

Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara *Real Time* Berbasis Mikrokontroler

Temy Nusa ⁽¹⁾, Sherwin R.U.A. Sompie, ST.,MT. ⁽²⁾, Dr.Eng Meita Rumbayan, ST.,MT. ⁽³⁾

(1) Mahasiswa, (2) Pembimbing 1, (3) Pembimbing 2

nusatemy@gmail.com⁽¹⁾, sherwinsompie@gmail.com⁽²⁾, meitarumbayan@yahoo.com⁽³⁾,
Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115.

Abstract - Currently the electrical energy has become one of the primary needs of mankind because all the good environment in the home, workplace, factories, etc., need electrical energy. Every year electricity consumption continues to increase, and also the depletion of petroleum reserves that have an impact on fuel price hike and it certainly affects the basic electricity rate increase (TDL) of PLN, which ultimately make electrical energy into something that expensive. So it takes consciousness as well as the efforts of humans to do the electrical energy savings efforts. In order to perform a better power management in the home then needed an electronic device can monitor energy consumption of electrical devices which is considered quite wasteful by making use of a microcontroller.

The Device designed to monitor the consumption of electric energy utilizing step-down transformer to measure Voltage source of PLN, while to measure the load current utilizing the current sensor ACS712 and microcontroller ATmega 328 artificial of ATMEL, functioned to process all the data of the parameters needed to obtain the value of electrical energy consumption), and displays it on the LCD character 20x4 to provide information to the user of electricity.

In the tests performed, it is known the measurement of electrical energy consumption using a tool that has been designed is able to measure the electrical currents closely enough to the purely resistive load with an error less than 1%, but there was an error on the load LED lights SiCermat amounted to 14.30%, also at Philips Softone Lamp load of 5.73% when compared to the measurement using the Multimeter Krisbow KW06-276.

Keywords: ACS712, ATmega328, Electrical Energy, Microcontroller.

Abstrak - Saat ini energi listrik telah menjadi salah satu kebutuhan primer manusia karena semua lingkungan baik itu di rumah, tempat kerja, pabrik – pabrik, dll., membutuhkan energi listrik. Setiap tahun konsumsi listrik terus meningkat, dan juga menipisnya cadangan minyak bumi yang berdampak pada kenaikan BBM dan sudah tentu mempengaruhi kenaikan tarif dasar listrik (TDL) PLN, yang pada akhirnya membuat energi listrik menjadi sesuatu yang mahal. Sehingga diperlukan kesadaran serta usaha dari manusia untuk melakukan upaya penghematan energi listrik.

Agar bisa melakukan manajemen listrik yang lebih baik di rumah maka diperlukan suatu perangkat elektronika yang dapat memonitor pemakaian energi listrik pada perangkat yang dianggap cukup boros dengan memanfaatkan mikrokontroler.

Alat yang dirancang untuk memonitor konsumsi energi listrik ini memanfaatkan transformator step-down untuk mengukur tegangan sumber dari PLN, sementara untuk mengukur arus beban memanfaatkan sensor arus ACS712 dan mikrokontroler ATmega 328 buatan ATMEL, difungsikan untuk mengolah semua data dari parameter – parameter yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai konsumsi energi listrik, serta menampilkannya pada LCD karakter 20x4 untuk memberikan informasi kepada pengguna listrik.

Pada pengujian yang dilakukan, diketahui hasil pengukuran konsumsi energi listrik menggunakan alat yang telah dirancang mampu mengukur arus listrik dengan cukup teliti pada beban resistif murni dengan error lebih kecil dari 1%, akan tetapi terjadi error pada beban lampu LED SiCermat sebesar 14,30%, juga pada beban Lampu Philips Softone sebesar 5,73% jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan Multimeter Krisbow KW06-276.

Kata Kunci : ACS712, ATmega328, Electrical Energy, Microcontroller.

I. PENDAHULUAN

Teknologi berkembang dengan begitu pesatnya, dunia elektronika dan komputasi memiliki peranan yang sangat vital dalam pengembangan teknologi dewasa ini, saat ini ada begitu banyak perangkat elektronik yang dibuat dan dirancang untuk membantu melakukan pekerjaan manusia, perangkat elektronika dengan mudah dapat dijumpai disekitar tempat tinggal kita, dengan hadirnya perangkat – perangkat elektronika ini manusia bisa terbantu untuk melakukan pekerjaan yang lebih cepat, efisien dan tentunya dengan hasil yang lebih baik.

