

MONITORING PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK BERBASIS MIKROKONTROLER SECARA WIRELESS

Dayita Andyan Rusti.¹, M. Safrodin, B.Sc., MT.² Ainur Rofiq Nansur, ST., MT²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Industri

² Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS

Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

e-mail: stillwithmedayita@gmail.com

ABSTRAK

Monitoring daya listrik rumah tangga yang digunakan saat ini menuntut pihak distributor daya untuk melakukan monitoring *door-to-door* untuk mendapatkan informasi tentang penggunaan daya listrik dari tiap pelanggan. Penelitian akhir ini memberikan solusi praktis untuk memonitor penggunaan daya listrik rumah tangga dengan teknologi *wireless monitoring*. Dengan panel meter yang memiliki sensor tegangan, arus, dan beda fasa, dapat diamati beberapa parameter pokok dan parameter turunan sebagai catatan telemetri konsumsi daya listrik melalui sebuah PC yang terhubung secara *wireless*. Error 5% didapatkan pada pengujian sensor tegangan di 70 hingga 260 VAC. Dibawah nilai tersebut, linieritas pengukuran berkurang. Akurasi hingga 5% juga didapat pada pengukuran arus mulai 0A hingga 10A. Pengukuran nilai faktor daya didapatkan *error* 10%. *Error* tersebut didapat dengan referensi alat ukur standar praktikum terkalibrasi. Untuk aplikasi monitoring daya rumah tangga, rating pengukuran dari penelitian akhir ini cukup memadai untuk diaplikasikan.

Kata kunci: *KWh meter, Power Measuring, wireless RF Module*

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya kegiatan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat menuntut kebutuhan energi listrik yang terus meningkat. Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama masyarakat. Oleh karena itu, untuk meyakinkan konsumen atas kualitas energi listrik yang dikonsumsi, perlu dilakukan monitoring energi listrik. Meter-meter ukur listrik 1 fasa saat ini masih menggunakan sistem konvensional yang mengharuskan distributor daya listrik melakukan pendataan konsumsi energi listrik pada tiap-tiap rumah. Metode tersebut dinilai kurang efektif mengingat banyaknya jumlah rumah yang mengkonsumsi daya listrik dari sebuah distributor.

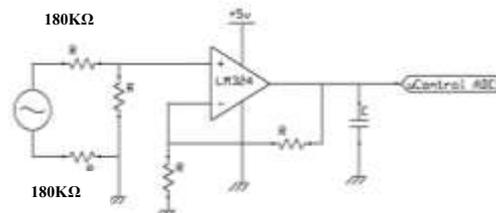
Untuk meningkatkan efektifitas kerja dalam monitoring parameter distribusi daya listrik, dibuat sebuah alat yang dapat melakukan pengukuran konsumsi daya listrik dan beberapa parameter distribusi listrik lainnya pada rumah-rumah melalui sebuah workstation PC. Diharapkan dengan dibuatnya alat tersebut, monitoring penggunaan daya listrik tidak perlu lagi dilakukan dengan menghampiri rumah-rumah yang mengkonsumsi daya listrik. Pada proyek akhir ini, parameter-parameter yang dideteksi adalah tegangan, arus, frekuensi, dan beda phase. Data-data tersebut akan disimpan dalam sebuah memori. Sehingga penyedia jasa listrik dapat menganalisa besar biaya yang harus ditanggung pelanggan setiap bulannya sekaligus mendapatkan data telemetri tentang kualitas daya yang dikonsumsi oleh rumah dengan listrik 1 fasa.

Dengan didapatkannya data telemetri dari penggunaan daya listrik yang didistribusikan, pihak distributor dapat melakukan evaluasi dari data-data tersebut untuk melakukan peningkatan mutu pelayanan pengadaan daya listrik demi kepuasan konsumen pemakai daya listrik. Selain itu, dengan mengamati karakteristik penggunaan daya, dapat dilakukan langkah-langkah preventif untuk meningkatkan efisiensi energi terkait masalah power factor maupun parameter lainnya.

