

**RANCANG BANGUN ALAT PEREKAM PENGGUNAAN DAYA  
LISTRIK UNTUK BEBAN RUMAH TANGGA**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**ZAINMA WIRAI SY**

**NIM. 105060307111051 – 63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN NASIONAL**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2015**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### RANCANG BANGUN ALAT PEREKAM PENGGUNAAN DAYA LISTRIK UNTUK BEBAN RUMAH TANGGA

#### SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian  
Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik



Disusun Oleh:

**ZAINMA WIRAISSY**

**NIM. 105060300111066 – 63**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Pembimbing 1**

**Pembimbing 2**

**Ir. Nanang Sulistvanto, MT**  
NIP. 19700113 199403 1 002

**Akhmad Zainuri, ST., MT**  
NIP. 19840120 201212 1 003

## PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya lah skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi berjudul “Rancang Bangun Alat Perekam Penggunaan Daya Listrik untuk Beban Rumah Tangga” disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- Kedua orang tua penulis bapak Dradjat Wusono dan ibunda Syarifah Ulfah, kakak penulis Akbar Wiraisy dan Diaz Wiraisy, adik penulis Basma Wiraisy atas segala kasih sayang, motivasi, dan do'a yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan,
- Bapak M. Aziz Muslim ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Ibu Nurussa'adah, Ir., MT selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya atas segala ketulusannya dalam membimbing serta memotivasi penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi,
- Bapak Nanang Sulistyanto, Ir., MT selaku Dosen Pembimbing 1 atas bimbingan, motivasi, dan ilmu yang telah diberikan,
- Bapak Akhmad Zainuri, ST., MT selaku Dosen Pembimbing 2 atas segala kesabaran, nasihat, bimbingan, serta ilmu yang telah diberikan,
- Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro,
- Staff Administrasi Jurusan Teknik Elektro,
- Wildan Dzulqarnaen selaku saudara dari maba yang membantu penulis dalam memahami konsep daya rata-rata sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi,
- Desta dan Azri yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan program keseluruhan
- Marina Dicarara, Dyah Ayu Anggreini, Resi Ratnasari yang telah membantu penulis dalam pengeditan makalah,

- Agam Ridho selaku saudara seperjuangan yang telah membantu penulis dalam pengujian yang dilakukan,
- Bima Adhi B. atas printernya yang amat sangat berguna bagi penulis disaat penulis ingin mendaftar kompre,
- Maman atas printernya dan orangnya yang banyak menolong dan menghibur penulis dikala penulis sedang ditempa badai tsunami kehidupan,
- Fery Praditama, Agwin Fahmi, Zulkarnaen, Reza Dwi Permana, Feditya Krisnanda, Zainal Abidin, dan Anastasia L. saudara EME seperjuangan,
- Abu Tempe dan Nandha Punjung yang menyemangati penulis dikala penulis sedang putus asa,
- Fitra Martha, Wahyu Prasetyanto, Aviq, Aziz, Nizar Shodiq, Yoga, Arief Rahman Hidayat, Maman, Iqbul dan seluruh saudara pejuang kopi atas waktu yang telah dibagikan dengan bahagia,
- Magnet 10 atas segala suka dan dukanya,
- Keluarga Besar 47 Brawijaya yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu disini atas kehangatan yang diberikan,
- Fikri Zea Rahman dan Yudi Prawira *once a bro always a bro*,
- Nadia Khairunnisa yang selalu mendo'akan dan menyemangati penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan yang lebih lanjut.

Malang, Januari 2015



**RANCANG BANGUN ALAT PEREKAM PENGGUNAAN DAYA LISTRIK  
UNTUK BEBAN RUMAH TANGGA**

**PROPOSAL SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA**



Disusun oleh:  
**ZAINMA WIRAI SY**  
**NIM. 105060307111051-63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG**

**2014**

DAFTAR ISI

BAB I.....	10
PENDAHULUAN .....	10
1.1 Latar Belakang .....	10
1.2 Rumusan Masalah .....	12
1.3 Batasan Masalah.....	12
1.4 Tujuan .....	12
1.2 Sistematika Penulisan Skripsi .....	12
BAB II.....	14
TINJAUAN PUSTAKA .....	14
2.1 Daya Listrik.....	14
2.1.1. Daya Nyata.....	14
2.1.2. Daya Reaktif.....	14
2.1.3. Daya Semu .....	15
2.1.4. Daya Rata-Rata .....	15
2.2 Faktor Daya (Cos $\phi$ ).....	16
2.3 Hubungan Fasa.....	16
2.4 Sensor Arus <i>Non-Invasive</i> .....	17
2.5 Mikrokontroler Arduino.....	18
2.6 Modul Real-Time Clock .....	21
2.7 Modul SD Card .....	22
BAB III.....	24
METODOLOGI PENELITIAN .....	24
3.1 Sistem Keseluruhan.....	24
3.2 Perancangan Sistem Perangkat Keras .....	24

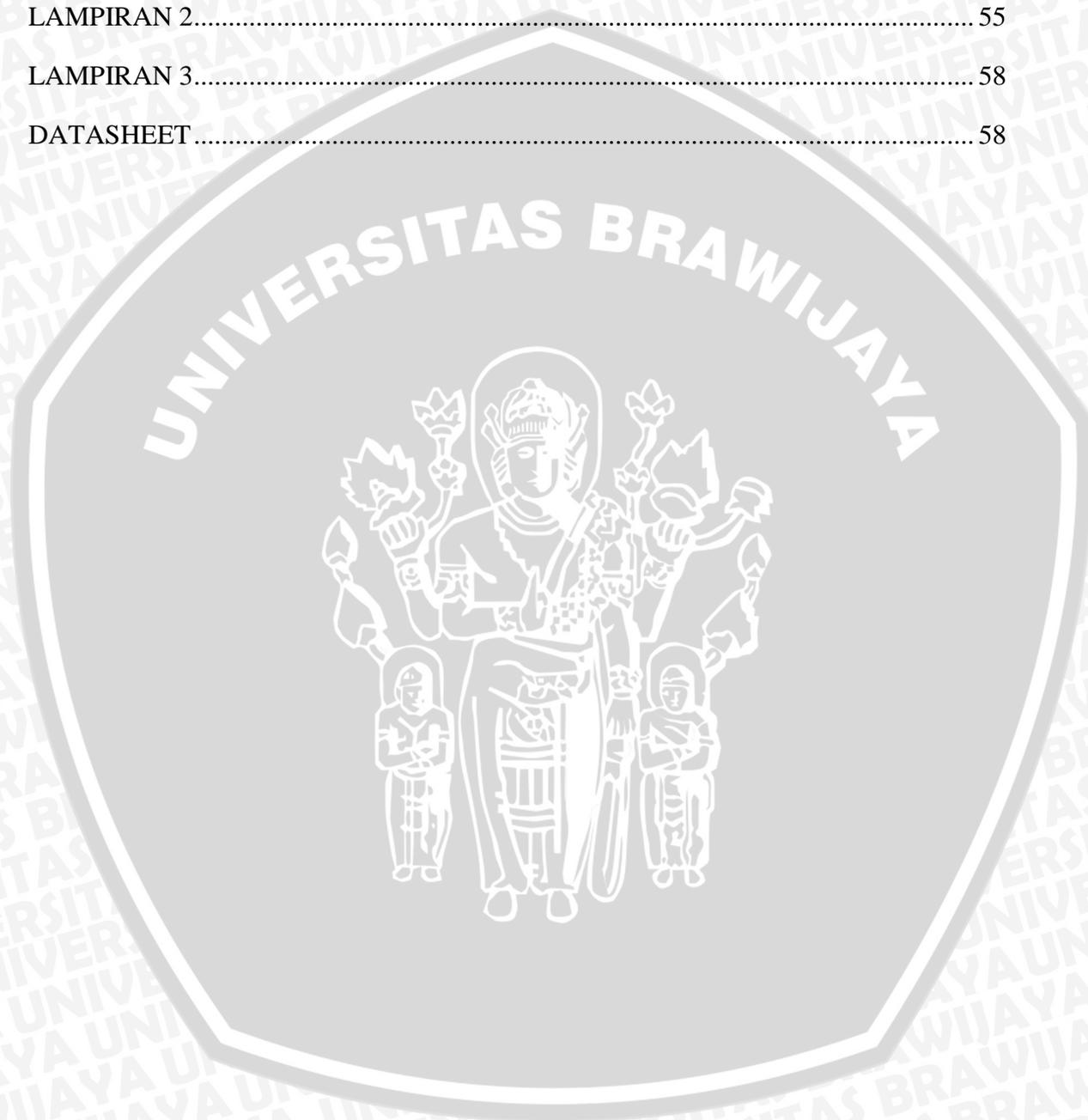


3.3	Perancangan Sistem Perangkat Lunak.....	24
3.4	Pengujian dan Analisis.....	25
BAB IV .....		26
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT .....		26
4.1	Blok Diagram Sistem Alat Perekam Penggunaan Daya Listrik Beban Rumah Tangga.....	26
4.2	Perancangan Perangkat Keras Perekam Penggunaan Daya Listrik Rumah Tangga.....	27
4.2.1.	Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan.....	27
4.2.2.	Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Tegangan.....	28
4.2.3.	Perancangan Rangkaian Sensor Arus .....	29
4.2.4.	Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Arus.....	30
4.2.5.	Perancangan Rangkaian <i>Liquid Crystal Display</i> .....	31
4.2.6.	Perancangan Rangkaian <i>Real Time Clock DS1307</i> .....	32
4.2.7.	Perancangan Kontrol Sistem Mikrokontroler Arduino UNO.....	32
4.3	Perancangan Perangkat Lunak Alat Perekam Penggunaan Daya Listrik.....	33
BAB V .....		35
PENGUJIAN DAN ANALISIS.....		35
5.1	Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan.....	35
5.1.1	Tujuan.....	35
5.1.2	Peralatan.....	35
5.1.3	Prosedur Pengujian.....	35
5.1.4	Data Hasil Pengujian.....	36
5.1.5	Analisis Hasil Pengujian.....	36
5.2	Pengujian Rangkaian DC Bias Sensor Tegangan .....	36
5.2.1	Tujuan.....	36
5.2.2	Peralatan.....	36



5.2.3	Prosedur Pengujian.....	37
5.2.4	Data Hasil Pengujian.....	37
5.2.5	Analisis Hasil Pengujian.....	38
5.3	Pengujian Rangkaian Sensor Arus.....	38
5.3.1	Tujuan.....	38
5.3.2	Peralatan.....	38
5.3.3	Prosedur Pengujian.....	39
5.3.4	Data Hasil Pengujian.....	39
5.3.5	Analisis Hasil Pengujian.....	40
5.4	Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Arus.....	41
5.4.1	Tujuan.....	41
5.4.2	Peralatan.....	41
5.4.3	Prosedur Pengujian.....	41
5.4.4	Data Hasil Pengujian.....	42
5.4.5	Analisis Hasil Pengujian.....	43
5.5	Pengujian pengukuran nilai Arus, Tegangan, dan Daya pada Beban.....	43
5.5.1	Tujuan.....	43
5.5.2	Peralatan.....	43
5.5.3	Prosedur Pengujian.....	43
5.5.4	Data Hasil Pengujian dan Analisis.....	44
5.6	Pengujian Pengiriman Data ke Modul SD Card.....	47
5.6.1	Tujuan.....	47
5.6.2	Peralatan.....	47
5.6.3	Prosedur Pengujian.....	47
5.6.4	Data Hasil Pengujian.....	47
BAB VI.....		50
KESIMPULAN DAN SARAN.....		50

6.1 Kesimpulan .....	50
6.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA .....	52
LAMPIRAN 1.....	53
LAMPIRAN 2.....	55
LAMPIRAN 3.....	58
DATASHEET .....	58



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lengkungan daya sesaat sebagai fungsi waktu.....	15
Gambar 2. 2 Arus dan tegangan sefasa.....	17
Gambar 2. 3 Arus teringgal ( <i>lagging</i> ) dari tegangan.....	17
Gambar 2. 4 Arus mendahului ( <i>leading</i> ) tegangan.....	17
Gambar 2. 5 Mikrokontroler Arduino.....	19
Gambar 2. 6 Diagram Blok DS1307.....	22
Gambar 2. 7 Skema SD Card Shield untuk Mikrokontroler Arduino .....	23
Gambar 4. 1. Diagram blok sistem keseluruhan.....	27
Gambar 4. 2. Rangkaian sensor tegangan.....	28
Gambar 4. 3. Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Tegangan.....	29
Gambar 4. 4. Rangkaian Sensor Arus untuk Rentang Pengukuran (0 – 7A).....	30
Gambar 4. 5. Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Arus.....	31
Gambar 4. 6. Konfigurasi pin LCD 20X4 untuk Mikrokontroler Arduino Uno .....	31
Gambar 4. 7. Konfigurasi pin Modul RTC untuk Mikrokontroler Arduino.....	32
Gambar 4. 8. Rangkaian Kontrol Sistem Mikrokontroler Arduino UNO .....	33
Gambar 4. 9. Diagram Alir Alat Perekam Penggunaan Daya Listrik.....	34
Gambar 5. 1. Rangkaian pengujian sensor tegangan.....	35
Gambar 5. 2. Sinyal keluaran rangkaian sensor tegangan .....	36
Gambar 5. 3. Rangkaian pengujian DC Bias Sensor Tegangan .....	37
Gambar 5. 4. Sinyal keluaran rangkaian DC Bias sensor tegangan .....	38
Gambar 5. 5. Rangkaian pengujian sensor arus.....	39
Gambar 5. 6. Sinyal sinusoida tegangan keluaran dari sensor arus .....	39
Gambar 5. 7 Grafik arus keluaran pada sensor arus SCT-013-000 .....	40
Gambar 5. 8. Rangkaian pengujian dc bias sensor arus.....	42
Gambar 5. 9. Sinyal Keluaran RPS.....	42
Gambar 5. 10. Rangkaian Pengukuran Arus, Tegangan, dan Daya Nyata.....	44
Gambar 5. 11. Pengujian pengiriman data dari Mikrokontroler ke Modul SD Card .....	47
Gambar 5. 12 Data Hasil Pengukuran pada SD Card.....	48
Gambar 5. 13 display LCD pada tampilan pengukuran beban.....	49
Gambar 5. 14 <i>File Logger</i> pada <i>Database</i> SD Card.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Spesifikasi Arduino Uno.....	19
Tabel 2. 2. Spesifikasi Modul SD Card untuk Arduino.....	23
Tabel 5. 1 Keluaran Tegangan Transformator.....	36
Tabel 5. 2 Data tegangan keluaran rangkaian DC Bias Sensor Tegangan.....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Tabel 5. 3 Data keluaran tegangan pada sensor arus.....	40
Tabel 5. 4 Data tegangan keluaran rangkaian pengondisi sinyal sensor arus.....	42
Tabel 5. 5 Perbandingan pembacaan nilai Arus (A) pada LCD dengan <i>Power Analyzer</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 6 perbandingan pembacaan nilai Tegangan (V) pada <i>Power Analyzer</i> dan LCD .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 7 Perbandingan pembacaan nilai Daya (P) pada power analyzer dan LCD .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5. 8 Perbandingan pembacaan nilai Daya (S) pada Power Analyzer dan LCD....	44



## ABSTRAK

**Zainma Wiraisy**, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2015, *Rancang Bangun Alat Pererekam Penggunaan Daya Listrik untuk Beban Rumah Tangga*, Dosen Pembimbing: Nanang Sulistiyanto, Ir., MT., dan Akhmad Zainuri, ST.,MT

Dalam kehidupan sehari-hari manusia tidak dapat terlepas dari penggunaan listrik. Untuk mempermudah konsumen listrik dalam memonitoring penggunaannya dibutuhkan sebuah alat perekam penggunaan daya listrik dalam rumah tangga. Metode yang digunakan dalam pengukuran daya listrik untuk rumah tangga menggunakan metode daya rata-rata. Dalam pengolahannya dibutuhkan nilai tegangan dan arus pada sistem kelistrikan sebagai masukan data arus dan tegangan sesaat yang akan diproses Mikrokontroler untuk mendapatkan nilai pengukuran Irms (A), Vrms (V), S (VA), dan P(W) dari beban rumah tangga. Dari hasil pengujian alat didapatkan sensitivitas dari sistem yang digunakan adalah  $5V/1023 = 0,0048V/bit = 0,00683A/bit$ . Dengan selisih rata-rata dari pengukuran dengan alat ukur pembanding power analyzer sebagai representasi nilai benar untuk pengukuran arus, tegangan, daya nya, dan daya semu sebesar 0,014 A, 0,852 V, 4,356 W, dan 3,35 VA.