Namun untuk melakukan manajemen konsumsi energi listrik di rumah tidak cukup hanya dengan menggunakan kWh meter prabayar saja, karena kWh meter prabayar bertugas memonitor dan membatasi penggunaan listrik secara keseluruhan di rumah pelanggan, sehingga diperlukan kesadaran pengguna/pelanggan untuk benar – benar berhemat, dengan mematikan perangkat elektronik yang tidak terpakai secara rutin agar bisa berhemat, dengan demikian maka kredit listrik akan bertahan lama, namun bila tidak dilakukan penghematan maka kredit listrik akan cepat habis. Agar bisa melakukan manajemen listrik yang lebih baik di rumah maka diperlukan suatu perangkat elektronika yang dapat memonitor pemakaian energi listrik pada perangkat yang dianggap cukup boros seperti penanak nasi elektrik, dispenser, lemari pendingin, televisi, mesin cuci ataupun bisa digunakan untuk memonitor dan membatasi penggunaan listrik di tiap - tiap kamar di rumah. Dengan membuat perangkat pemonitor dan pembatas energi listrik berbasis mikrokontroler maka dapat dimungkinkan untuk mematikan listrik ketika telah melebihi kuota listrik yang kita tentukan, dengan demikian maka kredit listrik pada kWh meter prabayar PLN dapat terpakai habis sesuai dengan target manajemen listrik dari pelanggan itu sendiri.

Untuk dapat merealisasikan alat pemonitor konsumsi energi listrik seperti yang dimaksudkan diatas maka penulis mencoba melakukan penelitian dengan mempelajari dan mengembangkan perangkat pengontrol dan pemonitor

konsumsi energi secara real time dengan mikrokontroler AVR ATmega 328 yang nantinya bisa bekerja layaknya kWh meter Prabayar PLN yang kemudian ditambahkan dengan fitur untuk dapat dikontrol dan dimonitor pada area lokal secara Wireless menggunakan handphone berbasis Android OS dan juga dengan komunikasi jarak jauh menggunakan metode SMS Gateway.

II. LANDASAN TEORI

A. Karakteristik Sumber Listrik PLN

Sumber listrik PLN merupakan sumber energi listrik dengan arus bolak – balik atau Alternating Current (AC) yang dihasilkan dari generator AC pembangkit listrik baik itu pembangkit listrik bertenaga diesel (PLTD), pembangkit listrik bertenaga air (PLTA) ataupun pembangkit listrik lainnya yang menghasilkan sumber listrik dengan arus bolak – balik.

Tegangan dan Arus Bolak – Balik

Sumber listrik AC menghasilkan tegangan dan arus dengan besaran serta polaritasnya selalu berubah – ubah dari polaritas positif ke negatif atau sebaliknya secara periodik terhadap fungsi waktu, dengan bentuk gelombang dapat berupa gelombang sinus dapat dilihat pada Gambar 1, Square dan segitiga. Untuk sumber listrik dari PLN sendiri berupa gelombang sinus, sementara untuk gelombang Square dan segitiga biasanya banyak digunakan pada inverter.

Tegangan dan Arus RMS

Tegangan dan arus AC biasanya dinyatakan dalam nilai RMS (root Mean Square). RMS juga dikenal sebagai kuadrat rata-rata, yang merupakan pengukuran statistik besarnya suatu fungsi yang memiliki magnitudo yang berubah-ubah. Untuk menghitung perubahan tegangan dan arus secara sinusoidal dapat dihitung dengan persamaan 1.

$$F_{RMS} = \frac{1}{\sqrt{2}} A \quad (1)$$

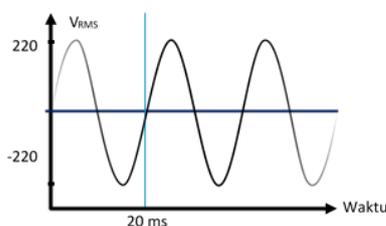
Dimana, A merupakan nilai amplitudo maksimum dari sinyal yang disampling.

Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu.

Daya Aktif / Nyata (Active / Real Power)

Daya dengan satuan Joule/detik atau watt disebut sebagai daya aktif. Simbolnya adalah P. Daya aktif adalah daya sebenarnya yang dihamburkan atau dipakai oleh beban. Daya aktif dihitung dengan persamaan 2.



Gambar 1. Bentuk Gelombang Listrik Sinusoidal.

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (2)$$

Daya Reaktif (Reactive Power)

Daya reaktif Satuannya adalah VAR (Voltampere – reactive). Daya reaktif (Q) ini merupakan jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet, daya reaktif juga dipahami sebagai daya yang tidak dihamburkan oleh beban atau dengan kata lain merupakan daya yang diserap namun dikembalikan ke sumbernya. Daya reaktif dapat dihitung dengan persamaan :

$$P = V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (3)$$

Daya Tampak / Semu (Apparent Power)

Daya tampak merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan reaktif yang disimbolkan dengan S. Dengan satuannya adalah VA (Voltampere). Daya tampak dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$S = V \cdot I \quad (4)$$

B. Mikrokontroler AVR ATmega 328

ATmega 328 merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8-bit buatan ATMEL, Beberapa tipe mikrokontroler yang sama dengan ATmega328 ini antara lain ATmega8535, ATmega16, ATmega32, ATmega8, yang membedakan antara mikrokontroler antara lain adalah, ukuran memori, banyaknya GPIO (pin input/output), periferal (USART, timer, counter, dll), bentuk fisik dari Mikrokontroler ATmega328 dapat dilihat pada Gambar 2.

