

PEMBUATAN KWH METER DIGITAL 1 FASA BERBASIS ARDUINO MEGA 2560

Muhammad Gifar Afria B, Heru Winarno
Program Studi Diploma III Teknik Elektro
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Muhammad Gifar Afria B, Heru Winarno, in general, a digital kWh meter that can be used to monitor the cosphi value is a 3 phase kWh meter. For 1 phase kWh meters it can only be used to monitor voltage and load usage. In this tool a 1 phase digital kWh meter prototype is made that can be used to monitor cosphi. Cosphi can be compared by comparing voltage and current signals using LM 393 IC. The reading results from IC LM 393 are compared with EX-OR IC so that high signal is obtained when voltage and current have phase difference only. The output of the EX-OR IC is inserted into Arduino to be read and calibrated so that it can be displayed on the LCD. for the process of reading the current magnitude used ACS 712 current sensor, while for the voltage sensor reading step down transformer is used with the principle of voltage divider. In this system, the Arduino MEGA 2560 microcontroller is used as a sensor reading processor that is programmed using the C ++ language so that it can be displayed on a 16x4 LCD. This digital KWH is also equipped with overcurrent protection using a 5vdc relay that is set to work with a driver in the form of an NPN transistor program on Arduino MEGA 2560. In its appearance this tool can provide information in the form of current, voltage, cosphi and the amount of power used in units of time and has been converted into units of rupiah. This tool can help read electrical instrumentation for homes that are still using analog KWH meters. In the process of measuring this device has an error rate of 0% for current reading, 0.4 for voltage reading, 0.07 for cosphi reading and 4.5% for kWh reading.

Keywords: ACS 712 sensor, Arduino MEGA 2560, 1 phase digital KWH meter, Cosphi comparator, IC LM 393, IC EX-OR

PENDAHULUAN

Latar Belakang

KWh meter merupakan suatu alat yang digunakan oleh pihak PLN untuk mengukur dan menghitung jumlah pemakaian energi listrik yang digunakan oleh konsumen. KWh meter analog yang ada sejak dulu hanya menampilkan jumlah pemakaian daya yang di tampilkan dalam bentuk angka analog, sementara kWh digital menampilkan sisa kWh yang dapat kita pakai dalam bentuk tampilan angka di LCD 7 segmen.

KWh meter digital 1 fasa yang ada dan di gunakan oleh konsumen dapat menampilkan tegangan, dan jumlah kWh baik jumlah pemakaian daya ataupun sisa kWh yang dapat digunakan . Namun kWh digital 1 fasa tidak dapat menampilkan cosphi dan jumlah beban yang digunakan . Cosphi merupakan satuan tenaga listrik yang berpengaruh pada kualitas listrik yang di gunakan oleh konsumen. Semakin besar faktor daya / cos Phi, maka semakin kecil arus listriknya sehingga rugi-rugi saluran semakin kecil. Jumlah Kwh per bulan semakin kecil, sehingga biaya listrik per bulan semakin kecil. Maka dari itu cosphi juga perlu di tampilkan pada suatu kWh digital 1 fasa.

Pemakaian beban juga erat hubungannya dengan kualitas listrik, namun hal ini merupakan tanggung jawab pada pihak konsumen. Konsumen harus memperkirakan berapa beban maksimal yang di gunakan untuk menyalakan peralatan elektronik yang ada, jika beban yang di gunakan melebihi batas maksimal, maka akan terjadi trip pada instalasi.

Penulis mencoba membuat alat pengukur daya (kWh) meter digital yang tidak hanya menampilkan tegangan , dan kWh tetapi juga dapat menampilkan cosphi dan arus atau beban listrik. KWh ini juga dilengkapi alarm pemakaian beban untuk menghindari trip pada instalasi akibat kelebihan beban. Namun kWh ini tidak seperti kWh yang dapat diisi token pulsa seperti yang dimiliki PLN.

Pembatasan Masalah

Yang menjadi permasalahan yaitu:

- *Arduino Mega 2560* digunakan sebagai mikrokontroler pengendali.
- Sensor tegangan menggunakan prinsip pembagi tegangan
- IC ACS 712 sebagai sensor arus.
- Rangkaian Power supply sebagai supply rangkaian dan arduino.
- Rangkaian komparator cosphi menggunakan IC LM 393.
- Perancangan alat ini tidak membahas *Arduino Mega 2560* secara mendalam.