**Kata Kunci**— *Metode nilai rata-rata, Irms, Vrms, Daya Nyata, Daya Semu*



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era perkembangan teknologi yang sangat pesat, peningkatan kebutuhan akan sumber energi listrik merupakan sebuah hal yang pasti. Pada tahun 2015 Indonesia akan memasuki zona pasar bebas ASEAN, dengan begitu konsumsi energi listrik diperkirakan akan meningkat pula dibandingkan waktu sebelumnya. Infrastruktur yang baik merupakan prasyarat untuk daya saing guna menjaga eksistensi di sistem baru ini. Dalam hal ini fokus penulisan pada kesiapan infrastruktur ketenagalistrikan. Permasalahan yang muncul adalah kebutuhan akan beban listrik tidak mampu terlayani dengan pembangkit listrik yang ada, terlihat dari tidak meratanya pasokan listrik yang tersebar di beberapa daerah di Indonesia dan masih seringnya terjadi pemadaman listrik secara bergiliran pada daerah-daerah tertentu, hal ini harus disikapi secara serius bukan hanya sekedar wacana. Penghematan dalam penggunaan beban listrik merupakan langkah awal yang dapat dilakukan guna membantu pemerintah dalam mengurangi defisit pada sumber ketenagalistrikan kita.

Hal-hal kecil yang sering dilakukan selama ini, mungkin tanpa kita sadari telah mengakibatkan dampak besar dan bila terus menerus dilakukan akan mengakibatkan kelangkaan energi listrik. Hal ini dapat terjadi karena gaya hidup konsumtif masyarakat yang boros dan tidak efisien, misalnya dalam pembelian barang elektronik lebih mengedepankan nilai *prestige* daripada fungsi utamanya sebagai apa dan belum untuk mendukung kegiatan yang produktif. Hal tersebut merupakan contoh perilaku konsumtif masyarakat. Selain itu, penggunaan barang-barang elektronik yang tidak sesuai kebutuhan dan tidak sesuai waktunya, contohnya lampu dibiarkan menyala pada siang hari yang terang benderang, meninggalkan ruang terlalu lama sementara AC dan lampu dibiarkan hidup, komputer tetap dibiarkan hidup sementara tidak digunakan sama sekali. Perilaku konsumtif masyarakat terhadap energi listrik ini dapat mengubah pola dan gaya hidup masyarakat menjadi lebih boros. Masalah pemborosan energi listrik ini

sebagian besar dilakukan akibat faktor manusia, hal ini dikarenakan banyaknya pemakaian listrik yang berlebihan dan tidak sesuai waktunya.

Penerapan efisiensi energi listrik menjadi hal yang sangat penting. Maksud efisiensi listrik disini bukan berarti harus mengorbankan kenyamanan seperti membaca di ruangan gelap atau mematikan seluruh AC pada gedung demi menghemat penggunaan listrik, namun contoh tindakan nyata dalam menggunakan energi listrik secara efisien adalah menggunakan alat-alat elektronika yang beban listriknya sesuai dengan kebutuhan dan cenderung lebih kecil beban listriknya. Selain efisien energi, terdapat juga perilaku konservasi energi, konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Contoh tindakan nyatanya adalah mematikan lampu, televisi, ataupun AC ketika sedang tidak digunakan. Pengertian konservasi energi disini adalah mengurangi konsumsi energi dengan mematikan peralatan yang tidak sedang digunakan. Jika selama ini kita sering membiarkan lampu tetap menyala walau sedang tidak digunakan, maka ketika kita mematakannya akan ada sejumlah energi yang bisa kita hemat. Efisiensi dan konservasi energi mempunyai peran vital dan sangat penting untuk mencegah perilaku boros dalam konsumsi energi listrik.

Untuk mendukung dilaksanakannya efisiensi dan konservasi energi listrik, dibutuhkan alat yang mampu *me-monitoring* penggunaan daya listrik yang dilakukan dan juga mencegah terjadinya pemborosan akibat kesalahan manusia.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai monitoring biaya penggunaan listrik untuk beban rumah tangga (Zakarriya, 2014). Dalam penelitian ini ditambahkan kemampuan alat yaitu dapat merekam penggunaan daya yang diserap oleh beban dengan rentang nilai arus beban (0 – 7A). Dengan adanya alat perekam nilai arus, tegangan, daya semu, dan daya nyata diharapkan mampu mempermudah konsumen dalam *me-monitoring* konsumsi daya listrik dan juga menghindari terjadi penggunaan daya listrik secara berlebih untuk beban rumah tangga.

## 1.2 Rumusan Masalah

Paparan mengenai latar belakang dapat dijadikan acuan untuk membuat beberapa rumusan masalah berikut :

- 1) Apakah metode yang digunakan dalam pengukuran daya listrik rumah tangga
- 2) Bagaimana mendapatkan nilai pengukuran Arus, Tegangan, Daya Nyata, dan Daya Semu yang bervariasi agar sesuai dengan nilai yang ada pada sistem
- 3) Bagaimana merekam nilai hasil pengukuran yang telah diproses pada Mikrokontroler Arduino

## 1.3 Batasan Masalah

Penyusunan penelitian ini menggunakan batasan masalah sebagai berikut:

- 1) Sumber listrik yang digunakan adalah sumber listrik 1 fasa dari jala-jala PLN tidak membahas sumber 3 fasa.
- 2) Rentang pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini berkisar antara 0 – 7A sesuai dengan kemampuan nilai arus maksimum pada MCB Rumah Tangga.
- 3) Pengukuran daya yang dilakukan menggunakan metode pengukuran daya rata-rata untuk menyesuaikan dengan pengukuran yang dilakukan PLN.

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat alat perekam penggunaan daya listrik pada beban rumah tangga dengan menggunakan metode penghitungan rata-rata. Arduino Uno digunakan sebagai sistem pengolah data, dengan menampilkan nilai pengukuran berupa arus, tegangan, daya nyata, dan daya semu yang merepresentasikan nilai dari sistem pada LCD dan Modul SD Card.

## 1.2 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi disusun dengan urutan sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan penelitian.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang tinjauan pustaka yang digunakan untuk dasar penelitian yang akan dilakukan dan untuk mendukung perancangan

dan pembuatan alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga, teori yang digunakan untuk membuat alat meliputi teori daya, sensor arus, rangkaian pengondisi sinyal, dan mikrokontroler Arduino Uno.

### **BAB III METODOLOGI**

Berisi metodologi dan perancangan penelitian. Tahapan penyelesaian penelitian meliputi: studi literatur, perancangan dan pengujian, pengambilan data, perhitungan dan analisis data.

### **BAB IV PERANCANGAN ALAT**

Berisi tentang pembahasan, analisis, dan perancangan alat yang diajukan dalam penelitian.

### **BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Berisi pengujian dan analisis performansi dari hasil perancangan alat dan pengambilan data primer kemudian dianalisis sesuai dengan keadaan sebenarnya.

### **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi kesimpulan dari perancangan dan pembuatan alat dan saran untuk penelitian selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dipaparkan tinjauan pustaka tentang alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga. Referensi pustaka yang akan dijelaskan antara lain mengenai teori Daya Listrik, Transformasi Fourier, Sensor Arus, dan Mikrokontroler Arduino Uno.

#### 2.1 Daya Listrik

Daya ialah banyaknya perubahan energi terhadap waktu dalam besaran tegangan dan arus (Stevensen, 1993). Daya listrik dapat dibagi menjadi 3 yaitu daya nyata ( $P$ ), daya reaktif ( $Q$ ), dan daya semu ( $S$ ).

##### 2.1.1. Daya Nyata

Daya nyata  $P$  merupakan daya sebenarnya yang dibutuhkan oleh beban-beban/peralatan rumah tangga. Daya nyata dinyatakan dalam persamaan:

$$P = V \cdot I \cos \varphi \quad (2-1)$$

Satuan daya nyata adalah watt (W). akan tetapi pada suatu sistem, nilai  $P$  diukur dalam kilowatt (kW) (Stevensen, 1993). Pada persamaan daya nyata terdapat  $\cos \varphi$ . Nilai  $\varphi$  ditentukan oleh sifat kapasitif dan induktif. Nilai  $\varphi$  maksimal adalah  $90^\circ$  dan nilai  $\varphi$  minimum adalah  $-90^\circ$  selalu positif, maka nilai daya nyata selalu bernilai positif.

##### 2.1.2. Daya Reaktif

Daya reaktif  $Q$  adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif. Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan:

$$Q = V \cdot I \sin \varphi \quad (2-2)$$

Satuan dari daya reaktif adalah volt ampere reaktif (VAR), dalam sistem nilai  $Q$  diukur dalam KVAR (Stevensen, 1993). Pada persamaan daya reaktif terdapat  $\sin \varphi$ . Nilai maksimal  $\varphi$  adalah  $90^\circ$  dan nilai  $\varphi$  minimum adalah  $-90^\circ$ , karena nilai  $\sin \varphi$  saat  $\varphi = 90^\circ$  bernilai positif dan saat  $\varphi = -90^\circ$  bernilai negatif, maka nilai daya reaktif selalu berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya.

### 2.1.3. Daya Semu

Daya semu merupakan resultan antara daya nyata dan daya reaktif. Daya semu dinyatakan dalam persamaan:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{atau} \quad S = V \cdot I \quad (2-3)$$

Satuan dari daya semu adalah volt ampere (VA), dalam sistem nilai S diukur dalam KVA (Stevensen, 1993). Daya semu adalah daya sebenarnya yang dipasok oleh PLN.

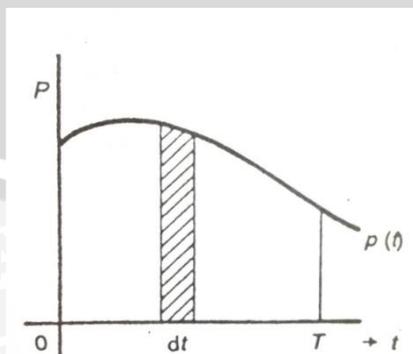
### 2.1.4. Daya Rata-Rata

Ukuran daya yang sangat penting, terutama untuk arus dan tegangan berulang, adalah *daya rata-rata*. Daya rata-rata ini sama dengan kecepatan rata-rata tenaga yang diserap oleh suatu unsur tidak bergantung pada waktu. Daya tersebut antara lain adalah yang dimonitor oleh perusahaan listrik dalam menentukan daya listrik bulanan yang terpakai. Jika suatu tegangan  $v$  dikenakan pada suatu unsur yang di dalamnya mengalir arus  $i$ , maka daya yang diberikan oleh sumber kepada unsur tersebut adalah

$$p = vi \text{ watt} \quad (2-4)$$

Daya  $vi$  tersebut dapat dihitung di bagian mana saja pada daur tegangan yang dikenakan.

Dalam persoalan praktis, daya rata-rata lebih penting artinya daripada daya sesaat. Misalnya, jika suatu masakan dipanasi dengan kompor listrik, maka tenaga yang dilepaskan dalam waktu setengah jam lebih penting artinya dibandingkan terhadap variasi tenaga yang diberikan oleh kompor selama satu daur. Tenaga keseluruhan yang diberikan, dalam hal ini berupa panas, adalah jumlah tenaga yang dilepaskan pada setiap diferensial selang waktu.



Gambar 2. 1 Lengkungan daya sesaat sebagai fungsi waktu

Sumber : Mismail, 1995

Tenaga keseluruhan = jumlah tenaga yang dilepaskan dalam setiap selang  $dt$  selama satu periode  $T$  daya itu diberikan (Mismail, 1995).

Tenaga dalam suatu diferensial selang waktu  $dt$  adalah  $p dt$ , karena daya didefinisikan sebagai aliran tenaga persatuan waktu. Tenaga keseluruhan yang diberikan adalah jumlah semua luasan  $p dt$  seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.1. besarnya adalah

$$W = \int_0^T p dt \text{ joule} \quad (2-5)$$

Kedayagunaan kompor tersebut terutama ditentukan oleh berapa lama waktu yang diperlukan untuk mencatu daya  $p$ . Tenaga keseluruhan  $W$  dibagi dengan waktu yang diperlukan untuk melepaskannya disebut dengan *daya rata-rata*  $P$  selama selang waktu tersebut, atau secara matematika

$$P = \frac{W}{T} = \frac{1}{T} \int_0^T p dt \text{ watt} \quad (2-6)$$

Dalam hampir setiap persoalan, daya rata-rata lebih penting artinya daripada daya sesaat karena adanya kelembaman yang terdapat dalam setiap sistem (Mismail, 1995).

## 2.2 Faktor Daya (Cos $\phi$ )

Faktor daya (Cos  $\phi$ ) merupakan suatu konstanta pengali dengan nilai 0 sampai 1, yang menunjukkan seberapa besar daya nyata yang diserap oleh beban resistif dari daya semu yang ada pada suatu beban total. Faktor daya dapat dirumuskan dalam persamaan:

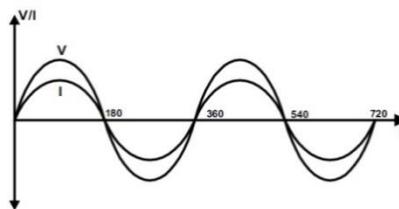
$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Nyata}}{\text{Daya Semu}} = \text{Cos } \phi \quad (2-5)$$

Suatu rangkaian induktif dikatakan mempunyai “faktor daya yang tertinggal (*lagging power factor*) dan rangkaian kapasitif dikatakan mempunyai “faktor daya yang mendahului” (*leading power factor*). Dengan perkataan lain istilah-istilah faktor daya yang tertinggal dan mendahului berturut-turut menunjukkan apakah arus tersebut tertinggal atau mendahului dari tegangan yang terpasang. (Stevensen, 1993).

