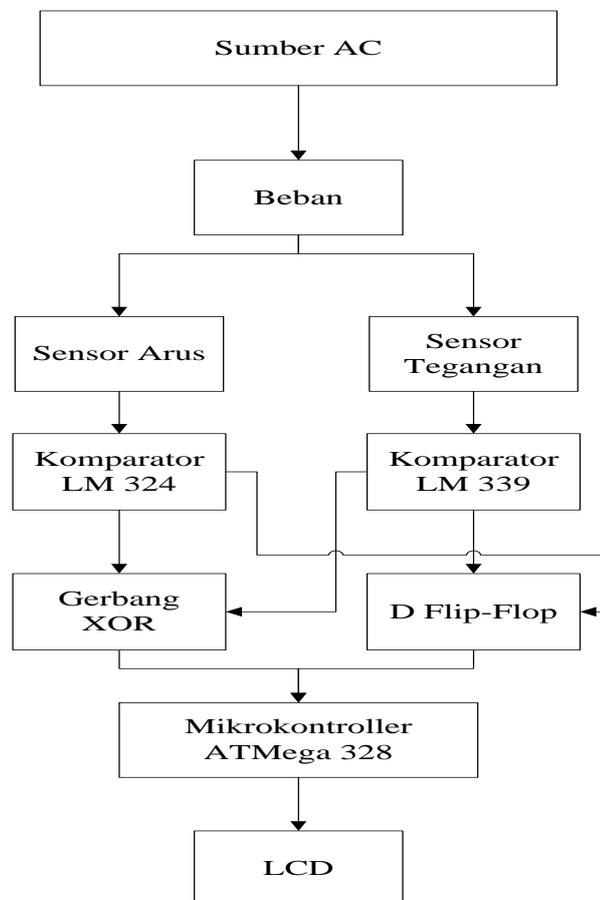
Tahapan dalam proses perancangan alat berurutan sebagai berikut:

a. Perancangan model sistem

Pada tahapan ini dilakukan perancangan diagram blok rangkaian alat ukur $\cos \phi$ meter digital berbasis mikrokontroller ATmega 328.

b. Blok diagram perancangan

Secara umum perancangan sistem pada tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Blok diagram perancangan.

Prinsip kerja $\cos \phi$ meter:

a. Bagian sensor

1. Alat $\cos \phi$ meter ini menggunakan sensor arus dan Transformator yang dirangkai paralel, dan menggunakan sumber AC.
2. Transformator berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 220 V ke 6 V. Tegangan 6 V ini selanjutnya akan masuk ke komparator.
3. Sensor arus berfungsi untuk mendeteksi besarnya arus AC yang mengalir. Lampu pijar yang berfungsi sebagai beban dirangkai seri dengan sensor ini. Sensor akan mengubah besaran arus ke besaran tegangan. Keluaran berupa tegangan ini selanjutnya akan masuk ke komparator.

b. Bagian komparator

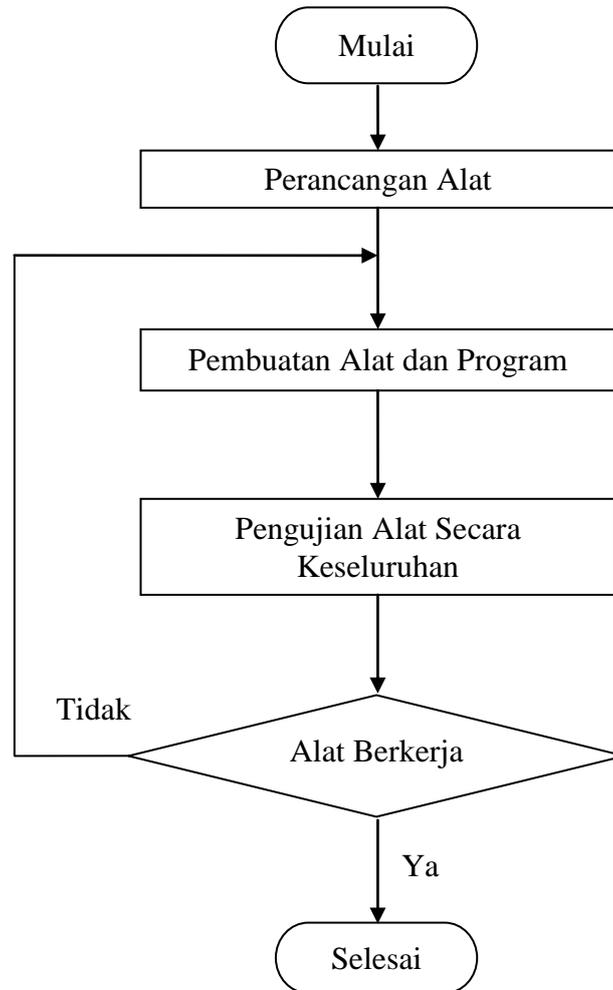
1. Tegangan AC 6 V dari transformator akan masuk ke komparator. Komparator ini akan mengubah sinyal sinusoidal dari tegangan AC 6 V yang masuk menjadi sinyal kotak.
2. Keluaran dari sensor akan masuk ke komparator. Komparator ini akan mengubah sinyal sinusoidal dari keluaran sensor arus menjadi sinyal kotak. Pada komparator ini, diberi referensi tegangan 2,5 V, karena jika sensor arus mendeteksi arus 0 (nol), maka keluarannya akan bernilai 2,5 V.

