

Rancang Bangun Prototype Power Meter 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega328P

Nur Arifin^{#1}, Rakhmad Syafutra Lubis^{#2}, Mansur Gapy^{#3}

[#] *Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7 Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia*

¹nurarifin038@gmail.com

² rakhmadslubis@unsyiah.ac.id

³mansur.gapi@unsyiah.ac.id

Abstrak— Penelitian ini menciptakan sebuah prototype power meter 1 fasa yang dapat mengukur arus, tegangan, faktor daya dan daya aktif pada beban 1 fasa dengan menggunakan sensor arus ACS712 dan sensor tegangan ZMPT101B yang di kontrol oleh mikrokontroler Atmega328P dan di tampilkan pada LCD 20x4 dan text message dari modul GSM. Prototype ini diharapkan dapat digunakan pada rumah tangga dan industri yang menggunakan beban listrik 1 fasa. Dari pengujian di laboratorium, beban 1 fasa yang digunakan adalah beban resistif 1 fasa, didapatkan hasil pengukuran yang berbeda antara alat ukur dan prototype. Pada pengukuran tegangan perbedaan rata-rata sebesar 0,25%, pengukuran arus dengan perbedaan rata-rata sebesar 1,48%, pengukuran faktor daya dengan perbedaan rata-rata sebesar 1,52%, dan pengukuran daya aktif dengan perbedaan rata-rata sebesar 1,24%. Hasil ini menunjukkan bahwa prototype power meter 1 fasa dapat memberikan pengukuran dengan keakuratan yang sangat baik. Pengembangan dan pengujian lebih lanjut masih diperlukan untuk menyempurnakan prototipe ini.

Kata Kunci— Prototype, GSM, Arus, Tegangan, Daya

I. PENDAHULUAN

Saat ini listrik telah berkembang menjadi kebutuhan primer yang sangat diperlukan oleh kehidupan masyarakat. Luasnya pemanfaatan energi listrik pada sektor perumahan, industri, perkantoran, pusat perbelanjaan, dan sekolah telah terpasang listrik. Penggunaan energi listrik disektor perumahan dan industri selama ini hanya dapat dilihat menggunakan alat ukur Kwh meter yang didistribusikan oleh PLN. Penggunaan alat tersebut tidak memberikan informasi secara detail tentang berapa penggunaan energi listrik pada tiap subitem yang terhubung pada Kwh. Jika dilihat dari data historinya, terkadang terjadi perubahan penggunaan energi yang mendadak turun karena adanya kerusakan mesin atau pemeliharaan yang tidak diketahui. Hal ini akan mengakibatkan terjadi pemborosan energi listrik. Oleh karena itu, diperlukan alat monitoring pada industry dan perumahan yang dapat memperlihatkan penggunaan energi listrik pada tiap subitem sehingga terlihat penggunaan energi listrik yang tidak efisien[1].

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan power meter 1 fasa sudah banyak dilakukan, penelitian sebelumnya

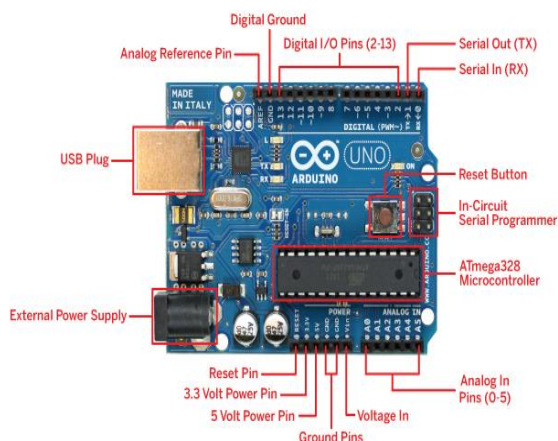
dilakukan oleh Akhyar Muchtar, Umar Muhammad, dan Ainul Maryah dari Prodi Teknik Listrik Politeknik Bosawa yang berjudul “*Prototype Sistem Monitoring Penggunaan Daya Motor Listrik 3 Fasa Berbasis Java Programming*” [2]. Dari penelitian tersebut hanya memonitoring arus, tegangan dan daya dengan berbasis java programming, namun tidak dapat mengukur faktor daya pada beban 1 fasa dan juga galat pengukuran yang didapatkan kurang akurat. Sehingga dibuatlah sebuah penelitian yang memonitoring penggunaan daya listrik yang digunakan dan menghitung faktor daya yang di tampilkan pada LCD berbasis mikrokontroler atmega328P.

Pada penelitian ini dapat mengetahui arus, tegangan, faktor daya dan daya aktif pada beban 1 fasa dengan menggunakan sensor arus ACS712 dan sensor tegangan yang di kontrol langsung oleh mikrokontroler atmega328P yang di tampilkan di LCD 20x4 dan dapat diterima pengguna lewat handpone/smartphone melalui pesan SMS dari modul GMS SIM800L.

II. DASAR TEORI

A. Arduino Uno Atmega328P

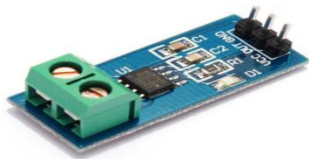
Arduino Uno merupakan suatu arduino board yang menggunakan mikrokontroler ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Arduino Uno bekerja dengan menghubungkan ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC. Arduino Uno menggunakan mikrokontroler yang diprogram sebagai *USB-to-serial converter* untuk komunikasi serial ke komputer melalui port USB. Gamabar arduino uno dapat dilihat pada Gambar 1 [3].



Gambar 1. Arduino Uno Atmega328P[3]

B. Sensor Arus ACS712

Sensor ACS712 adalah merupakan sensor untuk mendeteksi arus. Sensor arus ACS-712 menggunakan prinsip *Hall Effect* untuk mengukur arus. Sensor ini dapat mengukur arus searah (DC) maupun bolak-balik (AC).