Fitur Mikrokontroler ATmega 328

ATmega328 adalah salah satu mikrokontroler keluaran dari ATMEL yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang mana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*) (Ardianto Heri, 2013). Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain:

Memiliki EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.

Memiliki SRAM (Static Random Access Memory) sebesar 2KB.

Memiliki pin I/O digital sebanyak 23 pin 6 diantaranya PWM (Pulse Width Modulation) output.

32 x 8-bit register serba guna.

Dengan clock 16 MHz kecepatan mencapai 16 MIPS.

32 KB Flash memory.

130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus clock.



Gambar 2. Bentuk fisik ATmega 328

C. *Sensor Arus ACS712*

ACS712 merupakan sensor arus dengan memanfaatkan Hall effect. Sensor ini merupakan buatan Allegro, bentuk fisik dari modul sensor ACS712 dapat dilihat di Gambar 3. ACS712 merupakan sensor arus yang memiliki tingkat presisi yang baik untuk mengukur arus AC atau DC, untuk pembacaan arus di dalam dunia industri, otomotif, komersil dan juga dalam sistem komunikasi.

Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat di dalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh Hall Effect IC dan diubah menjadi tegangan proporsional.

Karakteristik Sensor

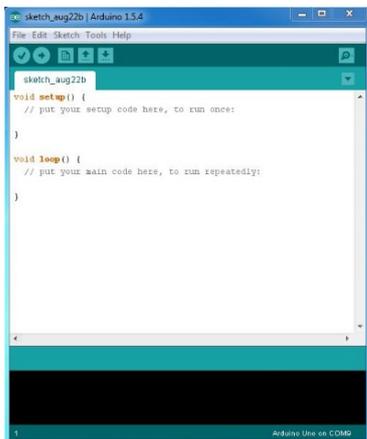
- Sensor ACS712 memiliki karakteristik sebagai berikut :
- Memiliki sinyal analog dengan sinyal - gangguan rendah (low - noise)
- Bandwidth 80 kHz
- Total output error 1.5% pada Ta = 25°C
- Memiliki resistansi dalam 1.2 mΩ
- Tegangan sumber operasi tunggal 5.0V
- Sensitivitas keluaran: 66 sd 185 mV/A
- Tegangan keluaran proporsional terhadap arus AC ataupun DC
- Kalibrasi Fabrikasi
- Tegangan offset keluaran yang sangat stabil
- Hysterisis akibat medan magnet mendekati nol
- Rasio keluaran sesuai tegangan sumber

D. *Arduino IDE*

Arduino IDE (Gambar 4) adalah software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java, Arduino IDE berfungsi sebagai compiler bahasa C ke bahasa mesin yang dimengerti oleh mikrokontroler.



Gambar 3. Modul Sensor ACS712 5A



Gambar 4. Arduino IDE Versi 1.6.1

IDE Arduino terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

Editor program

sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa Processing.

Compiler

Sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh microcontroller adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler sangat diperlukan.

Uploader

Sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori di dalam papan Arduino. Arduino menggunakan pemrograman dengan bahasa C.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. *Tempat dan Waktu Penelitian*

Tempat penelitian, perencanaan serta proses perancangan alat bertempat di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fakultas Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) dan di rumah tinggal penulis. Waktu dan lama penelitian berlangsung selama ± 9 bulan, dimulai dari bulan Januari 2013 sampai bulan September 2013.

B. *Diagram Blok Sistem*

Diagram blok dari sistem monitoring konsumsi energi listrik yang telah dirancang adalah seperti pada Gambar 5. Diagram blok sistem ini terdiri dari beberapa bagian penting yaitu, Mikrokontroler, Driver LCD dan LCD, Driver Relay dan Relay, dst.

Mikrokontroler

Sebagai otak dari sistem, yang mengolah semua data dalam pengukuran.

Driver LCD dan LCD (Liquid Crystal Display)

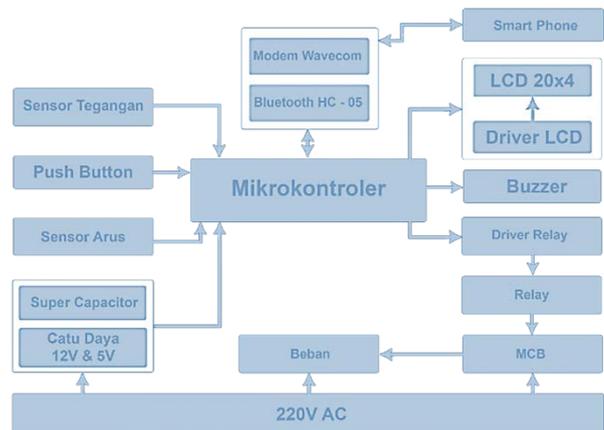
Sebagai penampil informasi.