## 2.3 Hubungan Fasa

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

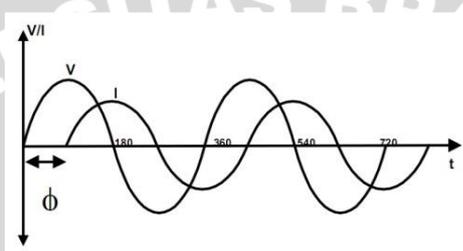
Arus dan tegangan sefasa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Arus dan tegangan sefasa

Sumber: Pabla, 1986

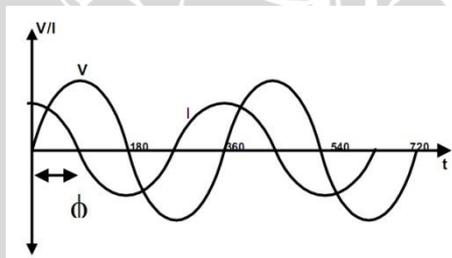
Tegangan dapat melalui harga nol dan naik ke harga tertinggi pada waktu yang lebih dahulu dari arus seperti dalam Gambar 2.3. Dalam hal ini arus dikatakan tertinggal (*lagging*) dari tegangan.



Gambar 2. 3 Arus tertinggal (*lagging*) dari tegangan

Sumber: Pabla, 1986

Tegangan dapat melalui harga nol dan harga tertingginya pada beberapa saat kemudian dari pada arus seperti dalam Gambar 2.4. Dalam hal ini arus dikatakan mendahului (*leading*) tegangan.



Gambar 2. 4 Arus mendahului (*leading*) tegangan

Sumber: Pabla, 1986

Lamanya waktu dimana arus mendahului atau tertinggal dari tegangan bervariasi dalam rangkaian yang berbeda dari kondisi sefasa sampai mendahului atau tertinggal  $\frac{1}{4}$  siklus atau  $90^\circ$ . Oleh karena itu waktu dapat diukur dalam derajat listrik, beda waktu atau beda fasa dari arus dan tegangan biasanya dinyatakan dalam derajat listrik dan disebut sudut fasa. (Pabla, 1986)

#### 2.4 Sensor Arus *Non-Invasive*

Sensor SCT-013-000 bisa digunakan untuk mengukur arus AC (*alternate current*) hingga 100 A secara *non-invasive* (tidak mempengaruhi rangkaian

elektronika yang diukur karena pengukuran dilakukan tanpa kontak elektrik langsung — juga dikenal dengan istilah "*split core current transformer*") dengan cara "penjepitan" (*clamping*) pada kabel pembawa arus.

Cara kerjanya yaitu berfungsi sebagai *coil* induksi yang mendeteksi perubahan medan magnet yang terjadi di sekeliling konduktor pembawa arus. Dengan mengukur jumlah arus yang dibangkitkan oleh *coil*, dapat menghitung jumlah arus yang melewati konduktor tersebut (prinsip medan magnet pada trafo/*transformer*).

Karakteristik elektrik pada sensor ini meliputi:

- Rasio masukan dan keluaran: 100A : 50mA
- Rentang arus terukur / *input metered current*: 0 ~ 100 Ampere AC
- Rentang arus keluaran / *output current*: 0 - 50 mA
- Tegangan pengukuran keluaran / *output sampling voltage*: 0 ~ 50 mV AC
- Frekuensi operasional: 20 Hz ~ 20 kHz
- Rentang suhu operasional: -25° ~ +70°C
- Kekuatan dielektris / *dielectric strength*: 1 KV AC / 1 menit 5 mA

## 2.5 Mikrokontroler Arduino

Arduino adalah *board* berbasis mikrokontroler pada 8-bit Atmel AVR, atau 32-bit Atmel ARM. Salah satu jenis *board* Arduino adalah Arduino Uno yang berbasis mikrokontroler Atmega328 ditunjukkan dalam Gambar 2.5 arduino Uno memiliki 14 pin *input / output* digital (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, ICSP (*Input Circuit Serial Programming*) Header, jack listrik, dan tombol *reset*. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Uno Arduino dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Spesifikasi arduino ditunjukkan dalam Tabel 2.1.



Gambar 2. 5 Mikrokontroler Arduino

Sumber: Arduino, 2014

Tabel 2. 1. Spesifikasi Arduino Uno

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Sumber: Arduino, 2014

Mikrokontroler Arduino Uno diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya akan dipilih secara otomatis. Penggunaan catu daya eksternal melalui 2.1 mm jack listrik dengan kutub positif berada di tengah. Atmega328 memiliki 32KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk bootloader), 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM. Masing-masing dari 14 pin digital pada Uno dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, dan beroperasi pada 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up internal* yang (secara *default* terputus) dari 20-50 kOhm. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- 1.) Serial: pin 0 (Rx) dan pin 1 (Tx). Digunakan untuk menerima dan mengirimkan (Tx) TTL data serial. Pin ini terhubung ke pin yang sesuai dari USB to TTL Serial Chip Atmega8U2.
- 2.) *External Interrupt*: pin 2 dan pin 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interrupt pada logika rendah, tepi naik atau tepi turun.
- 3.) *Pulse Width modulation (PWM)*: pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan 8-bit PWM output.
- 4.) *Serial Peripheral Interface (SPI)*: pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).
- 5.) LED: pin 13. LED terhubung ke pin digital 13.

Uno memiliki 6 *input* analog, pin A0 – A5, yang masing-masing menyediakan resolusi 10-bit. Secara default mereka mengukur dari *Ground* sampai 5 volt, meskipun mungkin untuk mengubah batas atas dari *range* ADC menggunakan pin AREF. Pin analog yang memiliki fungsi khusus sebagai *Two Wire Interface (TWI)* yaitu pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL). Selain itu terdapat pin *reset* pada kondisi logika rendah untuk melakukan *reset* mikrokontroler.

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia di pin digital 0 (Rx) dan 1 (Tx). Sebuah Atmega16U2 pada saluran *board* komunikasi serial ini melalui USB dan muncul sebagai *com port virtual* untuk perangkat lunak pada komputer.

Arduino *Integrated Development Environment (IDE)* adalah sebuah aplikasi *cross-platform* yang ditulis dengan basis Java. *Source program* untuk diaplikasikan pada mikrokontroler Arduino adalah bahasa C/C++. Pengguna Arduino menggunakan dua fungsi inti untuk membuat *looping* program yang dapat dieksekusi yaitu:

- 1.) `setup()` : fungsi dijalankan sekali pada awal program yang dapat menginisialisasi pengaturan.
- 2.) `Loop()` : fungsi yang dieksekusi berulang kali hingga mikrokontroler non-aktif.

## 2.6 Modul Real-Time Clock

RTC (*Real-Time Clock*) merupakan suatu chip (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal, salah satu contoh *Real-Time Clock* adalah DS1307. DS1307 merupakan serial *Real-Time Clock* dengan konsumsi daya rendah, menggunakan basis BCD (*Binary Code Decimal*) pada perhitungan jam atau kalender ditambah dengan 56 byte NV SRAM. Waktu dan kalender menyediakan detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun. Perhitungan akhir tanggal bulan disesuaikan otomatis selama pada bulan tersebut kurang dari 31 hari. Termasuk koreksi pada tahun kabisat. DS1307 beroperasi sebagai perangkat slave pada I2C bus dengan pin keluaran:

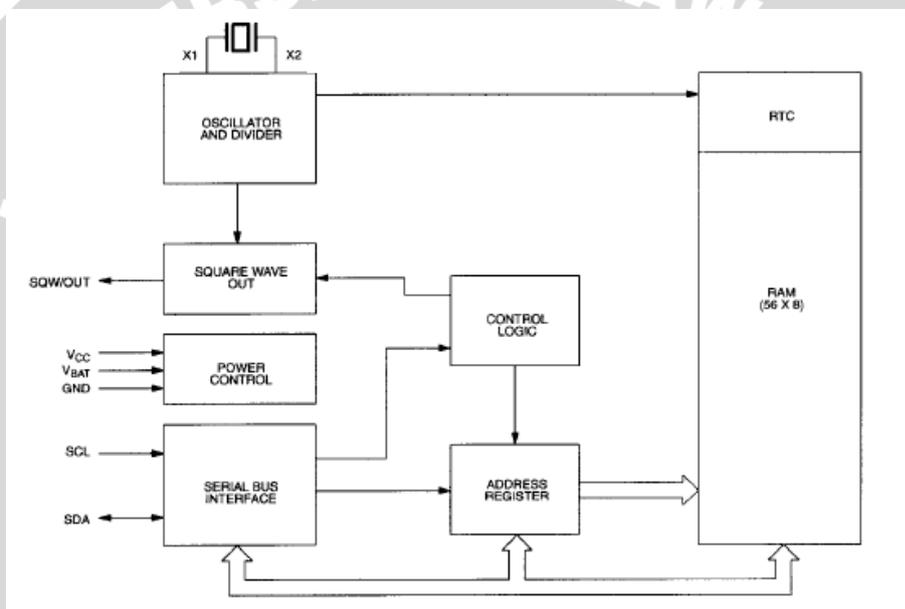
- 1.) Vcc sebagai sumber tegangan utama.
- 2.) GND sebagai *Ground*
- 3.)  $V_{batt}$  merupakan daya cadangan untuk RTC DS1307 dalam menjalankan fungsi waktu dan tanggal. Besarnya adalah 3V dengan menggunakan jenis Lithium Cell atau sumber energi lain. Jika pin ini tidak di gunakan maka harus terhubung dengan *Ground*. Sumber tegangan dengan 48 mAH atau lebih besar dapat digunakan sebagai cadangan energi sampai lebih dari 10 tahun, namun dengan persyaratan untuk pengoperasian dalam suhu 25<sup>0</sup>C.
- 4.) SDA sebagai data masukan atau keluaran untuk antar muka I<sup>2</sup>C.
- 5.) SCL sebagai *clock* untuk *input* ke I<sup>2</sup>C dan digunakan untuk mensinkronisasi aliran data.
- 6.) SQW jika diaktifkan menghasilkan empat gelombang kotak dengan frekuensi 1 Hz, 4kHz, 8kHz, atau 32kHz.

DS1307 dapat bekerja dalam mode sebagai berikut:

- 1.) *Slave receiver mode* yaitu mode menulis pada DS 1307. Data serial dan clock diterima melalui SDA dan SCL. Diawali dengan *start* bit kemudian alamat DS1307 yaitu 1101000 yang dihasilkan oleh mikrokontroler. Diikuti oleh bit kondisi R/W dengan *write* adalah 0 kemudian bit *acknowledge* dan selanjutnya byte data berselingan dengan akhir *stop* bit.
- 2.) *Slave transmitter mode* yaitu mode baca dilakukan dengan serial *input* pada SDA dan clock pada SCL. Sama seperti mode *receive*. Diawali dengan *start* bit kemudian alamat DS1307 yaitu 1101000 dan bit kondisi R/W dengan *read*

adalah 1 selanjutnya data berselingan dengan *aknowledge* dan pada akhir *frame* sebelum *stop* bit adalah *not aknowledge*.

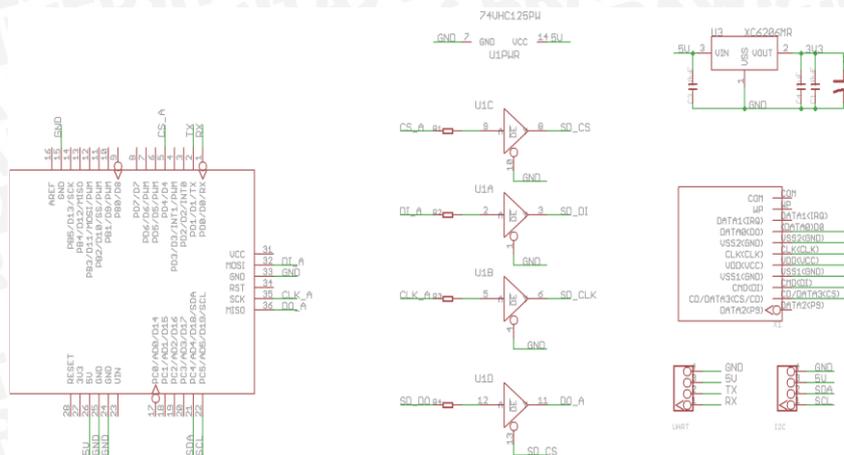
Ketika  $V_{cc}$  turun dibawah  $V_{baterai}$  rangkaian akan secara otomatis tersaklar ke tenaga baterai, dan ketika  $V_{cc}$  lebih besar  $0,2V$   $V_{baterai}$  maka rangkaian akan menggunakan sumber  $V_{cc}$ . DS1307 menggunakan Kristal 32.768kHz eksternal. Rangkaian osilator tidak memerlukan resistor eksternal atau kapasitor untuk beroperasi. Keakuratan waktu tergantung pada keakuratan Kristal dan keakuratan pertandingan antara beban kapasitif pada rangkaian osilator dan beban kapasitif kristal. Pergeseran frekuensi pada rangkaian osilator dimungkinkan akibat pergeseran suhu dan mengakibatkan waktu berjalan lebih cepat.



Gambar 2. 6 Diagram Blok DS1307  
Sumber: Dallas, 2005

## 2.7 Modul SD Card

Rangkaian Modul SD Card Shield ini diinginkan dapat menyimpan data pengukuran pemakaian daya listrik yang diolah Mikrokontroler Arduino sesuai dengan waktu nyata pemakaiannya. Pada perancangan sistem ini digunakan Modul SD Card Shield V4.0 yang penggunaannya dapat ditumpuk dengan Mikrokontroler Arduino sehingga penggunaan pin dapat lebih efisien seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Skema SD Card Shield untuk Mikrokontroler Arduino  
 Sumber: Seed Studio, 2013

Konfigurasi pin yang digunakan pada perancangan ini adalah:

- 1.) Pin D4 : SD\_CS
- 2.) Pin D11 : SD\_DI
- 3.) Pin D12 : SD\_DO
- 4.) Pin D13 : SD\_CLK

Berikut ini merupakan spesifikasi dari Modul SD Card Shield V4.1:

Tabel 2. 2. Spesifikasi Modul SD Card untuk Arduino

Item	Min	Typical	Max	Unit
Voltage	3.5	5.0	5.5	V
Current	0.159	100	200	mA
Supported Card Type	SD card(<=32G); Micro SD card(<=32G); SDHC card(<=32G)			/
Dimension	68.7x53.5x19.00			Mm
Net Weight	14.8			G

Sumber: Seed Studio, 2013



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Sistem Keseluruhan

Dalam perancangan sebuah sistem kita membutuhkan sebuah kerangka perancangan tentang kerja alat yang akan dibangun, kerangka perancangan tentang alat yang akan dibangun ini dijelaskan melalui sebuah diagram blok sistem keseluruhan alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga.

### 3.2 Perancangan Sistem Perangkat Keras

Perancangan sistem perangkat keras alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga ini dibagi menjadi beberapa bagian perancangan, untuk mempermudah dalam mengamati karakter data keluaran dari setiap rangkaian agar sesuai dengan masukan rangkaian berikutnya dan membangun sistem elektrik secara keseluruhan.

Berikut ini merupakan beberapa perancangan perangkat keras yang akan dilakukan untuk membangun alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga.