Gambar 2. Sensor Arus ACS712[4]

Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ini digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial, maupun komunikasi. Contoh aplikasinya antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya. Sensor arus ACS712 memiliki tipe variasi sesuai dengan arus maksimal yakni 5A, 20A, 30A[4].

C. Sensor Tegangan ZMPT101B

Sensor Tegangan ZMPT101B adalah suatu modul sensor tegangan AC yang menggunakan trafo isolasi dengan rasio tegangan 1:1. Sensor Tegangan ZMPT101B memiliki kelebihan antara lain Transformer ukuran kecil, akurasi tinggi, konsistensi yang baik, untuk tegangan dan pengukuran daya. Modul sensor tegangan ZMPT101B mampu mengukur hingga 250 VAC. Sensor ini dilengkapi dengan trim multi-putar potensiometer untuk menyesuaikan output ADC. Sensor Tegangan ZMPT101B ditunjukkan pada

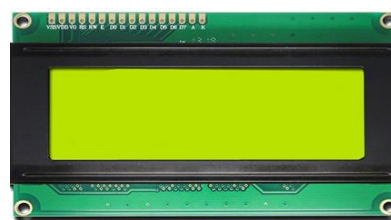
gambar 3 dimana rangkaian sensor tegangan menunjukkan U1 sebagai tegangan yang diukur dan U2 adalah keluaran dari sensor [5].



Gambar 3. Sensor tegangan ZMPT101B[5]

D. LCD 20x4

Liquid Crystal Display (LCD) adalah sebuah peralatan elektronik yang banyak sekali digunakan dalam perancangan suatu sistem dengan menggunakan mikrokontroler. LCD memiliki fungsi untuk menampilkan teks atau menampilkan menu dan menampilkan suatu nilai hasil sensor pada aplikasi mikrokontroler. Modul LCD matrix yang akan digunakan pada penelitian ini memiliki konfigurasi 20 karakter dan 4 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh baris pixel. LCD 20x4 ditunjukkan pada gambar 4 [6].



Gambar 4. LCD 20x4[7]

E. Modul GSM SIM800L

Modul GSM SIM800L adalah suatu modul yang dapat dioperasikan menggunakan microcontroller Arduino. Modul ini menggunakan perintah ATCommand (GSM 07.07, 07.05 dan SIMCOM AT Commands), dimana perintah ini akan diberikan pada Modul GSM SIM800L untuk mengirim dan menerima data berbasis GSM (Global System For Mobile Communication) atau GPRS (General Packet Radio Service). Berikut ini adalah spesifikasi modul GSM SIM800L.

- Operasi tegangan: 3.7 ~ 4.2 V
- Ukuran modul: 2.2 cm x 1.8 cm
- TTL port serial dapat digunakan langsung ke mikrokontroler
- Tidak memerlukan MAX232
- Power pada modul otomatis boot secara otomatis mencari jaringan

Salah satu kelebihan modul GSM ini adalah sangat mudah digunakan dan dioperasikan baik melalui komputer langsung maupun menggunakan mikrokontroler seperti Arduino Nano. Apabila menggunakan Arduino Nano dibutuhkan sebuah tambahan listing program berupa library

yang dapat membantu mempermudah dalam pemrograman modul GSM SIM800L [8].



Gambar 5. Modul GSM SIM800L [9]

F. Daya

Daya merupakan suatu jumlah energi yang digunakan untuk melakukan usaha. Daya listrik umumnya dinyatakan dalam satuan Watt atau Horse Power (HP), Horse power yaitu satuan daya listrik dimana 1 HP setara dengan 746 Watt. Daya dinyatakan dalam P, tegangan dinyatakan dalam V dan arus dinyatakan dalam I. Daya dibagi menjadi tiga antara lain:

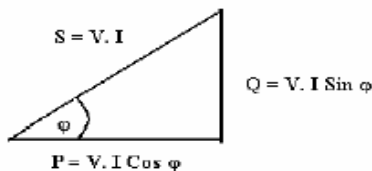
1) *Daya Aktif*: Daya aktif adalah daya yang dibutuhkan oleh beban resistif murni. Daya aktif biasanya dimanfaatkan untuk mengubah suatu energi listrik menjadi energi lain seperti energi panas, cahaya, mekanik dan lain-lain. Daya aktif dapat dihitung sebagai berikut ;

$$P = V \times I \times \cos\theta \tag{1}$$

2) *Daya Reaktif*: Daya reaktif merupakan suatu jumlah daya untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh benda yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, lampu pijar dan motor. Daya reaktif pada motor induksi berguna untuk membangkitkan tegangan induksi pada medan stator, sehingga pada rotor terinduksi oleh medan elektromagnetik yang ada pada stator dan menyebabkan motor bergerak[10]. Adapun rumusnya sebagai berikut ;

$$P = V \times I \times \sin\theta \tag{2}$$

3) *Daya Semu*: Daya semu merupakan suatu daya yang dihasilkan oleh perkalian antara arus rms dan tegangan rms dalam suatu jaringgan.



Gambar 6. Penjumlahan trigonometri daya aktif, reaktif dan semu [10]

Persaman daya semu dapat dituliskan secara matematis sebagai berikut :

$$S = V \times I \tag{3}$$

G. Faktor daya

Faktor daya adalah perbandingan daya aktif dan daya semu. Sudut φ adalah sudut yang dibentuk antara sisi daya aktif (P) dan daya semu (S), sedangkan daya reaktif (Q) tegak lurus terhadap daya aktif (P), maka :

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Aktif}(P)}{\text{Daya Nyata}(S)} \tag{4}$$

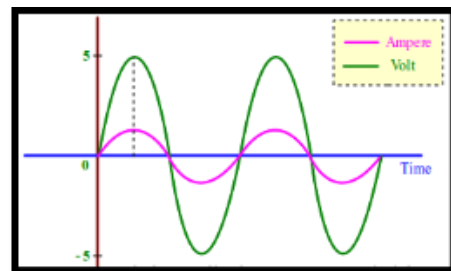
Faktor daya mempunyai nilai range antara 0 – 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang bagus apabila mendekati satu.