II. PENGUKURAN PARAMETER DAYA

Pengukuran parameter daya dilakukan pada 3 parameter pokok. Yaitu tegangan, arus, dan faktor daya dimana parameter turunan dapat dikalkulasi berdasarkan parameter pokok tersebut.

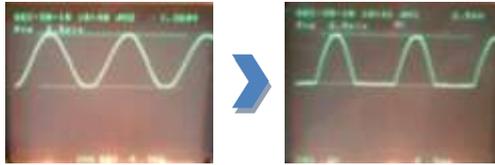
2.1 Sensor Tegangan



Gambar 1 Rangkaian Sensor Tegangan

Gambar 1 adalah skema pengkondisian sinyal untuk pengukuran tegangan. Tahap pertama pengkondisian sinyal

adalah pembagian tegangan. Pada tahap ini tegangan AC 220 V diturunkan hingga rentang yang dapat diterima oleh input *Op-Amp*. Lalu penguatan dilakukan pada sinyal sinus pembagi tegangan. Dengan catu daya non simetris, akan didapatkan pemotongan sinyal keluaran.



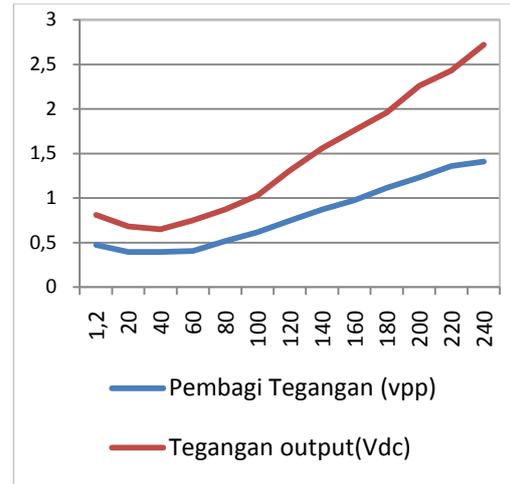
Gambar 2 Gelombang Sinus

Dengan menghubungkan catu daya negatif *Op-Amp* pada *ground*, maka pemotongan sinyal keluaran akan terjadi pada tegangan negatif. Pemotongan tersebut memberikan efek seperti *halfwave rectifier*. Selanjutnya, sinyal keluaran tersebut diberi filter kapasitor untuk menekan *ripple factor* yang dapat mengganggu pembacaan pada ADC. Rangkaian tersebut memberikan hasil pengukuran seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Voltage Divider

Tegangan Input (Volt)	Tegangan Pembagi Tegangan (V-pp)	Tegangan Output (V-p)	Vout/Vin
1,2	0,475	0,81	0,675
20	0,395	0,68	0,034
40	0,395	0,65	0,01625
60	0,405	0,75	0,0125
80	0,515	0,87	0,010875
100	0,615	1,03	0,0103
120	0,745	1,31	0,010916667
140	0,87	1,56	0,01142857
160	0,975	1,76	0,011
180	1,115	1,96	0,010888889
200	1,23	2,26	0,0113
220	1,36	2,43	0,011045455
240	1,41	2,72	0,011333333

Linieritas sensor tegangan terlihat pada gambar3 .



Gambar 3 Grafik Pembagi Tegangan

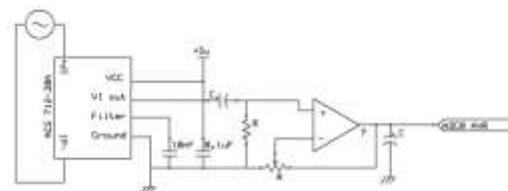
2.2 Sensor Arus

Untuk pengukuran arus, digunakan IC ACS712-30A. IC tersebut merupakan sensor arus dengan kapasitas maksimum 30 Ampere.