Sensor Tegangan dan Sensor Arus

Berfungsi membaca tegangan dan arus pada beban yang akan diukur.

Driver Relay dan Relay

Sebagai pemutus aliran listrik dari sumber ke beban, yang dikontrol dari dalam sistem mikrokontroler.



Gambar 5. Diagram Blok Sistem

C. Perencanaan dan Pembuatan Perangkat Keras

Sesuai dengan diagram blok diatas maka dapat diuraikan rangkaian-rangkaian dan konfigurasi penunjang sistem yang akan dibuat pada tugas akhir ini. Perencanaan serta pembuatan perangkat keras ini sesuai dengan diagram blok sistem yang telah direncanakan.

Rangkaian Minimum Sistem ATmega 328

Pada perancangan sistem pemonitor konsumsi energi listrik ini akan menggunakan mikrokontroler 8 – Bit, AVR ATmega 328P – PU buatan ATMEL dan untuk pemrograman mikrokontroler ini sendiri menggunakan software Arduino IDE dan programmer USBasp, rangkaian dari minimum sistem dapat dilihat pada Gambar 6.

Rangkaian LCD 20x4 dan Driver LCD

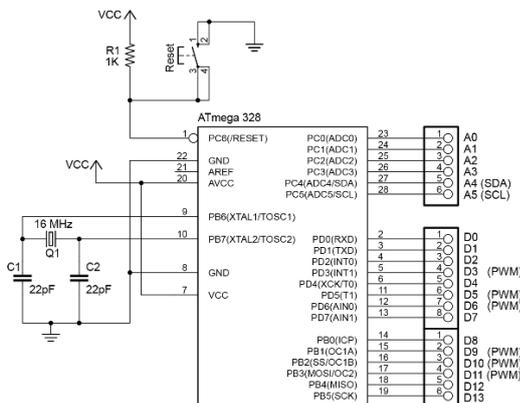
Dalam rancangan sistem yang telah dibuat, LCD yang digunakan merupakan tipe LCD karakter 20x4 dengan Backlight hijau. Untuk menghemat pin mikrokontroler ATmega 328 yang terbatas maka dalam sistem ini digunakan IC I/O Expander 8 – Bit, menggunakan IC PCF8574 untuk mengontrol tampilan karakter pada LCD dengan menggunakan komunikasi I2C (Inter Integrated Communication) memanfaatkan pin serial data (SDA) dan Serial Clock (SCL) mikrokontroler. Rangkaian LCD 20x4 dan Driver LCD dapat dilihat pada Gambar 7.

Rangkaian Sensor Tegangan

Pada sistem yang dirancang, sensor tegangan dibuat dengan memanfaatkan transformator Step – Down dari Power supply untuk menurunkan tegangan listrik yang didistribusikan oleh PLN, yang sesuai dengan spesifikasinya transformator bisa menurunkan tegangan dari ± 230 VRMS menjadi ± 15.5 VRMS. Rangkaian sensor tegangan dapat dilihat pada Gambar 8.

Rangkaian Relay dan Driver Relay

Relay dalam sistem yang dirancang difungsikan sebagai saklar pemutus supply listrik ke sisi beban, agar mikrokontroler dapat menggerakkan relay maka diperlukan rangkaian driver relay, dimana driver ini merupakan konfigurasi dari resistor, transistor dan dioda selain berfungsi sebagai driver rangkaian ini juga berfungsi untuk isolasi agar arus balik dari relay tidak akan merusak mikrokontroler. Rangkaian relay dan driver relay dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 6. Rangkaian Minimum sistem ATmega 328

Rangkaian Buzzer

Buzzer dalam sistem difungsikan untuk memberikan peringatan bahwa pemakaian daya sudah mencapai batas maksimalnya, sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Rangkaian Buzzer dapat dilihat pada Gambar 10.

Rangkaian Push Button

Rangkaian Push Button disini merupakan konfigurasi resistor pull – up dan saklar dengan tipe Push Button, tujuan penggunaan resistor pull – up disini agar keluaran dari rangkaian akan berupa logika LOW. Rangkaian Push Button dapat dilihat pada Gambar 11.

