

**RANCANG BANGUN SMART METERING JARINGAN DC  
PADA *MICRO GRID***

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**CAHYO TRIBUONO  
NIM. 125060301111013**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2016**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**RANCANG BANGUN SMART METERING JARINGAN DC PADA  
MICRO GRID**

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI ELEKTRONIKA**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**CAHYO TRIBUONO**  
**NIM. 125060301111013**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
Pada tanggal 1 Februari 2016

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Ir. Nurussa'adah, M.T  
NIP. 19680706 199203 2 001

Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng  
NIK. 2012018411301001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D.  
NIP. 19741203 200012 1 001

JUDUL SKRIPSI :

RANCANG BANGUN *SMART METERING* JARINGAN DC PADA MICRO GRID

Nama Mahasiswa : Cahyo Tribuono

NIM : 125060301111013

Program Studi : Teknik Elektro

Konsentrasi : Teknik Elektronika

KOMISI PEMBIMBING :

Ketua : Ir. Nurussa'adah, M.T .....

Anggota : Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng .....

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Dr.Eng. Panca Mudjirahardjo., S.T., M.T .....

Dosen Penguji 2 : Akhmad Zainuri, S.T., M.T .....

Dosen Penguji 3 : Moch Rif'an, S.T., M.T .....

Tanggal Ujian : 26 Januari 2016

SK Penguji : No. 154/UN10.6/SK/2016

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar – benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur – unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 1 Februari 2015

Mahasiswa,

MATERAI  
6000

**Cahyo Tribuono**  
NIM. 125060301111013



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA



*Teriring Ucapan Terima Kasih Kepada:  
Ayahanda dan Ibunda tercinta*

## PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya dan perkenan-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Karya ini tidak mungkin selesai tanpa restu dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya yang tidak terhingga kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Didik Subagio dan Ibu Tri Wahyuningsih atas pengorbanan, motivasi dan doa restunya sehingga penulis dapat menuntut ilmu sampai jenjang sarjana. Serta, kedua kakak penulis Eko Aji Prasajo dan Retno Dwi Cahyani atas segala doa, semangat, dukungan, dan motivasi dalam menganyomi penulis hingga saat ini.
2. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T., selaku ketua Program Studi Sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
5. Ibu Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya yang selalu memberi semangat dan motivasi untuk cepat menyelesaikan skripsi.
6. Ibu Ir. Nurussa'adah, M.T dan Bapak Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng. sebagai pembimbing pertama dan sebagai pembimbing kedua, ditengah kesibukan beliau berdua selalu memberikan waktu untuk diskusi dengan tulus, sabar memberikan masukan yang sungguh berharga.
7. Laboran laboratorium elektronika Bapak Mulyadi, S.T. atas semua fasilitas dan bantuan yang diberikan dalam pengerjaan skripsi ini.
8. Para Dosen Pengajar Program Studi Teknik Elektro Universitas Brawijaya, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bekal ilmu pada penulis dalam menyelesaikan studi.
9. Teman-teman seperjuangan dalam pengerjaan skripsi Iman, Wildan, Gloria, Rifqa, Sirojul, Tata, Sirojudin, atas segala dukungan dan bantuan dalam pengerjaan skripsi.

10. Kakak-kakak, teman – teman dan adik – adik asisten laboratorium elektronika, Mas Bayu, Mas Nurdin, Mas Bustanul, Mas Rico, Mas Ainun, Akbar, Sofyan, Naufal, Itsna atas segala dukungan dalam pengerjaan skripsi.
11. Teman-teman Workshop Divisi Line Tracer, terimakasih atas pengalaman, semangat, dan kerjasama yang telah terjalin didalam organisasi.
12. Teman-teman konsentrasi Elektronika 2012 dan Elektro angkatan 2012 atas segala dukungan dalam pembuatan skripsi.
13. Sahabat dan teman-teman, Ela Guspita, Oki, Junda, Dwiki, Bayu, terimakasih untuk segala diskusi, keceriaan, semangat, motivasi, dan dukungan dalam pengerjaan skripsi.

Sekiranya Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang turut membantu skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin, Terima kasih.

Malang, Januari 2016

Penulis



**DAFTAR ISI**

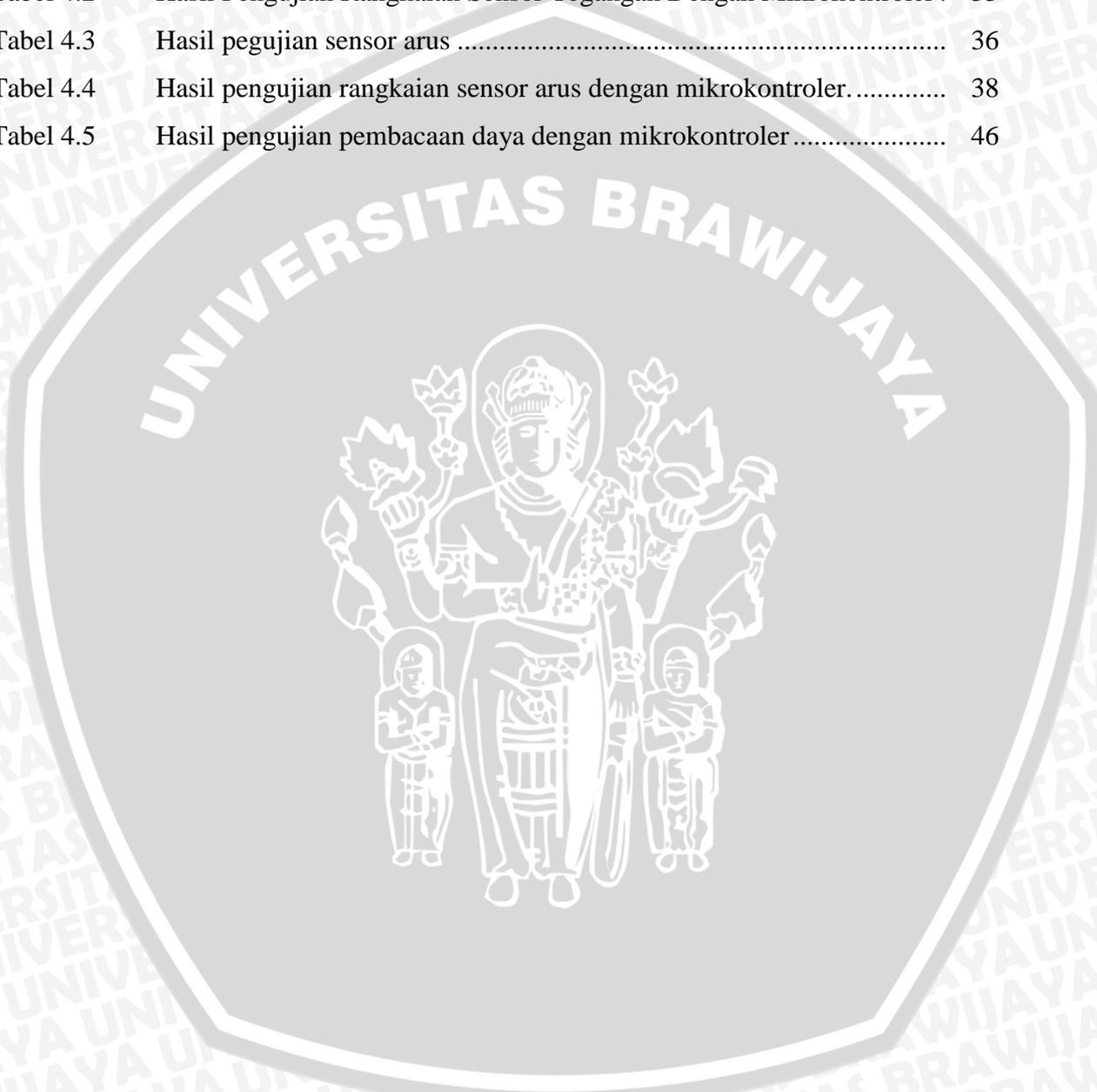
<b>PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika Pembahasan .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Arus Listrik.....	5
2.2 Tegangan .....	5
2.3 <i>DC Smart Grid</i> .....	7
2.4 Sel Surya.....	7
2.5 Sensor Arus ACS712-20A .....	9
2.6 Sensor Tegangan .....	10
2.7 <i>Real Timer Clock (RTC) DS1307</i> .....	12
2.8 <i>Arduino mega 2560</i> .....	12
2.9 Teknik <i>Monitoring Micro Grid</i> .....	13
<b>BAB III METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN</b> .....	15
3.1 Metode Penelitian.....	15
3.1.1 Kerangka Penelitian .....	15
3.1.2 Variabel Penelitian .....	16
3.1.3 Penentuan Spesifikasi Alat.....	16
3.1.4 Studi Literatur .....	16
3.1.5 Perancangan dan Pembuatan Alat.....	17
3.2 Pembuatan Alat .....	17



3.2.1	Pembuatan Perangkat Keras .....	17
3.2.2	Pembuatan Perangkat Lunak .....	18
3.3	Pengujian Alat.....	18
3.3.1	Pengujian Perangkat Keras .....	18
3.4.3.1	Pengujian Rangkaian Sensor Arus .....	19
3.4.3.2	Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan .....	19
3.4.3.3	Pengujian Rangkaian <i>LCD</i> .....	19
3.4.3.4	Pengujian Modul <i>RTC</i> .....	19
3.4.3.5	Pengujian Rangkaian Modul <i>Memory Card Micro SD</i> .....	19
3.4.3.6	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	19
3.3.2	Pengambilan Kesimpulan.....	20
3.4	Perancangan Alat .....	20
3.4.1	Diagram Blok .....	20
3.4.2	Prinsip Kerja Alat .....	22
3.4.3	Perancangan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) .....	22
3.4.3.1	Perancangan Sensor Tegangan.....	22
3.4.3.2	Perancangan Sensor Arus.....	24
3.4.3.3	Perancangan Rangkaian <i>LCD</i> .....	26
3.4.4	Perancangan Perangkat Lunak.....	27
<b>BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS .....</b>		<b>29</b>
4.1	Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan.....	29
4.2	Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan Dengan Mikrokontroler.....	31
4.3	Pengujian Rangkaian Sensor Arus ACS712-20A.....	34
4.4	Pengujian Rangkaian Sensor Arus Dengan Mikrokontroler .....	37
4.5	Pengujian Rangkaian <i>LCD</i> .....	40
4.6	Pengujian Modul <i>Real Time Clock (RTC)</i> .....	41
4.7	Pengujian Modul <i>SD Card</i> .....	43
4.8	Pengujian keseluruhan sistem.....	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>49</b>
5.1	Kesimpulan .....	49
5.2	Saran .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>50</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>52</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1	Terminal keluaran sensor ACS712-20A.....	9
Tabel 2.2	Karakteristik sensor ACS712-20A .....	10
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan .....	30
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan Dengan Mikrokontroler .	33
Tabel 4.3	Hasil pegujian sensor arus .....	36
Tabel 4.4	Hasil pengujian rangkaian sensor arus dengan mikrokontroler.....	38
Tabel 4.5	Hasil pengujian pembacaan daya dengan mikrokontroler.....	46



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pemasangan ampere meter secara seri terhadap elemen R untuk mengukur arus yang mengalir melewatinya. ....	5
Gambar 2.2	Pemasangan voltmeter secara paralel terhadap R untuk mengukur tegangan yang melintang pada beban R. ....	6
Gambar 2.3	Hubungan $V-I$ pada sebuah resistor menurut hukum Ohm.....	6
Gambar 2.4	<i>Solar cell, module, panel, array</i> .....	8
Gambar 2.5	Kurva $I-V$ <i>Solar Cell</i> .....	8
Gambar 2.6	Bentuk IC sensor ACS712-20A .....	9
Gambar 2.7	Diagram pin keluaran sensor ACS712-20A .....	9
Gambar 2.8	Rangkaian pembagi tegangan sebagai sensor tegangan .....	11
Gambar 2.9	Arah arus pada pembagi tegangan.....	11
Gambar 2.10	Diagram pin <i>RTC</i> .....	12
Gambar 2.11	Pemetaan pin Atmega 2560.....	12
Gambar 2.12	konsep monitoring sistem micro grid.....	14
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian .....	15
Gambar 3.2	Blok diagram keseluruhan sistem.....	20
Gambar 3.3	Blok diagram sebuah grid.....	21
Gambar 3.4	Skematik rangkaian sensor tegangan.....	22
Gambar 3.5	Diagram proses sensor tegangan .....	23
Gambar 3.6	Rangkaian sensor tegangan .....	24
Gambar 3.7	Tegangan keluaran terhadap arus yang terdeteksi.....	25
Gambar 3.8	Diagram proses sensor arus .....	26
Gambar 3.9	Skematik rangkaian <i>LCD</i> .....	27
Gambar 3.10	Diagram alir perancangan perangkat lunak .....	28
Gambar 4.1	Diagram blok pengujian rangkaian sensor tegangan.....	30
Gambar 4.2	Grafik keluaran sensor tegangan .....	31
Gambar 4.3	Diagram blok pengujian rangkaian sensor tegangan dengan mikrokontroler .....	32
Gambar 4.4	Konfigurasi pemasangan <i>oscilloscope</i> dan sensor tegangan .....	32
Gambar 4.5	Grafik keluaran rangkaian sensor tegangan.dengan mikrokontroler.....	34
Gambar 4.7	Grafik pengujian sensor arus ACS712-20A.....	36

Gambar 4.8	Diagram alir perancangan perangkat lunak .....	37
Gambar 4.8	Diagram blok pengujian rangkaian sensor arus dengan mikrokontroler	38
Gambar 4.10	Grafik hasil pengujian rangkaian sensor arus dengan mikrokontroler ...	39
Gambar 4.11	Diagram blok pengujian rangkaian <i>LCD</i> .....	40
Gambar 4.12	Hasil pengujian rangkaian <i>LCD</i> .....	41
Gambar 4.13	Diagram blok pengujian rangkaian <i>LCD</i> .....	41
Gambar 4.14	Hasil pengujian <i>RTC</i> yang ditampilkan pada serial monitor compiler Arduino IDE.....	43
Gambar 4.15	Diagram blok pengujian rangkaian <i>LCD</i> . .....	44
Gambar 4.16	Gambar 4.16 Library SD Card test menggunakan compiler Arduino IDE .....	44
Gambar 4.17	Hasil pengujian Modul micro SD melalui <i>serial monitor</i> .....	45
Gambar 4.18	Ilustrasi cara kerja sistem pada sebuah Grid.....	46
Gambar 4.19	Hasil pengujian tampilan dekstop dari data pembacaan sistem.....	48
Gambar 4.20	Hasil pengujian penyimpanan data hasil pembacaan sistem .....	48



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Foto Alat.....	52
Lampiran 2	Skematik Rangkaian.....	53
Lampiran 3	Listing Program.....	54
Lampiran 4	<i>Datasheet</i> .....	57



## RINGKASAN

**Cahyo Tribuono**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2016, Rancang Bangun Smart Metering Jaringan DC Pada Micro Grid DC, Dosen Pembimbing: Nurussa'adah dan Eka Maulana.