Dalam sistem tenaga listrik dikenal 3 jenis faktor daya [11] :

1) *Faktor Daya Unity*: Faktor daya unity adalah keadaan saat nilai cos φ adalah satu, tegangan sefasa dengan arus. Faktor daya Unity akan terjadi bila jenis beban adalah resistif murni.



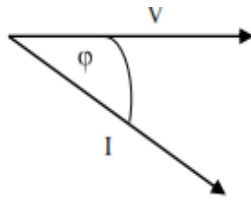
Gambar 7. Arus sefasa dengan tegangan[11]



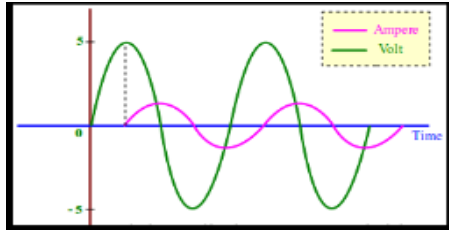
Gambar 8. Bentuk gelombang beban resistif[11]

2) *Faktor Daya Tertinggal (Lagging)*: Faktor daya tertinggal (lagging) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut:

- a. Beban/peralatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif.
- b. Arus (I) tertinggal dari tegangan (V).



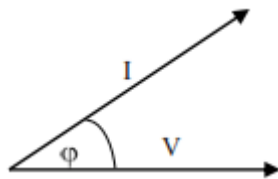
Gambar 9. Arus tertinggal dari tegangan sebesar sudut (φ)[11]



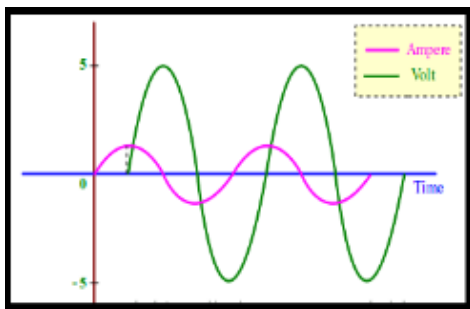
Gambar 10. Bentuk Gelombang Beban Induktif[11]

3) *Faktor Daya Mendahului (Leading):* Faktor daya mendahului (*leading*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut:

- a. Beban/peralatan listrik memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif.
- b. Arus mendahului tegangan.



Gambar 11. Arus Mendahului Tegangan Sebesar sudut (φ)[11]



Gambar 12. Beban Kapasitif[11]

H. Arus

Listrik ada di alam disebabkan adanya muatan listrik, pergerakan muatan menimbulkan arus listrik, *coulomb* adalah satuan yang menyatakan muatan, tujuan dari sebuah

rangkainan listrik adalah memindahkan muatan sepanjang lintasan yang diinginkan. Definisi arus itu sendiri adalah laju perubahan muatan persatuan waktu yang diukur dalam satuan ampere (A). Arus listrik dapat dirumuskan dengan persamaan berikut[12]:

$$I = \frac{dq}{dt} \tag{5}$$

Keterangan :

- I = Arus listrik (Ampere)
- Q= Muatan Listrik(Coulomb)
- t = Waktu (detik)

H. Tegangan

Tegangan listrik adalah besarnya beda energi potensial antara dua buah titik yang diukur dalam satuan volt (V). Tegangan dapat juga diartikan sebagai *joule per coulomb*. Tegangan didefinisikan sebagai kerja yang diperukan untuk memindahkan satu unit muatan dari satu terminal ke terminal yang lain [12].

$$V = \frac{dW}{dQ} \tag{6}$$

Keterangan :

- V = Tegangan (Volt)
- W = Energi (Joule)
- Q = Muatan Listrik(Coulomb)

I. Pengukuran Tegangan

Untuk melakukan pengukuran tegangan tinggi AC, metode yang digunakan adalah dengan cara menurunkan tegangan tinggi ke tegangan rendah. Metode ini yang digunakan dalam pembuatan alat ukur tegangan atau voltmeter. Untuk menurunkan tegangan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan atau yang kedua dengan menggunakan transformator *step down* [13].

Transformator yang baik untuk digunakan sebagai sensor tegangan adalah transformator yang memiliki sifat linieritas yang baik, artinya tegangan output dari transformator akan naik ataupun turun sesuai dengan naik atau turunnya tegangan input dari tranformator tersebut. Untuk menentukan tingkat linieritas trafo dapat dilakukan dengan mencari koefisien korelasi antara tegangan output dan tegangan input transformator. Koefisien korelasi merupakan angka yang menunjukkan tinggi atau rendahnya hubungan antara dua buah variabel atau lebih [14].

Menurut Goilford, Untuk mengetahui koefisien korelasi antara variabel independen (X) dan variabel dependen (Y), klasifikasi koefisien korelasi tanpa memperhatikan tanda positif dan negative maka dapat dilihat pada tabel I yaitu klasifikasi koefisien korelasi mengenai tingkat hubungannya.