Rangkaian Catu Daya

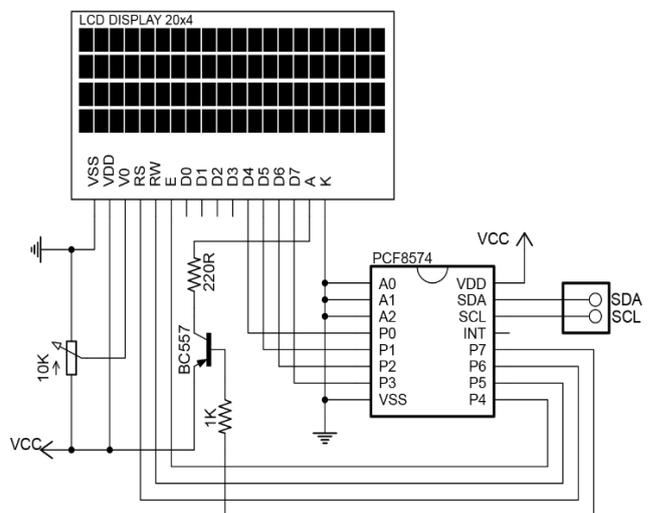
Catu daya merupakan sumber daya untuk menghidupkan sistem yang dirancang, dalam keperluannya sistem ini memerlukan supply tegangan sebesar 12V DC untuk menghidupkan modem GSM dan 5V DC untuk devais lain seperti modul sensor, LCD, Minimum sistem Mikrokontroler, dll. Rangkaian catu daya dapat dilihat pada Gambar 12.

D. Perencanaan Program Sistem

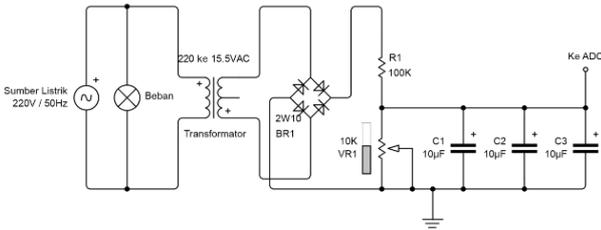
Dalam perancangan ini, bahasa program yang digunakan adalah bahasa C modifikasi yang dikembangkan oleh Arduino dan hanya dipakai pada IDE Arduino, bahasa C sendiri merupakan bahasa prosesing tingkat menengah yang cukup mudah untuk dipelajari.

Perancangan Isi Program

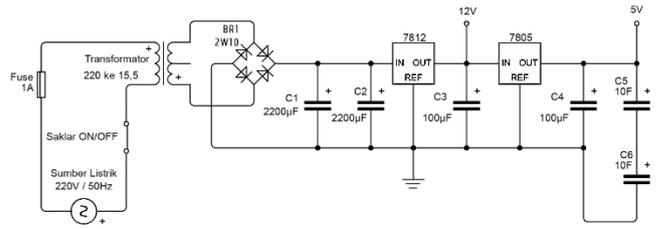
Isi program yang akan dibuat terlebih dahulu harus berdasarkan alur pemrograman mengikuti diagram flowchart, dimana data input yang diperlukan berupa data dari sensor tegangan dan sensor arus yang memerlukan insialisasi ADC (Analog to Digital Converter) internal mikrokontroler, inialisasi LCD serta memerlukan juga inialisasi perangkat keras penunjang seperti Bluetooth dan Modem Wavecom, sesuai dengan perencanaan sistem yang akan dirancang maka diagram alir program pada mikrokontroler secara sederhana digambarkan pada Gambar 14.



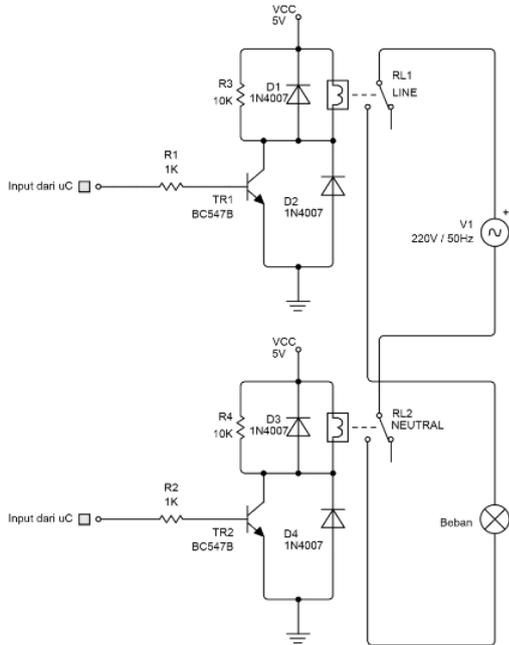
Gambar 7. Rangkaian LCD 20x4 dan Driver LCD