Gambar 4 IC ACS 712-30A

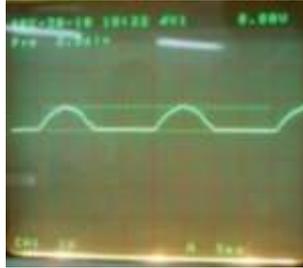
IC ACS712-30A memiliki rate tegangan output yang linier terhadap arus input. Pada 0Ampere, tegangan output terukur pada setengah dari tegangan supply. Dari tegangan supply 5v terukur tegangan output ACS sebesar 2,5v DC pada input 0A. Untuk arus AC, tegangan output ACS memiliki output sinyal sinus dengan DC reference sebesar $\frac{1}{2}$ Vcc. Dengan kondisi tersebut, digunakan rangkaian pengkondisian sinyal seperti pada gambar 4.



Gambar 5 Rangkaian Sensor Arus

Pada rangkaian tersebut terdapat coupling kapasitif yang dapat menghilangkan DC referensi dari sinyal output ACS. Selanjutnya sinyal tersebut dikuatkan dengan Op-Amp tanpa catu daya negatif. Sehingga

sinyal sinus terpotong pada setiap tegangan negatifnya. Output sinyal terlihat seperti pada gambar 6.



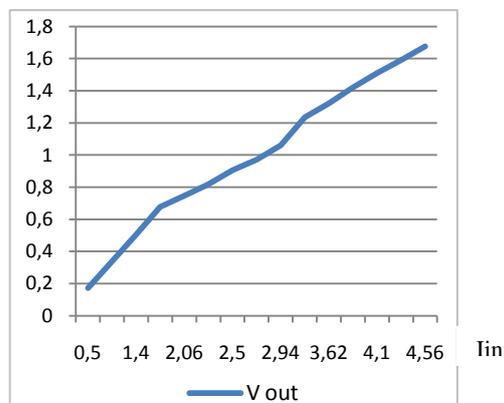
Gambar 6 Output ACS+Pengkondisian sinyal

Sinyal output tersebut masih memiliki ripple sehingga pembacaan melalui ADC akan sulit dilakukan. Sinyal tersebut difilter dengan kapasitor, sehingga ripple factor dapat dihilangkan.

Hasil pengukuran arus pada ACS dapat dilihat pada tabel 2. Dan linieritas dari pengukuran terlihat pada gambar 7.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Sensor Arus

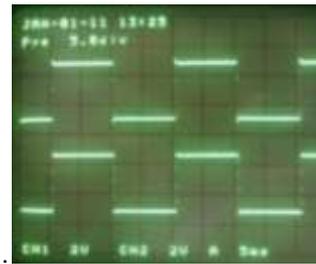
I input	V out	Vout / I in
0,5	0,173	0,346
0,93	0,339	0,364516
1,4	0,506	0,361429
1,84	0,676	0,367391
2,06	0,746	0,362136
2,3	0,818	0,355652
2,5	0,905	0,362
2,72	0,97	0,356618
2,94	1,06	0,360544
3,4	1,235	0,363235
3,62	1,32	0,364641
3,85	1,42	0,368831
4,1	1,51	0,368293
4,32	1,59	0,368056
4,56	1,676	0,367544



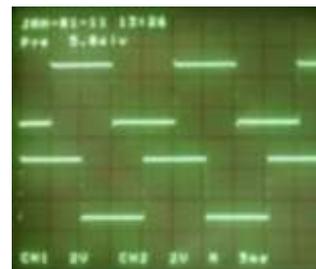
Gambar 7 Grafik Rangkaian Sensor Arus

2.3 Sensor Faktor Daya

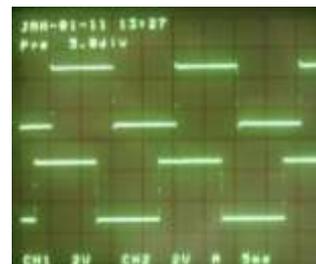
Dari dua sensor tersebut, didapatkan dua sinyal sinusoidal yang mewakili tegangan maupun arus. Untuk mendapatkan parameter faktor daya, kedua sinyal tersebut harus diolah untuk mengambil informasi tentang beda fase antara sinyal tegangan dan sinyal arus. Untuk mengukur beda fase, digunakan teknik zerocrossing detection untuk mendapatkan sinyal digital yang menandai pergeseran fasa dengan dua level sinyal dan dibaca secara digital oleh mikrokontroler.