Transformator

Transformator sesuai dengan gambar 1 adalah suatu peralatan listrik yang dapat memindahkan dan meneruskan energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui gandengan magnet yang berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Penggunaan Transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai

dan ekonomis untuk setiap keperluan. Dalam bidang elektronika *transformator* digunakan antara lain untuk gandengan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan rangkaian satu dengan dengan yang lain ^[1]

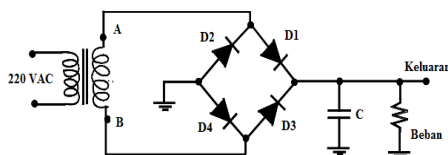


Gambar 1. *Transformator*[1]

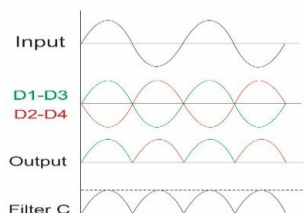
Prinsip kerja *transformator* adalah bekerja berdasarkan prinsip induksi *elektromagnetik*. Tegangan masukan bolak-balik yang membentangi primer menimbulkan fluks magnet yang idealnya semua bersambung dengan lilitan sekunder. *Fluks* bolak-balik ini menginduksikan GGL dalam lilitan sekunder. Jika *efisiensi* sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder. Ketika lilitan primer dihubungkan dengan sumber tegangan AC, maka pada lilitan primer menimbulkan medan magnet (ggl induksi), Medan magnet diperkuat oleh inti besi dan dihantarkan ke lilitan sekunder, sehingga pada ujung-ujung lilitan sekunder akan timbul GGL induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (*Mutual Inductance*).

Penyearah (Rectifier)

Rangkaian penyearah sesuai gambar 2 adalah suatu rangkaian yang terdiri dari dioda yang digunakan untuk mengubah tegangan bolak-balik (ac) menjadi tegangan searah (dc). *Rectifier* banyak menggunakan transformator step down yang digunakan untuk menurunkan tegangan.[2]



Gambar 2. Penyearah Gelombang Penuh Model Jembatan[2]



Gambar 3. Gelombang Penyearah Gelombang Penuh Model Jembatan

Pada sistem tenaga listrik tentu Penyearah gelombang penuh model jembatan memerlukan empat buah dioda. Dua dioda akan berkonduksi saat

isyarat positif dan dua dioda akan berkonduksi saat isyarat negatif. Untuk model penyearah jembatan ini tidak memerlukan *transformator* yang memiliki *center-tap*. Seperti ditunjukkan pada gambar 3 , bagian masukan AC dihubungkan pada sambungan D1-D2 dan yang lainnya pada D3-D4. Katode D1 dan D3 dihubungkan dengan keluaran positif dan *anode* D2 dan D4 dihubungkan dengan keluaran negatif (*ground*). Misalkan masukan AC pada titik A berharga positif dan B berharga negatif, maka dioda D1 akan berpanjar maju dan D2 akan berpanjar mundur. Pada sambungan bawah D4 berpanjar maju dan D3 berpanjar mundur. Pada keadaan ini elektron akan mengalir dari titik B melalui D4 ke beban , melalui D1 dan kembali ke titik A. Pada setengah periode berikutnya titik A menjadi negatif dan titik B menjadi positif. Pada kondisi ini D2 dan D3 akan berpanjar maju sedangkan D1 dan D4 akan berpanjar mundur. Aliran arus dimulai dari titik A melalui D2, ke beban, melalui D3 dan kembali ke titik B. Perlu dicatat di sini bahwa apapun polaritas titik A atau B, arus yang mengalir ke beban tetap pada arah yang sama. [2] Setelah keluar dari proses penyearah, kemudian akan masuk ke proses filter yang di lakukan dengan kapasitor untuk menghaluskan gelombang DC.

Sensor Arus Acs 712

Pengukuran arus biasanya membutuhkan sebuah *resistor shunt* yaitu *resistor* yang dihubungkan secara seri pada beban dan mengubah aliran arus menjadi tegangan. Tegangan tersebut biasanya diumpankan ke *current transformer* terlebih dahulu sebelum masuk ke rangkaian pengkondisi signal. IC ACS712 ditunjukkan oleh gambar 4.