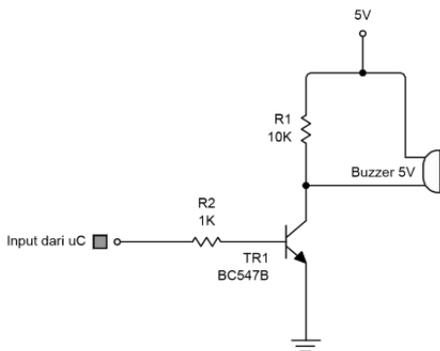
Gambar 8. Rangkaian Sensor Tegangan



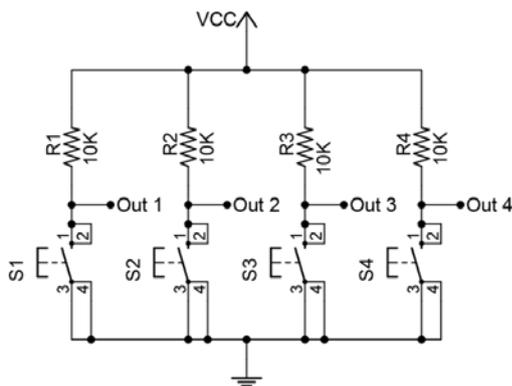
Gambar 12. Rangkaian Catu Daya



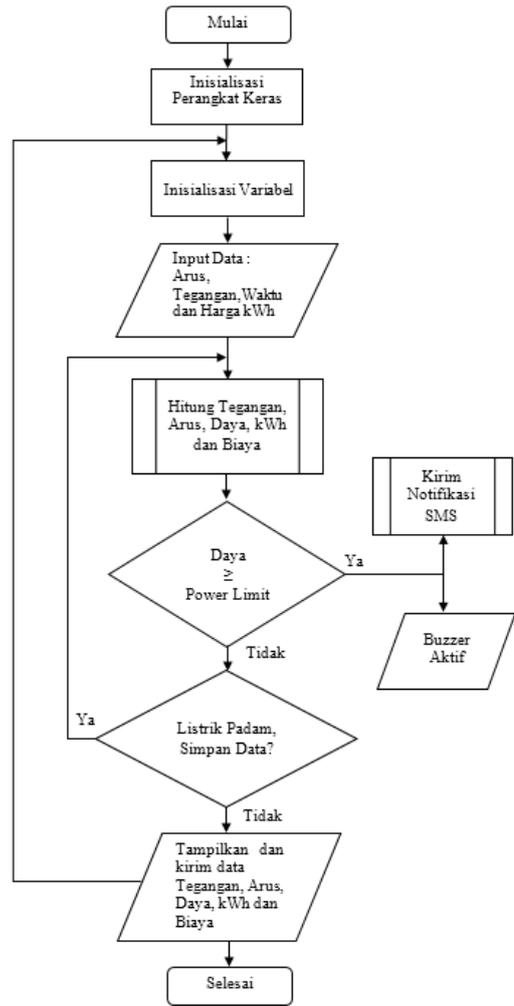
Gambar 9. Rangkaian Sensor Tegangan



Gambar 10. Rangkaian Buzzer



Gambar 11. Rangkaian Push Button



Gambar 13. Diagram Alir program sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Catu Daya

Rangkaian catu daya yang digunakan pada alat ini adalah tegangan 12 VDC dan 5 VDC. Pengukuran dilakukan beberapa kali untuk melihat kestabilan tegangan output dari catu daya. Tabel I merupakan hasil pengujian tegangan catu daya.

B. Pengujian Charging dan Discharging Super Capacitor

Penambahan super kapasitor memberikan efek yang cukup signifikan terhadap kestabilan dan bisa mengaktifkan peralatan selama beberapa menit akan

tetapi penambahan ini juga membuat alat menjadi sedikit lambat untuk aktif saat listrik PLN aktif lagi, karena super kapasitor memerlukan waktu untuk pengisian, kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui berapa lama waktu super kapasitor untuk melakukan pengisian dan pengosongan. Untuk hasil Pengujian Charging dan Discharging Super Capacitor dapat dilihat pada Tabel III.

C. Pengujian Rangkaian Driver Relay

Untuk memastikan bahwa driver relay bekerja dengan baik, maka dilakukan pengujian dengan mengukur tegangan keluaran dari driver, dengan memanfaatkan multimeter. Untuk hasil Pengujian Rangkaian Driver Relay dapat dilihat pada Tabel II.

D. Pengujian Rangkaian Push Button

Rangkaian *Push Button* perlu diuji, agar memastikan sistem dapat bekerja dengan baik, pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran pada output rangkaian *Push Button*, dengan memanfaatkan multimeter. Hasil A. Pengujian Rangkaian *Push Button* dapat dilihat pada Tabel IV.

E. Pengujian Rangkaian Buzzer

Pengujian rangkaian *Buzzer*, dilakukan untuk memastikan *Buzzer* berfungsi dengan baik atau tidak, pengujian dilakukan dengan memberikan logika HIGH (1) atau LOW (0) pada *input* rangkaian, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel V.