TABEL I
KLASIFIKASI KOEFISIEN KORELASI

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.00-0,1999	Sangat Rendah
0.20-0.399	Rendah
0,60-0,799	Kuat
0.80-1.00	Sangat Kuat

Adapun untuk menghitung regresi linier menggunakan persamaan (7).

$$y = a + bx \quad (7)$$

Dimana:

y = Nilai hasil konversi ke tegangan AC (Volt)

x = Nilai ADC dengan satuan tegangan

a = Konstanta

b = Konstanta

Untuk menghitung nilai a dan b menggunakan persamaan (8) dan (9) berikut ini :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum y)(\sum xy)}{(n)(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (8)$$

Dan:

$$b = \frac{(n)(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{(n)(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (9)$$

Untuk mengetahui derajat keeratan hubungan linier antara variabel X dengan variabel Y, dengan menggunakan rumus koefisien korelasi pada persamaan (10).

$$R^2 = \frac{((n)(\sum xy) - (\sum x)(\sum y))^2}{((n)(\sum x^2)(\sum y^2) - (\sum x)^2(\sum y)^2)} \quad (10)$$

J. Kesalahan Dalam Pengukuran (Galat)

Dalam melakukan pengukuran hal yang cukup sulit adalah mengetahui apakah nilai hasil pengukuran merupakan nilai yang benar, karena setiap pengukuran yang menggunakan alat ukur hanya dapat menghasilkan nilai perkiraan. Dengan demikian dalam merancang sebuah alat ukur harus ada nilai pembandingan yang bisa didapat dari hasil perhitungan atau dari hasil pengukuran menggunakan alat ukur yang telah diakui kemampuannya. Nilai pembandingan tersebut digunakan untuk mengetahui besar kesalahan dalam pengukuran, sehingga dapat diketahui tingkat ketelitian alat

ukur yang dibuat yang selanjutnya akan menentukan kualitas dari alat ukur tersebut. Klasifikasi alat ukur listrik menurut Standar IEC No. 13B-23 menspesifikasikan bahwa ketelitian alat ukur dibagi menjadi 8 kelas yaitu : 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; dan 5. Kelas-kelas tersebut artinya bahwa besarnya kesalahan alat ukur masing-masing adalah $\pm 0,05\%$, $\pm 0,1\%$, $\pm 0,2\%$, $\pm 0,5$, $\pm 1,0\%$, $\pm 1,5\%$, $\pm 2,5\%$, dan $\pm 5\%$. Dari 8 kelas alat ukur tersebut digolongkan menjadi 4 golongan sesuai dengan daerah pemakaiannya, yaitu[15] :

1. Golongan dari kelas 0,05, 0,1 dan 0,2 termasuk alat ukur presisi yang tertinggi, biasa digunakan pada laboratorium yang standar.
2. Golongan dari kelas 0,5 memiliki ketelitian dan tingkat presisi berikutnya dari 0,2. Alat ukur ini biasa digunakan pada pengukuran-pengukuran presisi. Alat ukur ini biasanya portabel.
3. Golongan dari kelas 1,0 memiliki ketelitian dan tingkat presisi yang lebih rendah dari alat ukur kelas 0,5. Alat ini biasa digunakan pada alat-alat ukur portabel yang kecil atau alat ukur yang digunakan pada panel.
4. Golongan dari kelas 1,5, 2,5 dan 5. Alat ukur ini biasa digunakan pada panel-panel yang tidak begitu memperhatikan presisi dan ketelitian.

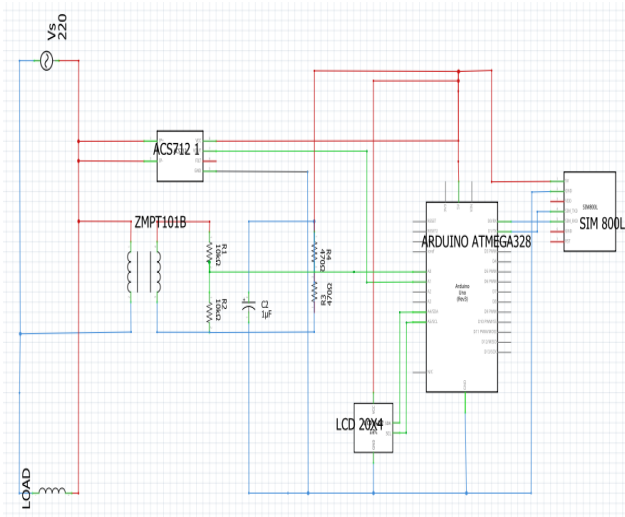
Ada beberapa cara dalam menentukan kesalahan, namun yang umum digunakan adalah dengan menentukan persentase kesalahan (*percent of error*) menggunakan persamaan (11).

$$\text{Galat}(\%) = \left| \frac{\text{Meter} - \text{prototype}}{\text{Meter}} \right| \times 100\% \quad (11)$$

III. METODE PENULISAN

A. Perancangan Software

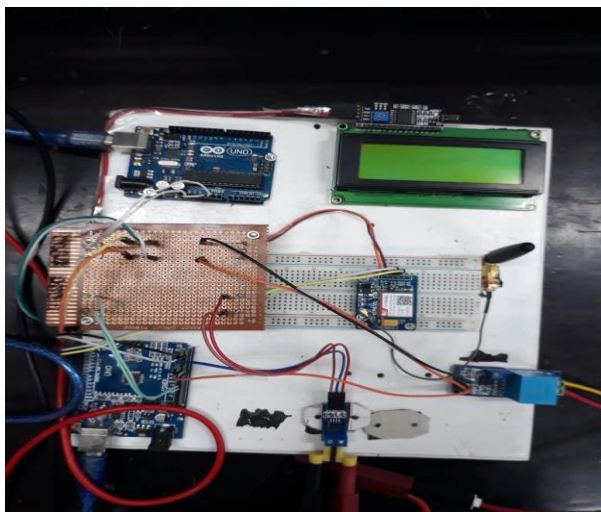
Perancangan software dilakukan dengan dua tahapan yaitu pemodelan prototipe menggunakan software fritzing dan pemrograman Arduino secara keseluruhan menggunakan software arduino IDE 1.8.4 dengan bahasa pemrograman C++. Pada perancangan prototip power meter 1 fasa, komponen yang diuji ada sensor arus ACS712 sebagai pengukur arus dan faktor daya, sensor tegangan ZMPT101B sebagai pengukur tegangan, LCD 20X4 sebagai tampilan output dari pengukuran arus, tegangan, faktor daya dan daya, dan modul GSM SIM800L sebagai pengirim data kepada pengguna melalui SMS pada smartphone. Adapun rancangan purwarupa power meter 1 fasa dapat di lihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Perancangan purwapa power meter 1fasa