- 1) Perancangan rangkaian sensor tegangan
- 2) Perancangan rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor tegangan
- 3) Perancangan rangkaian sensor arus
- 4) Perancangan rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor tegangan
- 5) Perancangan Modul LCD untuk Mikrokontroler Arduino UNO
- 6) Perancangan Modul RTC untuk Mikrokontroler Arduino UNO
- 7) Perancangan Kontrol Sistem Alat Perekam Penggunaan Daya Listrik

### 3.3 Perancangan Sistem Perangkat Lunak

Penyusunan perangkat lunak digunakan untuk mengendalikan dan mengatur kinerja dari alat ini. Desain dan parameter yang telah dirancang kemudian diterapkan dengan menggunakan bahasa C melalui compiler Arduino IDE dan selanjutnya diunggah pada mikrokontroler Arduino.

### 3.4 Pengujian dan Analisis

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa sistem ini berjalan sesuai yang direncanakan. Pengujian alat mencakup pengujian tiap-tiap blok dan juga pengujian keseluruhan.

Berikut ini beberapa tahap dalam pengujian yaitu:

- 1) Pengujian rangkaian sensor tegangan
- 2) Pengujian rangkaian sensor tegangan beserta rangkaian pengondisi sinyal
- 3) Pengujian rangkaian sensor arus
- 4) Pengujian rangkaian sensor arus beserta rangkaian pengondisi sinyal
- 5) Pengujian pengiriman data dari mikrokontroler ke Modul SD card Arduino
- 6) Pengujian Keseluruhan

Setelah pengujian tiap-tiap blok dilakukan untuk mengetahui apakah masukan dan keluaran sudah sesuai dengan perancangan tiap blok, lalu dilanjutkan dengan pengujian sistem secara keseluruhan untuk dapat menarik kesimpulan dari hasil perancangan.



## BAB IV

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

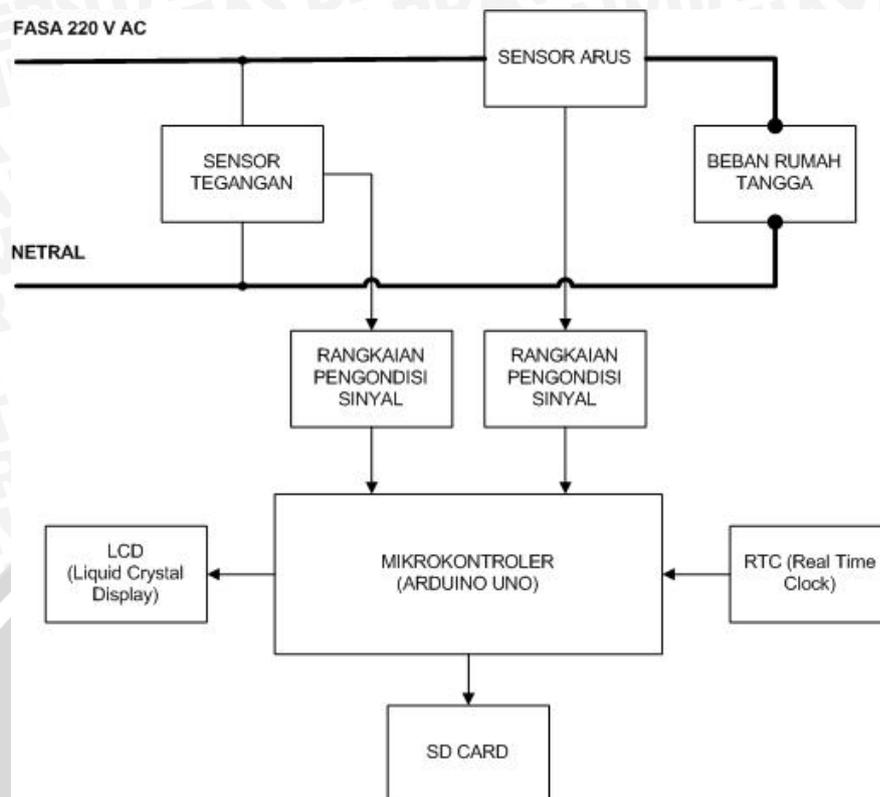
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan dan pembuatan alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga. Sistem kendali alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga menggunakan Modul Mikrokontroler Arduino Uno. Perancangan alat perekam penggunaan daya diwujudkan dalam tahapan perancangan blok diagram alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga, perancangan dan pembuatan perangkat keras, perancangan perangkat lunak.

#### 4.1 Blok Diagram Sistem Alat Perekam Penggunaan Daya Listrik Beban Rumah Tangga

Prinsip kerja dari blok diagram pada gambar 4.1 adalah sistem dimulai dengan pendeteksian sinyal oleh rangkaian sensor tegangan dan rangkaian sensor arus. Sensor tegangan yang berupa *transformator step-down* berfungsi untuk mengambil sinyal sinusoida tegangan sebesar 9 volt dari sinyal sinusoida tegangan 220 volt sistem. Sensor arus berfungsi mengkonversi sinyal sinusoida arus menjadi sinyal sinusoida tegangan yang linier dengan perubahan nilai arus.

Sinyal keluaran sensor tegangan dan keluaran sensor arus masuk ke rangkaian pengondisi sinyal DC Bias. Rangkaian pengondisi sinyal DC bias berfungsi untuk menaikkan sinyal sinusoida sehingga siklus negatif naik sampai nilai tegangan bernilai positif, dengan jarak antara puncak atas  $\leq 5$  V DC dan puncak bawah sinyal bernilai  $\geq 0$  V DC.

Keluaran dari rangkaian pengondisi sinyal akan masuk ke pin Analog Arduino untuk diolah agar mendapatkan nilai pengukuran daya listrik yang terpakai. Setelah didapatkan nilai hasil pengukuran daya listrik maka data akan ditampilkan pada LCD dan juga direkam pada modul SD Card Arduino secara *real-time*.



Gambar 4. 1. Diagram blok sistem keseluruhan

## 4.2 Perancangan Perangkat Keras Perekam Penggunaan Daya Listrik Rumah Tangga

Perancangan perangkat keras alat perekam penggunaan daya listrik terbagi menjadi beberapa bagian, antara lain:

1. Perancangan rangkaian sensor tegangan
2. Perancangan rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan
3. Perancangan rangkaian sensor arus
4. Perancangan rangkaian pengondisi sinyal sensor arus
5. Perancangan rangkaian LCD untuk Mikrokontroler Arduino
6. Perancangan rangkaian Modul RTC untuk Mikrokontroler
7. Perancangan rangkaian Sistem Kontrol Keseluruhan

### 4.2.1. Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan

Untuk mendeteksi sinyal tegangan yang terpakai oleh beban menggunakan trafo *step-down* yang menurunkan level tegangan 220 V AC menjadi 9 Vrms AC, dengan nilai tegangan puncak +12,7 V dan nilai tegangan puncak -12,7 V. Nilai tegangan keluaran dari trafo *step-down* sebesar ini dapat merusak rangkaian mikrokontroler. Maka masih perlu dicekikan lagi untuk dapat diolah oleh mikrokontroler.

Untuk menurunkan level tegangan keluaran dari trafo *step-down*, digunakan rangkaian pembagi tegangan, tegangan referensi pada Arduino bernilai antara 0 - 5 V DC. Rangkaian pembagi tegangan ini dirancang untuk menghasilkan keluaran tegangan yang sesuai dengan tegangan referensi pada arduino, dengan penghitungan sebagai berikut:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

Tegangan keluaran trafo: 9 Vrms

$$V_{peak\ trafo} = 9 \times \sqrt{2} = 12,7\ V$$

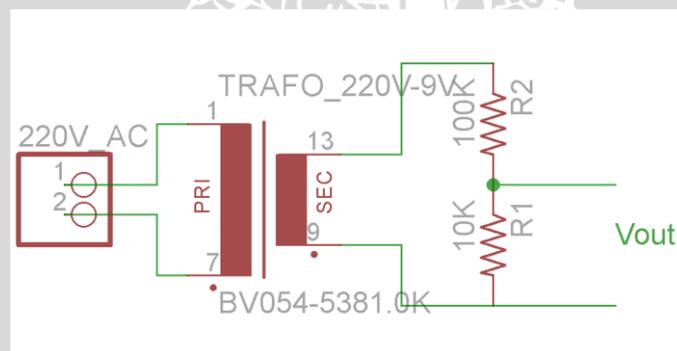
$$V_{peak - peak\ trafo} = 25,4\ V$$

Resistor R1 dan R2 pada Gambar 4.2 membentuk sebuah rangkaian pembagi tegangan yang menurunkan nilai tegangan keluaran dari trafo *step-down*. Nilai hambatan R1 dan R2 dipilih untuk memberikan nilai tegangan keluaran puncak  $\pm 1\ V$ . Untuk trafo dengan tegangan keluaran 9 Vrms AC, kombinasi nilai resistor R1 = 10 k $\Omega$  dan R2 = 100 k $\Omega$  cocok untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran yang cocok.

$$V_{o\ puncak} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{i\ puncak}$$

$$V_{o\ puncak} = \frac{10\ k\Omega}{10\ k\Omega + 100\ k\Omega} \times 12,7\ V$$

$$V_{o\ puncak} = 1,15\ V$$



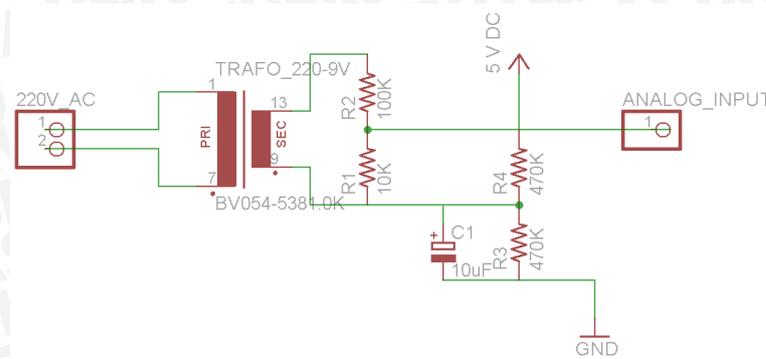
Gambar 4. 2. Rangkaian sensor tegangan

Sinyal keluaran yang diinginkan pada rangkaian ini masih berbentuk sinusoida murni dengan puncak +1,15 V dan -1,15 V.

#### 4.2.2. Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Tegangan

Dalam perancangan rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor tegangan diinginkan rangkaian yang mampu menaikkan titik nol sinyal sinusoida pada rangkaian

sebelumnya ke titik 2,5V agar nilai puncak atas dan bawah sinyal bernilai positif seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3. Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Tegangan

Tegangan bias yang dihasilkan dari pembagi tegangan R3 dan R4 merupakan setengah dari nilai tegangan catu 5 V DC yang bernilai 2,5 V. Kapasitor di atas berguna berfungsi sebagai kapasitor catu untuk mendapatkan tegangan keluaran pada R3 dan R4 stabil. Jika keluaran dari catu daya 5 V DC, maka hasil gelombang yang dihasilkan dari rangkaian ini memiliki nilai puncak positif:

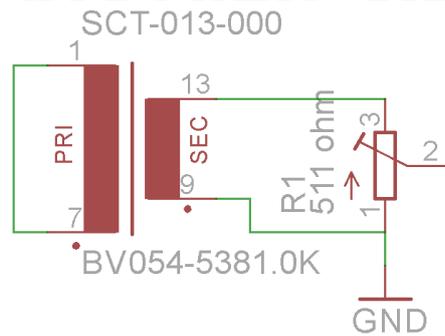
$$V_{out} = V_{out \text{ sensor tegangan}} + V_{out \text{ rangkaian DC Bias}}$$

$$V_{out} = 1,15V + 2,5V = 3,65 V$$

Dan nilai untuk puncak negatif naik 2,5V menjadi 1,35V. sehingga nilai tegangan yang menjadi masukan Mikrokontroler berkisar antara 3,65V – 1,35V. Nilai tegangan keluaran dari rangkaian DC Bias ini dapat dijadikan masukan pada pin analog 2 Arduino.

#### 4.2.3. Perancangan Rangkaian Sensor Arus

Dalam perancangan Rangkaian Sensor Arus dibutuhkan sensor yang mampu membaca nilai arus pada beban dalam bentuk sinyal sinusoida tegangan, digunakan sensor arus SCT-013-000 yang memiliki keluaran berupa sinyal sinusoida arus sehingga tidak dapat dijadikan input untuk mikrokontroler. Untuk itu perlu ditambahkan resistor paralel pada keluaran sensor arus SCT-013-000 seperti pada Gambar 4.4 untuk mendapatkan nilai keluaran berupa tegangan yang linier dengan nilai arusnya, berkisar antara 0V sampai 5V dalam range arus beban rumah tangga (0 – 7A).



Gambar 4. 4. Rangkaian Sensor Arus untuk Rentang Pengukuran (0 – 7A)

Berikut ini akan dijelaskan mencari nilai resistor ideal untuk rangkaian ini:

- 1.) Menentukan rentang nilai ukur yang akan dibaca oleh sensor: (0 – 7A)
- 2.) Menentukan nilai maksimum arus yang mengalir pada kumparan primer sensor:

$$I_p = I_{rms} \times \sqrt{2} \text{ ampere}$$

$$I_p = 7 \times \sqrt{2} = 9,899 \text{ A}$$

- 3.) Menentukan arus maksimum yang mengalir pada kumparan sekunder sensor:

$$I_s = \frac{I_p}{\text{Jumlah lilitan sensor}} \text{ ampere}$$

$$I_s = \frac{9,899}{2000} = 0,0049 \text{ A}$$

- 4.) Untuk memaksimalkan resolusi pengukuran tegangan, nilai resistor yang dipasangkan harus menghasilkan nilai tegangan referensi pada Mikrokontroler (0V – 5V) maka:

$$\frac{A_{REF}}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ V}$$

- 5.) Hitung nilai resistor ideal menggunakan Hk.Ohm:

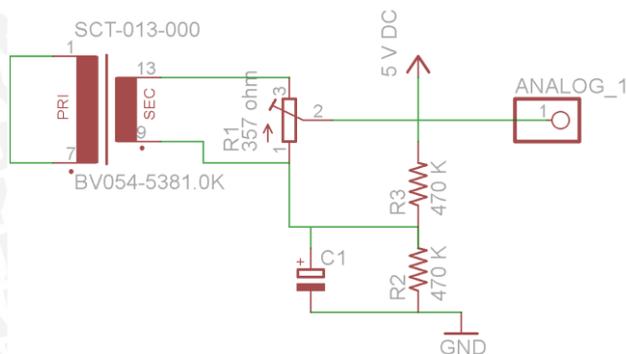
$$R = \frac{V}{I} \Omega$$

$$R = \frac{V_{ref}}{I_s} \Omega$$

$$R = \frac{2,5}{0,0049} = 510,25 \Omega$$

#### 4.2.4. Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Arus

Perancangan rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor arus sama seperti rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor tegangan diinginkan keluaran dari rangkaian ini memiliki bentuk sinyal sinusoida dengan titik tengah sinyal berada pada titik 2,5 V serta puncak atas dan bawah sinyal  $\leq 5V$  dan  $\geq 0V$ . Gambar 4.5 menunjukkan rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor arus.