TABEL I. HASIL PENGUJIAN CATU DAYA

V _{in} Trafo (V)	V _{out} Trafo (V _{AC})	V _{out} LM7812 (V _{DC})	V _{out} LM7805 (V _{DC})
223,5	14,44	12,00	4,95
223,2	14,43	12,00	4,95
224,4	14,64	12,00	4,95
223,8	14,55	12,00	4,95
223,7	14,52	12,00	4,95
224,6	14,56	12,00	4,95
226,9	14,70	12,00	4,95

TABEL II. HASIL PENGUJIAN RANGKAIAN DRIVER RELAY

Input	V _{OUT} (V)	Relay	
		LINE	NEUTRAL
HIGH	0,00	Hidup	Hidup
LOW	4,95	Mati	Mati

F. Pengujian Sensor Tegangan

Untuk mendapatkan kalibrasi yang cukup baik, dan untuk menguji keluaran sensor tegangan maka dilakukan pengujian tegangan menggunakan multimeter dan minimum sistem mikrokontroler untuk mendapatkan nilai resolusi ADC yang terbaca, hasil Pengujian Sensor Tegangan dapat dilihat pada Tabel VI.

G. Pengujian Sensor Arus

Untuk mendapatkan kalibrasi yang cukup baik, dan untuk menguji keluaran sensor arus maka dilakukan pengujian arus menggunakan multimeter Krisbow KW06-276 kemudian membandingkannya dengan hasil pengukuran menggunakan minimum sistem mikrokontroler serta sensor ACS712 pada alat, metode pengujian arus pada beban menggunakan multimeter, hasil Pengujian Sensor Arus dapat dilihat pada Tabel VII.

H. Pengujian Sistem Secara Terpadu

Setelah melakukan pengujian perblok, dan tidak ditemukan kendala pada sistem, maka sistem sudah dapat bekerja dengan baik, dan tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian sistem secara terpadu. Pengujian dilakukan dengan mengukur daya pada beberapa beban listrik. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel VIII, sementara untuk grafik hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 13.

TABEL III. HASIL PENGUJIAN CHARGING DAN DISCHARGING SUPER CAPACITOR

Charging			Discharging		
V _{out} LM7812 (V _{DC})	V _{out} LM7805 (V _{DC})	Waktu (Detik)	V _{out} LM7812 (V _{DC})	V _{out} LM7805 (V _{DC})	Waktu (Detik)
4,20	16	1	5,41	4,93	1
4,38	0,25	3	4,33	4,87	2
4,34	0,39	6	4,31	4,85	3
4,29	0,74	13	3,28	4,82	4
4,26	0,98	18	3,27	4,8	5
4,22	1,39	28	3,26	4,78	6
5,11	3,63	88	3,25	4,77	7
5,66	4,18	108	3,20	4,69	11
6,18	4,68	128	3,18	4,5	21
6,31	4,80	134	3,13	4,0	49
7,67	4,91	139	2,21	3,5	74
9,93	4,92	140	2,19	3,0	121
12,00	4,93	148	2,07	2,5	150

TABEL IV. HASIL PENGUJIAN RANGKAIAN PUSH BUTTON

Tombol	V _{out} (V)	
	Ditekan	Tidak Ditekan
Reset	0,00	4,93
Silince	0,01	4,94
EQ	0,00	4,95
Cek	0,00	4,94

TABEL V. HASIL PENGUJIAN RANGKAIAN BUZZER

Input	V _{OUT} (V)	Buzzer	
HIGH	0,00	ON	-
LOW	4,95	-	OFF

TABEL VI. HASIL PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN

Sampel	V _{in} Trafo (V _{AC})	V _{out} Trafo (V _{AC})
1	217,8	13,95
2	217,7	13,95
3	217,9	13,93
4	217,5	13,93
5	217,8	13,95
6	217,6	13,94
7	218,1	13,95
8	217,8	13,98
9	218	13,97
10	217,9	13,98
11	217,8	13,96
12	218	13,99
13	218,1	13,97
14	217,9	13,97
15	218,2	13,99
16	218,3	13,99
17	218,2	14,01
18	218,3	14

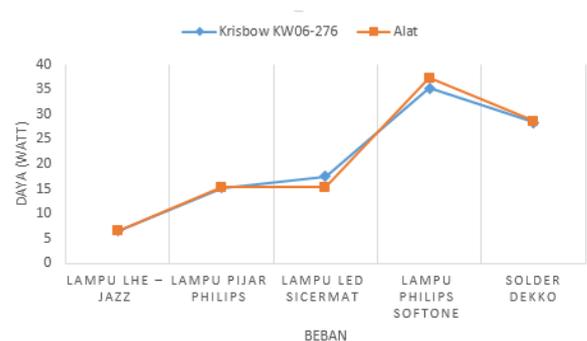
19	218,1	14,02
20	218,4	13,99
21	218,4	14,04
22	218,5	14,03
23	218,6	14,02
Rerata	218,04	13,98