Gambar 8 Zero Cross Detektor Beban Resistif



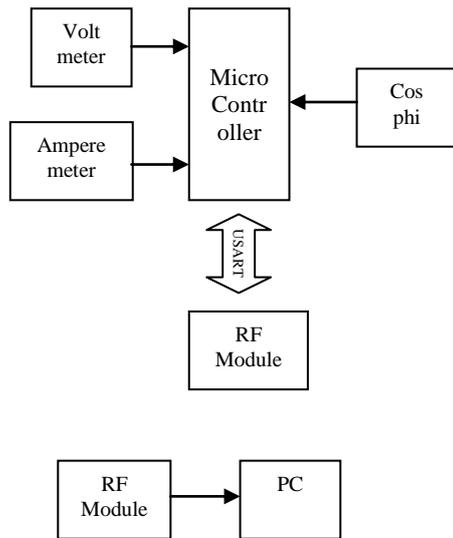
Gambar 9 Zero Cross Detektor Beban Kapasitif



Gambar 10 Zero Cross Detektor Beban Kapasitif+Resistif

Gambar 8, gambar 9, dan gambar 10 merupakan sinyal keluaran zero crossing detector. Sinyal tegangan (atas) dan sinyal arus (bawah) memperlihatkan beda fase yang terjadi pada beban. Untuk mendapatkan parameter faktor daya, diperlukan pengukuran pergeseran fase arus terhadap fase tegangan. Dari dua sinyal tersebut dapat diukur pergeseran fase dengan menghitung panjang kombinasi XOR antara dua sinyal tersebut.

III. Embedded System



Gambar 11 Block Diagram Sistem

Dengan mikrokontroler AVR, parameter-parameter pengukuran diolah. Pengukuran tegangan dan arus dilakukan dengan fitur ADC yang terdapat pada mikrokontroler AVR. Parameter faktor daya juga diolah dengan menghitung kombinasi XOR secara terprogram dalam sistem mikrokontroler.

Selain melakukan pengukuran, mikrokontroler pada sistem juga melakukan pencatatan data. Data-data tersebut dikumpulkan untuk mendapatkan laporan akhir tentang penggunaan daya listrik. Dengan komunikasi serial, data pada mikrokontroler dapat dimonitor melalui sebuah PC.

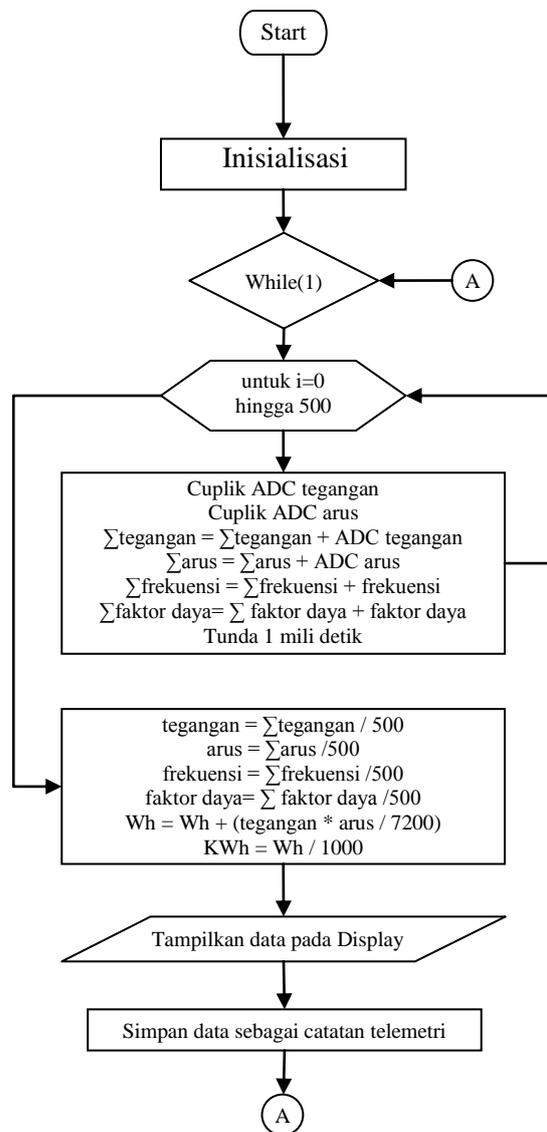
3.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor yang telah dikemas dalam sebuah IC dengan beberapa fitur yang terintegrasi. Atmel's AVR merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang memiliki banyak fitur dengan harga yang terjangkau. Beberapa fitur dari mikrokontroler yang digunakan dalam project ini antara lain adalah: ADC, USART, interrupt, dll.