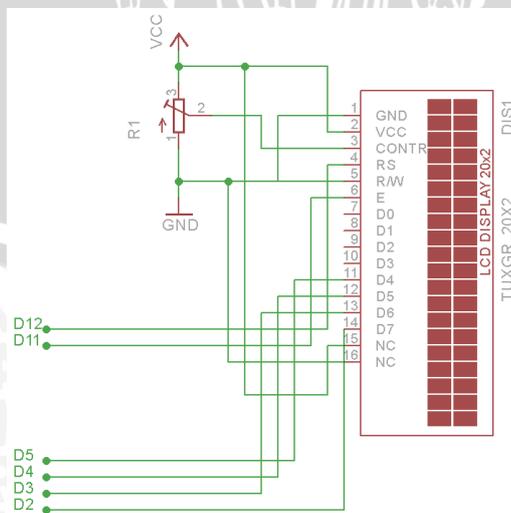
Gambar 4. 5. Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Arus

Tegangan bias yang dihasilkan dari pembagi tegangan R3 dan R4 merupakan setengah dari nilai tegangan catu 5 V DC yang bernilai 2,5 V. Kapasitor C1 berfungsi sebagai kapasitor catu untuk mendapatkan keluaran yang stabil dari rangkaian pembagi tegangan R3 dan R4.

#### 4.2.5. Perancangan Rangkaian *Liquid Crystal Display*

Pada perancangan sistem ini digunakan LCD modul QC1602A yang merupakan sebuah modul LCD *dot matrix* yang membutuhkan daya kecil. LCD modul QC1602A dilengkapi panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi. Rangkaian koneksi LCD karakter 2X16 ke mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 4.6. LCD modul QC1602A mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- 1.) Memiliki 20 karakter dan 4 baris tampilan yang terdiri atas 5 X 7 *dot matrix*.
- 2.) Memerlukan catu daya DC 5 V.
- 3.) Menggunakan 4-bit data dan 3-bit control.
- 4.) Kontras yang dapat diatur .

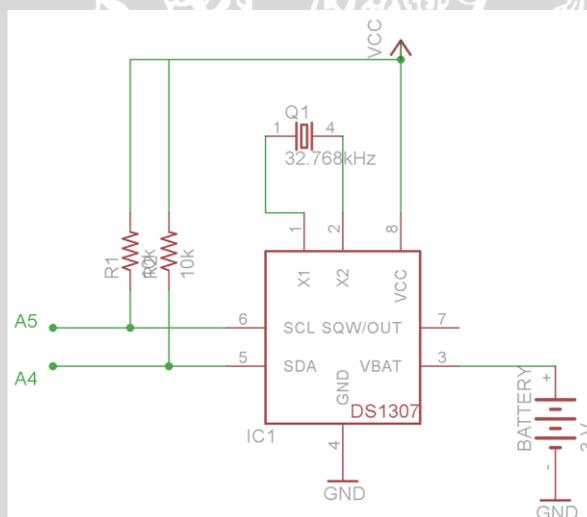


Gambar 4. 6. Konfigurasi pin LCD 20X4 untuk Mikrokontroler Arduino Uno

Dalam perancangan diinginkan agar kontras dan *backlight* dari LCD dapat diatur, maka dipasang sebuah variabel resistor dengan nilai 10 k $\Omega$  pada pin *contrast* dari LCD 20X4 karakter untuk mengatur nilai tegangan yang masuk pada pin *contrast*.

#### 4.2.6. Perancangan Rangkaian *Real Time Clock* DS1307

Modul RTC pada penelitian ini menggunakan DS1307 untuk menampilkan waktu dan tanggal secara *real time*. RTC menggunakan komunikasi data I2C yang hanya membutuhkan dua jalur yaitu SDA dan SCL. SCL (*Serial Clock*) merupakan jalur clock, digunakan untuk mensinkronkan data transfer antara Mikrokontroler Arduino dan Modul RTC dalam I2C bus. SDA dan SCL dihubungkan keseluruhan komponen dalam bus I2C. selain kedua jalur tersebut masih terdapat jalur ketiga yaitu Ground dan Vcc. Baik SDA maupun SCL merupakan tipe *open drain*. Maksud dari *open drain* adalah *chip* yang dapat membuat keluarannya berlogika 0, namun tidak dapat membuat keluarannya berlogika 1, agar dapat memberikan keluaran berlogika 1 diperlukan resistor *pull-up* sebesar 10 k $\Omega$  pada jalur SDA dan SCL yang dihubungkan pada suplai DC 5V seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7. Konfigurasi pin Modul RTC untuk Mikrokontroler Arduino

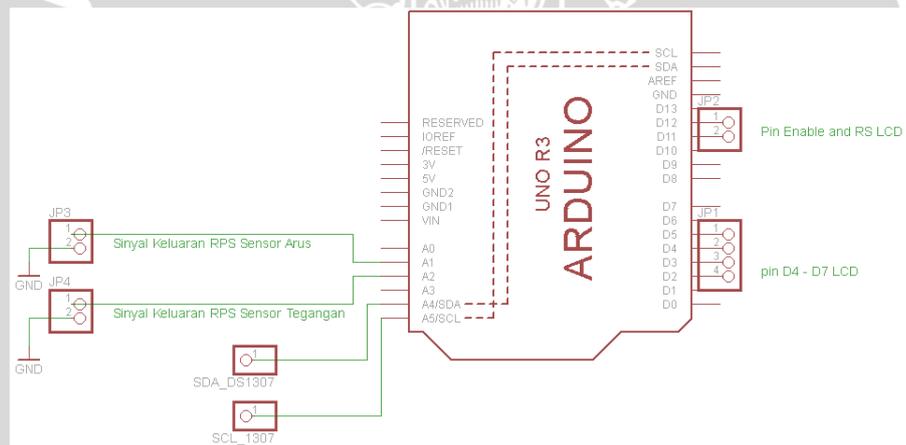
#### 4.2.7. Perancangan Kontrol Sistem Mikrokontroler Arduino UNO

Pada perancangan Kontrol Sistem Perangkat Keras digunakan Mikrokontroler Arduino UNO. Mikrokontroler Arduino UNO menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital input/output. Dari 20 pin yang disediakan oleh

Mikrokontroler ini hanya beberapa yang digunakan dalam perancangan ini. Berikut ini merupakan alokasi pin yang digunakan:

- 1.) PORTA.1 difungsikan sebagai masukan dari sinyal keluaran rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor arus.
- 2.) PORTA.2 difungsikan sebagai masukan dari sinyal keluaran rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor tegangan.
- 3.) Dua pin pada (PORTA.4 – PORTA.5) difungsikan sebagai pengiriman data untuk Modul RTC.
- 4.) Enam pin pada (PORTD.11 – PORTD.12) difungsikan sebagai pin RS dan *enable* pada rangkaian LCD dan (PORTD.2 – PORTD.5) difungsikan sebagai pin D4 – D7 pada rangkaian LCD.

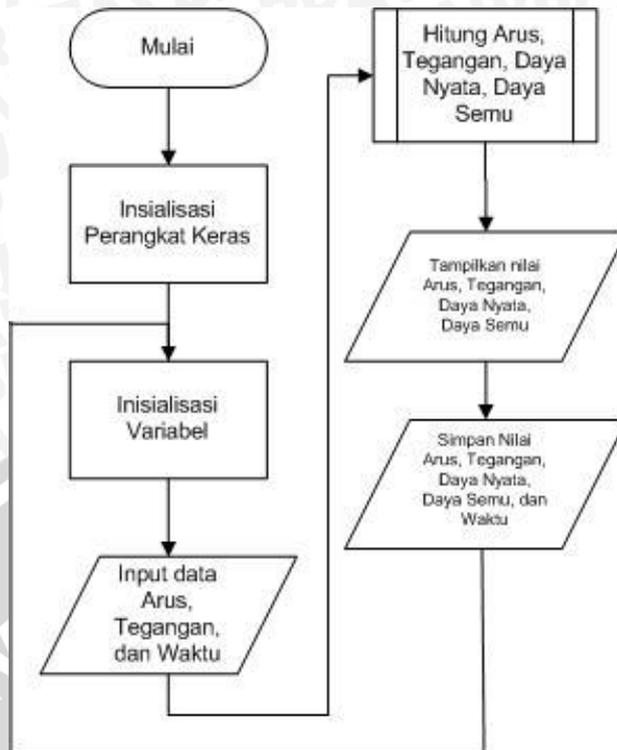
Dari total 20 pin yang disediakan pada Mikrokontroler ini hanya digunakan 10 pin seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8. Rangkaian Kontrol Sistem Mikrokontroler Arduino UNO

### 4.3 Perancangan Perangkat Lunak Alat Perekam Penggunaan Daya Listrik

Perancangan perangkat lunak untuk mengontrol sistem alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga, menggunakan bahasa pemrograman C dan perangkat lunak IDE Arduino yang digunakan sebagai *compiler* program. Program dirancang untuk mengatur alur kerja pada mikrokontroler sehingga sesuai dengan diagram alir pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9. Diagram Alir Alat Pererekam Penggunaan Daya Listrik



## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

#### 5.1 Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan

##### 5.1.1 Tujuan

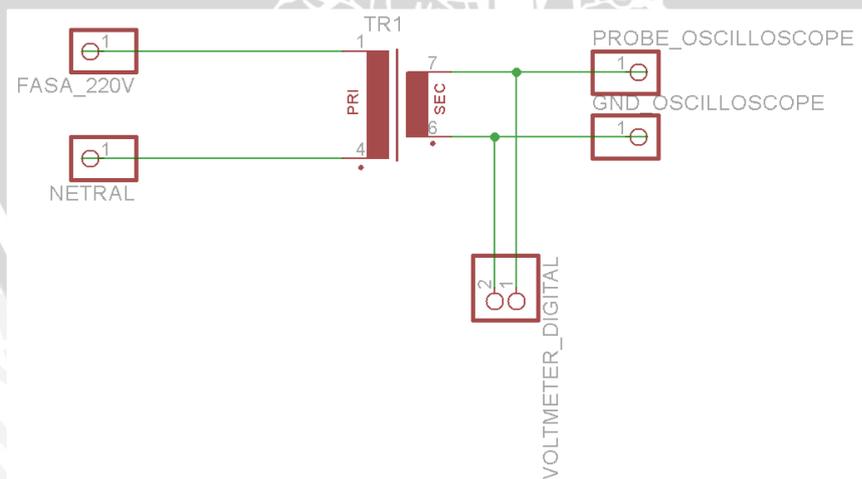
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian sensor tegangan sudah berfungsi dengan baik untuk menampilkan nilai tegangan untuk masukan Mikrokontroler sebagai representasi dari nilai tegangan sistem.

##### 5.1.2 Peralatan

Pada pengujian kali ini dibutuhkan sinyal tegangan sistem kelistrikan 220 V AC. Sensor tegangan yang digunakan merupakan *Transformator Step-Down* yang menurunkan sinyal tegangan sistem dari 220 V AC menjadi tegangan 9 V AC. Untuk mengetahui bentuk sinyal keluaran dari sensor tegangan dibutuhkan Oscilloscope dan juga Voltmeter sebagai acuan besar nilai keluaran pada sensor tegangan.

##### 5.1.3 Prosedur Pengujian

Pada pengujian kali ini hal pertama yang dilakukan adalah merangkai peralatan yang digunakan seperti pada Gambar 5.1. Setelah rangkaian terbentuk lihat nilai tegangan yang keluar pada sensor tegangan menggunakan Voltmeter lalu catat nilai keluarannya. Setelah itu lihat bentuk sinyal keluaran sensor tegangan pada Oscilloscope dan simpan bentuk sinyal keluaran pada sensor tegangan pada Flashdisk.



Gambar 5. 1. Rangkaian pengujian sensor tegangan

#### 5.1.4 Data Hasil Pengujian

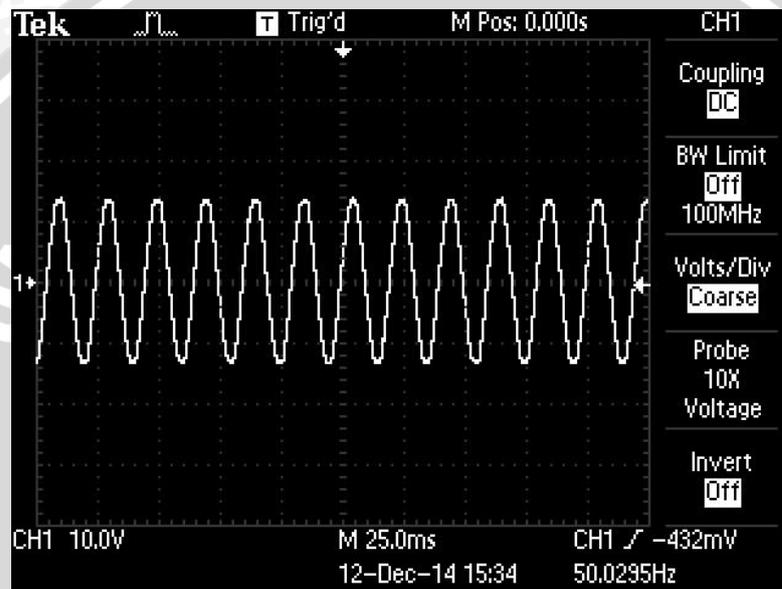
Data hasil pengujian rangkaian sensor tegangan sebagai berikut:

1. Tegangan pada keluaran sensor tegangan dan ditunjukkan pada Tabel 5.1

Tabel 5. 1 Keluaran Tegangan Transformator

Pengujian ke-	Tegangan Masukan (volt)	Pembacaan Voltmeter (volt)
1	220	9,8

2. Bentuk sinyal sinusoida tegangan keluaran dari rangkaian sensor tegangan



Gambar 5. 2. Sinyal keluaran rangkaian sensor tegangan

#### 5.1.5 Analisis Hasil Pengujian

Dari Oscilloscope dapat dilihat bahwa sinyal keluaran *Transformator Step-Down* (220 V AC – 9 V AC) yang dihasilkan memiliki tegangan puncak 14 V AC dan tegangan puncak-puncaknya 28 V AC.

### 5.2 Pengujian Rangkaian DC Bias Sensor Tegangan

#### 5.2.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk melihat bentuk sinyal keluaran dari *Transformator Step-Down* apakah sudah dapat menjadi data masukan sinyal tegangan pada Mikrokontroler.

#### 5.2.2 Peralatan

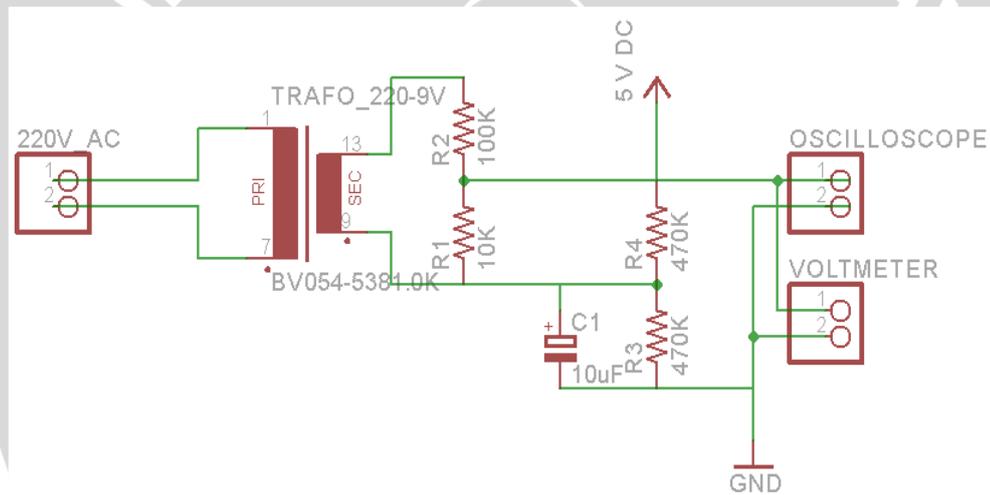
Pada pengujian kali ini dibutuhkan sinyal tegangan sistem kelistrikan 220 V AC. Sensor tegangan yang digunakan merupakan *Transformator Step-Down* yang menurunkan sinyal tegangan sistem dari 220 V AC menjadi tegangan 9 V AC. Untuk

repository.ub.ac.id

dapat menjadikan tegangan keluaran dari sensor tegangan menjadi masukan untuk mikrokontroler Arduino dibutuhkan rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor tegangan. Untuk mengetahui bentuk sinyal keluaran dari sensor tegangan dibutuhkan Oscilloscope dan juga Voltmeter sebagai acuan besar nilai keluaran pada rangkaian pengondisi sinyal.