TABEL VII. HASIL PENGUJIAN SENSOR ARUS

No	Jenis Beban	Daya	Iukur Multimeter (A)	Iukur Alat (A)
1	Lampu LHE – Jazz	7 Watt	0,03	0,03
2	Lampu Pijar Philips	15 Watt	0,07	0,07
3	Lampu LED SiCermat	7 Watt	0,08	0,07
4	Lampu Pijar Philips Softone	40 Watt	0,16	0,17
5	Solder Dekko	30 Watt	0,13	0,13

TABEL VIII. HASIL PENGUJIAN SISTEM SECARA TERPADU (PENGUKURAN DAYA PADA BEBAN)

No	Jenis Beban	Daya (W)	Pukur Multimeter (W)	Pukur Alat (W)
1	Lampu LHE – Jazz	7	6,58	6,59
2	Lampu Pijar Philips	15	15,28	15,31
3	Lampu LED SiCermat	7	17,50	15,31
4	Lampu Pijar Philips Softone	40	35,2	37,34
5	Solder Dekko	30	28,41	28,56



Gambar 14. Grafik Hasil pengukuran Daya pada Beban

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian alat, maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut.

Alat mampu mengukur daya dengan tingkat ketelitian yang cukup tinggi, dengan error pengukuran $< 1\%$, kecuali untuk beban Lampu Philips Softone yaitu sebesar 5,73% dan Lampu LED SiCermat sebesar 14,30%.

Penggunaan delay dan timer pada program membuat kecepatan perhitungan mikrokontroler agak lambat, dan baru bisa menampilkan data pengukuran setelah terjadi delay ± 3 detik.

Adanya Error pengukuran terjadi karena ADC Mikrokontroler hanya memiliki resolusi ADC 10-Bit saja, dan juga dipengaruhi oleh ketidakstabilan catu daya yang menjadi tegangan referensi ADC Mikrokontroler.

Komunikasi nirkabel dengan SMS Gateway dan Bluetooth tidak bekerja sesuai dengan desain awal sistem karena ketidak stabilan catu daya saat sistem diaktifkan secara keseluruhan.

B. Saran

Alat ini tidak bekerja sesuai dengan desain awal dari sistem, sehingga direkomendasikan untuk dapat didesain ulang dan dilanjutkan, dengan memperhatikan hal – hal berikut.

Memperbaiki desain catu daya dari sistem, disarankan untuk menggunakan pengutan arus dengan Op–Amp atau membuat catu daya SMPS (Switched Mode Power Supply) agar tidak terjadi drop tegangan saat sistem diaktifkan karena akan mempengaruhi pembacaan data dari sensor.

Disarankan untuk menggunakan sensor tegangan independen, yang terpisah dari transformator catu daya, sehingga tegangan yang akan diukur tidak dipengaruhi oleh drop tegangan pada catu daya.

Memperbaiki desain agar komunikasi nirkabel menggunakan sistem SMS Gateway dan Bluetooth dapat dilakukan dengan baik.

Sangat disarankan untuk menggunakan mikrokontroler dengan resolusi ADC yang lebih besar dari 10-Bit, agar pembacaan data lebih akurat.

Disarankan untuk menambahkan detektor Cos Phi agar diperoleh nilai parameter Cos Phi yang dinamis sehingga diperoleh daya nyata yang lebih akurat.

- [4] Arduino, Language Reference, [online]
Tersedia di: <https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>,
Diakses 7 Juli 2015.
- [5] Garagelab. Tutorial: Arduino I/O Port Expander with PCF8574, [online]
Tersedia di : <http://garagelab.com/profiles/blogs/tutorial-arduino-i-o-port-expander-with-pcf8574>, Diakses 24 Maret 2015.
- [6] H. Ardianto, Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C [Codevision AVR], Bandung : INFORMATIKA, 2013.
- [7] PLN. Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik tahun 2015, [online] (<http://www.pln.co.id/disjaya/?p=3645>), Diakses 20 Agustus 2015).
- [8] Qigen, QC2004A, [pdf]
Tersedia di : <http://www.qc-lcd.com/upload/file/20138519403097693.pdf>, Diakses 7 Juli 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kadir, Paduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino, Yogyakarta : ANDI.
- [2] Allegro, Data Sheet ACS712, [pdf]
Tersedia di : [tp://www.allegromicro.com/~Media/Files/Datasheets/ACS712-Datasheet.ashx](http://www.allegromicro.com/~Media/Files/Datasheets/ACS712-Datasheet.ashx), Diakses 24 Maret 2015.
- [3] Atmel, Data Sheet ATmega48PA/88PA/168PA/328P,[pdf]
Tersedia di : <http://www.atmel.com/Images/8161s.pdf>, Diakses 21 April 2015.