Kebutuhan manusia akan pasokan energi listrik terus meningkat setiap tahun. Peningkatan kebutuhan listrik dapat disebabkan oleh penggunaan energi listrik yang tidak efisien. Pembangunan *micro grid system* merupakan upaya peningkatan efisiensi penggunaan energi listrik. Maka perlu adanya sebuah alat yang dapat memantau dalam penggunaan tenaga listrik. Alat ini mampu memantau arus dan tegangan pada beban dengan menggunakan sensor arus dan tegangan, kemudian data sensor tersebut dikonversikan menjadi daya (P), energi(E), dan kapasitas(C) yang dihasilkan dari sumber energi berupa cahaya matahari yang ditangkap solar sel, baterai, dan kebutuhan beban. Metode pengukuran arus dan tegangan dalam sistem ini adalah dengan menggunakan sensor arus yang dihubungkan seri dan sensor tegangan yang dihubungkan paralel pada setiap node yang terdapat pada sistem. Alat ini mampu membaca perubahan arus hingga 20A dengan *error* sebesar 2,8783% dan membaca perubahan tegangan hingga 24V dengan *error* pembacaan sebesar 0,7207%. Data sensor yang telah dikonversikan nantinya akan disimpan berkala dalam waktu tertentu pada kartu memory yang berguna sebagai efisiensi data penggunaan energi yang terpantau dalam sistem.

Kata kunci – arus, tegangan, daya, energi, *micro grid*, monitoring,

## SUMMARY

**Cahyo Tribuono**, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya,, Januari 2016, *Design Of Smart Metering DC Network at Micro Grid*, Academic Supervisor : Nurussa'adah and Eka Maulana

Human need for electrical energy supply continues to increase every year. Increased demand for electricity can be caused by the use of electrical energy inefficient. Development of micro smart grid system is an effort to increase the efficiency of electrical energy use (to improve the efficiency of usage the electrical energy). Therefore, we need a tool that is able to monitoring it. This tool can monitor current and voltage on the load which use a current and voltage sensor, then the sensor data is converted into power (P), energy (E), and capacity (C), generated from energy sources such as sunlight captured by solar cell, batteries, and load requirements. The measurement methods of current and voltage in this system is by connecting current sensors in series and voltage sensors are connected in parallel on each node in the system. In addition, the tool is capable of reading current changes up to 20A with an error of 2,8783% and reads the voltage changes up to 24V with a reading error of 0,7207%. The converted sensor data will be stored periodically in a specific time on a memory card which is useful as the efficiency data of energy usage that were monitored in the system.

*Keywords – current, voltage, power, micro grid, monitoring,*

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik setiap tahun terus meningkat bahkan di Indonesia kebutuhan ini akan terus meningkat hingga 8% setiap tahun (Kementrian ESDM, 2014). Dan yang menjadi ironi adalah dibalik kebutuhan energi listrik yang besar tersebut, ternyata masih ada sekitar 20 persen masyarakat Indonesia yang belum memiliki akses terhadap listrik. (Deny, 2014). Begitupula konsumsi energi listrik di Universitas Brawijaya setiap tahun terus mengalami peningkatan, hal ini ditunjukkan dari meningkatnya tagihan rekening listrik yang mencapai milyaran rupiah per tahun. Pengeluaran yang cukup besar ini dapat disebabkan oleh pemanfaatan energi listrik yang tidak efisien (Prasetya, 2009).

Peningkatan kebutuhan energi listrik sangatlah sulit untuk dihindari, karena pola hidup masyarakat yang juga terus berkembang. Di sisi lain peningkatan kebutuhan energi listrik ini tidak diimbangi dengan peningkatan pemenuhan kebutuhan energi listrik. Mengatasi permasalahan tersebut, saat ini tengah dikembangkan teknologi yang dapat mengelola energi listrik lebih efisien, fleksibel dan murah yaitu teknologi *Smart Grid*. *Smart Grid* merupakan teknologi yang mengintegrasikan segala sumber energi yang ada di bumi untuk menghasilkan energi listrik dengan teknologi kontrol dan telekomunikasi (Ekanayake, 2012:1). Tidak hanya energi bahan bakar fosil tetapi juga berbagai jenis energi baru dan terbarukan. Teknologi ini sudah diterapkan dan berkembang dengan baik di negara-negara maju seperti Jepang, Inggris dan Amerika.

Menurut Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi macam-macam energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik yaitu geothermal, angin, *bioenergy*, cahaya matahari, air terjun/ aliran air dan arus laut (*ocean flow*) (EBTKE, 2013). Indonesia sebenarnya sangat berpotensi untuk menjadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi masa depannya mengingat posisi Indonesia pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima di permukaan bumi hampir di seluruh Indonesia (Yulianto, 2012: 3). Jika di masa depan teknologi *Smart Grid* dikembangkan dengan baik, maka panel surya akan menjadi salah satu penyedia energi terbesar di Indonesia. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik adalah dengan membangun sebuah jaringan listrik yang disebut dengan *electric grid*.

*Electric grid* yaitu sebuah jaringan terpadu yang menghubungkan penyedia sumber energi (listrik) dengan konsumen melalui jalur transmisi dan distribusi dan dioperasikan oleh pusat kontrol. Umumnya *electric grid*, mengacu pada sistem transmisi listrik. Sebuah jaringan *electric grid* dapat diterapkan pada instalasi sel surya, sehingga penggunaan sel surya menjadi lebih efisien. Dalam penelitian ini akan dibahas pembuatan sebuah sistem *monitoring* pada *electric grid* dengan skala yang kecil, yang disebut dengan *micro grid*. Sistem ini mampu memantau tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sel surya dan memantau penggunaannya pada beban. Sehingga penggunaan energi dapat dipantau dan dengan begitu pula dapat meningkatkan efisiensi energi. Selain itu juga aplikasi pemantau ini bekerja secara *multy point* yang terintegrasi pada satu kontrol. Semua data pembacaan tegangan dan arus pada setiap *node* instalasi akan diubah menjadi data daya, energi, dan kapasitas. Selain dapat dilihat langsung data pembacaan tersebut dapat juga disimpan untuk keperluan *monitoring* secara berkala agar dapat diketahui berapa energi masuk yang dihasilkan dari sumber (cahaya matahari, angin, gheothermal, dan *bioenergy*) dan berapakah energi yang terpakai pada beban selama waktu penggunaan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana metode pengukuran arus dan tegangan pada jaringan DC *micro grid* ?
2. Bagaimana metode pengukuran daya dan energi terpakai pada jaringan DC *micro grid*?
3. Bagaimana cara penyimpanan *data logger* dari proses *monitoring* dalam selang waktu tertentu menggunakan *smart metering* ?

## 1.3 Batasan Masalah

1. Mikrokontroler ATmega2560 sebagai pengolah data.
2. Sensor arus yang digunakan memiliki rentang pengukuran  $-20 \text{ A s/d } +20 \text{ A}$ .
3. Sensor tegangan yang dirancang memiliki rentang pengukuran  $0 - 24 \text{ V}$ .
4. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah perubahan tegangan dan arus dari sel surya, baterai, dan yang mengalir pada beban.

## 1.4 Tujuan

Urgensi (keutamaan) dari penelitian ini adalah kajian penggunaan energi listrik dengan implementasi *smart monitoring* pada jaringan DC *smart grid* menggunakan *data logger* atau

penyimpanan data statistik, hasil kajian penelitian ini merupakan data penggunaan energi pada sistem yang disimpan dalam *data base* komputer sehingga dapat digunakan untuk proses selanjutnya.

### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut :

#### **BAB I Pendahuluan**

Memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika pembahasan.

#### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan sistem.

#### **BAB III Metodologi Penelitian dan Perancangan**

Berisi tentang metode penelitian, perencanaan, serta perancangan sistem serta pengujian.

#### **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Memuat hasil pengujian terhadap sistem yang telah direalisasikan.

#### **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Memuat kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut dari sistem yang telah dirancang.



## BAB II

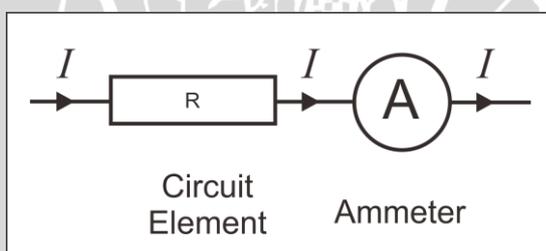
### TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa teori pendukung yang perlu dibahas dalam pembuatan sistem ini meliputi literatur mengenai arus listrik, potensial listrik, *DC smart grid*, sensor arus, sensor tegangan, *Real Time Clock* (RTC), *Memory Card*, mikrokontroler ATmega2560.

#### 2.1 Arus Listrik

Arus listrik merupakan muatan elektrik yang mengalir dalam jumlah besar dari satu tempat ke tempat lain. Standart satuan arus pada SI adalah ampere (A). Arus dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC). Arus searah merupakan arus yang mengalir menuju arah yang tetap, arus searah dinotasikan dengan symbol  $I$ . Arus bolak-balik merupakan arus yang mengalir dengan arah yang berubah-ubah, arus bolak-balik bervariasi terhadap waktu sering disimbolkan dengan  $i$  atau  $i(t)$ .

Pemasangan alat ukur untuk mengukur arus adalah dengan cara memasang secara seri dengan beban yang akan diukur. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Pemasangan ampere meter secara seri terhadap elemen R untuk mengukur arus yang mengalir melewatinya.

Sumber : wasif (2009:12).

#### 2.2 Tegangan

Salah satu satuan dasar pada bidang kelistrikan adalah tegangan. Istilah lain dari tegangan adalah potensial. Merupakan satuan yang digunakan untuk menyebut e.m.f (*electromotive force*) atau ggl (gerak gaya listrik) dalam bahasa Indonesia.

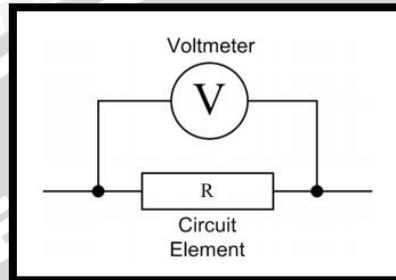
Konsep tegangan atau potensial didefinisikan sebagai tenaga yang diperlukan satu satuan muatan untuk bergerak dari satu titik ke titik lain karena pengaruh gaya listrik. (mismail, 2006 : 22).

Satuan untuk potensial listrik adalah joule per coulomb. Kita bisa menyebut joule per coulomb dengan volt, yang memiliki simbol V.

$$\Delta V = V_B - V_A \quad (2-1)$$

$\Delta V$  = beda potensial listrik antara dua titik A dan B.  $V_A$  dan  $V_B$  masing – masing adalah potensial listrik pada titik A dan B [Volt]

Pengukuran tegangan dilakukan dengan cara memasang alat ukur secara paralel dengan beban seperti ditunjukkan Gambar 2.2

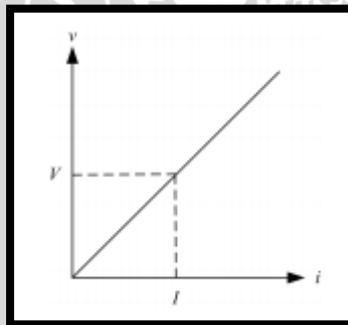


Gambar 2.2 Pemasangan voltmeter secara paralel terhadap R untuk mengukur tegangan yang melintang pada beban R.

Sumber : wasif (2009:13)

Hubungan antara tegangan dan arus dapat digambarkan dalam grafik pada Gambar

2.3



Gambar 2.3 Hubungan V-I pada sebuah resistor menurut hukum Ohm.

Sumber : wasif (2009:16).

Gambar 2.3 menunjukkan hubungan antara tegangan dan arus yang merupakan penggambaran dari hukum Ohm yang berbunyi “*Besar arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar selalu berbanding lurus dengan beda potensial yang diterapkan kepadanya.*”

Secara matematis hukum ohm dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$V = R \cdot I \quad (2-2)$$

Atau

$$I = V/R \quad (2-3)$$

Atau

$$R = V/I \quad (2-4)$$

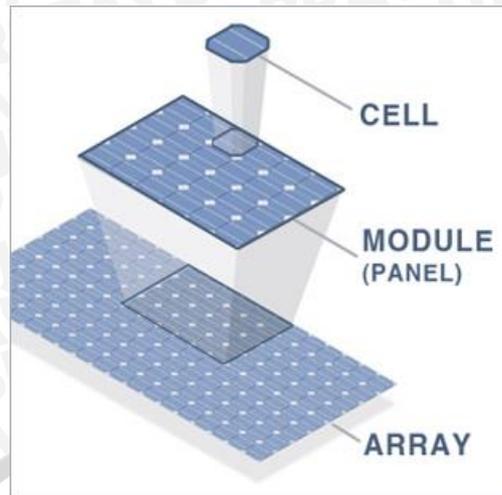
### 2.3 DC Smart Grid

*Smart grid* adalah jaringan listrik pintar yang mampu mengintegrasikan aksi-aksi atau kegiatan dari semua pengguna, mulai dari pembangkit sampai ke konsumen dengan tujuan agar efisien, berkelanjutan, ekonomis dan *supply* listrik yang aman. Melalui implementasi *smart grid* diharapkan dapat meningkatkan pemanfaatan energi baru dan terbarukan sehingga mengurangi emisi karbon. Akan tetapi *smart grid* tidak hanya fokus pada persoalan teknologi tetapi menyangkut kebijakan energi nasional – kebijakan harga, penghematan energi fosil, diversifikasi dan konservasi energi. (IEC, 2010). Indonesia kaya dengan potensi energi baru terbarukan yang beraneka ragam. Tetapi potensi yang besar ini pemanfaatannya masih rendah. Oleh karenanya dengan *smart grid* ini mampu mengoptimalkan keanekaragaman sumber daya energi baru yang ada. Dengan menggunakan *smart grid* pada *distributed generation* dapat mendorong rasio elektrifikasi menjadi lebih tinggi. (P3TKEBT ESDM,2014)

### 2.4 Sel Surya

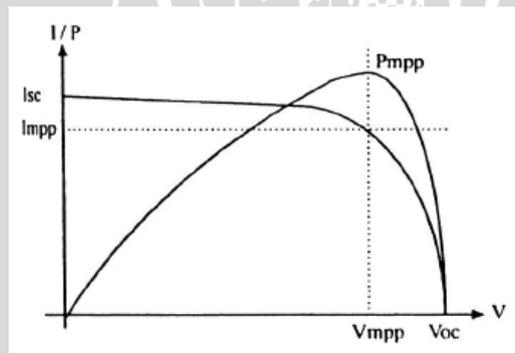
Sel Surya (*Solar cell*) merupakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe P dan tipe N yang mampu merubah energi matahari menjadi energi listrik. Pengertian photovoltaic merupakan proses merubah cahaya menjadi energi listrik. Kata photovoltaic sendiri berasal dari bahasa Yunani photos yang berarti cahaya dan volta yang merupakan nama ahli fisika dari Italia yang menemukan tegangan listrik sehingga secara bahasa dapat diartikan sebagai cahaya dan listrik (photovoltaic). (Mukund, 1999:22).