c. Bagian gerbang XOR dan D *Flip-Flop*

1. Selanjutnya, Keluaran dari ke 2 komparator akan masuk ke gerbang XOR dan D *Flip Flop*.

2. Ketika sinyal kotak dari ke 2 keluaran komparator masuk ke gerbang XOR, kedua sinyal tersebut akan masuk ke rangkaian gerbang logika XOR. Sesuai dengan table kebenaran gerbang XOR, dimana keluaran bernilai *HIGH* apabila nilai kedua inputnya berbeda, maka sinyal keluaran dari gerbang XOR akan bernilai *HIGH* apabila sinyal di kedua inputnya memiliki nilai yang berbeda. Saat sinyal keluaran XOR bernilai *HIGH* ini lah yang menunjukkan perbedaan Phasa antara arus dan tegangan. Dengan mengukur periode waktu *HIGH*nya, dapat diketahui berapa derajat perbedaan phasa antara arus dan tegangannya.
 3. Sinyal keluaran dari ke 2 komparator juga akan masuk ke IC D *Flip Flop*. Fungsinya adalah untuk mengetahui apakah perbedaan phasa antara arus dan tegangan yang terjadi bersifat *LEADING* atau *LAGGING*.
- d. Bagian mikrokontroler dan LCD
1. Selanjutnya, keluaran dari gerbang logika XOR dan D *Flip Flop* akan masuk ke mikrokontroller yang ada di modul ARDUINO. Mikrokontroller akan menghitung periode sinyal dari keluaran gerbang XOR untuk selanjutnya dikonversi ke besaran sudut beda phasa antara arus dan tegangan.
 2. Mikrokontroller juga akan menerima masukan dari IC D *Flip Flop* untuk mengetahui apakah perbedaan phasa arus dan tegangan bersifat *LEADING* atau *LAGGING*. Jika sinyalnya LOW, berarti *LEADING*, jika HIGH berarti *LAGGING*.
 3. Hasil pengukuran dan pengolahan mikrokontroller selanjutnya ditampilkan di layar LCD.

a. Diagram alir penelitian.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

b. Diagram alir prinsip kerja alat.



Gambar 3.3 Diagram alir prinsip kerja alat

D. Pembuatan Alat

Pada penelitian ini pembuatan alat dilakukan di laboratorium Sistem Tenaga Elektrik Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung dan selanjutnya dilakukanlah suatu perancangan alat dengan berpedoman pada blok diagram perancangan serta dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan komponen yang akan digunakan.
2. Merangkai sensor arus, transformator dan beban.
3. Merangkai rangkaian komparator untuk sinyal arus dan tegangan.
4. Merangkai rangkaian gerbang XOR dan *D Flip Flop*
5. Merangkai rangkaian komparator, XOR, dan *D Flip Flop* menjadi satu *board*.
6. Menyatukan *board* rangkaian arduino dan LCD.

E. Pengujian Alat

Tahapan terakhir pada pembuatan alat ukur $\cos \phi$ meter digital berbasis mikrokontroler ATmega 328 dilakukanlah suatu pengujian dan analisa data, dengan langkah-langkah pengujian melakukan pengujian pada setiap bagian dari perancangan serta pengujian pada pemrogramannya adapun tujuan dari pengujian tersebut adalah untuk mengetahui apakah suatu alat tersebut berkerja sesuai dengan fungsinya serta dapat menganalisa dari suatu kondisi tersebut.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari pembahasan dan analisis pada bab-bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Alat ukur $\cos \phi$ meter digital yang telah dibuat dapat mengukur nilai $\cos \phi$ namun memiliki ketelitian yang kurang baik dibandingkan dengan $\cos \phi$ meter analog.
2. Keakuratan yang tidak baik disebabkan perbedaan fasa antara keluaran gelombang dari sensor dan komparator. Nilai $\cos \phi$ yang diukur pada $\cos \phi$ meter digital merupakan hasil keluaran dari gelombang pada komparator.
3. Perbedaan fasa yang dihasilkan sangat berpengaruh terhadap nilai $\cos \phi$ yang diperoleh, semakin kecil perbedaan fasanya maka semakin baik nilai $\cos \phi$ yang dihasilkan.

5.2 Saran

Beberapa hal yang menjadi perhatian pada penelitian ini adalah :

1. Perlunya pembacaan yang lebih akurat dalam alat ukur $\cos \phi$ meter digital.
2. Perlunya perbaikan desain rangkaian komparator pada alat ukur $\cos \phi$ meter digital untuk memperkecil perbedaan fasa antara keluaran sensor dan komparator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Faujan, Wijaya F Danang, dan Sutopo Bambang. 2000. *Study perbaikan faktor daya beban induktif dengan kompensator reaktif seri menggunakan sakelar pemulih energi magnetik*. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada
- [2] Hartono Temmy Nanda. 2009. *Pernacangan alat perbaikan faktor daya beban rumah tangga dengan menggunakan switching kapasitor dan induktor otomatis*. Malang. Universitas Brawijaya
- [3] Syafrianto Asrul. *Rancang bangun alat ukur perbaikan factor daya pada beban dianamis 1 fase dan monitoring daya dengan LCD grafik*. Surabaya. Institut Teknologi Surabaya
- [4] Ardikusuma Tantrapraja. 2006. *Perbaikan factor daya untuk beban rumah tangga secara otomatis*. Surabaya. Institut Teknologi Surabaya
- [5] Erdeka Tuntas. 2013. *Rancang bangun switching motor induksi tiga fasa berbasis mikrokontroller ATmega 8535*. Bandar Lampung. Universitas Lampung

- [6] Hidayat Rahmat. 2014. *Rancang bangun sistem penstabil kamera untuk foto udara berbasis wahana udara quadcopter*. Bandar Lampung. Universitas Lampung
- [7] Dunia Hobi Robotika dan Arduino
<http://blog.kedairobot.com/2014/09/09/jam> 12.42arduino-uno/