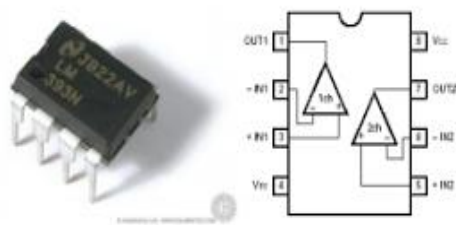
Gambar 4. Acs 712[3]

Teknologi *Hall effect* yang diterapkan oleh Allegro menggantikan fungsi *resistor shunt* dan *current transformer* menjadi sebuah sensor dengan ukuran yang relatif jauh lebih kecil. Aliran arus listrik yang mengakibatkan medan magnet yang menginduksi bagian *dynamic offset cancellation* dari ACS712. bagian ini akan dikuatkan oleh *amplifier* dan melalui *filter* sebelum dikeluarkan melalui kaki 6 dan 7, modul tersebut membantu penggunaan untuk mempermudah instalasi arus ini ke dalam sistem. ACS712 adalah *Hall Effect current sensor*. *Hall effect* Allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Pada

umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan proteksi beban berlebih. Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian *low-offset* linear Hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan *hall transducer* secara berdekatan. Persisnya, tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan *Bi CMOS Hall IC* yang didalamnya yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik. [3] *Output* dari sensor ini sebesar ($>VIOUT(Q)$) saat peningkatan arus pada penghantar arus (dari pin 1 dan pin 2 ke pin 3 dan 4), yang digunakan untuk pendeteksian atau perasa arus. Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 m Ω dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor leads/mengarah (pin 5 sampai pin 8). Hal ini menjadikan sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan *opto-isolator* atau teknik isolasi lainnya yang mahal. Ketebalan penghantar arus didalam sensor sebesar 3x kondisi *overcurrent*. Sensor ini telah dikalibrasi oleh pabrik.

IC Komparator LM 393

Sebuah pembanding (komparator) adalah rangkaian yang berfungsi membandingkan dengan tegangan sinyal *input* dengan suatu tegangan referensi. Rangkaian komparator yang sudah diperkenalkan sebelumnya yaitu berupa rangkaian detector yang bersifat *open loop* dan tegangan inputnya tidak mengalami *noise* (gangguan). [4] IC LM393 ditunjukkan oleh gambar 5.



Gambar 5. IC Komparator LM393 [4]

Sesuai dengan sifat op amp sebagai *detector* maupun komparator, tegangan *output* (V_o) di dapatkan dengan adanya tegangan selisih masukan (E_d). Jika polaritas E_d adalah positif maka V_o sama dengan $+V_{sat}$, demikian juga sebaliknya., tetapi apabila tegangan inputan 0V terkena gangguan

noise yang disimbolkan dengan tegangan *noise* (E_n) maka tegangan yang masuk pada kaki *inverting* input menjadi (V_i+V_n) sehingga tegangan selisih masukan (E_d) menjadi

$$E_d = 0 - (V_i+V_n) = -(V_i + V_n) \quad [4]$$

LM 393 dalam satu kemasannya mempunyai dua buah komparator didalamnya. IC komparator LM 393 memiliki fitur-fitur sebagai berikut:

- Dapat bekerja dengan *single supply* 2V sampai 36V
- Dapat bekerja dengan tegangan input - 3V sampai +36V
- Dapat bekerja dengan segala macam bentuk gelombang *logic*
- Dapat membandingkan tegangan yang mendekati *ground*.

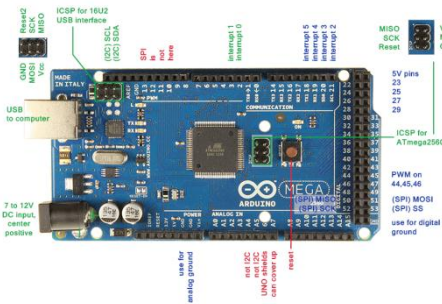
Dalam aplikasinya *output* dari komparator LM 393, membutuhkan resistor *pull up* dengan tegangan V_+ yaitu untuk menjaga tegangan *output* supaya memiliki logika satu ketika kondisi diam. Komparator bekerja berdasarkan tegangan yang masuk pada kedua pin *inputnya*:

- Jika tegangan pada pin(+) lebih besar pada tegangan pin(-) maka *output* komparator akan bergerak kearah V_+ .
- Jika tegangan pada pin(+) lebih kecil pada tegangan pin(-) maka *output* komparator akan bergerak kearah V_{dalam} aplikasinya biasanya salah satu pin *input* dari komparator sebagai tegangan referensi sedangkan pin input lainnya sebagai tegangan yang akan dibandingkan.