Modul *solar cell* terdiri dari beberapa sel yang setiap selnya menghasilkan tegangan antara 0,5 volt sampai 0,6 volt. Jika 32 sampai 34 sel yang terpasang secara seri maka tegangan keluaran yang dihasilkan sekitar 18 volt (Saputra, 2008:4). Bagian dari modul sel surya ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.4 Solar cell, module, panel, array ((Saputra, 2008:4).

Sel Surya memiliki banyak keuntungan, yaitu tidak membutuhkan bahan bakar minyak dan tidak ada gas emisi selama beroperasi, sehingga tidak menyebabkan polusi lingkungan. Energi yang dibutuhkan hanyalah energi matahari yang didapatkan secara gratis. *Solar cell* juga beroperasi tanpa adanya suara yang bising dan tidak ada bagian yang bergerak sehingga dapat mengurangi biaya operasional dan mengurangi pekerjaan *maintenance* untuk pembersihan. Modul *solar cell* bersifat stabil, tahan lama, dan memiliki waktu operasi lebih dari 10 tahun karena modul *solar cell* tahan terhadap perubahan cuaca. Grafik kurva tegangan dan arus ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kurva I-V Solar Cell (Saputra, 2008)

Dimisalkan *solar cell* 50Wp. *Solar cell* 50Wp artinya solar cell tersebut menghasilkan daya maksimum sebesar 50Wp (pada saat matahari terik). *Peak* dalam satu hari diasumsikan 5 jam. Sehingga :

$$50 \times 5 = 250 \text{ watt jam / hari}$$

Sehingga ditemukan hasil dari energi yang dihasilkan *solar cell* adalah sebesar 250 watt jam/hari. Bila diterapkan pada tempat tinggal. Maka daya sebesar 250 watt jam/hari ini dapat digunakan untuk beberapa beban, dimisalkan :

- Lampu teras 5 watt x 12 jam = 60 watt jam/hari

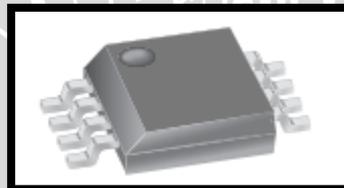
- Lampu kamar tidur 11 watt x 5 jam = 55 watt jam/ hari
- Lampu ruang tamu 11 watt x 5 jam = 65 watt jam/hari
- Lampu kamar mandi 5 watt x 4 jam = 20 watt jam/hari

Total penggunaan energi pada tempat tinggal ini adalah 200 watt. Sehingga energi yang tersisa masih 50 watt jam/hari. Dari sisa energi inilah yang nanti dapat disimpan atau dijual kepada pemerintah apabila pemerintah menerapkan sistem jual beli energi terutama energi listrik.

### 2.5 Sensor Arus ACS712-20A

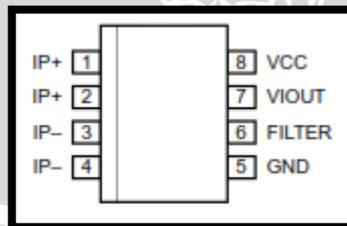
ACS712-20A merupakan sensor arus yang dirilis oleh Allegro Microsystems,LLC. Mampu mendeteksi arus AC maupun DC.Sensor ini sering digunakan dalam pengontrolan motor, deteksi dan menejemen beban, mode switch pada catu daya, dan proteksi arus berlebih. (Alegro MicroSystems, 2013:1)

ACS712-20A bekerja dengan prinsip *Hall effect*, ketika arus mengalir melewati jalur konduksi yang berada di dalam sensor akan menghasilkan sebuah medan magnetik. Medan magnet tersebut dirubah oleh IC *Hall* menjadi tegangan yang proporsional. Bentuk fisik dan diagram pin keluaran pin dari sensor arus ACS712-20A ditunjukkan pada Gambar 2.6,Gambar 2.7, dan Tabel 2.1.



Gambar 2.6 Bentuk IC sensor ACS712-20A

Sumber : Allegro microsystem, 2013:1



Gambar 2.7 Diagram pin keluaran sensor ACS712-20A

Sumber :Allegro microsystem, 2013:3

Tabel 2.1 Terminal keluaran sensor ACS712-20A

No	Nama	Deskripsi
1 dan 2	IP+	Terminal masukan untuk sampling arus ; <i>fused internally</i>

<b>3 dan 4</b>	IP-	Terminal masukan untuk sampling arus ; <i>fused internally</i>
<b>5</b>	GND	Terminal sinyal ground
<b>6</b>	FILTER	Terminal untuk kapasitor eksternal yang berfungsi untuk menyaring sinyal.
<b>7</b>	VOUT	Sinyal keluaran analog
<b>8</b>	VCC	Terminal catu daya untuk sensor

Sumber :Allegro microsystem, 2013:3

Keluaran sensor ACS712 memiliki slope positif ( $>V_{IOUT(Q)}$ ) ketika terjadi peningkatan arus yang melewati jalur konduksi utama (dari pin 1 dan 2, ke pin 3 dan 4), yang mana jalur tersebut merupakan jalur yang digunakan untuk sampling arus. Spesifikasi sensor arus ACS712-20A ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

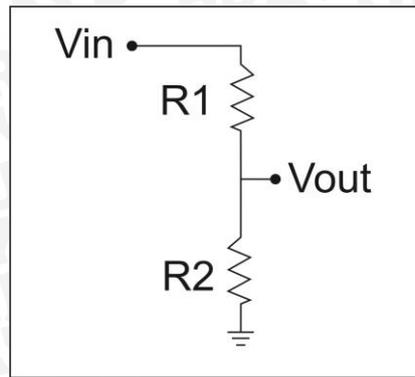
Tabel 2.2 Karakteristik sensor ACS712-20A

Karakteristik	Simbol	Nilai	Satuan
<b>Tegangan suplai</b>	$V_{CC}$	4.5 – 5.5	V
<b>Suhu Operasi</b>	$T_A$	-40 – 85	°C
<b>Sensitivitas</b>	V/A	96 – 104	mV/A
<b>Rentang pengukuran optimal</b>	$I_p$	-20 – 20	A
<b>Arus Suplai</b>	$I_{CC}$	10 – 13	mA
<b>Tanggapan Waktu</b>	$t_R$	3.5	$\mu$ s
<b>Lebar Frekuensi</b>	F	80	kHz
<b>Non Linieritas</b>	$E_{LIN}$	1.5	%

Sumber :Allegro microsystem, 2013

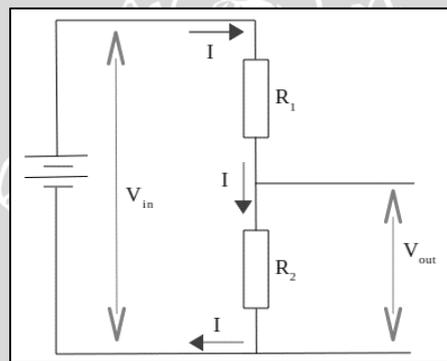
## 2.6 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah suatu sensor yang mampu mendeteksi tegangan yang terdapat pada suatu rangkaian elektrik. Sensor tegangan ini dibuat dengan menggunakan konsep pembagi tegangan dimana dapat mengubah yang tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah. Dengan hanya menggunakan dua resistor yang di pasang secara seri dan dengan sebuah *input* tegangan maka dapat membuat tegangan *output* yang dipotong dari hasil pembagian tegangan dua buah resistor pada tegangan input. Rangkaian pembagi tegangan yang digunakan sebagai sensor tegangan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Rangkaian pembagi tegangan sebagai sensor tegangan

Rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*) disebut juga sebagai rangkaian pembagi potensial (*potential divider*). Masukan ke sebuah rangkaian pembagi tegangan adalah tegangan  $v_{in}$ . Tegangan  $v_{in}$  tersebut menggerakkan arus  $I$  untuk mengalir melewati kedua resistor. Karena kedua resistor terhubung secara seri, maka arus yang sama mengalir melewati tiap-tiap resistor seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Arah arus pada rangkaian pembagi tegangan

Tahanan efektif dari kedua resistor seri ini adalah  $R_1 + R_2$ . Jatuh tegangan pada gabungan kedua resistor ini adalah  $v_{in}$ , menurut Hukum Ohm arus yang mengalir adalah :

$$I = \frac{V_{in}}{R} \quad (2-5)$$

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \quad (2-6)$$

Sehingga tegangan pada  $R_2$  menjadi :

$$V_{out} = I \times R_2$$

Mensubstitusikan  $I$  dengan persamaan (2-5), menghasilkan :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in} \quad (2-7)$$

Persamaan ini adalah persamaan untuk menghitung tegangan output yang dihasilkan oleh sebuah rangkaian pembagi tegangan. Dengan memilih dua buah resistor dengan nilai

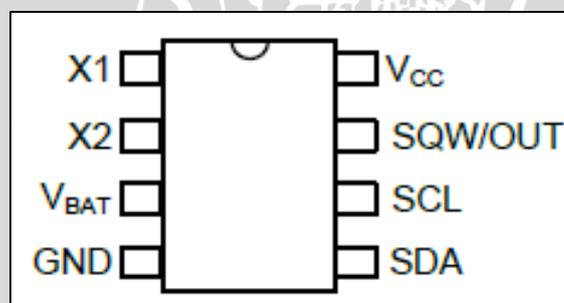
tahanan yang sesuai, kita dapat memperoleh nilai tegangan output manapun didalam kisaran 0 V hingga  $v_{in}$ .

## 2.7 Real Timer Clock (RTC) DS1307

DS1307 merupakan Real-time clock (RTC) dengan jalur data parallel yang memiliki antarmuka *serial Two-wire* (I2C), sinyal luaran gelombang-kotak terprogram (*Programmable squarewave*), deteksi otomatis kegagalan daya (*power-fail*) dan konsumsi daya kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator. Tersedia fitur industri dengan ketahanan suhu:  $-40^{\circ}\text{C}$  hingga  $+85^{\circ}\text{C}$ . Tersedia dalam kemasan 8-pin DIP atau SOIC (Maxim, 2015:1)

Sedangkan daftar pin DS1307 akan dijelaskan dan ditunjukkan dalam Gambar 2.10 :

- VCC : Primary Power Supply
- X1, X2 : 32.768kHz Crystal Connection
- VBAT : +3V Battery Input
- GND : Ground
- SDA : Serial Data
- SCL : Serial Clock
- SQW/OUT : Square Wave/Output Driver



Gambar 2.10 Diagram pin RTC DS1307

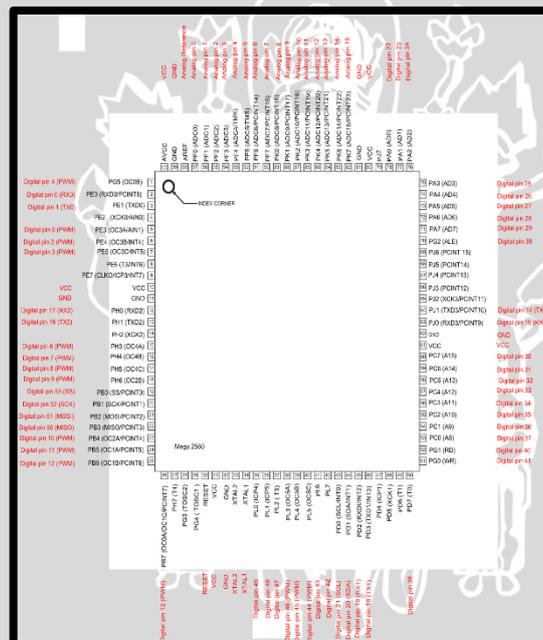
## 2.8 Arduino mega 2560

*Arduino mega 2560* adalah modul mikrokontroler buatan *Arduino* dan IC pengolah datanya merupakan keluarga dari Atmel AVR dan *software* dari *arduino* memiliki bahasa pemrograman sendiri berbeda dengan produk Atmel yang lain. *Arduino mega2560* memiliki 256 KB flash memory untuk menyimpan kode (8 KB digunakan untuk bootloader), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM). Spesifikasi dari *Arduino mega 2560* meliputi :

- IC Mikrokontroler : ATMEGA 2560

- Tegangan Operasi : 5 V
- Tegangan Masukan : 7 – 12 V
- Pin Digital I/O : 54 (15 pin digunakan sebagai keluaran *PWM*)
- Pin *Input* Analog : 16
- Arus DC per pin I/O : 40 mA
- Arus DC untuk pin 3.3V : 50 mA
- Flash Memory : 256 KB (8 KB digunakan untuk *bootloader*)
- SRAM : 8KB
- *Clock Speed* : 16 MHz

Gambar 2.11 menunjukkan konfigurasi pin ATMEGA 2560 pada arduino. Dalam gambar terlihat bahwa setiap pin dilengkapi dengan fungsi alternatif, dimana dalam satu pin selain berfungsi sebagai I/O juga berfungsi sebagai ADC/PWM/RX/TX dan sebagainya.



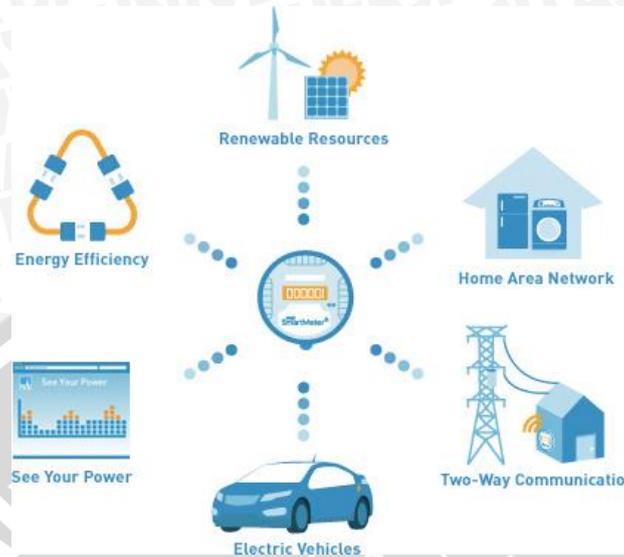
Gambar 2.11 Pemetaan pin Atmega 2560

Sumber : Arduino

## 2.9 Teknik *Monitoring Micro Grid*

Dibutuhkan *smart management* untuk menangani sistem *Smart Grid* yang kompleks agar transmisi dan distribusi energi dapat dikelola dengan lebih efektif. Manajemen sistem *Smart Grid* yang disebut dengan *Smart Power Management System* melingkupi lima hal utama, yaitu: pemodelan sistem *Smart Grid*, memonitor sistem *Smart Grid* secara *real time*, membuat teknik pengambilan basis data (*database*) dan manajemennya, pengecekan kondisi

jaringan dan pemeliharaan peralatan, serta menganalisis kesalahan jaringan *Smart Grid* (Tang, 2011: 1). Gambar 2.12 menjelaskan konsep *Monitoring System* untuk mengelola data sebuah jaringan *Smart Grid*.