### 5.2.3 Prosedur Pengujian

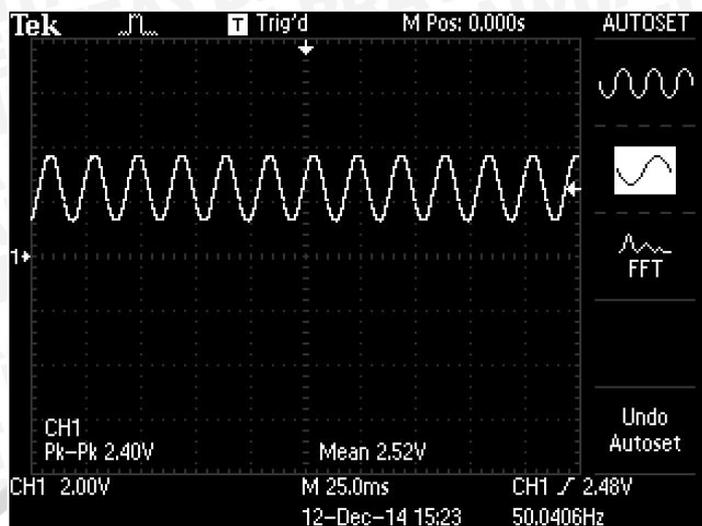
Pada pengujian kali ini hal pertama yang dilakukan adalah merangkai peralatan yang digunakan seperti pada Gambar 5.3. Setelah rangkaian terbentuk catat nilai tegangan yang tertera pada Voltmeter yang dipasangkan pada keluaran rangkaian pengondisi sinyal. Setelah itu lihat bentuk sinyal keluaran sensor tegangan pada Oscilloscope di simpan bentuk sinyal keluaran pada sensor tegangan pada Flashdisk.



Gambar 5. 3. Rangkaian pengujian DC Bias Sensor Tegangan

### 5.2.4 Data Hasil Pengujian

Dari data hasil pengujian didapatkan nilai keluaran yang terukur pada voltmeter untuk keluaran sensor tegangan sebesar 9,8 V AC dan keluaran pada rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan sebesar 2,52 V DC. Bentuk sinyal keluaran dari rangkaian pengondisi sinyal dapat terlihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5. 4. Sinyal keluaran rangkaian DC Bias sensor tegangan

### 5.2.5 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan data hasil pengujian rangkaian DC Bias untuk sensor tegangan, bentuk sinyal yang dikeluarkan rangkaian ini memiliki tegangan puncak-puncak 2,4 V dan titik tengah sinyal berada pada 2,45 V. bentuk sinyal memiliki titik puncak atas dan bawah yang bernilai +3,65 V dan +1,25 V. Dari hasil keluaran ini maka sinyal tegangan dapat dijadikan sebagai masukan ke Mikrokontroler sebagai data dari nilai tegangan yang akan diubah ke bentuk digital melalui pin 2 analog Arduino.

## 5.3 Pengujian Rangkaian Sensor Arus

### 5.3.1 Tujuan

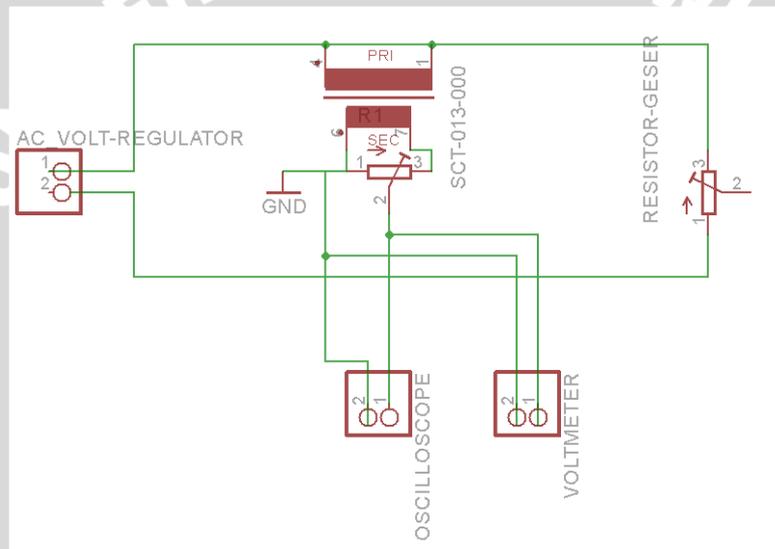
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besar nilai keluaran dari sensor arus yang berbentuk sinyal tegangan apakah berubah secara linear terhadap perubahan arus yang diukur atau tidak.

### 5.3.2 Peralatan

Pada pengujian kali ini dibutuhkan *AC voltage regulator* sebagai pengubah nilai arus yang akan mengalir pada beban resistor geser yang akan menjadi masukan untuk sensor arus SCT-013-000, untuk melihat nilai arus keluaran pada sensor arus digunakan Amperemeter. Untuk melihat sinyal keluaran pada sensor arus perlu dipasangkan resistor secara paralel pada keluaran sensor arus untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran yang linier naik seiring dengan kenaikan arus pada masukan sensor. Untuk melihat bentuk sinyal keluaran pada sensor arus digunakan Oscilloscope dan Flashdisk 128MB sebagai penyimpan bentuk sinyal keluarannya.

### 5.3.3 Prosedur Pengujian

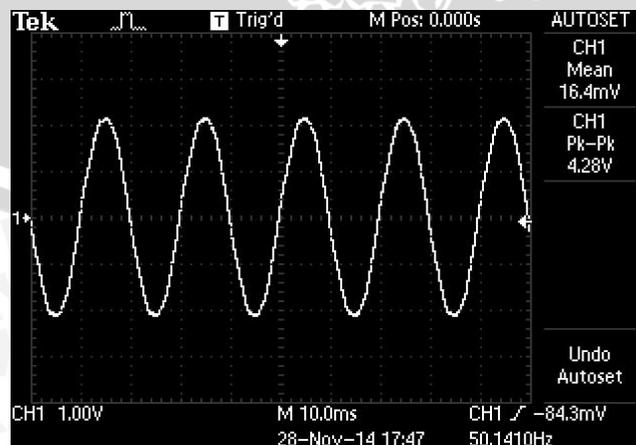
Pada pengujian kali ini hal pertama yang kita lakukan adalah dengan membentuk rangkaian seperti pada Gambar 5.5 dengan menjepitkan sensor arus SCT-013-000 pada kabel yang menghubungkan antara resistor geser dengan AC *voltage regulator*. Pasangkan Amperemeter secara seri pada masukan dari kabel sumber ke beban untuk mengetahui nilai arus yang mengalir pada beban berupa resistor geser. Catat keluaran nilai arus dari sensor arus menggunakan Amperemeter dengan perubahan nilai beban yang bervariasi dengan kenaikan arus beban 0,5 A. lalu amati bentuk sinyal keluaran dari sensor menggunakan Oscilloscope dengan menambahkan resistor yang dipasang secara paralel pada keluaran sensor arus, lalu simpan bentuk sinyal yang keluar pada Oscilloscope menggunakan Flashdisk 128MB



Gambar 5. 5. Rangkaian pengujian sensor arus

### 5.3.4 Data Hasil Pengujian

1. Bentuk sinyal keluaran pada rangkaian sensor arus SCT-013-000.



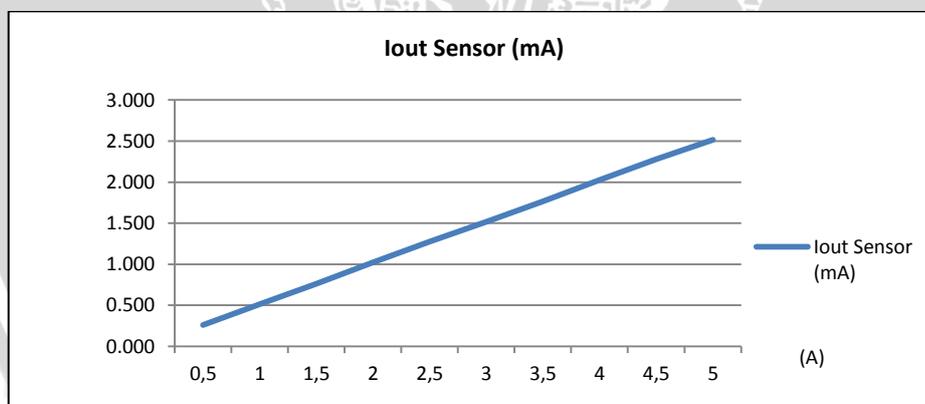
Gambar 5. 6. Sinyal sinusoida tegangan keluaran dari sensor arus

## 2. Data keluaran sensor arus terhadap nilai arus beban.

Tabel 5. 2 Data keluaran arus pada sensor arus

Pengujian ke-	Beban ( $\Omega$ )	Iinput (A)	Iout (mA)
1.	30	0,5	0.262
2.	30	1	0.515
3.	30	1,5	0.763
4.	30	2	1.021
5.	30	2,5	1.275
6.	30	3	1.518
7.	30	3,5	1.765
8.	30	4	2.025
9.	30	4,5	2.277
10.	30	5	2.517

### 5.3.5 Analisis Hasil Pengujian



Gambar 5. 7 Grafik arus keluaran pada sensor arus SCT-013-000

Pada Gambar 5.7 sinyal keluaran dari sensor arus SCT-013-000 dengan nilai resistor 511  $\Omega$  memiliki bentuk sinusoida dengan puncak atas bernilai +2,14 V dan puncak bawahnya -2,14 V. bentuk sinyal ini menunjukkan bahwa rangkaian sensor arus bekerja dengan baik namun belum dapat dijadikan masukan untuk mikrokontroler sebagai nilai arus karena masih memiliki nilai negatif pada sinyalnya.

Dari nilai keluaran sensor arus pada Tabel 5.3. nilai tegangan yang keluar pada sensor arus naik secara linier sesuai dengan kenaikan arus pada beban yang diberikan

sehingga menunjukkan rangkaian sensor arus bekerja dengan baik sesuai dengan perancangannya.

## **5.4 Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Arus**

### **5.4.1 Tujuan**

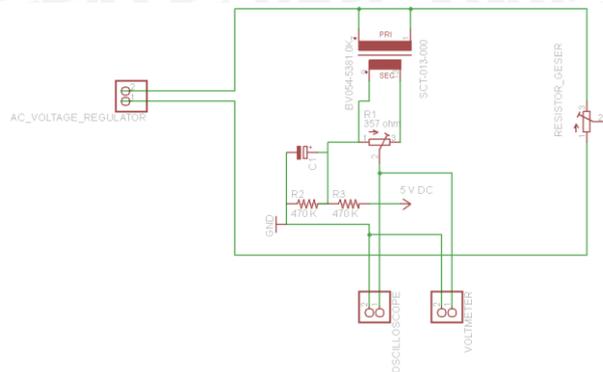
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian mampu berfungsi menambah *offset* sinyal arus sehingga memiliki bentuk sinyal dengan puncak atas dan bawahnya bernilai positif sehingga dapat dijadikan nilai masukan untuk pengolahan Mikrokontroler Arduino.

### **5.4.2 Peralatan**

Pada pengujian kali ini dibutuhkan *AC voltage regulator* sebagai pengubah nilai arus yang akan mengalir pada beban resistor geser yang akan menjadi masukan untuk sensor arus SCT-013-000, untuk melihat nilai arus keluaran pada sensor arus digunakan Amperemeter. Untuk dapat menjadikan keluaran dari sensor arus sebagai masukan dari sistem pengolahan mikrokontroler Arduino dibutuhkan rangkaian pengondisi sinyal untuk mengubah sinyal AC menjadi sinyal DC yang beresilasi. Untuk melihat bentuk sinyal keluaran pada sensor arus digunakan Oscilloscope dan Flashdisk 128MB sebagai penyimpan bentuk sinyal keluarannya.

### **5.4.3 Prosedur Pengujian**

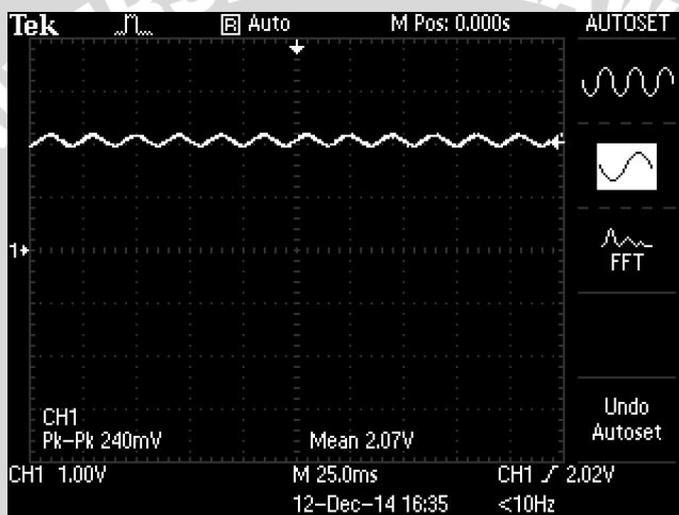
Pada pengujian kali ini hal pertama yang kita lakukan adalah dengan membentuk rangkaian seperti pada Gambar 5.8 dengan menjepitkan sensor arus SCT-013-000 pada kabel yang menghubungkan antara resistor geser dengan *AC voltage regulator*. Pasangkan Amperemeter secara seri pada masukan dari kabel sumber ke beban untuk mengetahui nilai arus yang mengalir pada beban berupa resistor geser. Catat keluaran nilai tegangan dari rangkaian pengondisi sinyal menggunakan Voltmeter dengan perubahan nilai beban yang bervariasi dengan kenaikan arus beban 0,5 A. lalu amati bentuk sinyal keluaran dari sensor menggunakan Oscilloscope, lalu simpan bentuk sinyal yang keluar pada Oscilloscope menggunakan Flashdisk 128MB



Gambar 5. 8. Rangkaian pengujian dc bias sensor arus

#### 5.4.4 Data Hasil Pengujian

Bentuk sinyal keluaran pada rangkaian pengondisi sinyal sensor arus.