ADC merupakan perangkat yang dapat merubah tegangan analog DC menjadi data digital secara linier. Dengan ADC tegangan DC dapat dibaca dan diolah dalam mikrokontroler dengan berbagai operator logika maupun matematika. Tegangan analog yang dapat diinputkan kedalam ADC memiliki rentang yang terbatas. Yaitu 0 hingga 5 volt DC. Rentang tegangan tersebut dikonversikan secara linier kedalam bentuk bilangan digital yang memiliki resolusi 8 hingga 10 bit.

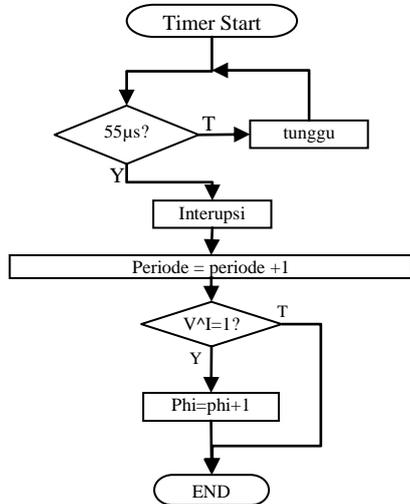
USART (Universal Serial Asynchronous Rx Tx), merupakan antarmuka komunikasi serial dengan protokol data berupa karakter ascii. Dengan mode 8 bit, USART juga dapat digunakan untuk mengirimkan data byte non ascii. Dengan mencocokkan baud rate pada masing-masing terminal, maka akan didapatkan transmisi data yang sinkron dengan error yang cukup kecil.

Dengan ADC pada mikrokontroler ATmega16, dilakukan pengukuran pada rangkaian pengkondisian sinyal yang telah mengkonversi sinyal sinus menjadi sinyal DC yang mewakili informasi tegangan AC jala-jala. Pencuplikan data tegangan dan arus dilakukan dalam frekuensi 1000Hz. Dengan demikian dapat diambil rata-rata dari akumulasi data tiap 500ms. Algoritma tersebut digunakan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang stabil dan lebih akurat.



Gambar12 Flowchart program utama

Flowchart pada gambar 11 merupakan alur pengukuran dari data ADC pada mikrokontroler. Selain data ADC, juga diolah data tentang frekuensi jala-jala dan cos phi yang pengukurannya dilakukan pada rutin interupsi timer pada mikrokontroler.

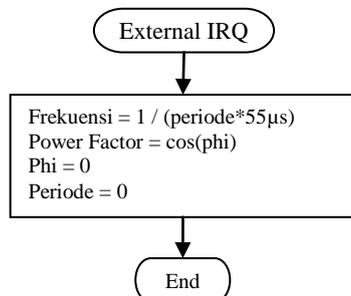


Gambar 13 Flow chart interupsi timer

Dengan interupsi timer, dilakukan pencacahan variabel “periode” yang nilainya akan memberikan informasi tentang periode satu gelombang tegangan pada jala-jala. Dari interupsi timer juga dilakukan pencacahan variabel “phi” yang nilainya akan dicacah setiap kali terdeteksi kondisi XOR dari sinyal tegangan dan dinyal arus. Nilai variabel “periode” dan “phi” akan dihapus setiap satu gelombang. Satu gelombang ditandai dengan permintaan interupsi eksternal.

```

interrupt [TIM1_COMPA] void
timer1_compa_isr(void)
{
  If (V_sign^^I_sign) phi++;
}
  
```



Gambar 14 Flow chart interupsi eksternal

Rutin permintaan interupsi eksternal berfungsi untuk mengulangi penghitungan pada timer. dimana parameter-parameter yang bersangkutan dengan frekuensi jala-jala dan

faktor daya akan diolah pada rutin tersebut. Setiap kali rutin tersebut terjadi, akan didapatkan parameter akhir dari pengukuran periode gelombang dan pengukuran beda fase yang dikonversi menjadi cos phi.