Gambar 2.12 konsep *monitoring* sistem *micro grid*

Sumber: Hardin (2011: 1)

*Monitoring* adalah suatu kegiatan memantau dan menganalisis suatu objek dengan parameter tertentu yang bertujuan untuk mendapatkan analisa tentang objek yang sedang diteliti. Dalam penelitian ini teknik monitoring yang digunakan adalah memantau setiap gejala alam berupa energi listrik tegangan dan arus listrik yang ada pada setiap sistem. Setiap titik akan dipantau berapa energi yang dihasilkan terutama pada panel surya dan baterai dan energi yang dikeluarkan untuk memenuhi kebutuhan beban sehingga nantinya semua energi yang dihasilkan ataupun dikeluarkan didalam sistem dapat dimonitor. Sehingga ada tidaknya energi yang terbuang dapat dipantau dan data pembacaan dalam sistem dapat disimpan untuk keperluan selanjutnya.

## BAB III

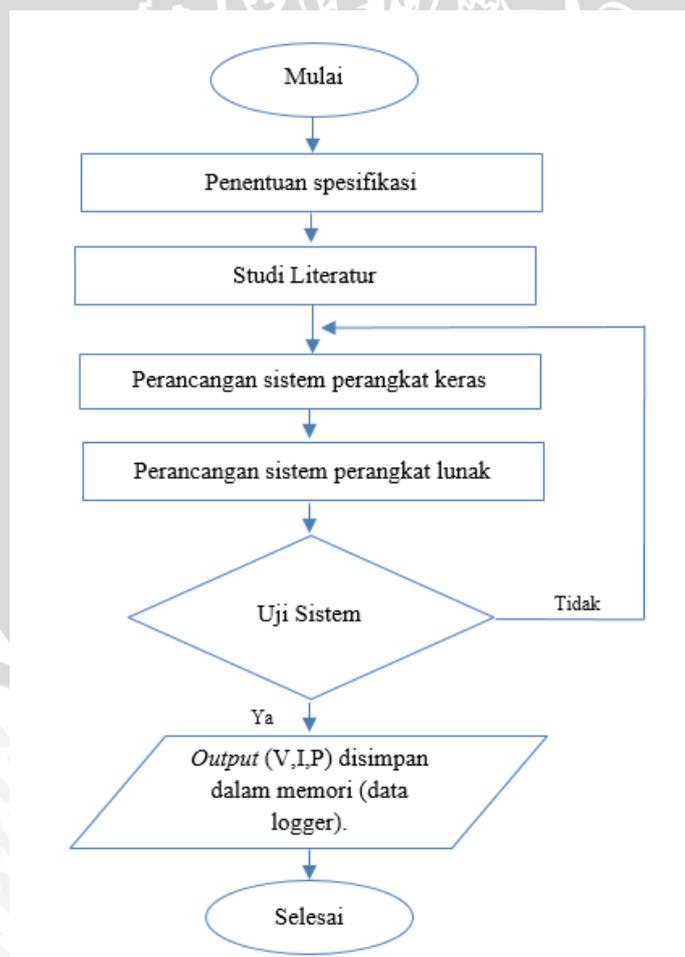
### METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Kajian yang dilakukan dalam penelitian ini bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasiian alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasiikan alat yang dirancang adalah penentuan spesifikasi alat, studi literatur, perancangan sistem, pembuatan alat, pengujian alat, dan pengambilan kesimpulan. :

##### 3.1.1 Kerangka Penelitian

Adapun kerangka penelitian pada skripsi ini terdapat pada *flowchart* yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 .



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.1.2 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa variabel yang memiliki fungsi tertentu. Beberapa variabel yang termasuk dalam penelitian ini adalah :

- Variabel bebas, adalah variabel yang mempengaruhi sistem. variabel ini nilainya selalu berubah dan tentu saja ini akan mempengaruhi sistem. contoh : cahaya matahari, variasi beban.
- Variabel tak bebas, merupakan variabel yang diamati akibat adanya pengaruh dari variabel bebas. Contoh : Arus, tegangan, daya, energi, dan lain-lain.
- Variabel kontrol, adalah variabel yang berguna sebagai penetralisir antara variabel bebas dan variabel tak bebas. Dapat dikatakan bahwa variabel kontrol merupakan variabel yang menghubungkan kedua variabel sebelumnya. Contoh : kabel yang digunakan, baterai, dan lain lain.

### 3.1.3 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara keseluruhan perlu ditentukan terlebih dahulu sebagai acuan untuk mendapatkan sistem yang sesuai dengan keinginan dan dapat bekerja dengan efektif serta efisien. Alat yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Alat mampu mendeteksi perubahan arus dan tegangan.
2. Menggunakan sensor arus ACS712-20A.
3. Sensor tegangan menggunakan konsep pembagi tegangan.
4. Menggunakan mikrokontroler ATmega2560 sebagai pengolah data.
5. Alat mampu membaca tegangan dan arus serta mampu mengkonversi menjadi daya, energi, dan kapasitas.
6. Setiap grid terdapat tiga buah node instalasi.
7. Sumber tegangan DC menggunakan baterai dari sistem .
8. Sistem dapat menyimpan data pembacaan sensor dalam selang waktu tertentu sesuai kebutuhan pengguna.

### 3.1.4 Studi Literatur

Dalam penyusunan karya tulis ini, pengumpulan data dilakukan dengan melakukan studi literatur (library research), penelusuran informasi digital, dan wawancara narasumber dengan sasaran tinjauan antara lain :

1. Pustaka-pustaka referensi.

2. Pustaka penunjang.
3. Informasi internet.

Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk mengkaji hal-hal yang berhubungan dengan teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan perealisasiian alat. Adapun teori-teori yang dikaji adalah sebagai berikut:

1. Teori pengukuran arus listrik.
2. Teori umum pengukuran Tegangan.
3. Teori umum resistor pembagi tegangan.
4. Teori mengenai sensor.
5. Teori dasar *RTC DS1307*
6. Teori dasar Mikrokontroler *Arduino Mega 2560*.

### 3.1.5 Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan dan pembuatan alat dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu hardware dan software.

- **Perancangan Perangkat Keras (Hardware)**

Perancangan perangkat keras dalam sistem ini meliputi perancangan sensor arus, perancangan sensor tegangan, dan perancangan shiel yang menggabungkan seluruh sistem agar *kompetible* dengan modul *Arduino*.

- **Perancangan Perangkat Lunak (Software)**

Perancangan perangkat lunak berupa *flowchart* (diagram alir) bahasa pemograman yang dipakai untuk *Arduino mega 2560*. Bahasa pemograman yang digunakan adalah bahasa C yang nantinya dibuat dan di *compile* menggunakan *software* *Arduino IDE*.

## 3.2 Pembuatan Alat

Dalam pembuatan untuk merealisasikan alat maka disini akan membahas diagram blok, perencanaan perangkat keras, dan perencanaan perangkat lunak.

### 3.2.1 Pembuatan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras meliputi perancangan rangkaian sensor arus, sensor tegangan, *RTC* dan *LCD* dan akan digabungkan dalam satu kesatuan berbentuk shield agar kompetible dengan modul *Arduino mega 2560*.

- **Rangkaian sensor arus**

Rangkaian sensor arus dirancang untuk mengukur arus yang mengalir pada beban pada masing – masing node. Setiap grid akan terdapat tiga sensor arus yang mendeteksi setiap *node* yang ada pada sistem (sel surya, baterai, dan beban).

- **Rangkaian sensor tegangan**

Rangkaian sensor tegangan dirancang untuk mengukur tegangan setiap node yang ada pada sistem. Tegangan yang diukur berupa tegangan DC.

- **Rangkaian LCD**

Rangkaian LCD dibuat agar LCD yang digunakan dapat menampilkan karakter yang diinginkan. Tampilan pada LCD merupakan arus dan tegangan yang terdapat pada node..

- **Rangkaian RTC**

Rangkaian *RTC* dibuat sebagai pewaktu untuk memenuhi kebutuhan sistem yang bekerja secara *realtime*.

- **Rangkaian Memory Card**

Rangkaian *Memory Card* dibuat sebagai media penghubung kartu memori dengan mikrokontroler agar mikrokontroler dapat mengeksekusi penyimpanan data pada kartu memori.

### 3.2.2 Pembuatan Perangkat Lunak

Pembuatan perangkat lunak digunakan untuk mengatur kerja alat. Design dan parameter yang telah dirancang kemudian diterapkan pada modul mikrokontroler *Arduino mega 2560* dengan menggunakan bahasa C dan program compiler.

### 3.3 Pengujian Alat

Untuk menganalisis kinerja alat apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian sistem. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok pada perancangan perangkat keras serta pengujian keseluruhan untuk mengetahui perangkat lunak dapat bekerja dengan baik atau tidak.

#### 3.3.1 Pengujian Perangkat Keras

Pada bagian ini pengujian dilakukan pada masing-masing blok. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah masing- masing blok dapat bekerja sesuai dengan fungsinya seperti yang telah direncanakan. Pengujian tersebut meliputi :

- **Pengujian Rangkaian Sensor Arus**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor tersebut dapat bekerja dengan baik dengan cara menambahkan beban sehingga arus juga akan bertambah. Apabila sensor arus dapat membaca perubahan kenaikan arus pada beban maka sensor tersebut dapat bekerja. Kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan pengukuran secara manual dengan menggunakan ampere meter untuk mendapatkan kesalahan pembacaan pada sensor arus.

- **Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor yang dirancang dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan cara merubah rubah tegangan pada sumber. Kemudian hasil pembacaan sensor tegangan akan dibandingkan dengan hasil pembacaan oscilloscope.

- **Pengujian Rangkaian LCD**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian tersebut dapat menampilkan karakter sesuai dengan yang diberikan. Jika LCD dapat menampilkan karakter sesuai dengan yang diberikan maka rangkaian ini berfungsi dengan baik.

- **Pengujian Modul RTC**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian tersebut dapat berjalan dengan baik dengan membandingkan keluaran rangkaian melalui serial monitor pada PC dan menggunakan jam konvensional.

- **Pengujian Rangkaian Modul *Memory Card Micro SD***

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperintahkan oleh mikrokontroler untuk disimpan berhasil disimpan menjadi data .txt atau gagal terkoneksi.

- **Pengujian Keseluruhan Sistem**

Pengujian keseluruhan sistem ini dengan menyambungkan semua hardware yang dibuat berdasarkan blok diagram dan memasukkan program berupa *software* yang bekerja untuk mengendalikan hardware yang telah dibuat. Sistem bekerja dengan baik jika dapat berjalan sesuai *flowchart* yang telah direncanakan.

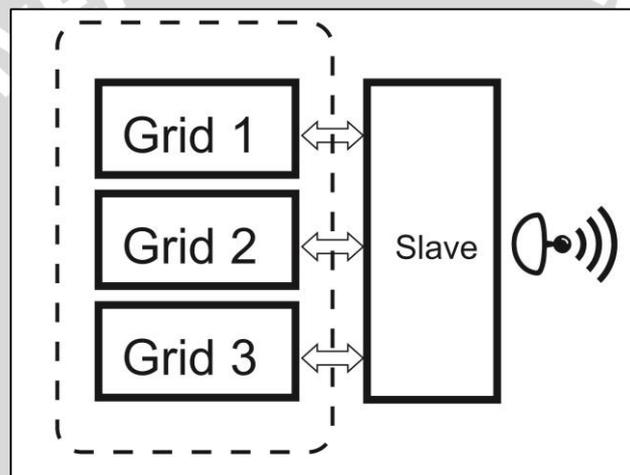
### 3.3.2 Pengambilan Kesimpulan

Data penelitian sistem monitoring pada micro grid dikaji melalui metode pengukuran tegangan (V), arus (I), daya (P), energi (E) dan kapasitas (C) dari jaringan DC micro grid dan memantau serta menyimpan hasil pembacaan beberapa parameter tersebut kedalam kartu memori dalam selang waktu tertentu.

### 3.4 Perancangan Alat

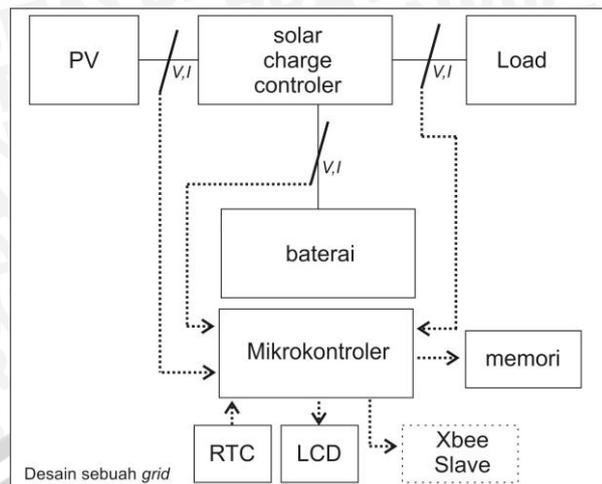
#### 3.4.1 Diagram Blok

Pembuatan diagram blok merupakan dasar dari perancangan sistem agar perancangan. Blok diagram secara umum akan ditunjukkan dalam Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Blok diagram keseluruhan sistem

Gambar diagram blok pada Gambar 3.2 memaparkan keseluruhan sistem yang ada dalam penelitian ini dimana terdapat tiga buah *grid* dan yang terhubung masing-masing terhadap sebuah *slave* yang nantinya data pada setiap *grid* akan dikirimkan ke mikrokontroler master. Berikut ini adalah disain sistem yang terdapat dalam sebuah grid dengan penggabungan dengan sistem penelitian lain yang ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Blok diagram sebuah *grid*

1. *PV (photovoltaic)* atau sel surya digunakan sebagai sumber energi pengisi baterai pada sistem.
2. Baterai berfungsi sebagai penyimpan daya dari sel surya dan sebagai catu daya terhadap beban.
3. *Load* (beban) digunakan sebagai suatu variabel bebas yang nilainya dapat diubah-ubah didalam sistem dengan tujuan untuk pengujian kinerja sistem.
4. Sensor arus dan tegangan berfungsi untuk mendeteksi arus yang mengalir dan tegangan yang diberikan pada beban, sehingga setiap perubahan nilai arus dan tegangan dapat diamati.
5. Data hasil pembacaan sensor arus dan tegangan akan diolah oleh mikrokontroler ATmega2560 dan dikonversi menjadi daya, energi, dan kapasitas yang ada pada sistem. Kemudian dikirim menuju mikrokontroler master melalui Xbee.
6. LCD digunakan untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor arus dan tegangan pada node-nya masing – masing dan menampilkan tegangan, arus, daya, energi, dan kapasitas yang melewati setiap node pada sistem.
7. Pembacaan sensor yang *realtime* membuat sistem tidak bisa hanya mengandalkan *clock* pada mikrokontroler, sehingga *RTC* digunakan sebagai pencacah agar waktu perdetik eksekusi sistem mendekati waktu global.
8. Memori berfungsi sebagai penyimpan data sementara dari hasil pembacaan sensor. Penggunaan penyimpanan memori sendiri tidak dilakukan secara terus menerus melainkan pada waktu tertentu sehingga pembacaan waktu pada *RTC*

digunakan mikrokontroler untuk mengeksekusi penyimpanan data pada memori sesuai dengan permenit waktu yang diinginkan oleh pengguna.