Gambar 5. 9. Sinyal Keluaran RPS

Tabel 5. 3 Data tegangan keluaran rangkaian pengondisi sinyal sensor arus

Pengujian ke-	$I_{in}$ (A)	$V_{out}$ RPS (V)
1.	0,5	2.593
2.	1	2.722
3.	1,5	2.846
4.	2	2.980
5.	2,5	3.11
6.	3	3.234
7.	3,5	3.360
8.	4	3.492
9.	4,5	3.621
10.	5	3.743

### 5.4.5 Analisis Hasil Pengujian

Pada gambar 5.11 yaitu pada saat pengujian dengan menggunakan beban resistor geser yang nilai arus masukannya dirubah dari 0 – 5A menggunakan *Voltage Regulator*, bentuk sinyal yang keluar dari rangkaian pengondisi sinyal memiliki titik tengah yang konstan pada nilai 2,5 V dan amplitudo sinyal naik secara linier seiring dengan kenaikan pada arus beban dengan amplitudo atas dan bawahnya bernilai positif. Sinyal yang keluar pada rangkaian ini memiliki puncak atas dan bawah yang bernilai positif dengan range 0 – 5V.

Rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor arus ini bekerja dengan baik menambah *offset* dari sinyal keluaran sensor arus sehingga sinyal yang keluar dari rangkaian ini mampu dijadikan sebagai masukan nilai arus untuk dapat diolah oleh mikrokontroler Arduino.

## 5.5 Pengujian pengukuran nilai Arus, Tegangan, dan Daya pada Beban

### 5.5.1 Tujuan

Pada pengujian kali ini terdapat dua pengujian, yang pertama untuk mengetahui kestabilan nilai hasil pengukuran alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga, dan yang kedua untuk mengetahui besar selisih pengukuran yang dihasilkan dibandingkan dengan alat ukur *power analyzer* sebagai representasi nilai benar.

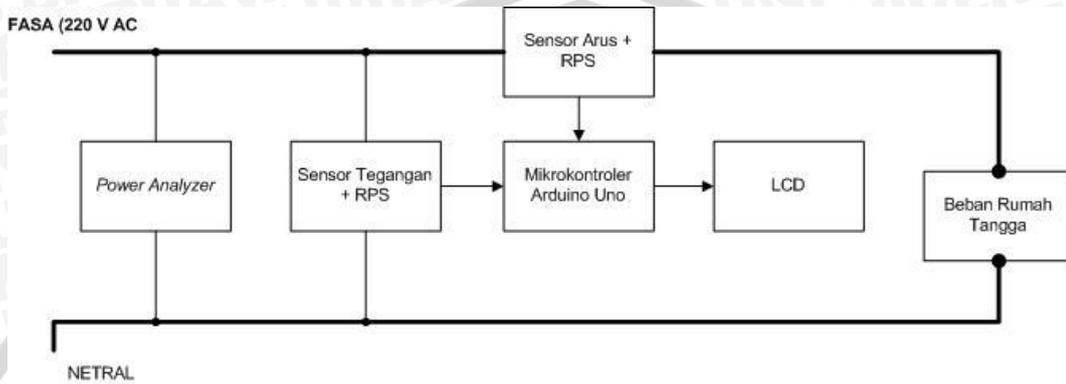
### 5.5.2 Peralatan

Peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian kali ini adalah rangkaian sistem perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga yang dipasangkan pada sistem pembebanan rumah tangga dengan beban yang digunakan adalah solder listrik dengan daya 40W, lampu Bohlam 60 W, Heater 300 W, Setrika 300 W, Dispenser 220 W.

### 5.5.3 Prosedur Pengujian

Prosedur untuk pengujian pertama dilakukan dengan merangkai alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga seperti pada Gambar 5.10, dengan menjepitkan sensor arus SCT-013-000 pada kabel beban yang terhubung pada sumber kelistrikan rumah tangga AC 220 V dan menancapkan sensor tegangan pada sumber kelistrikan rumah tangga AC 220 V. Setelah itu catat keluaran hasil pengukuran alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga. Lalu ulangi percobaan sampai lima kali. Amati hasil pengukuran disetiap pengujian. Prosedur untuk pengujian

kedua dilakukan dengan merangkai alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga seperti pada Gambar 5.10 kemudian lakukan pengukuran dengan menggunakan variasi beban rumah tangga, catat nilai hasil pengukuran yang tertera pada alat ukur Power Analyzer dan alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga. Bandingkan nilai hasil pengukuran yang didapatkan lalu cari nilai selisih pengukuran yang di dapatkan. Berikan analisis terhadap data hasil pengukuran tersebut.



Gambar 5. 10. Rangkaian Pengukuran Arus, Tegangan, dan Daya Nyata, dan Daya Semu

#### 5.5.4 Data Hasil Pengujian dan Analisis

Data hasil pengujian pertama melakukan pengujian sebanyak lima kali dengan nilai beban yang sama untuk melihat kestabilan hasil keluaran alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga.

Tabel 5. 4 Nilai hasil pengukuran dengan beban yang sama dengan pengujian berulang

Pengujian ke-	Beban	Daya Nyata (W)	Daya Semu (VA)	Tegangan (V)	Arus (A)
1.	Solder 40 W	41,91	42,70	221,07	0,19
2.	Solder 40 W	41,88	42,64	221,18	0,19
3.	Solder 40 W	41,83	42,60	220,92	0,19
4.	Solder 40 W	41,96	42,72	221,28	0,19
5.	Solder 40 W	41,90	42,78	221,05	0,19

Berdasarkan hasil pengukuran yang tertera pada LCD alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga pengujian beban berupa solder listrik 40 W didapatkan nilai pengukuran arus yang konstan pada 0,19 A, pada pengukuran tegangan didapatkan hasil nilai pengukuran tegangan yang berubah dengan rentang 220,92 – 221,28 V , untuk pengukuran nilai daya semu memiliki rentang pengukuran 42,60 –

42,78 VA, dan untuk pengukuran nilai daya nyata memiliki rentang pengukuran dari 41,83 – 41,96 W. Perbedaan hasil pengukuran pada alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga dikarenakan tidak stabilnya tegangan yang dihasilkan pada sistem kelistrikan rumah tangga.

Tabel 5. 5 Hasil perbandingan pengukuran nilai arus dengan Power Analyzer dengan APPD

Pengujian ke-	Beban	Power analyzer (A)	APPDL (A)	Selisih Arus (A)
1	Bohlam 60 W	0,26	0,24	0,02
2	Solder 40 W	0,18	0,17	0,01
3	Heater 300 W	1,38	1,37	0,01
4	Setrika 300 W	1,47	1,46	0,01
5	Dispenser 270 W	1,35	1,33	0,02

Dari Tabel 5.5 didapatkan rata-rata selisih pengukuran nilai arus terhadap beban yang bervariasi sebesar 0,014 A.

Tabel 5. 6 Hasil perbandingan pengukuran nilai tegangan antara Power Analyzer dengan APPD

Pengujian ke-	Beban	Power Analyzer (V)	APPDL (V)	Selisih Tegangan (V)
1.	Bohlam 60 W	220	220,23	0,23
2.	Solder 40 W	219	217,09	1,91
3.	Heater 300 W	218	217,47	0,53
4.	Setrika 300 W	218	219,16	1,16
5.	Dispenser 270 W	219	218,57	0,43

Dari hasil pengukuran tegangan pada Tabel 5.6 didapatkan nilai rata-rata selisih pengukuran antara Power Anlayzer dengan APPDL sebesar 0,852 V.

Tabel 5. 7 Hasil perbandingan pengukuran nilai daya nyata antara Power Analyzer dengan APPD

Pengujian ke-	Beban	Power analyzer (W)	APPDL (W)	Selisih Daya (W)
1.	Bohlam 60 W	55,86	51,08	4,78
2.	Solder 40 W	37,24	35,31	1,93
3.	Heater 300 W	290,00	293,98	3,98
4.	Setrika 300 W	284,80	283,09	1,71
5.	Dispenser 270 W	234,00	224,62	9,38

Dari hasil pengukuran daya nyata pada Tabel 5.7 didapatkan nilai rerata selisih pengukuran antara Power Analyzer dengan APPDL sebesar 4,356 W

Tabel 5. 8 Perbandingan pengukuran daya semu antara Power Analyzer dengan APPDL

Pengujian ke-	Beban	Power analyzer (VA)	APPDL (VA)	Selisih Daya (VA)
1.	Bohlam 60 W	57	52,85	4,15
2.	Solder 40 W	38	36,90	1,10
3.	Heater 300 W	300	297,93	2,07
4.	Setrika 300 W	320	319,88	0,12
5.	Dispenser 270 W	300	290,69	9,31

Dari hasil pengukuran daya semu pada Tabel 5.8 didapatkan rata-rata selisih pengukuran antara Power Analyzer dengan APPDL sebesar 3,35 VA. Dari data yang didapatkan pada kedua pengujian ini dapat disimpulkan bahwa pengukuran pada alat perekam penggunaan daya listrik ini layak untuk digunakan sebagai acuan penggunaan dalam evaluasi penggunaan daya listrik untuk konsumen rumah tangga.

## 5.6 Pengujian Pengiriman Data ke Modul SD Card

### 5.6.1 Tujuan

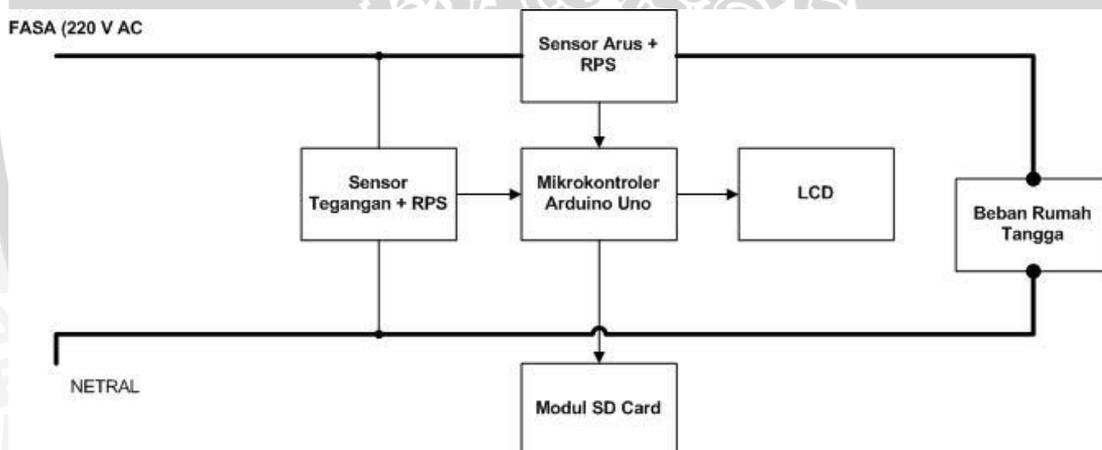
Pengujian pengiriman data Mikrokontroler Arduino ke Modul SD Card ini bertujuan untuk mengetahui kinerja pengiriman data apakah sesuai dengan data yang diproses pada Mikrokontroler Arduino.

### 5.6.2 Peralatan

Pada pengujian kali ini peralatan yang dibutuhkan adalah modul SD Card sebagai tempat penyimpanan data hasil pengukuran mikrokontroler Arduino Uno arus, tegangan, daya semu, dan daya nyata. Computer untuk membaca isi dari SD Card dengan format data berupa .csv.

### 5.6.3 Prosedur Pengujian

Pada pengujian kali ini hal pertama yang dilakukan adalah memasang alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga seperti pada Gambar 5.11 lalu seperti pada pengukuran. Lalu setelah dilakukan pengukuran cabut SD Card pada Modul SD Card lalu tancapkan SD Card pada komputer buka file datalogger.



Gambar 5. 11. Pengujian pengiriman data dari Mikrokontroler ke Modul SD Card

### 5.6.4 Data Hasil Pengujian

1. Hasil pengujian pengiriman data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1938	42.97	42.26	224.55	0.19									
1939	42.9	42.2	224.21	0.19									
1940	42.78	42.07	223.73	0.19									
1941	42.9	42.19	224.09	0.19									
1942	42.81	42.11	223.95	0.19									
1943	42.9	42.18	224.15	0.19									
1944	42.48	41.78	223.27	0.19									
1945	42.97	42.26	224.44	0.19									
1946	42.57	41.85	223.11	0.19									
1947	43.03	42.32	224.36	0.19									
1948	42.83	42.13	224.25	0.19									
1949	42.9	42.2	224.25	0.19									
1950	42.91	42.2	224.12	0.19									
1951	42.86	42.15	224.35	0.19									
1952	42.87	42.17	224.23	0.19									
1953	43	42.29	224.43	0.19									
1954	42.52	41.83	223.21	0.19									

Gambar 5. 12 Data Hasil Pengukuran pada SD Card

Hasil pengujian pada Gambar 5.12 menunjukkan data berhasil tersimpan pada SD Card dan terdeteksi Microsoft Excel dengan format .csv (*comma separated value*).

## 5.7 Pengujian Sistem Keseluruhan

### 5.7.1. Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan bahwa sub-sub sistem yang telah teruji sebelumnya dapat dirangkai menjadi satu sistem yang utuh dan dapat beroperasi sesuai dengan perencanaan.

### 5.7.2. Peralatan

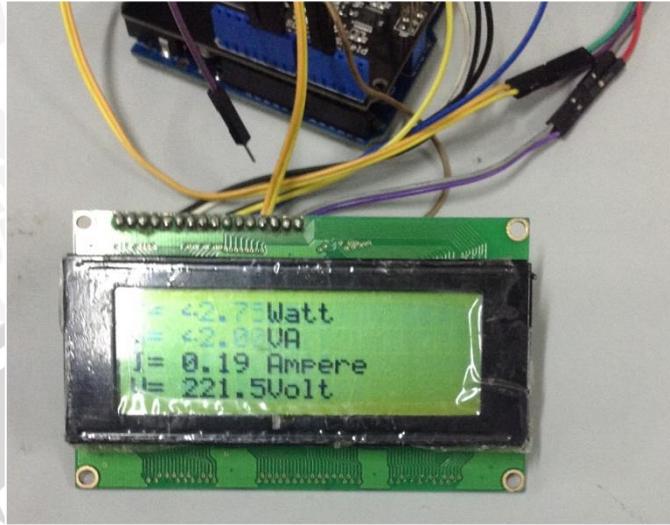
Pada pengujian kali ini peralatan yang dibutuhkan adalah alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga, sistem kelistrikan rumah tangga AC 220 V, dan beban rumah tangga berupa solder listrik 40 W.

### 5.7.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian kali ini dilakukan dengan merangkai alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga seperti pada Gambar 4.1, dengan menjepitkan sensor arus SCT-013-000 pada kabel beban yang terhubung pada sumber kelistrikan rumah tangga AC 220 V dan menancapkan sensor tegangan pada sumber kelistrikan rumah tangga AC 220 V. Setelah itu amati keluaran hasil pengukuran alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga pada LCD dan SD Card.