B. Perancangan Hardware

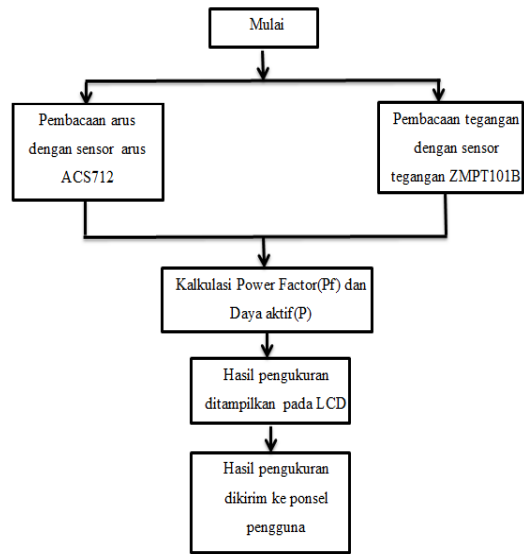
Perancangan hardware mengacu pada rangkaian purwarupa power meter 1 fasa yang sebelumnya telah dirangkai menggunakan software Fritzing pada Gambar 13. Perancangan hardware merupakan perancangan keseluruhan alat yang digunakan dalam penelitian ini. Berikut ini adalah Gambar 14 yang merupakan gambar perancangan hardware yang digunakan untuk mendapatkan data hasil pengujian semua komponen.



Gambar 14. Perancangan hardware power meter 1 fasa

Logika pemrograman dari prototype power meter 1 fasa yaitu sensor arus ACS712 dan sensor tegangan ZMPT101B mengirimkan hasil pengukuran arus dan tegangan pada beban ke mikrokontroler atmega328P. Sedangkan LCD berfungsi untuk menampilkan nilai arus, tegangan, faktor daya (Pf), daya dan energi yang terukur. Dan modul GSM SIM800L berfungsi sebagai pengirim pesan kepada

pengguna beban 1 fasa melalui *smartphone*. Prinsip kerja sistem dapat dilihat pada Gambar 15.



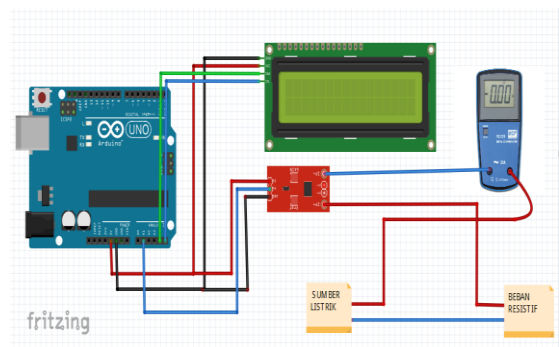
Gambar 15. Flowchart power meter 3 fasa

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahapan Pengujian

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada komponen-komponen yang akan digunakan dalam pembuatan rancang bangun power meter 1 fasa diperoleh beberapa data hasil pengujian dari sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B, LCD 20x4 dan modul GSM SIM800L.

1) *Pengujian Sensor Arus ACS712*: Pengujian sensor arus ACS712 menggunakan beban resistif. Hasil dari pengujian tersebut digunakan untuk data kalibrasi. Pengujian ini berdasarkan rangkaian koneksi antara sensor arus ACS712 dan mikrokontroler atmega328P yang terdapat pada Gambar 16.



Gambar 16. Pengujian sensor arus ACS712

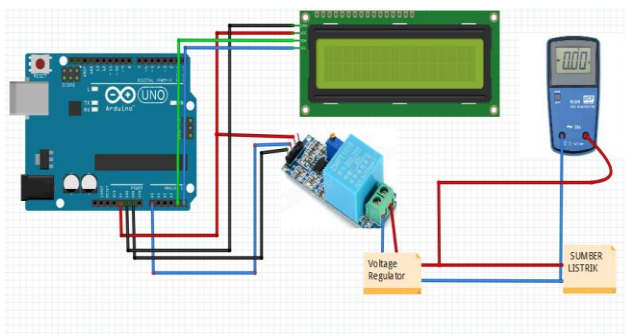
Data dari hasil kalibrasi sensor arus dapat dilihat pada Tabel II, dimana data pengukuran tersebut akan dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan Ampere meter. Pada saat mencari persentase galat antara hasil pengukuran dengan menggunakan sensor arus ACS712 dan Amperemeter digunakan persamaan (11).

TABLE II
HASIL PENGUJIAN SENSOR ARUS ACS712

No	Beban Resistif (Ω)	Amper meter (A)	Sensor Arus (A)	Galat (%)
1	260	0,25	0,26	4
2	240	0,30	0,31	3,33
3	200	0,5	0,5	0
4	120	1	0,99	1
5	90	1,5	1,5	0
6	40	2	2	0
Galat rata-rata				1,38

Dari tabel II dapat dilihat bahwa hasil pengujian sensor arus setelah dikalibrasi dan dibandingkan dengan alat ukur Amperemeter maka nilai rata – rata perbedaan pengukurannya adalah sebesar 1,38%. Rata – rata perbedaan hasil pengukuran arus pada sensor ACS712 menurut Standar IEC No. 13B-23 memiliki keakuratan yang tinggi dan biasanya digunakan pada alat-alat ukur portabel yang kecil atau alat ukur yang digunakan pada panel.

2) *Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B*: Pengujian sensor tegangan ZMPT101B sama seperti pada pengujian sensor arus yaitu dengan menggunakan voltage regulator dengan menseting tegangan dari 100-250 volt. Pengujian ini berdasarkan rangkaian koneksi antara sensor tegangan ZMPT101B dan mikrokontroler atmega328P yang terdapat pada Gambar 17.