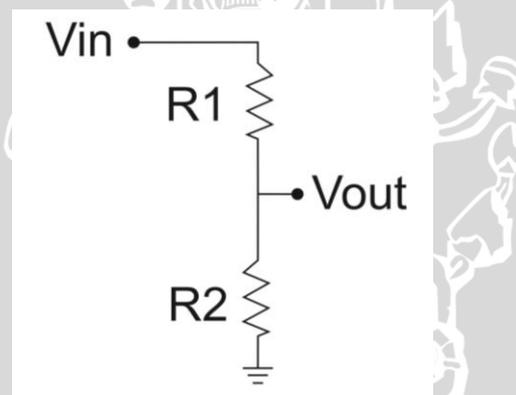
### 3.4.2 Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja sistem berdasarkan blok diagram yang telah digambarkan pada Gambar 3.2 dan 3.3 adalah sensor akan mendeteksi arus dan tegangan dari sumber tegangan dan arus pada *node* nya, data arus dan tegangan yang terdeteksi akan ditampilkan pada LCD dan kemudian dalam waktu tertentu sistem akan menyimpan data hasil pembacaan sensor pada kartu memori yang langsung terhubung pada sistem.

### 3.4.3 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

- **Perancangan Sensor Tegangan**

Sensor tegangan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan konsep pembagian tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 3.4

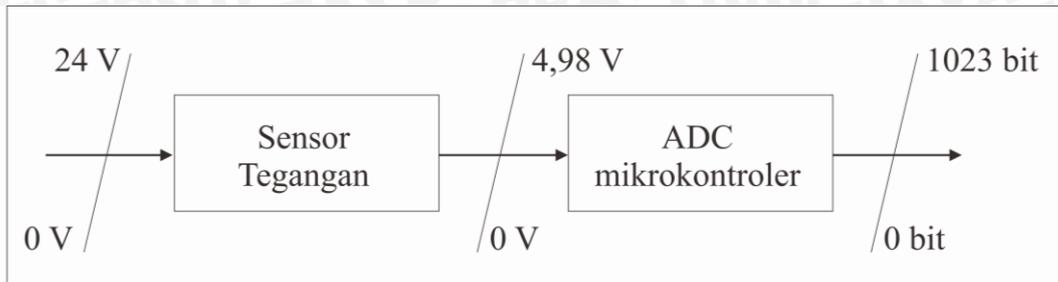


Gambar 3.4 Skematik rangkaian sensor tegangan

Dari skematik pada Gambar 3.4 memiliki penyelesaian rumus dengan fungsi persamaan berikut :

$$V_O = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in} \quad (3-1)$$

Sensor tegangan dirancang agar mikrokontroler dapat memproses tegangan yang besarnya 0V sampai 24V. Pemrosesan nilai dari sensor tegangan ditunjukkan pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Diagram proses sensor tegangan

Tegangan dengan nilai 4,98V merupakan tegangan masukan ADC mikrokontroler yang didapatkan dari persamaan (3-2).

$$V_{inADC} = V_{REF} \left( \frac{2^n - 1}{2^n} \right) \quad (3-2)$$

Dimana  $V_{REF} = 5V$  dan  $n =$  jumlah bit yang digunakan, sehingga dari perhitungan didapatkan

$$V_{inADC} = 5 \left( \frac{2^{10} - 1}{2^{10}} \right) = 5 \left( \frac{1023}{1024} \right) = 4,98 V$$

Sedangkan untuk menentukan resolusi ADC kita gunakan persamaan (3-3) yaitu

$$RES_{ADC} = \frac{V_{REF}}{2^n} \quad (3-3)$$

Maka resolusi pembacaan ADC dengan tegangan referensi 5V dan bit yang digunakan 10 bit adalah

$$RES_{ADC} = \frac{5}{2^{10}} = \frac{5}{1024} = 0,004883 V/bit$$

Yang berarti setiap 1 bit perubahan nilai ADC mewakili perubahan tegangan sebesar 0,004883 V. Dengan menggunakan persamaan (3-1) dapat ditentukan nilai R1 dan R2.

$$V_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$

$$4,98V = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot (24V)$$

$$0,20 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Dengan menentuka nilai  $R_1 = 39 k\Omega$ , maka

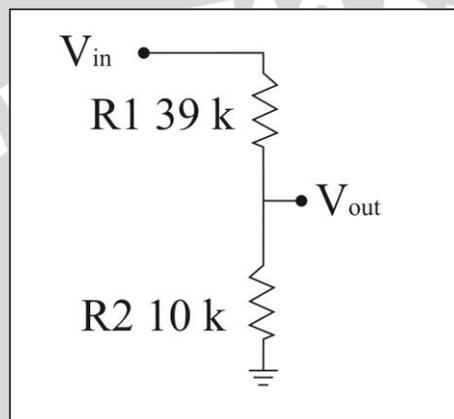
$$0,20 = \frac{R_2}{39k\Omega + R_2}$$

$$7,8k\Omega + 0,2R_2 = R_2$$

$$7,8k\Omega = 0,8 R_2$$

$$R_2 = \frac{7,8k\Omega}{0,8} = 9,75k\Omega$$

Untuk keamanan dan menjaga nilai tegangan maksimum yang masuk pada pin ADC mikronkontroler tetap dibawah 5V. Maka, nilai R2 dibulatkan menjadi,  $R_2 = 10 k\Omega$ .



Gambar 3.6 Rangkaian sensor tegangan

Pada Gambar 3.6 ditunjukkan  $V_{in}$  sebagai masukan tegangan dihubungkan pada kaki resistor R1 yang bernilai  $39k\Omega$  dan kaki resistor R1 yang lain dihubungkan pada kaki resistor  $10k\Omega$  dan kaki R2 yang lain diteruskan pada ground. Sehingga keluaran rangkaian sensor tegangan ini berada diantara R1 dan R2 yang dihubungkan pada pin ADC mikrokontroler.

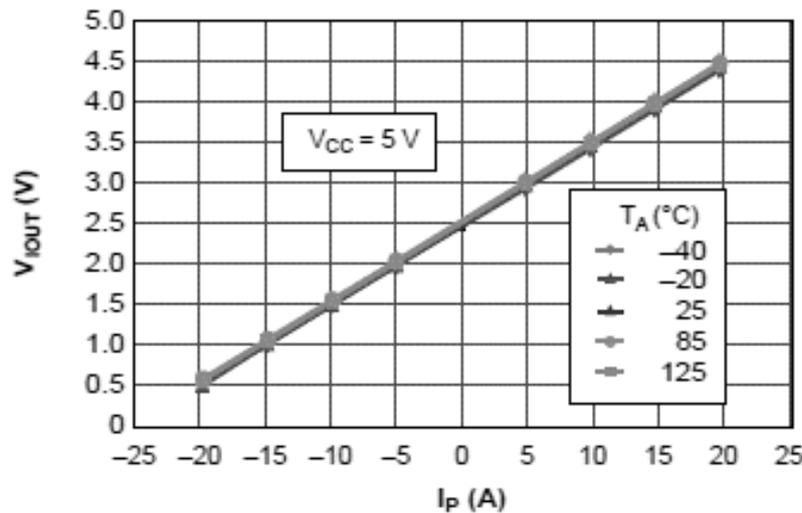
- **Perancangan Sensor Arus**

Sensor arus yang digunakan adalah ACS712-20A merupakan sensor arus dengan prinsip *hall effect*, yakni merubah medan magnet yang ditimbulkan oleh arus menjadi tegangan yang proporsional. Maka keluaran dari sensor ini berupa tegangan.

Sensor ini memiliki sensitivitas sebesar  $100 \text{ mV/A}$  dengan rentang pengukuran arus  $-20 \text{ A}$  sampai  $20 \text{ A}$ . Tegangan keluaran saat arus  $0 \text{ A}$  (*zero current*) ditentukan pada persamaan (3-4).

$$V_{IOUT(Q)} = V_{CC} \times 0.5 \quad (3-4)$$

Grafik keluaran tegangan terhadap arus yang terdeteksi pada sensor ditunjukkan pada Gambar 3.7.



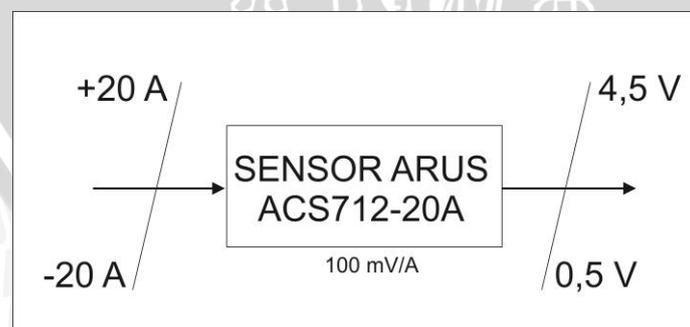
Gambar 3.7 Tegangan keluaran sensor terhadap arus yang terdeteksi.

Sumber : Allegro (2013 : 7)

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 3.7 Fungsi tegangan terhadap arus dapat diberikan dalam persamaan (3-5). Dimana perubahan tegangan linier terhadap perubahan arus.

$$V_{OUTSEN} = (0.1 \times I_i) + (V_{CC} \times 0.5) \quad (3-5)$$

Dengan menggunakan tegangan catu ( $V_{CC}$ ) = 5V dan  $I_i$  sebagai arus yang terdeteksi sensor maka dapat dibuat sebuah perancangan rangkaian pengondisi sinyal sensor arus yang ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Diagram proses sensor arus

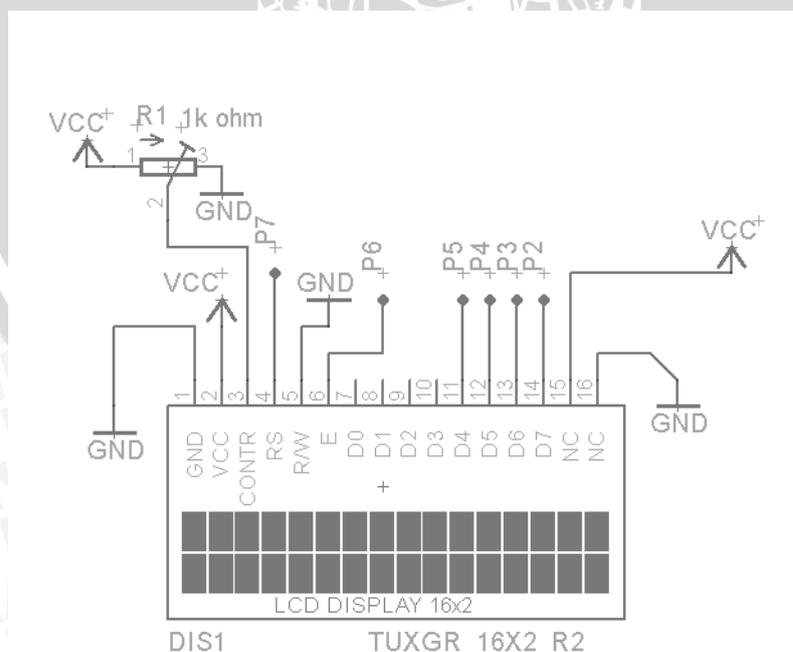
Apabila diamati dari keluaran maksimum sensor 4,5 V bila tegangan catu ( $V_{CC}$ ) = 5V, maka dalam perancangan sudah mencukupi untuk keluaran sensor langsung dihubungkan pada ADC mikrokontroler tanpa menambahkan rangkaian lain.

- **Perancangan Rangkaian LCD**

Rangkaian *LCD* digunakan untuk menampilkan data hasil pengolahan sensor arus dan sensor tegangan oleh mikrokontroler. *LCD* yang digunakan adalah *LCD* karakter 16x2, dimana memiliki 16 kolom dan 2 baris tampilan. *LCD* yang digunakan adalah modul ADM1602K yang merupakan sebuah *LCD* dot matriks yang membutuhkan daya kecil. *LCD* modul ADM1602K dilengkapi dengan tingkat kontras yang tinggi dan dapat diatur kecerahannya. Spesifikasi *LCD* modul ADM1602K sebagai berikut:

1. Memiliki 16 karakter dengan 2 baris tampilan yang terdiri atas 5x7 dot matriks ditambah dengan kursor.
2. Catu daya yang dibutuhkan sebesar 5V.
3. *Automatic reset* saat dinyalakan.
4. 80x8 display RAM (maksimal 80 karakter).
5. Menggunakan 4 bit data dan 3 bit kontrol.
6. *Adjustable contrast* dan *backlight*.

Skema rangkaian *LCD* modul ADM1602K dengan mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 3.9.