IC LM 393 Digunakan sebagai komparator untuk *zero crossing detector* yaitu membuat perbandingan antara keluaran sensor tegangan dan sensor arus untuk mengetahui besar dari *cosphi*.

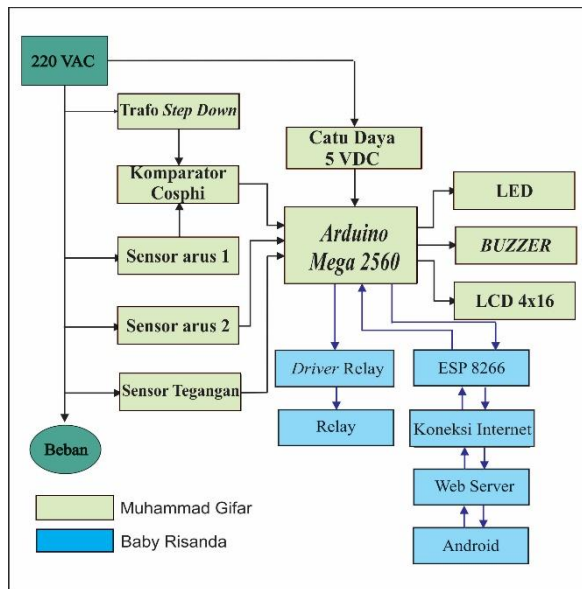
Arduino Mega 2560

Arduino Mega2560 adalah papan pengembangan *microcontroller* yang berbasis *ATmega2560*. *Board* ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah *digital I/O* pin (15 pin diantaranya adalah *Pulse Width Modulation*), 16 pin *analog input*, 4 pin *UART (serial port hardware)*. *Arduino Mega 2560* dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah *port USB*, *power jack* DC, *ICSP header*, dan tombol *reset*. *Board* ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah *microcontroller*. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, dengan menghubungkan *power* dari *USB* ke *PC* anda atau melalui *adaptor AC/DC* ke *jack* DC. *Arduino Mega 2560* ditunjukkan oleh gambar 6.



Gambar 6. Board Arduino Mega 2560 [5]

PEMBUATAN KWH METER DIGITAL 1 FASA BERBASIS ARDUINO MEGA 2560
 Blok Diagram ditunjukkan oleh gambar 7.



Gambar 7. Diagram Blok

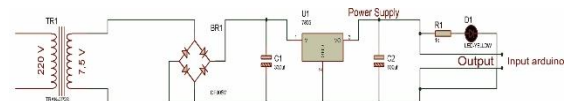
Penjelasan setiap bloknya sebagai berikut:

- Mikrokontroller *Arduino Mega 2560* sebagai otak yang akan memproses semua input, output dan otak untuk menjalankan sistem secara keseluruhan.
- Sensor tegangan yaitu berupa trafo tegangan merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur tegangan melalui sistem.
- Sensor arus yang menggunakan sensor acs 712 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur besaran arus yang melalui sistem.
- Komparator *cos phi* merupakan sebuah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi perbedaan sudut fasa dari tegangan dan arus.
- Lcd 16x4 merupakan *display* yang digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran.
- Led digunakan sebagai indikator hidup atau matinya sistem.
- Buzzer digunakan sebagai *alarm* dalam sistem untuk mencegah *overload* pemakaian beban.

Pada blok diagram diatas, proses kerja alat dimulai saat sumber tegangan PLN 220 VAC di

turunkan menjadi 5 VDC yang di gunakan untuk *men-supply Arduino DUE* . Rangkaian sensor tegangan di pasang parallel dengan beban dan rangkaian sensor arus di pasang seri dengan beban kemudian output dari sensor arus dan tegangan referensi yang di dihasilkan oleh trafo di gunakan sebagai inputan komparator *cosphi*. Hasil pembacaan sensor arus, tegangan dan komparator *cosphi* masuk ke mikrokontroller *Arduino DUE* untuk diolah dan di tampilkan pada LCD 4 x 16. *Buzzer* digunakan sebagai alarm apa bila arus atau beban yang di gunakan telah mencapai titik tertentu. Led digunakan sebagai lampu indikator nyala atau tidaknya sistem.