Gambar 17. Perancangan sensor tegangan ZMPT101B

Sebelum mengukur tegangan beban 1 fasa, sensor tegangan ZMPT101B dilakukan pengkalibrasian agar data

terbaca dengan baik. Pada Tabel III merupakan teknik kalibrasi sensor tegangan tegangan pada perangkat dan hasil pengujian sensor tegangan pada perangkat berdasarkan hasil kalibrasi dengan menggunakan metode analisis regresi linier.

TABLE III
HASIL KALIBRASI SENSOR TEGANGAN ZMPT101B

No	Y (Volt)	X (bit)	X ²	Y ²	XY
1	100	561	314721	10000	56100
2	110	566	320356	12100	62260
3	120	571	326041	14400	68520
4	130	576	331776	16900	74880
5	140	582	338724	19600	81480
6	150	585	342225	22500	87750
7	160	592	350464	25600	94720
8	170	598	357604	28900	101660
9	180	603	363609	32400	108540
10	190	606	367236	36100	115140
11	200	610	372100	40000	122000
12	210	617	380689	44100	129570
13	220	622	386884	48400	136840
14	230	624	389376	52900	143520
15	240	632	399424	57600	151680
16	250	633	400689	62500	158250
Σ	2800	9578	5741918	524000	1692910

Keterangan:

X= Pembacaan bit/ tegangan output dari sensor tegangan

Y= Jumlah minimum, tengah dan maksimum pembacaan sensor tegangan

n= Data ke-n

Perhitungan untuk menentukan nilai konstanta *b* menggunakan persamaan (9):

$$b = \frac{(n)(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{(n)(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(16)(1692910) - (9578)(2800)}{16(5741918) - (9578)^2}$$

$$b = \frac{268160}{132604}$$

$$b = 2,02$$

Perhitungan untuk menentukan nilai konstanta *a* menggunakan persamaan (8).

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum y)(\sum xy)}{(n)(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(2800)(5741918) - (2800)(1692910)}{16(5741918) - (9578)^2}$$

$$a = \frac{16075677490}{132604}$$

$$a = 85496,84$$

Dari hasil tersebut didapatkan persamaan (7) sebagai berikut:

$$y = a + bx$$

$$y = 2,02 x + 85496,84 \quad (12)$$

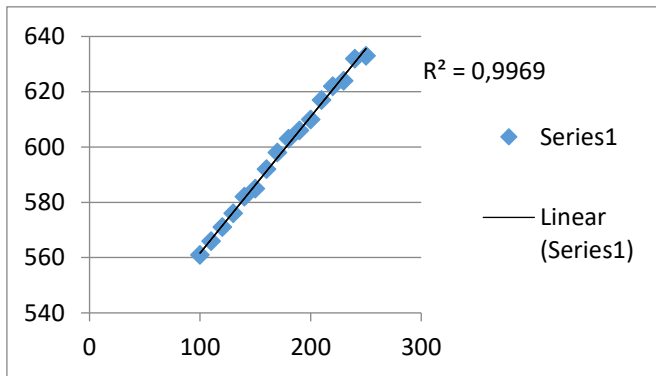
Persamaan (12) diatas digunakan untuk pembacaan nilai tegangan yang diukur menggunakan sensor tegangan ZMPT101B. Untuk menentukan salah satu tolak ukur dalam penentuan sensor yang akan digunakan dalam penelitian ini maka dihitung nilai koefisien korelasi (R^2). Menghitung nilai R^2 menggunakan persamaan (10).

$$R^2 = \frac{((n)(\sum xy) - (\sum x)(\sum y))^2}{((n)(\sum x^2)(\sum y^2) - (\sum x)^2(\sum y)^2)}$$

$$R^2 = \frac{((16)(1692910) - (9578)(2800))^2}{((16)(5741918)(9578)^2 - (9578)^2)}$$

$$R^2 = 0,9969$$

Sehingga didapatkan nilai grafik nilai koefisien korelasi (R^2) anantara nilai tegangan sumber dengan nilai tegangan keluaran sensor tegangan ZMPT101B seperti di tunjukkan pada Gambar 18, Nilai koefisien korelasi (R^2) yang didapatkan adalah 0,9969, mengacu pada tabel 1 klasifikasi koefisien korelasi bahwa hubungan dari 0,8-1 menunjukkan hubungan korelasi yang sangat kuat.



Gambar 18. Grafik linieritas tegangan keluaran sensor tegangan ZMPT101B

Setelah dilakukan kalibrasi pada sensor tegangan maka didapatkan hasil yang paling mendekati dengan alat ukur Voltmeter yang dapat dilihat pada Tabel IV. Persentase perbedaan antara hasil pengukuran dengan menggunakan Voltmeter dan sensor tegangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (11).

Dengan menggunakan persamaan (11) maka perbedaan hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut ini.

TABLE IV
HASIL PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN ZMPT101B

No	Tegangan sumber	Tegangan Uji sensor	Galat(%)
----	-----------------	---------------------	----------

	(V)	ZMPT101B(V)	
1	100	100,72	0,72
2	110	110,86	0,78
3	120	119,97	0,03
4	130	130,98	0,75
5	140	140,8	0,57
6	150	150,93	0,62
7	160	160,37	0,23
8	170	170,71	0,42
9	180	181,76	0,98
10	190	191,62	0,85
11	200	200,57	0,29
12	210	209,51	0,23
13	220	220,31	0,14
14	230	229,58	0,18
15	240	241,74	0,72
16	250	249,66	0,13
Galat Rata-Rata			0,25