Selanjutnya, parameter-parameter dari hasil pengukuran disimpan dalam memori untuk diambil datanya sewaktu-waktu.

3.2 RF tranceiver

Merupakan media komunikasi tanpa kabel dengan carier berupa gelombang radio. Dengan perangkat ini, dapat dilakukan komunikasi tanpa kabel untuk mengirimkan berbagai macam informasi.

3.3 Microsoft's Visual Basic 6

Merupakan aplikasi software development yang digunakan untuk membangun sebuah software dengan berbagai macam tugas. Dengan aplikasi tersebut, dapat dibuat sebuah software yang mampu mengakses sistem komunikasi serial. Dengan demikian, dapat dibangun sebuah software yang dapat terhubung dengan sistem mikrokontroler yang dikoneksikan secara nirkabel melalui antarmuka USART (Serial Communication) .

IV. ANALISA

Dalam tahap pengujian, terdapat beberapa error yang mengakibatkan gangguan kinerja dari sistem Monitoring pemakaian energi listrik berbasis mikrokontroler secara wireless. Beberapa kasus diantaranya adalah error pada pengukuran tegangan, error pada pengukuran arus.

4.1 Error Pengukuran Tegangan

Sensor dikatakan ideal jika memiliki tingkat akurasi, presisi, diskriminasi, sensitivitas, linieritas yang tinggi dan tingkat error (kesalahan) yang rendah.

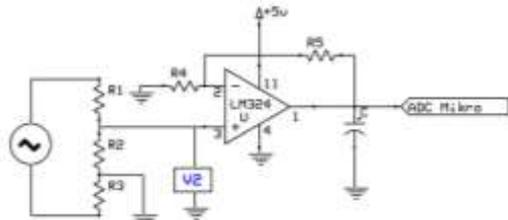
Error pengukuran tegangan terjadi dengan indikasi nonlinier pada hasil keluaran dari sistem pengkondisian sinyal. Pada perencanaan telah dikalkulasi nilai-nilai pada beberapa node dari rangkaian pengkondisian sinyal, dimana secara teoritis didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$V2 = \frac{R2}{R1 + R2 + R3} \times Vin$$

Resistor yang dipakai dalam pengukuran ini adalah $R1 = 180\text{ k}\Omega$, $R2 = 220\Omega$, $R3 = 180\text{ k}\Omega$, dan $Vin = 220\text{ Volt}$.

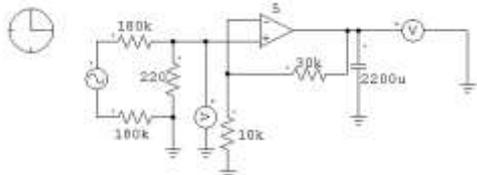
$$V2 = \frac{220\Omega}{180k\Omega + 220\Omega + 180k\Omega} \times 220$$

$$V2 = 0.134 \text{ Volt}$$

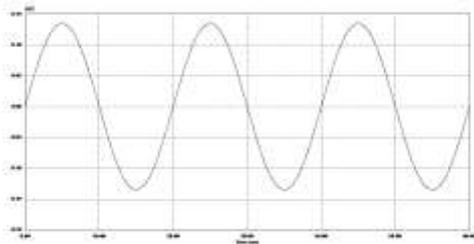


Gambar 15 Rangkaian Sensor Tegangan

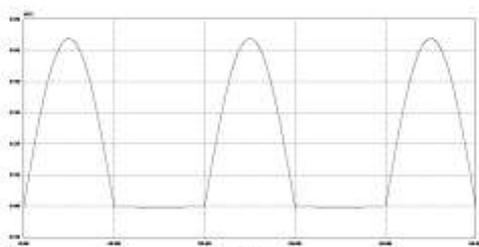
Output pengkondisian sinyal non linier pada tegangan rendah, karena pengaruh kapasitor. Berikut adalah simulasi rangkaian pembagi tegangan menggunakan PSIM dengan $V_{in} = 220 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $R1 = 180k\Omega$, $R2 = 220\Omega$, $R3 = 180k\Omega$.