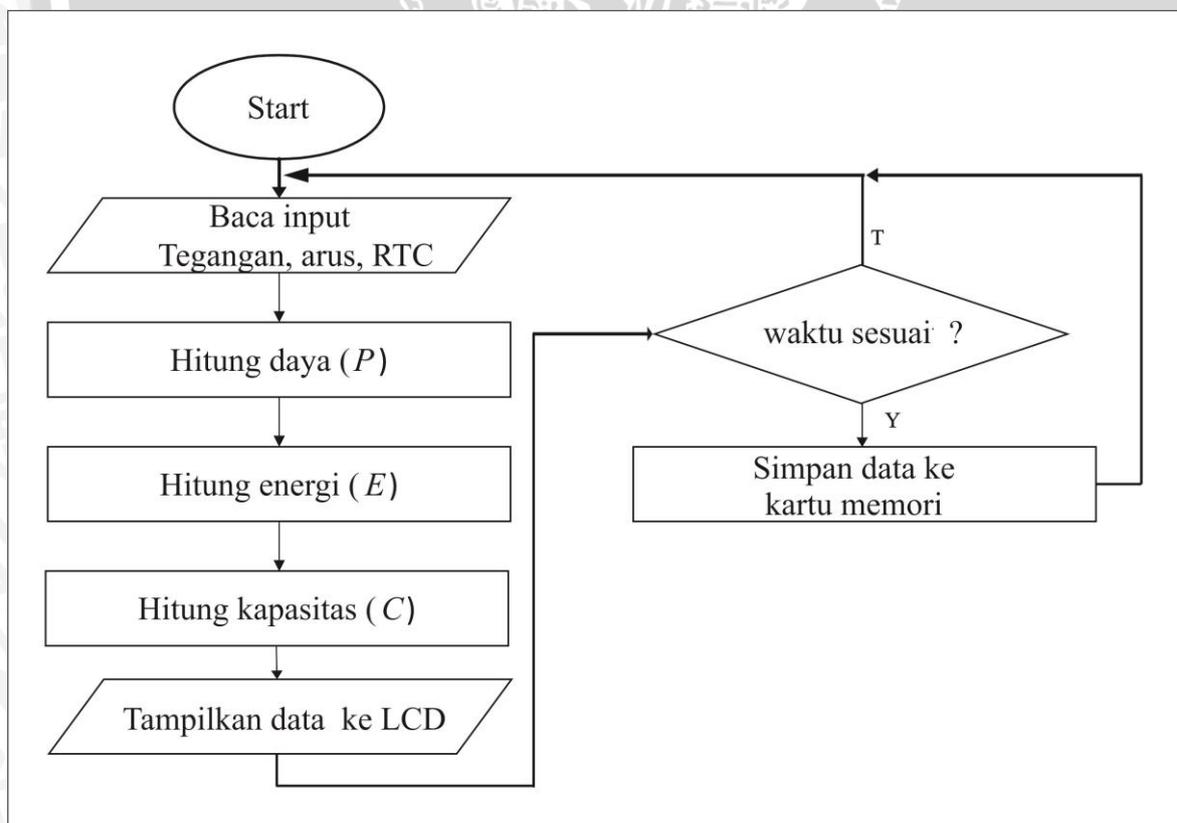


Gambar 3.9 Skematik rangkaian LCD

Perancangan *LCD* diinginkan agar kontras *LCD* dapat diatur, maka dipasang sebuah variable resistor dengan nilai  $1\text{ k}\Omega$  pada pin kontras sebagai pengatur tegangan. Pin 1 *LCD* dihubungkan dengan *ground* (GND) mikrokontroler bersamaan dengan pin 16 *LCD*, pin 5 *LCD*, kaki 3 variable resistor. Pin 2 *LCD* dihubungkan dengan VCC bersama pin 15 *LCD*. Kaki 1 variable resistor dihubungkan dengan catu daya  $+5\text{V}$ . Pin 3 *LCD* dihubungkan dengan kaki 2 variable resistor. Pin 4, 6, 11, 12, 13, 14 *LCD* masing-masing dihubungkan dengan pin digital pada mikrokontroler Arduino mega yaitu pin 7, 6, 5, 4, 3, 2. Pin 7, 8, 9, 10 *LCD* dibiarkan ambang.

### 3.4.4 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler diawali dengan merancang diagram alir (flowchart) terlebih dahulu. Diagram alir berfungsi sebagai alur kerja untuk masing-masing perangkat keras yang akan dikendalikan oleh mikrokontroler maupun proses perhitungan erhitungan yang terjadi dalam mikrokontroler. Bahasa pemograman yang digunakan dalam program utama menggunakan bahasa C dan *compiler* yang digunakan adalah Arduino IDE. Diagram alir perancangan perangkat lunak ditunjukkan dalam Gambar 3.10



Gambar 3.10 Diagram alir perancangan perangkat lunak

Berdasarkan diagram alir di atas proses utama yang dilakukan mikrokontroler adalah membaca data dari sensor tegangan, arus dan *RTC*. Kemudian data pembacaan sensor arus dan tegangan dikonversi menjadi daya ( $P$ ), energi ( $E$ ), dan kapasitas ( $C$ ). Setelah proses konversi data selesai maka mikrokontroler akan membaca masukan dari *RTC*. Apabila data belum mencapai 1 menit maka pembacaan program kembali dari awal dan apabila waktu telah mencapai 1 menit maka kartu memori akan diaktifkan dan data disimpan pada kartu memori. Program akan terus berulang selama sistem mendapatkan catu daya dari luar.



## BAB IV

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh sistem bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok dalam perancangan *hardware* serta pengujian keseluruhan untuk mengetahui *software* dapat bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian rangkaian sensor tegangan
2. Pengujian rangkaian sensor arus
3. Pengujian rangkaian *LCD*
4. Pengujian Rangkaian *RTC* dan kartu memori

#### 4.1 Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan

##### 4.1.1 Tujuan

Tujuan pengujian rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan adalah untuk mengetahui apakah dapat merubah tegangan dengan jangkauan 0 volt sampai 24 volt menjadi tegangan masukan ADC (0 – 5 volt).

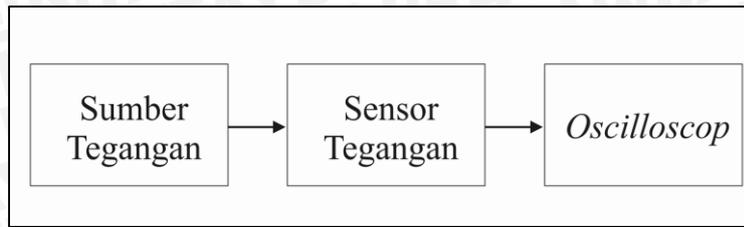
##### 4.1.2 Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengujian rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan antara lain :

1. *Power supply*.
2. rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan
3. *oscilloscope*.

##### 4.1.3 Prosedur Percobaan

Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan . Diagram blok pengujian rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram blok pengujian rangkaian sensor tegangan.

Prosedur pengujian rangkaian sensor tegangan adalah sebagai berikut :

1. Rangkai rangkaian pengujian sensor tegangan sesuai dengan yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.
2. Tegangan pada sumber tegangan (menggunakan *power supply*) diatur bervariasi. Tegangan *power supply* digunakan sebagai tegangan masukan rangkaian sensor tegangan.
3. Tegangan *power supply* dibatasi pada tegangan 1 volt sampai 20 volt.
4. Tegangan keluaran rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan diukur dengan menggunakan *oscilloscope*.

#### 4.1.4 Hasil Pengujian dan Analisa

Rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan digunakan untuk mengukur tegangan yang dihasilkan oleh *power supply*. Tegangan *power supply* ini dibatasi pada *range* tegangan 1-20 volt dan dianggap sebagai tegangan masukan rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan untuk dirubah menjadi tegangan masukan ADC agar dapat diproses oleh *microcontroller*. Hasil pengujian rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan ditunjukkan dalam Tabel 4.1 dan Gambar 4.2.

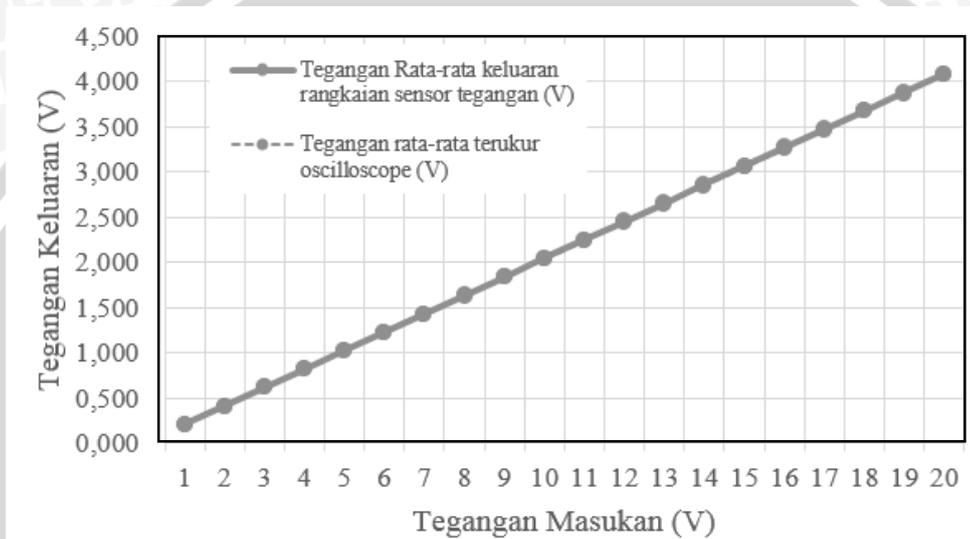
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan

$V_{in}$ (V)	Perhitungan (V)	Pengukuran 1 (V)	Pengukuran 2 (V)	Pengukuran 3 (V)	Rata-rata pengukuran (V)	Selisih	Error (%)
1	0,204	0,20	0,21	0,21	0,205	0,00092	0,45
2	0,408	0,41	0,41	0,41	0,408	0,0002	0,04
3	0,612	0,61	0,61	0,61	0,612	0,0002	0,04
4	0,816	0,82	0,82	0,82	0,816	0,0003	0,04
5	1,020	1,02	1,02	1,02	1,021	0,0004	0,04
6	1,224	1,22	1,22	1,22	1,223	0,0025	0,20333
7	1,429	1,42	1,42	1,42	1,421	0,0086	0,6
8	1,633	1,63	1,63	1,63	1,629	0,0047	0,285
9	1,837	1,83	1,83	1,83	1,831	0,0067	0,36667
10	2,041	2,03	2,04	2,03	2,035	0,0068	0,334

11	2,245	2,24	2,24	2,24	2,237	0,0089	0,39636
12	2,449	2,44	2,44	2,44	2,439	0,011	0,44833
13	2,653	2,64	2,64	2,64	2,643	0,0111	0,41692
14	2,857	2,84	2,85	2,85	2,846	0,0121	0,425
15	3,061	3,05	3,05	3,05	3,048	0,0142	0,46467
16	3,265	3,25	3,26	3,25	3,254	0,0123	0,37687
17	3,469	3,46	3,46	3,46	3,457	0,0134	0,38588
18	3,673	3,67	3,67	3,67	3,671	0,0035	0,09444
19	3,878	3,86	3,86	3,86	3,863	0,0156	0,40105
20	4,082	4,08	4,08	4,08	4,080	0,0016	0,04

**Error rata-rata (%)**

**0,24743**



Gambar 4.2 Grafik keluaran sensor tegangan

Pengujian rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan menghasilkan rata – rata *error* sebesar 0.247%. Hal ini disebabkan perubahan tegangan pada *power supply* ketika melakukan pengukuran dan selisih nilai komponen yang digunakan secara teori dan praktek.

## 4.2 Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan Dengan Mikrokontroler

### 4.2.1 Tujuan

Tujuan pengujian rangkaian sensor tegangan dengan mikrokontroler adalah untuk mengetahui apakah rankaian tersebut dapat mendeteksi tegangan masukan sebesar 1 volt hingga 20 volt.

#### 4.2.2 Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengujian rangkaian sensor tegangan :

1. *Power supply*.
2. rangkaian sensor tegangan dengan mikrokontroler
3. *oscilloscope*.

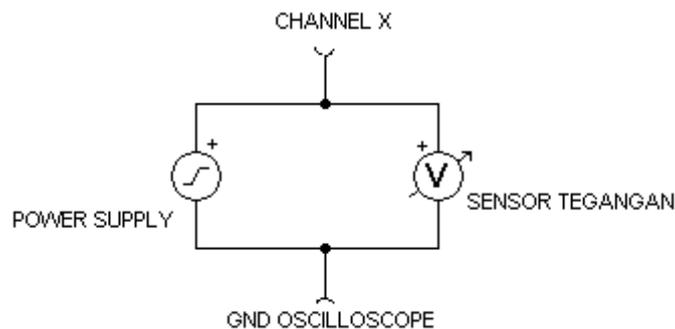
#### 4.2.3 Prosedur Percobaan

Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan . Diagram blok pengujian rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran *power supply*. Tegangan keluaran *power supply* diukur dengan menggunakan *oscilloscope* dan rangkaian sensor tegangan dengan mikrokontroler, kemudian dilakukan perbandingan antara kedua hasil pengukuran. Diagram blok pengujian rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan dan konfigurasi pemasangan ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Diagram blok pengujian rangkaian sensor tegangan dengan mikrokontroler.



Gambar 4.4 Konfigurasi pemasangan *oscilloscope* dan sensor tegangan.

Prosedur pengujian rangkaian sensor tegangan dengan mikrokontroler adalah sebagai berikut :

1. Rangkai rangkaian pengujian rangkaian sensor tegangan dengan mikrokontroler sesuai dengan yang ditunjukkan dalam Gambar 4.3 dan
2. Tegangan *power supply* diatur bervariasi. Tegangan *power supply* merupakan tegangan yang akan diukur oleh rangkaian sensor tegangan dengan mikrokontroler.
3. Tegangan *power supply* dibatasi pada tegangan 1 volt sampai 20 volt.
4. Pengaturan tegangan *power supply* diamati dengan menggunakan *oscilloscope*.
5. Pengukuran tegangan *power supply* oleh rangkaian sensor tegangan dengan mikrokontroler dapat diamati dengan melihat nilai tegangan yang tertera pada layar *LCD*.

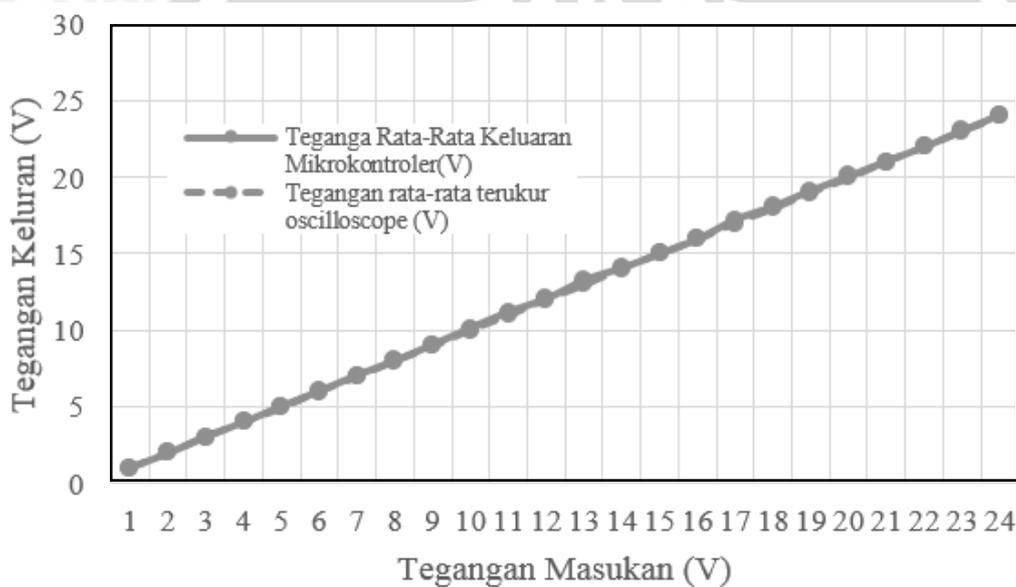
#### 4.2.4 Hasil Pengujian dan Analisa

Rangkaian sensor tegangan dengan mikrokontroler digunakan untuk mengukur tegangan yang dihasilkan oleh *power supply*. Tegangan *power supply* ini dibatasi pada *range* tegangan 1-20 volt. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengambilan data kemudian dirata – rata hingga didapatkan hasil pengujian rangkaian sensor tegangan yang ditunjukkan dalam Tabel 4.2 dan Gambar 4.5.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan Dengan Mikrokontroler

Vin (V)	Vout rangkaian (V)	Selisih	Error (%)
1	1,03	0,03	3,000
2	2,01	0,01	0,500
3	3,02	0,02	0,667
4	4,04	0,04	1,000
5	5,01	0,01	0,200
6	6,02	0,02	0,333
7	7,02	0,02	0,286
8	8,02	0,02	0,250
9	9,07	0,07	0,778
10	10,1	0,1	1,000
11	11,2	0,2	1,818
12	12,1	0,1	0,833
13	13,3	0,3	2,308
14	14,1	0,1	0,714

15	15	0	0,000
16	16	0	0,000
17	17,2	0,2	1,176
18	18,1	0,1	0,556
19	19,1	0,1	0,526
20	20,1	0,1	0,500
21	21	0	0,000
22	22	0	0,000
23	23,1	0,1	0,435
24	24,1	0,1	0,417
<b>Error Rata-Rata (%)</b>			<b>0,721</b>



Gambr 4.5 Grafik keluaran rangkaian sensor tegangan.dengan mikrokontroler

Pengujian rangkaian sensor tegangan dengan mikrokontroler menghasilkan rata – rata *error* sebesar 0.721%. Hal ini disebabkan oleh perbedaan tegangan referensi ADC pada mikrokontroler yang digunakan dalam perhitungan dan tegangan referensi pada rangkaian. Selisih antara tegangan referensi teori dan praktek dapat mempengaruhi perhitungan dan pembacaan sensor. Juga selisih nilai komponen yang digunakan secara teori dan praktek dapat mempengaruhi pembacaan sensor.