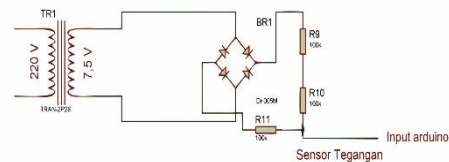
Rangkaian Catu Daya



Gambar 8. Schematic Catu Daya

Rangkaian catu daya ditunjukkan oleh gambar 8. Sumber tegangan yang berupa tegangan AC 220V diturunkan menggunakan *transformator step down* sehingga di dihasilkan tegangan AC rendah yaitu sebesar 7,5V. Selanjutnya, *Output* dari sisi sekunder transformator disearahkan oleh diode berjumlah 4 buah yang berfungsi seperti diode bridge yaitu sebagai *rectifier*, sehingga di dihasilkan output tegangan DC. Kemudian arus yang telah di searahkan belum menjadi arus DC murni. Kapasitor 330 uF digunakan sebagai *filter* untuk meratakan keluaran dari diode. Dengan menggunakan kapasitor , sinyal-sinyal AC akan ditanahkan, sedangkan sinyal DC akan diteruskan ke IC regulator LM 7805. IC ini digunakan untuk menghasilkan tegangan yang konstan sebesar 5 VDC.

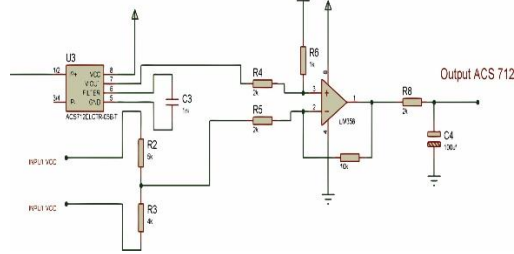
Rangkaian Sensor Tegangan



Gambar 9. Rangkaian Sensor tegangan

Rangkaian Sensor tegangan ditunjukkan oleh gambar 9. Tegangan supply PLN di turunkan menjadi tegangan yang lebih rendah yaitu 7,5 VAC yang kemudian di searahkan dengan *diode rectifier*, sehingga di dihasilkan *output* tegangan DC. *Output* inilah yang kemudian di turunkan lagi menggunakan rangkaian pembagi tegangan berupa 3 resistor 10k yang di pasang seri. agar tegangan yang di dihasilkan tidak lebih dari 5 V. Tegangan hasil dari pembagi tegangan adalah hasil dari sensor tegangan yaitu 2,5 VDC. Output dari sensor tegangan ini masuk ke pin 0 pada *Arduino* .

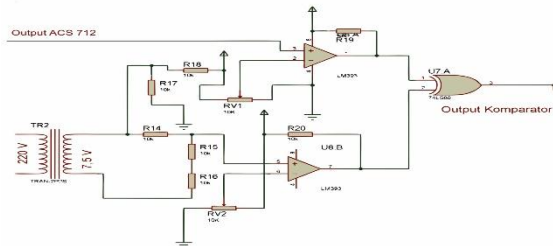
Rangkaian Sensor Arus ACS712



Gambar 10. Rangkaian Sensor Arus

Rangkaian Sensor arus ditunjukkan oleh gambar 10. Pada sistem ini rangkaian sensor arus menggunakan komponen utama yaitu IC ACS 712 5A yang dipasang seri dengan beban. Untuk rangkaian sensor arus dapat dilihat pada lampiran gambar. Keluaran dari sensor ini nilainya adalah 2,5 V. Output dari sensor acs ini berupa sinyal tegangan yang bernilai 185mV per 1 Ampere karena menggunakan ACS 712 dengan maksimal arus 5A. Jadi artinya setiap kenaikan 1 ampere sinyal tegangan akan naik sebesar 185mV. Jika tidak ada arus yang mengalir maka tegangan akan stabil di 2,5 V. Pada sensor ini di pasang penguat berupa ic LM 358 . LM 358 di rangkai menjadi penguat op-amp diferensial untuk menaikkan sinyal tegangan pada sensor arus sebesar 5 kali nilai nominalnya. Perbedaan tegangan *output* ACS dan input Sumber dengan pembagi tegangan di kuatkan menjadi 5 kali sesuai perbandingan nilai R1 dan R2. *Output* dari sensor arus nantinya akan masuk menuju pin ADC mikrokontroler Arduino untuk merubah sinyal analog menjadi sunyal digital agar dapat dibaca dan di tampilkan pada LCD 4 x 16. Output dari rangkaian ini masuk pada pm 1 pada *Arduino*.