#### 5.7.4. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian keseluruhan ditampilkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 5. 13 display LCD pada tampilan pengukuran beban

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1938	42.97	42.26	224.55	0.19									
1939	42.9	42.2	224.21	0.19									
1940	42.78	42.07	223.73	0.19									
1941	42.9	42.19	224.09	0.19									
1942	42.81	42.11	223.95	0.19									
1943	42.9	42.18	224.15	0.19									
1944	42.48	41.78	223.27	0.19									
1945	42.97	42.26	224.44	0.19									
1946	42.57	41.85	223.11	0.19									
1947	43.03	42.32	224.36	0.19									
1948	42.83	42.13	224.25	0.19									
1949	42.9	42.2	224.25	0.19									
1950	42.91	42.2	224.12	0.19									
1951	42.86	42.15	224.35	0.19									
1952	42.87	42.17	224.23	0.19									
1953	43	42.29	224.43	0.19									
1954	42.52	41.83	223.21	0.19									

Gambar 5. 14 File Logger pada Database SD Card

Pada Gambar 5.14 menunjukkan tampilan LCD berhasil menampilkan nilai Daya Semu (VA), Daya Nyata (W), Arus (I), dan Tegangan (V) hasil dari pemrosesan data pada mikrokontroler Arduino. Gambar 5.15 menunjukkan file logger pada database SD Card yang mampu menyimpan data hasil pengolahan pada mikrokontroler.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Alat perekam penggunaan daya untuk beban rumah tangga melakukan pengukuran berdasarkan metode penghitungan nilai rata-rata, dalam perhitungan dibutuhkan nilai tegangan dan arus sesaat sebagai variabel masukan untuk mendapatkan nilai arus, tegangan, daya semu, dan daya nyata pada sistem. Nilai hasil pengukuran berpengaruh terhadap perubahan nilai  $\cos \phi$  namun dalam pengukuran tidak menggunakan variabel  $\cos \phi$
2. Alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga pengujian beban berupa solder listrik 40 W didapatkan nilai pengukuran arus yang konstan pada 0,19 A, pada pengukuran tegangan didapatkan hasil nilai pengukuran tegangan yang berubah dengan rentang 220,92 – 221,28 V , untuk pengukuran nilai daya semu memiliki rentang pengukuran 42,60 – 42,78 VA, dan untuk pengukuran nilai daya nyata memiliki rentang pengukuran dari 41,83 – 41,96 W. Perbedaan hasil pengukuran pada alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga dikarenakan tidak stabilnya tegangan yang dihasilkan pada sistem kelistrikan rumah tangga. Pada pengujian perbandingan nilai hasil pengukuran power analyzer dan AAPDL didapatkan rata-rata selisih pengukuran untuk nilai arus, tegangan, daya nyata, dan daya semu sebesar 0,014 A, 0,852 V, 4,356 W, dan 3,35 VA selisih ini didapatkan karena penggunaan metode rata-rata pada pengolahan data mikrokontroler Arduino yang hanya memiliki satu buah ADC sehingga terjadi delay pada saat melakukan sampling data masukan yang mempengaruhi nilai hasil pengukuran pada alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga
3. Data direkam dengan menggunakan Modul SD Card dengan pengiriman data dari Mikrokontroler Arduino Uno ke Modul SD Card dengan format .csv menggunakan antarmuka SPI dengan menggunakan pin D4, D11, D12, D13.

## 6.2 Saran

Untuk penyempurnaan penelitian ini, ada beberapa saran yang perlu dilakukan antara lain :

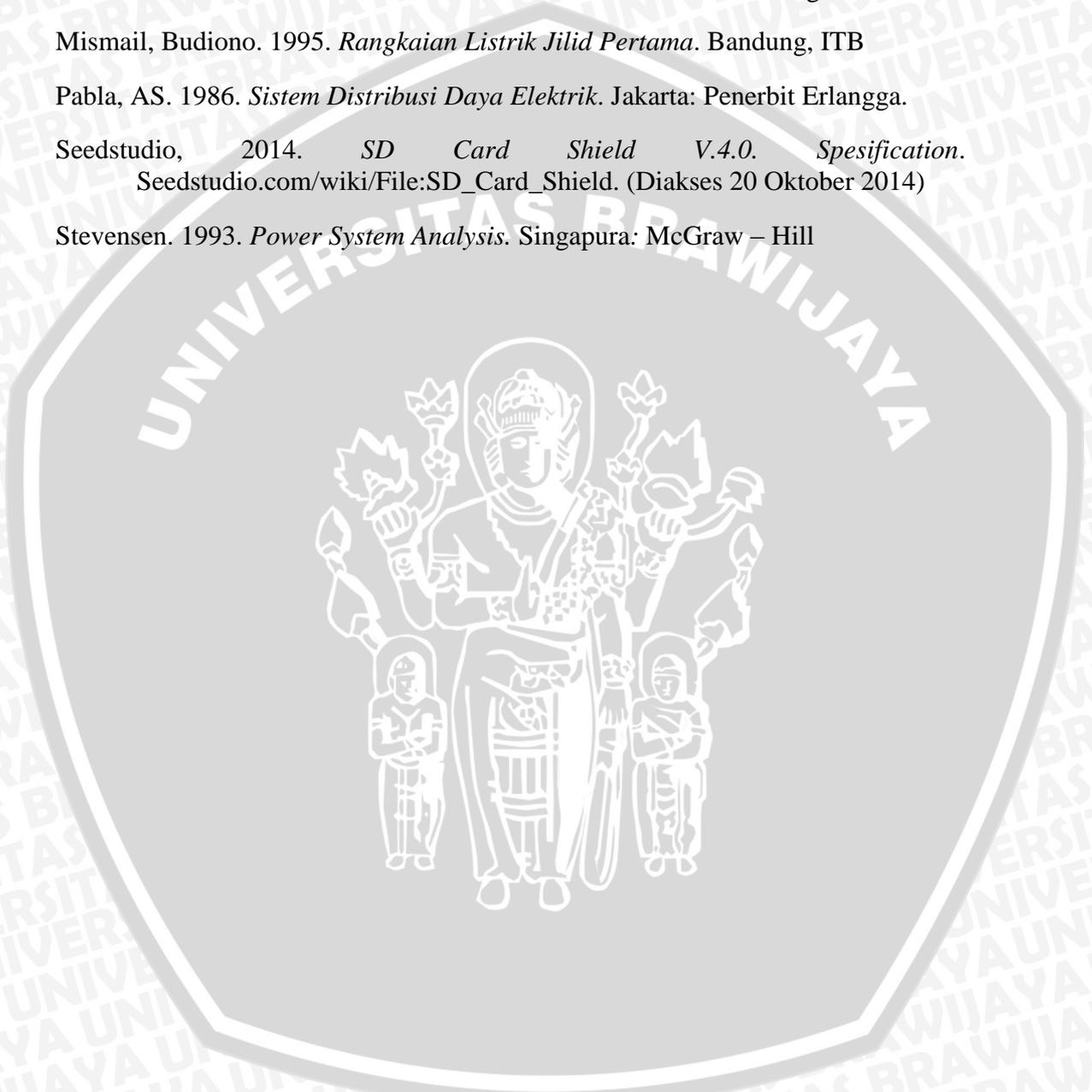
1. Pengukuran untuk sistem kelistrikan untuk rumah tangga dengan menggunakan metode dengan hasil pengukuran yang lebih akurat.
2. Pengukuran untuk sistem kelistrikan AC 3 Fasa yang lebih akurat dan dapat menampilkan bentuk sinyal pada sistem.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



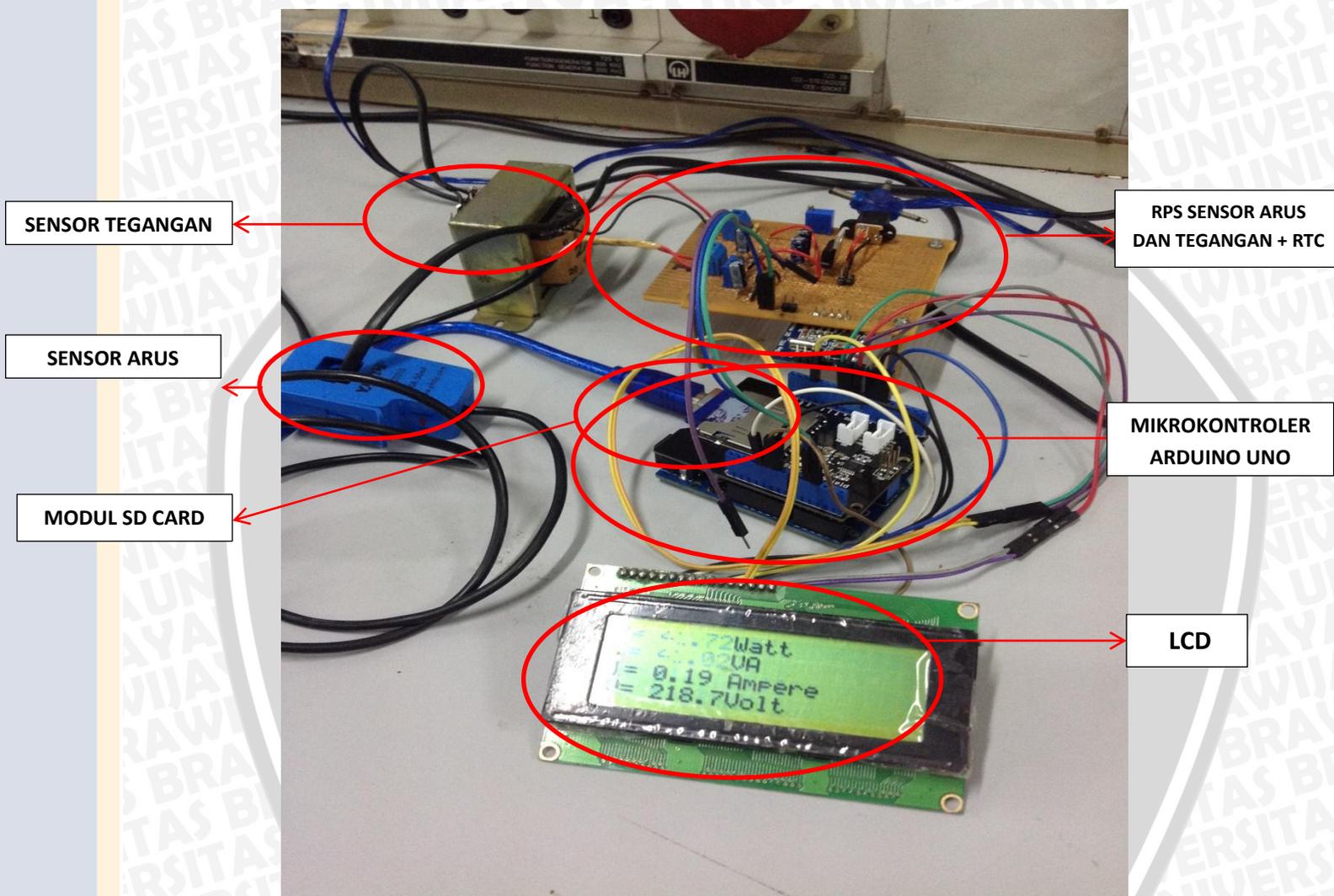
**DAFTAR PUSTAKA**

- Arduino, 2014. *Arduino Main Board*. [Arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno](http://Arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno). (Diakses 10 Januari 2015)
- Dallas. 2005. *DS1307 Serial Real-Time Clock Datasheet*. Dalas Integrated
- Mismail, Budiono. 1995. *Rangkaian Listrik Jilid Pertama*. Bandung, ITB
- Pabla, AS. 1986. *Sistem Distribusi Daya Elektrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Seedstudio, 2014. *SD Card Shield V.4.0. Spesification*. [Seedstudio.com/wiki/File:SD\\_Card\\_Shield](http://Seedstudio.com/wiki/File:SD_Card_Shield). (Diakses 20 Oktober 2014)
- Stevensen. 1993. *Power System Analysis*. Singapura: McGraw – Hill



# LAMPIRAN 1

## RANCANGAN HARDWARE



GAMBAR ALAT KESELURUHAN



# LAMPIRAN 2

## LISTING PROGRAM

```

#include <LiquidCrystal.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <SD.h>
#include "EmonLib.h"           // Include Emon Library
#include "RTCLib.h"
EnergyMonitor emon1;         // Create an instance
const int chipSelect = 4;
LiquidCrystal lcd(6, 5, 10, 9, 8, 7);
RTC_DS1307 rtc;
int a;
char tahun[5];
char bulan[3];
char hari[3];
char jam[3];
char menit[3];
char detik[3];
unsigned char P[7];
unsigned char V[7];
unsigned char I[7];
unsigned char S[7];

void setup()
{
  // Serial.begin(9600);
  lcd.begin(20, 4);

  emon1.voltage(2, 93.30, 1.7); // Voltage: input pin, calibration, phase_shift
  emon1.current(1, 0.08);     // Current: input pin, calibration.
  Serial.begin(115200);
  #ifdef AVR
  Wire.begin();
  #else
  Wire1.begin(); // Shield I2C pins connect to alt I2C bus on Arduino Due
  #endif
  rtc.begin();
  Serial.print("Initializing SD card...");
  // make sure that the default chip select pin is set to
  // output, even if you don't use it:
  pinMode(10, OUTPUT);

  // see if the card is present and can be initialized:
  if (ISD.begin(chipSelect))
  {
    Serial.println("Card failed, or not present");
    // don't do anything more:
    return;
  }
}

```

```

Serial.println("card initialized.");
}

void loop()
{
// DateTime now = rtc.now();
emon1.calcVI(20,2000); // Calculate all. No.of half wavelengths (crossings), time-out
emon1.serialprint(); // Print out all variables (realpower, apparent power, Vrms, Irms,
power factor)

float realPower = emon1.realPower; //extract Real Power into variable
float apparentPower = emon1.apparentPower; //extract Apparent Power into variable
float powerFactor = emon1.powerFactor; //extract Power Factor into Variable
float supplyVoltage = emon1.Vrms; //extract Vrms into Variable
float Irms = emon1.Irms; //extract Irms into Variable
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("P=");
lcd.setCursor(3, 0);
lcd.print(emon1.realPower);
lcd.setCursor(8, 0);
lcd.print("Watt");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("S=");
lcd.setCursor(3, 1);
lcd.print(emon1.apparentPower);
lcd.setCursor(8, 1);
lcd.print("VA");

lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("I=");
lcd.setCursor(3, 2);
lcd.print(emon1.Irms);
lcd.setCursor(8, 2);
lcd.print("Ampere");

lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("V=");
lcd.setCursor(3, 3);
lcd.print(emon1.Vrms);
lcd.setCursor(8, 3);
lcd.print("Volt");

String (datatulis) = String(emon1.realPower) + ',' + String(emon1.apparentPower) + ',' +
String(emon1.Vrms) + ',' + String(emon1.Irms) ;
//membuat data string dgn var datatulis berdasarkan urutan P,S,V,I

// File dataFile = SD.open("datalogcoba.csv", FILE_WRITE);
File dataFile = SD.open("LOGGER.csv", FILE_WRITE); //membuka file bernama LOGGER.csv dan
menulis data kedalamnya
if (dataFile) //jika kondisi berhasil membuka data bernama LOGGER.csv
{
dataFile.println(datatulis);//
dataFile.close();
Serial.println(datatulis);
}

```

```
else //jika kondisi gagal
```

```
{  
  Serial.println("error opening datalog.txt");  
}  
}
```

### LISTING PROGRAM KESELURUHAN



# LAMPIRAN 3

## DATASHEET

---