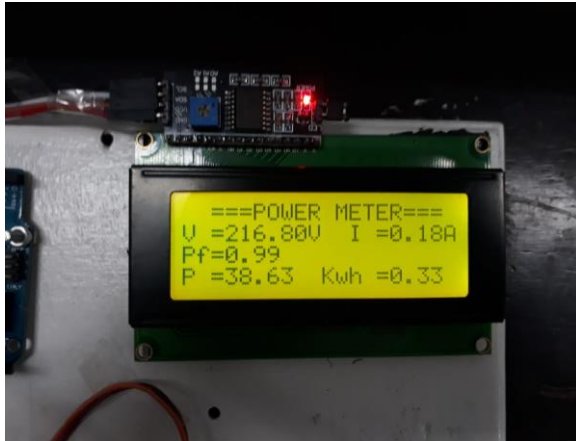
Dari Tabel IV dapat dilihat bahwa hasil pengujian sensor tegangan setelah dikalibrasi dan dibandingkan dengan alat ukur Voltmeter maka nilai rata – rata perbedaan pengukurannya adalah sebesar 0,25 %. Rata – rata perbedaan hasil pengukuran tegangan pada sensor ZMPT101B menurut Standar IEC No. 13B-23 memiliki keakuratan yang tinggi dan alat ukur ini biasa digunakan pada pengukuran-pengukuran presisi. Alat ukur ini biasanya portabel.

3) *Pengujian LCD 20x4: Penggunaan LCD 20X4* bertujuan untuk menghemat pemakaian pin pada arduino uno atmega328P. Saat melakukan pengujian kinerja LCD 20 x 4 terlebih dahulu dilakukan pengecekan tegangan input pada LCD apakah sudah sesuai 5V atau jauh dari batas nilai toleransi. Karena ketika nilai tegangan yang masuk pada LCD tidak sesuai atau jauh dari batas toleransi 5V maka kinerja dari LCD tidak akan maksimal nantinya.

TABLE V
HASIL PENGUJIAN TEGANGAN LCD 20x4

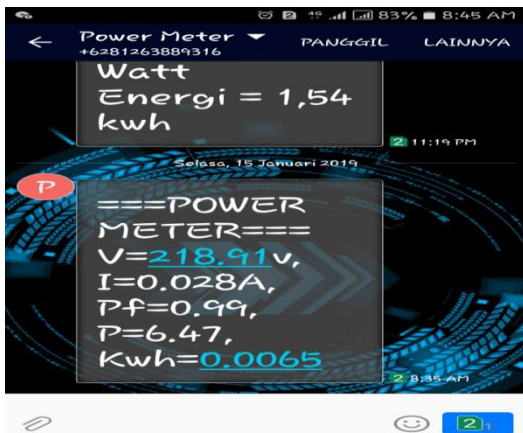
No	Pengujian	Tegangan terukur(V)
1	Tegangan pin input LCD	5 V

Selanjutnya dilakukan coding untuk mengetahui alamat yang digunakan pada LCD dan I2C. Setelah meng-upload coding lalu membuka tab tool pada software Arduino IDE 1.8.4, atau dapat dilakukan menggunakan shortcut ctrl + shift + m, akan tampil alamat dari I2C dan LCD tersebut di serial monitor. Setelah melakukan pengecekan alamat LCD dan I2C, kemudian dilakukan tahapan pengujian LCD. Berdasarkan pemrograman maka hasil pengujian LCD yang menampilkan karakter sesuai dengan program yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Hasil pengujian LCD 20x4

4) *Pengujian Modul GSM SIM800L:* Pengujian modul GSM SIM800L berfungsi sebagai media untuk pengiriman data jarak jauh. Data yang dimaksud adalah data tegangan, arus, faktor daya, dan daya aktif pada beban 1 fasa dari pengukuran menggunakan prototype. Modul GSM SIM800L bekerja berdasarkan sinyal 3G GSM layaknya sebuah ponsel. Hasil pengujian data jarak jauh menggunakan modul GSM800L dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. GSM SIM800L

B. Pengujian Prototype Power Meter 1 Fasa

Pengujian prototype power meter 1 fasa dilakukan di Laboratorium Energi Listrik Fakultas Teknik Unsyiah. Pada pengujian ini menggunakan 3 buah beban yaitu beban resistif, beban kapasitif dan beban induktif. Prototype dirangkai seperti pada gambar 7, adapun besaran-besaran listrik yang diukur yaitu tegangan (V), Arus(I), faktor daya (PF), daya aktif(Watt) dan energi(kwh). Untuk mengukur daya aktif pada pengujian ini menggunakan persamaan (1) dan untuk mengukur faktor daya menggunakan persamaan (4).

1) *Pengujian Pada Beban Resistif:* Pengujian pada beban resistif yaitu dengan mengatur beban menggunakan lampu pijar untuk melihat besaran arus, tegangan dan faktor daya setiap fasa. Adapun hasil pengukuran pada beban resistif ditunjukkan pada Tabel VI.

TABLE VI
HASIL PENGUKURAN TEGANGAN DAN ARUS PADA BEBAN RESISTIF

No	Beban (Watt)	Tegangan (V)			Arus (A)		
		V _{ukur}	V _{Sensor}	Galat (%)	I _{ukur}	I _{sensor}	Galat (%)
1	5	219	218,91	0,04	0,03	0,028	6,67
2	25	218	217,92	0,04	0,05	0,05	0
3	40	218	217,92	0,04	0,05	0,05	0
4	100	217	216,80	0,09	0,18	0,18	0
Galat rata-rata				0,053			1,67

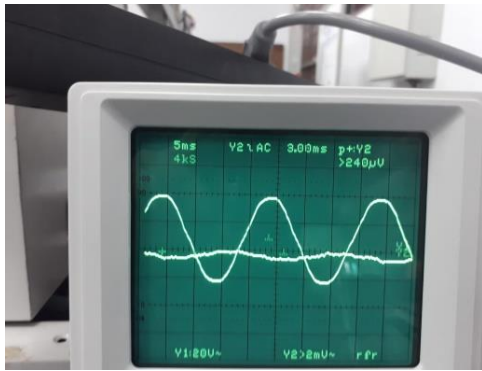
Dari Tabel VI terlihat bahwa kenaikan beban mempengaruhi tegangan yang dihasilkan, semakin besar beban maka tegangan akan semakin menurun. Perbedaan rata-rata pengukuran tegangan pada beban sebesar 0,053% dan pada pengukuran arus terlihat bahwa kenaikan beban berbanding lurus dengan kenaikan arus, Perbedaan rata-rata pengukuran arus pada beban resistif yaitu sebesar 1,67%.