Rangkaian Komparator Cospchi



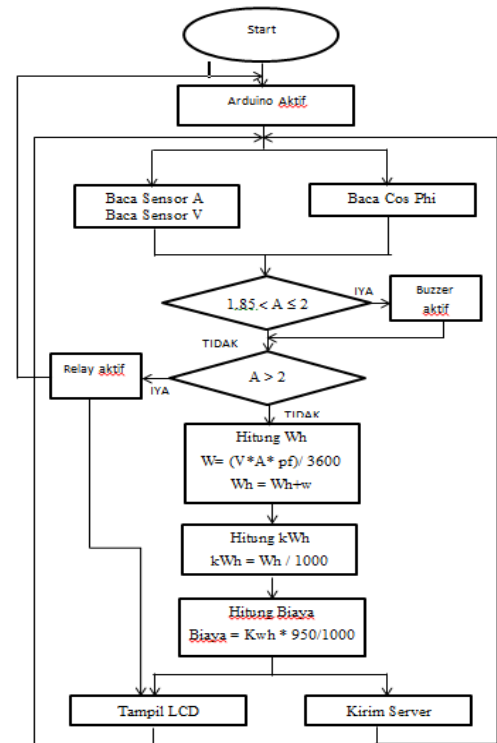
Gambar 11. Rangkaian Komparator Cospchi

Rangkaian komparator cospchi ditunjukkan oleh gambar 11. Pada sistem ini inputan dari rangkaian komparator cospchi ini adalah *output* dari sensor arus dan tegangan dari *transformator*. Rangkaian komparator cospchi dapat dilihat pada daftar lampiran gambar. *Transformator* yang digunakan pada *inputan* komparator cospchi berbeda dengan yang digunakan pada rangkaian *power supply* maupun rangkaian sensor tegangan. Fungsi dari rangkaian komparator ini adalah untuk membentuk unputan sinyal AC sinus menjadi *outputan* sinyal kotak yang dapat dibaca oleh mikrokontroler *Arduino*. Sifat dari komparator ini

adalah membandingkan tegangan *input* dengan tegangan referensi. Pada komparator tegangan referensinya bernilai 2,5 V. Dimana *outputan* dari komparator tegangan dan arus adalah frekuensi yang berupa sinyal sinus kotak, maka nilai dari frekuensi *input* sama dengan frekuensi *output*, tetapi nilai tegangan input berbeda dengan tegangan *output* yang berubah menjadi maksimal 5 V dan berbentuk sinyal kotak agar dapat dibaca oleh *Arduino*. Output dari komparator tegangan dan komparator arus masuk ke rangkaian EX-OR, dimana *outputnya* berupa sinyal kotak yang periode *outputnya* sesuai dengan beda fasa antara sinyal tegangan dan sinyal arus. Jika sinyal tegangan dan sinyal arus tidak terdapat beda fasa maka *output* EX-OR akan logic 0, tetapi bila ada perbedaan beda fasa maka *outputnya* berupa pulsa *high low* dimana lebar pulsa tergantung pada beda sudut fasa dari sinyal tegangan dan sinyal arus. Perbedaan tersebut yang akan dihitung melalui program *Arduino* unruk mengetahui nilai *cosphi*. Output dari rangkaian *cosphi* masuk pada pin 2 *Arduino*.

Flowchart

Flowchart program ditunjukkan oleh gambar 12.