Gambar 16 Rangkaian Sensor Tegangan

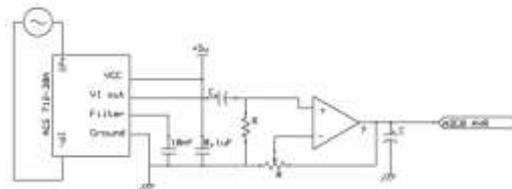


Gambar 17 Bentuk Tegangan Output Pembagi Tegangan



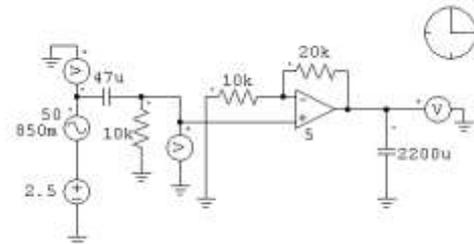
Gambar 18 Bentuk Tegangan Output (Setelah Penguatan Op-Amp)

4.2 Error Pengukuran Arus

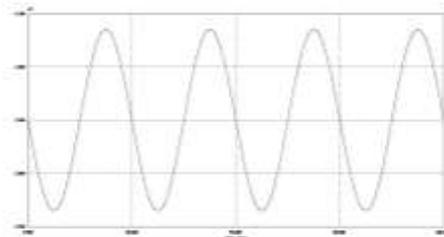


Gambar 19 Rangkaian Sensor Arus

Berikut adalah simulasi rangkaian sensor arus menggunakan PSIM dengan $V_{in} \text{ AC} = 850 \text{ mV}$, $V_{in} \text{ DC} = 2.5 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$.



Gambar 20 Rangkaian Sensor Arus



Gambar 21 Bentuk Tegangan Input ACS

Output ACS menurut datasheet adalah :

66 to 185 mV/A output sensitivity

Rangkaian sensor arus yang dipakai menggunakan kopling kapasitif, yang dapat menyebabkan penurunan tegangan. Kopling kapasitif yang digunakan membentuk suatu pembagi tegangan kapasitif yang berguna untuk menurunkan tegangan dari level tegangan transmisi ke level tegangan distribusi.

Sistem kopling kapasitif (*Capacitive Coupling System / CCS*), dikembangkan menjadi suatu suplai daya didasarkan pada suatu pembagi tegangan kapasitif yang dihubungkan langsung pada kawat fasa saluran udara transmisi dan merupakan input suatu transformator penurunan tegangan.

V. KESIMPULAN

- Pengukuran tegangan dan arus listrik memiliki error maksimal sebesar 5%
- Untuk aplikasi monitoring daya rumah tangga, rating pengukuran dari penelitian akhir ini cukup memadai untuk diaplikasikan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cooper, W. D, *Instrumentai Elektronik dan Teknik Pengukuran*, Erlangga, 1991.
- [2] Dahono. AP, *Besaran Tenaga Listrik: Definisi dan Masalahnya*, Seminar Nasional Teknik Tenaga listrik, Bandung, 2004.
- [3] Frenzel, Lois E, *Communications Electronics*, McGraw-Hill, 1989.
- [4] <http://www.lem.com>.
- [5] Jacob, J. M, *Industrial Control Electronics*, Prentice Hall International, 1989
- [6] Kennedy, George, *Eletronic Comunication Systems*, McGraw-Hill, 19861
- [7] Mohan, Undeland, Robbins, *Power Electronics: Converters, Applications and Design*, John Wiley & Sons, 1994
- [8] Rashid, M H, *Power Electronics: Circuits, Devices and Applications*, Prentice Hall International, 1993
- [9] Simpson. C. D, *Industrial Electronics.*, Prentice Hall International, 1996.
- [10] Smith, J, *Modern of Communication System*, McGraw-Hill, 1986.