### 4.3 Pengujian Sensor Arus ACS712-20A

#### 4.3.1 Tujuan

Tujuan pengujian sensor arus ini adalah untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja sesuai dan memberikan hasil yang sesuai dengan data yang terlampir pada *datasheet* nya.

Sehingga hasil keluaran dari sensor tersebut dapat digunakan sebagai panduan perancangan rangkaian pengondisi sinyal sensor arus.

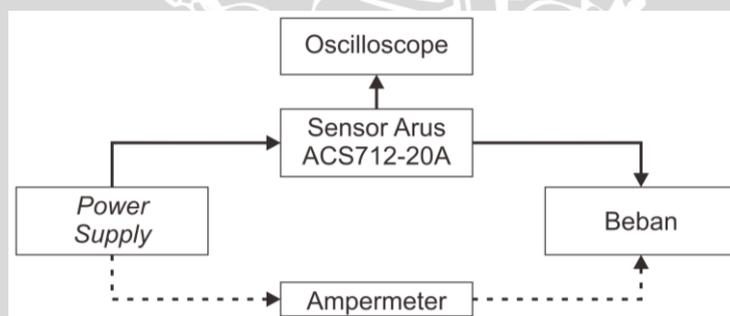
#### 4.3.2 Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengujian sensor arus ACS712-20A :

1. Sensor arus ACS712-20A.
2. *Power supply*.
3. Lampu pijar dengan spesifikasi 6V/3W.
4. Resistor 1 $\Omega$ .
5. Amperemeter.
6. *Oscilloscope*.

#### 4.3.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan dengan cara merubah tegangan pada *power supply*. Dengan demikian arus yang mengalir pada lampu dan resistor tersebut akan berubah pula. Perubahan arus diukur dengan menggunakan Amperemeter, apabila amperemeter menunjukkan nilai arus yang diinginkan maka amperemeter akan diganti dengan sensor arus. Keluaran sensor arus akan diukur dengan menggunakan *oscilloscope*. Berikut diagram blok pengujian sensor arus ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Diagram blok pengujian sensor arus ACS712-20A.

Prosedur pengujian sensor arus adalah sebagai berikut :

1. Rangkai rangkaian pengujian sensor arus sesuai Gambar 4.6.
2. Pasang amperemeter dan sensor arus ACS712-20A secara bergantian.
3. Atur tegangan keluaran *power supply* hingga amperemeter menunjukkan nilai arus yang diinginkan.
4. Lepas amperemeter dan gantikan dengan sensor arus.
5. Ukur tegangan keluaran sensor arus dengan menggunakan *oscilloscope*.

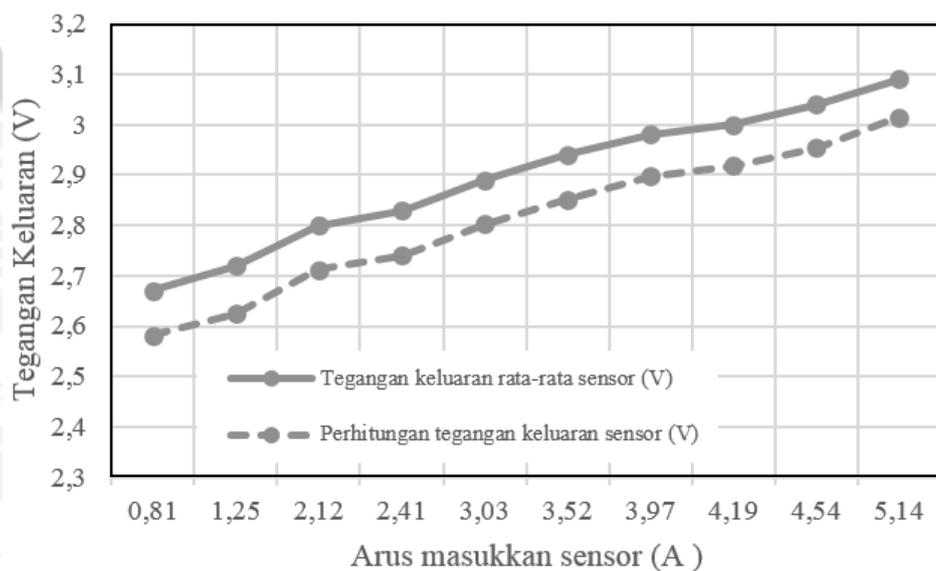
6. Bandingkan nilai keluaran sensor arus hasil pengukuran dengan hasil perhitungan secara teori.

#### 4.3.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Sensor arus digunakan untuk mengukur arus yang mengalir dari *power supply* menuju beban lampu dan resistor. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali dengan tegangan catu berasal dari *power supply*. hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.7.

Tabel 4.3 Hasil pengujian sensor arus.

Arus terukur (A)	Perhitungan (V)	Pengukuran 1 (V)	Pengukuran 2 (V)	Pengukuran 3 (V)	Vrata-rata pengukuran (V)	selisih	Error %
0,81	2,581	2,668	2,668	2,672	2,67	0,089	3,44828
1,25	2,625	2,718	2,718	2,722	2,72	0,095	3,61905
2,12	2,712	2,798	2,798	2,802	2,8	0,088	3,24484
2,41	2,741	2,828	2,828	2,832	2,83	0,089	3,24699
3,03	2,803	2,888	2,888	2,892	2,89	0,087	3,10382
3,52	2,852	2,938	2,938	2,942	2,94	0,088	3,08555
3,97	2,897	2,978	2,978	2,982	2,98	0,083	2,86503
4,19	2,919	2,998	2,998	3,002	3	0,081	2,77492
4,54	2,954	3,038	3,038	3,042	3,04	0,086	2,91131
5,14	3,014	3,088	3,088	3,092	3,09	0,076	2,52157
<b>Error Rata-Rata (%)</b>							3,08214



Gambar 4.7 Grafik pengujian sensor arus ACS712-20A.

Pengujian sensor arus menghasilkan rata rata *error* sebesar 3,082% dengan selisih terbesar antara pengukuran dan perhitungan adalah 0.95 V.

#### 4.4 Pengujian Rangkaian Sensor Arus Dengan Mikrokontroler

##### 4.4.1 Tujuan

Tujuan pengujian rangkaian sensor arus dengan mikrokontroler adalah untuk mengetahui apakah rangkaian tersebut dapat mendeteksi arus yang mengalir dari *power supply* menuju beban, dengan arus masukan sebesar -20 A hingga 20 A.

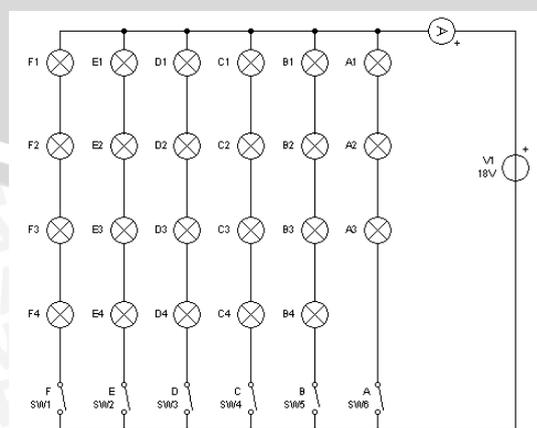
##### 4.4.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengujian rangkaian sensor arus dengan mikrokontroler adalah :

1. *Power supply*
2. Rangkaian sensor arus dengan mikrokontroler.
3. Amperemeter.
4. Beban berupa lampu yang disusun seperti pada Gambar 4.8.

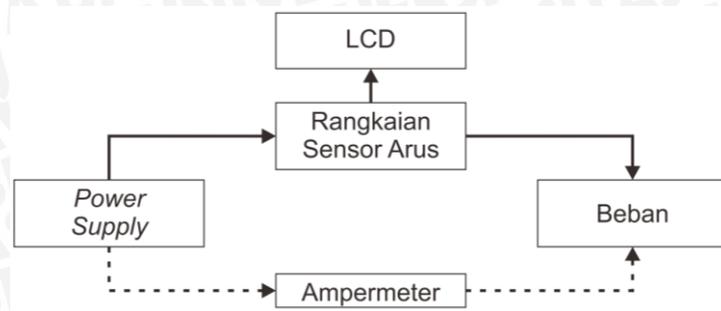
##### 4.4.3 Prosedur Percobaan

Pengujian dilakukan dengan cara mengatur kombinasi lampu yang disusun seperti pada Gambar 4.8. Kemudian menyalakan saklar pada beban secara bergantian dan berurutan, sehingga arus pada beban akan bertambah. Sensor digunakan untuk melakukan pembacaan terhadap perubahan arus tersebut. Pengukuran dilakukan secara berturut – turut dengan menggunakan *amperemeter* dan rangkaian sensor arus, hasil pembacaan keduanya akan dibandingkan. Gambar susunan lampu dan diagram blok pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.8 dan 4.9.



Gambar 4.8 Rangkaian beban pengujian.

Lampu yang digunakan memiliki spesifikasi 6V/3W dengan sumber tegangan konstan 18V.



Gambar 4.9 Diagram blok pengujian rangkaian sensor arus dengan mikrokontroler.

Prosedur pengujian sensor arus dengan mikrokontroler adalah sebagai berikut :

1. Rangkai rangkaian pengujian rangkaian sensor arus sesuai Gambar 4.8.
2. Pasang amperemeter dan rangkain sensor secara bergantian.
3. Atur kombinasi saklar pada rangkaian beban secara bergantian untuk mendapatkan perubahan arus.
4. Lepas amperemeter dan gantikan dengan sensor arus.
5. Bandingkan nilai hasil pengukuran amperemeter dengan hasil pengukuran rangkaian sensor arus.
6. Pembacaan rangkaian sensor arus ditunjukkan pada *LCD*.

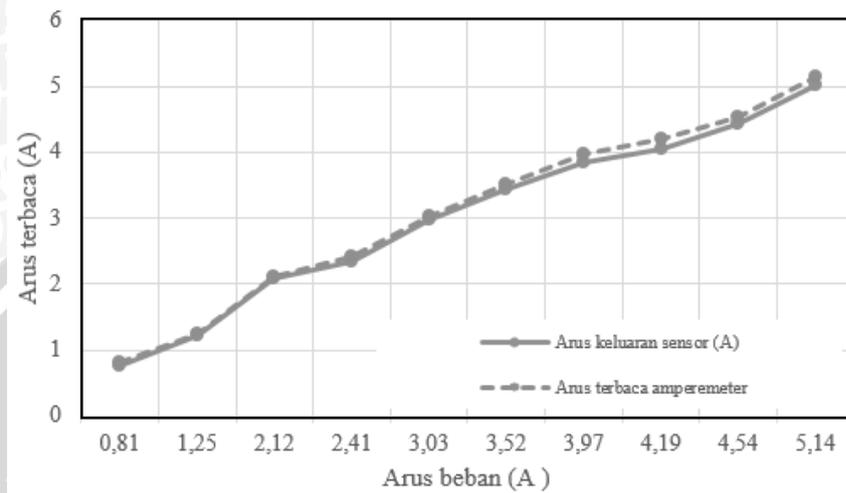
#### 4.4.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian rangkaian sensor arus yang digunakan untuk mengukur arus yang mengalir pada beban berupa rangkaian lampu dilakukan sebanyak tiga kali. Hasil pembacaan rangkaian sensor ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.10

Tabel 4.4 Hasil pengujian rangkaian sensor arus dengan mikrokontroler.

Arus beban terbaca amperemeter(A)	Keluaran sensor arus (A)	Selisih	Error (%)
0,81	0,76	0,05	6,17284
1,25	1,21	0,04	3,2
2,12	2,09	0,03	1,41509
2,41	2,33	0,08	3,3195
3,03	2,97	0,06	1,9802
3,52	3,45	0,07	1,98864
3,97	3,85	0,12	3,02267

4,19	4,05	0,14	3,34129
4,54	4,44	0,1	2,20264
5,14	5,03	0,11	2,14008
<b>Error Rata-Rata (%)</b>			<b>2,8783</b>



Gambar 4.10 Grafik hasil pengujian rangkaian sensor arus dengan mikrokontroler.

Pengujian rangkaian sensor arus memberikan hasil dengan rata – rata *error* sebesar 2,287% terhadap pembacaan dengan menggunakan amperemeter dan selisih terbesar adalah 0.014A.

## 4.5 Pengujian Rangkaian LCD

### 4.5.1 Tujuan

Pengujian rangkaian *LCD* adalah untuk mengetahui apakah rangkaian *LCD* dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perintah yang diberikan melalui mikrokontroler. Hal ini perlu dilakukan karena *LCD* berfungsi untuk menunjukkan nilai arus dan tegangan yang terbaca pada masing – masing node.

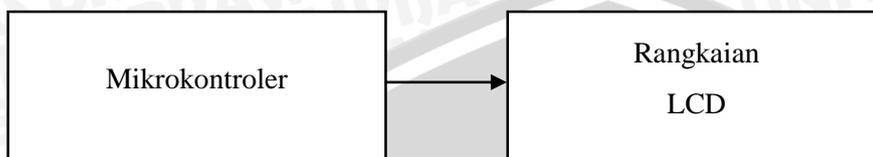
### 4.5.2 Alat yang Digunakan

Adapun alat yang digunakan untuk melakukan pengujian rangkaian *LCD* adalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroler
2. Rangkaian *LCD*

### 4.5.3 Prosedur Percobaan

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan perintah melalui mikrokontroler untuk ditampilkan pada layar *LCD*. Diagram blok pengujian rangkaian *LCD* ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Diagram blok pengujian rangkaian *LCD*..