Gambar 12. Flowchart KWh Meter Digital 1 Fasa Berbasis *Arduino Mega 2560*

PENGUKURAN DAN PENGUJIAN

Pengukuran Alat

Pengujian tegangan ditunjukkan oleh tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian tegangan

No	Tegangan Terukur		Selisi h	Kesalahan (%)
	Multimeter (VDC)	Tampilan kWh 9(VDC)		
1	221.5	220	1.5	0.5
2	221.1	220	1.1	0.4
3	221.5	221	0.5	0.2
Rata-rata	221.3	220.3	1	0.4

Pengujian arus ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Arus

Beban	Arus Terukur		Selisi h	Kesalahan (%)
	Tangamper (A)	Tampilan kWh 9(A)		
Lampu TL 10W	0.2	0.2	0	0
Lampu TL 15W	0.07	0.07	0	0
Lampu TL 40W	0.16	0.16	0	0
Lampu TL 60W	0.24	0.24	0	0
Rata-rata			0	0

Pengujian cosphi ditunjukkan oleh tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Cosphi

Beban	Cosphi Terukur		Selisi h	Kesalahan (%)
	Cosphi meter	Tampilan kWh		
Lampu TL 10W	0.96	0.96	0	0
Lampu TL 15W	1	0.99	0.01	1
Lampu TL 40W	1	0.99	0.01	1
Lampu TL 60W	1	0.99	0.01	1
Rata-rata			0.007	0.7

Pengujian kwh ditunjukkan oleh tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian KWh

Waktu	Beban	kWh meter pln	Pembacaan kWh	Selisih	Kesalahan (%)
20 menit	125 W	30 Wh	27.9 Wh	2.1	7
40 menit	125 W	60 Wh	57.56 Wh	2.56	4.2
60 menit	125 W	90 Wh	87.82 Wh	2.12	2.3
Rata-rata				2.26	4.5

KESIMPULAN

Setelah melakukan perancangan, pembuatan benda kerja dan percobaan, maka penulis dapat memberikan kesimpulan sebagai berikut :

- *Arduino Mega 2560* digunakan sebagai pusat pengendali dan juga pembacaan sensor karena memiliki spesifikasi yang baik dan juga memiliki *port* yang lengkap.
- Sensor tegangan menggunakan prinsip pembagi tegangan yang output tegangannya berupa sinyal analog yang dibaca oleh *Arduino Mega 2560* dan di konversi menjadi sinyal digital untuk kemudian di kalibrasi dan di tampilkan pada LCD.
- Sensor arus menggunakan IC ACS 712 yang *outputnya* di kuatkan dengan op-amp *diffrensial* sebesar 5 kali dan dibaca *Arduino Mega 2560* berupa adc untuk kemudian di kalibrasi dan di tampilkan pada LCD.
- Catu daya bermula dari tegangan PLN sebesar 220 VAC yang kemudian diturunkan menggunakan *trafo step down* menjadi 7,5 vdc untuk kemudian di searahkan. Setelah proses penyearah lalu *output* di filter menggunakan *capasitor* dan kemudian di stabilkan tegangannya menggunakan regulator IC 7805. Hasil dari regulator di filter lagi agar menjadi dc murni dengan output 5 VDC.
- *Komparator* cosphi digunakan untuk membandingkan gelombang dari tegangan dan gelombang arus menggunakan *IC LM 393*. Perbedaan gelombang tegangan dan arus kemudian di masukkan pada *IC EX-OR* untuk mendapatkan hasil perbedaan berupa sinyal high untuk kemudian dibaca oleh *Arduino Mega 2560*.
- Hasil pengukuran tegangan, arus, cosphi dapat digunakan untuk menghitung daya pemakaian. Hasil Pengukuran jika di dibandingkan dengan alat ukur dari pabrikan menunjukkan memiliki kesalahan rata 3% untuk Tegangan, 0% untuk Arus, 0% untuk Cosphi dan 0,007%, dan untuk Daya 4,5 %

DAFTAR PUSTAKA

1. Zuhail. **Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya**. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2000.
2. Dasatrio. Yogi, **Dasar-dasar Teknik Elektronika**. Yogyakarta : Javalitera, 2015
3. Anonim. **ACS 712 (Allegro Current Sensor). Available**
: <https://depokinstruments.com/2012/03/29/sensor-arus-listrik-ac712/> (diakses pada 5 Mei 2017).
4. Anonim. **IC LM 393**. Available :
<https://www.onsemi.com/pub/Collateral/LM393-D.PDF> (diakses pada 5 Juli 2017).
5. Anonim. **Arduino DUE**. Available:
<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardDue> (diakses 5 Mei 2017).