Adapun pengujian faktor daya beban resistif dapat dilihat pada Tabel VII.

TABLE VII
HASIL PENGUKURAN FAKTOR DAYA PADA BEBAN RESISTIF

No	Beban (Watt)	Faktor Daya		
		Pf _{ukur}	Pf _{sensor}	Galat (%)
1	5	1	0,99	1
2	25	1	0,99	1
3	40	1	0,99	1
4	100	1	0,99	1
Galat rata-rata				1

Dari Tabel VII terlihat bahwa faktor daya pada beban resistif sangat baik yaitu 1. Hal tersebut dikarenakan sesuai dengan karakteristik dari keluaran arus dan tegangan pada beban resistif yang memiliki faktor daya unity, dimana keadaan saat nilai $\cos \phi$ adalah satu, tegangan sefasa dengan arus. Perbedaan hasil pengukuran antara prototype dan alat ukur $\cos \phi$ meter adalah sebesar 1% dari masing-masing fasa. Bentuk gelombang tegangan dan arus pada beban resistif dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Gelombang arus dan tegangan pada beban resistif

Dari gambar gelombang arus dan tegangan diatas terlihat bahwa keadaan arus sefasa dengan tegangan dan fasor dari kedua besaran tersebut seperti pada Gambar 7. Adapun daya dan energi yang terukur pada beban resistif dapat dilihat pada Tabel VIII .

TABLE VIII
PENGUKURAN DAYA DAN ENERGI PADA BEBAN RESISTIF

No	Beban (W)	Daya (watt)		Galat (%)	Energi (Kwh)		Galat (%)
		Alat ukur	Prototipe		Alat ukur	Prototipe	
1	5	6,57	6,47	1,52	0,01	0,01	1,52
2	25	11	10,81	1,73	0,01	0,012	1,72
3	40	11	10,81	1,73	0,01	0,012	1,72
4	100	39,06	38,63	1,1	0,33	0,33	0
Galat rata-rata daya				1,52	Galat rata-rata energi		1,24

Dari Tabel VIII terlihat bahwa semakin besar beban maka daya akan semakin besar pula. Untuk mencari daya menggunakan persamaan (2). Perbedaan rata-rata dari pengukuran daya adalah sebesar 1,52% , dan energi sebesar 1,28%.

V. KESIMPULAN

Dari data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sistem prototipe yang telah dirancang mempunyai nilai akurasi yang tinggi menurut Standar IEC No. 13B-23. Dengan penambahan modul GSM SIM800L pada sistem prototipe maka akan membuat sistem prototipe yang dirancang dapat menjadi smart meter karena dapat mengirimkan data konsumsi energi listrik setiap pengguna beban 1 fasa ke ponsel/smartphone.

REFERENSI

[1] T.Nusa, "Sistem Monitoring Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler," *Teknik Elektro Unstrad*, April 2015.

- [2] Umar Muhammad, dan Ainul Mariyah Akhyar Muchtar, "Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Motor Listrik 3 Fasa," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 5 , no. ISSN 2338-6649, March 2017
- [3] Andryawan Singgih, "Arduino Uno," Rancang Bangun Pengaturan Pakan Pada Model Tambak Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATMEGA32(Prototipe), vol. li, no. 11, p. 6, Desember 2013.
- [4] Depok Instruments. (2012, March) ACS712(Allegro Current Sensor). [Online].<http://depokinstruments.com/2012/03/29/sensor-arus-listrik-ac712>
- [5] S.N. Khalid, M.W. Mustafa H Shareef, M. Mustapha I. Abubakar, Calibration Of ZMPT101B Voltage Sensor Module Regression For Accurate Load Monitoring, 2006.
- [6] Sunanda W Dinata I, "Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. Vol.4 , no. ISSN: 2302-2949, Maret 2015.
- [7] Anonim. Standar LCD 20X4 - White On Blue. [Online].<https://www.adafruit.com/product/198>
- [8] R. D. Risanty and L. Arianto, "Rancang Bangun Sistem Pengendalian Lstrik Ruangan Dengan Menggunakan ATmega 328 Dan SMS Gateway Sebagai Media Informasi," *Sistem Informasi, Teknologi Informatika dan Komputer*, vol. II, no. 2, pp. 1-10, 2017.
- [9] A. C. O. S. Tech, "Speed Studio," 20 Agustus 2013. [Online]. Available:http://wiki.seeedstudio.com/images/4/46/SIM800L_Hardware_Design_V1.00.pdf sim800L. [Accessed 20 Februari 2018].
- [10] A. Belly, *Daya Aktif, Reaktif dan Nyata*. Indonesia, Jakarta: Jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia, 2010.
- [11] D.S.K. Sari, Perbaikan Faktor Daya Otomatis Berbasis Smart Relay Pada Jaringan Tegangan Rendah Satu Fasa. Riau: Universitas Riau, 2009.
- [12] R.J. Fowler, *Electricity Principle & Applications*. New York, McGraw-Hill, 2008.
- [13] W. H. Hayt dan K. Jack E, *Rangkaian Listrik*. Jakarta, Indonesia: Erlangga, 1999.
- [14] R.M.A, *Pengantar Umum Elektronik*. Jakarta, Indonesia: P.T. Dian Rakyat, 1986.
- [15] Yulizar, Prototipe Pengukuran Pemakaian Energi Listrik dalam Satu Hunian Berbasis Arduino Uno R3 dan GSM SHIELD SIM900. Banda Aceh, Indonesia: Universitas Syiah Kuala, 2017.