Adapun prosedur pengujian rangkaian *LCD* adalah sebagai berikut:

1. Rangkai rangkain pengujian rangkain *LCD* sesuai diagram blok pada Gambar 4.11.
2. Berikan perintah pada mikrokontroler.
3. Amati apakah tampilan pada *LCD* sesuai dengan perintah dari mikrokontroler.

Berikut ini cuplikan perintah yang diberikan oleh rangkaian mikrokontroler.

```

void loop()
{
  LCD.setCursor(0,0); //penempatan tulisan
  LCD.print ("Pengujian"); //tulisan yang ditampilkan
  LCD.setCursor(0, 1);
  LCD.print("LCD");
}
  
```

### 4.5.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian rangkaian *LCD* memberikan hasil yang cukup baik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.12 yang memperlihatkan bahwa *LCD* dapat menampilkan data sesuai dengan perintah yang diberikan oleh mikrokontroler.



Gambar 4.12 Hasil pengujian rangkaian *LCD*

#### 4.6 Pengujian Modul *Real Time Clock* (*RTC*)

##### 4.6.1 Tujuan

Pengujian *RTC* ini dilakukan untuk mengetahui apakah modul *RTC* bekerja secara baik dan *realtime*. Hal ini perlu dilakukan karena *RTC* menjadi penunjang menggantikan *clock* sebagai pewaktu yang ada pada mikrokontroler.

##### 4.6.2 Alat yang Digunakan

Adapun alat yang digunakan untuk melakukan pengujian rangkaian *LCD* adalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroler
2. Rangkaian *RTC*

##### 4.6.3 Prosedur Percobaan

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan perintah melalui mikrokontroler untuk membaca data keluaran dari *RTC*. Diagram blok pengujian rangkain *RTC* ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Diagram blok pengujian rangkaian *LCD*.

Adapun prosedur pengujian rangkaian *RTC* adalah sebagai berikut:

1. Rangkai rangkain pengujian rangkain *LCD* sesuai diagram blok pada Gambar 4.13.
2. Berikan perintah pada mikrokontroler membaca data dari *RTC*.
3. Amati perubahan waktu menggunakan *serial monitor* yang teradapat pada *compiler* Arduino IDE.

Berikut ini cuplikan perintah yang diberikan oleh rangkaian mikrokontroler.

```
void loop()
{
    DateTime now = RTC.now();           // Membaca data sekarang dari RTC
    Serial.print(now.day(), DEC);       // Membaca data hari
    Serial.print('/');                  // tulisan karakter "/"
    Serial.print(now.month(), DEC);     // Membaca data bulan
    Serial.print('/');
    Serial.print(now.year(), DEC);      // Membaca data tahun
    Serial.print(' ');
    Serial.print(now.hour(), DEC);      // Membaca data jam
    Serial.print(':');
    Serial.print(now.minute(), DEC);    // Membaca data menit
    Serial.print(':');
    Serial.print(now.second(), DEC);    // Membaca data detik
    Serial.println();
}
```

#### 4.6.4 Hasil Pengujian

Pengujian rangkaian *RTC* memberikan hasil yang baik. Gambar 4.14 memperlihatkan bahwa *RTC* dapat menampilkan data pewaktu sesuai dan dapat bekerja secara *realtime*.

17/1/2016	19:2:16
17/1/2016	19:2:17
17/1/2016	19:2:18
17/1/2016	19:2:19
17/1/2016	19:2:20
17/1/2016	19:2:21
17/1/2016	19:2:22
17/1/2016	19:2:23
17/1/2016	19:2:24
17/1/2016	19:2:25
17/1/2016	19:2:26
17/1/2016	19:2:27
17/1/2016	19:2:28
17/1/2016	19:2:29
17/1/2016	19:2:30
17/1/2016	19:2:31
17/1/2016	19:2:32
17/1/2016	19:2:33
17/1/2016	19:2:34

Gambar 4.14 Hasil pengujian *RTC* yang ditampilkan pada *serial monitor compiler* Arduino

## 4.7 Pengujian Modul *SD card*

### 4.7.1 Tujuan

Pengujian modul *SD card* berguna untuk mengetahui dapatkah data tersimpan dengan baik pada kartu memori. Karena, keseluruhan data yang terbaca pada mikrokontroler nantinya akan disimpan pada kartu memori.

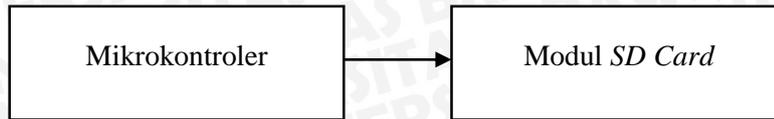
### 4.7.2 Alat yang Digunakan

Adapun alat yang digunakan untuk melakukan pengujian rangkaian *LCD* adalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroler
2. Modul *SD card*

### 4.7.3 Prosedur Percobaan

Pengujian dilakukan dengan cara dilakukan transfer program ke modul arduino dengan menggunakan *arduino sd card test library* yang sudah ada pada *compiler* Arduino IDE seperti pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Diagram blok pengujian rangkaian *LCD*.

Adapun prosedur pengujian rangkaian *RTC* adalah sebagai berikut:

1. Rangkai rangkain pengujian rangkain *LCD* sesuai diagram blok pada Gambar 4.15.
2. Berikan perintah pada mikrokontroler membaca kartu dengan *library* yang terdapat pada compiler Arduino IDE seperti pada Gambar 4.16
3. Amati menggunakan *serial monitor* yang terdapat pada *compiler* Arduino IDE.

Berikut ini cuplikan perintah yang diberikan oleh rangkaian mikrokontroler.

```

File Edit Sketch Tools Help
CardInfo
/*
 * SD card test
 *
 * This example shows how use the utility libraries on which the
 * SD library is based in order to get info about your SD card.
 * Very useful for testing a card when you're not sure whether its wo
 *
 * The circuit:
 * * SD card attached to SPI bus as follows:
 * ** MOSI - pin 11 on Arduino Uno/Duemilanove/Diecimila
 * ** MISO - pin 12 on Arduino Uno/Duemilanove/Diecimila
 * ** CLK - pin 13 on Arduino Uno/Duemilanove/Diecimila
 * ** CS - depends on your SD card shield or module.
 *         Pin 4 used here for consistency with other Arduino
 *
 * created 28 Mar 2011
 * by Limor Fried
 * modified 9 Apr 2012
 * by Tom Igoe
  
```

Gambar 4.16 *Library SD Card test* menggunakan *compiler* Arduino IDE

Pada gambar 4.16 merupakan program yang sudah ada dalam *library* Arduino IDE yang berfungsi menguji komunikasi modul dan SD card, lalu program tersebut di load ke modul dan buka serial monitor pada modul arduino.

#### 4.7.4 Hasil Pengujian

Pengujian dari modul SD Card berhasil dengan menunjukkan isi dari kartu memori yang telah di *load* sebelumnya seperti ditunjukkan dala Gambar 4.17



$$\bullet E : \int_{t_0}^{t_n} V_t \cdot I_t dt \quad (4-2)$$

$$\bullet C : \int_{t_0}^{t_n} I(t) dt \quad (4-3)$$

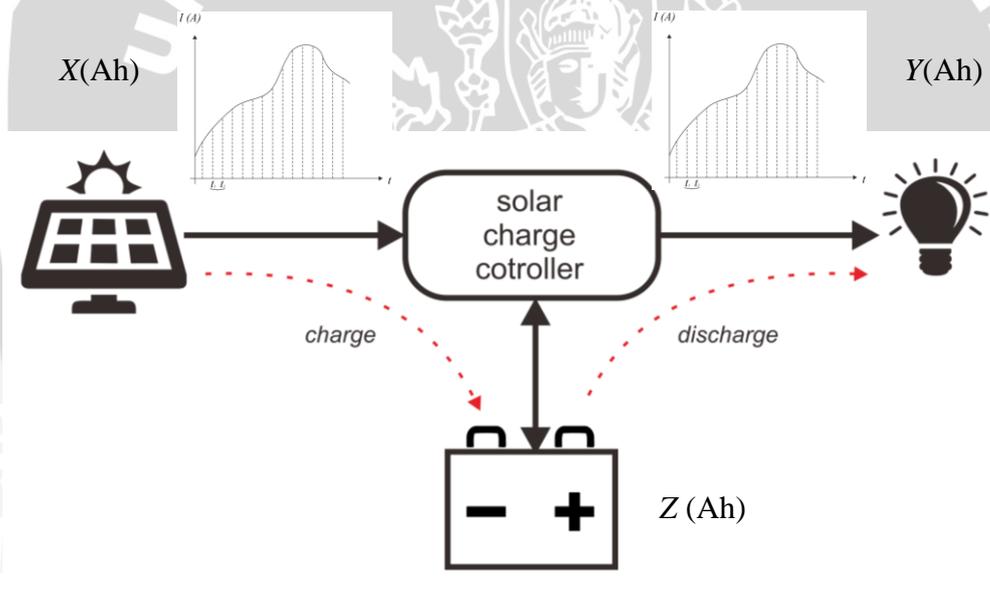
Keterangan :

$P$  : Daya (Watt)

$E$  : Energi (Wh)

$C$  : Kapasitas (Ah)

Tegangan dan arus yang dideteksi oleh sensor merupakan tegangan dan arus sesaat. Begitu pula dengan daya, energi, dan kapasitas hasil konversi dari pembacaan sensor arus dan tegangan. Energi dan kapasitas merupakan penjumlahan hasil konversi pembacaan sensor arus dan tegangan yang dilakukan setiap pergantian detik pada sistem. Perhitungan daya, energi, dan kapasitas dalam sistem ini dilakukan secara realtime sehingga semua sistem bekerja secara bersamaan dalam waktu yang sama. Ilustrasi cara kerja sistem ditunjukkan dalam Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Ilustrasi cara kerja sistem pada sebuah *Grid*

Pada Gambar 4.18 menjelaskan ilustrasi cara kerja sistem terutama pada pengukuran kapasitas pengisian dan pengosongan pada baterai. Dimana dalam sistem ini semua aspek bekerja secara bersamaan. Kapasitas pengisian baterai ( $Z$ ) didapatkan dari sel surya ( $X$ ) dan kapasitas pengosongan baterai dilakukan oleh beban ( $Y$ ) yang mendapatkan *supply* dari baterai. Secara ideal untuk kapasitas baterai didapatkan dari persamaan (4-4).

$$\bullet Z = X - Y \quad (4-4)$$

Apabila dilihat dari ilustrasi Gambar 4.18, kapasitas masukan yang diterima baterai dari sel surya tidak selalu sama setiap waktunya karena intensitas cahaya dan suhu yang dihasilkan matahari akan mempengaruhi kinerja dari sel surya. Begitu juga kapasitas yang dikeluarkan baterai untuk beban. Perubahan variabel yang ada pada beban memungkinkan keluaran kapasitas dari baterai tidak akan sama setiap waktunya.

- $X(t) : \int_{t_0}^t I_i(t)dt \rightarrow$  Kapasitas Pengisian (*Charging*) (4 - 5)

- $Y(t) : \int_{t_0}^t I_o(t)dt \rightarrow$  Kapasitas Pengosongan (*Discharging*) (4 - 6)

Sehingga dari persamaan diatas dapat disimpulkan bahwa :

$$\left. \begin{array}{l} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{array} \right\} f(t) = \int_{t_0}^t I(t)dt$$

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam memperhitungkan kapasitas baterai karena masih terdapat hal lain seperti kondisi awal baterai dan *losses* yang terdapat pada sistem. Oleh karena itu kapasitas baterai dapat ditentukan dengan persamaan 4 – 7.

$$Z = Z_0 + X - Y - C_{Loss} \quad (4 - 7)$$

Z : Kapasitas baterai (Ah)

Z<sub>0</sub> : Sisa kapasitas baterai (Ah)

X : Kapasitas pengisian baterai yang dihasilkan sel surya (Ah)

Y : Kapasitas pengosongan baterai sebagai *power supply* terhadap beban (Ah)

C<sub>Loss</sub> : Kapasitas yang terbuang dalam sistem.

### 4.8.3 Hasil Pengujian

Pengujian perhitungan daya dari sistem apabila menggunakan beban seperti pada Gambar 4.8 ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengujian pembacaan daya dengan mikrokontroler.

Daya terbaca multimeter (W)	Daya Terbaca Mikrokontroler (W)	Selisih	Error (%)
7,8	6,69	1,10	0,1418
11,72	10,9	0,81	0,0695
13,43	13,03	0,4	0,0299

14,82	14,17	0,64	0,0434
16,59	14,95	1,64	0,0988
17,73	17,19	0,53	0,0301

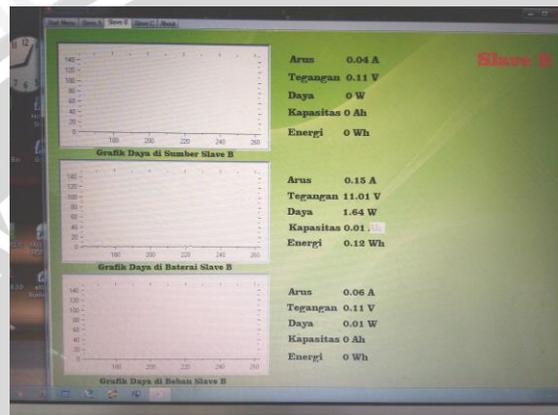
---

**Error Rata-rata (%)** 0,0689

---

Pengujian pembacaan daya menggunakan mikrokontroler memberikan hasil dengan rata – rata *error* sebesar 0,0689%.

Pengujian keseluruhan sistem apabila dilakukan pada pengukuran satu beban ditunjukkan pada Gambar 4.19, dan 4.20



Gambar 4.19 Hasil pengujian tampilan *dekstop* dari data pembacaan sistem

```

14/1/2016 23:16:1
Beban
Tegangan: 12.01 V
Arus: 1.20 A
P: 14.41 W
E: 0.00 kWh
C: 0.11 Ah

14/1/2016 23:18:1
Beban
Tegangan: 12.02 V
Arus: 1.22 A
P: 14.66 W
E: 0.00 kWh
C: 0.15 Ah

14/1/2016 23:20:1
Beban
Tegangan: 12.00 V

```

Gambar 4.20 Hasil pengujian penyimpanan data hasil pembacaan sistem

Pada Gambar 4.19 adalah tampilan *dekstop* yang merupakan data pengiriman dari *slave* ke *master* dengan data pembacaan sensor tegangan dan arus pada sistem diolah langsung oleh mikrokontroler dan dikonversi menjadi daya, energi, dan kapasitas. Kemudian data pembacaan tersebut disimpan pada kartu memori. Waktu yang ditampilkan pada Gambar 4.20 merupakan waktu dari *RTC* yang dibaca mikrokontroler dan juga dijadikan pewaktu mikrokontroler untuk menyimpan data pembacaan dalam rentang waktu tertentu yang pada Gambar 4.20 penyimpanan dilakukan setiap dua menit.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis dari penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem dapat mendeteksi perubahan arus dan tegangan antara 0-20A dan 0-24V dengan *error* rata – rata pembacaan arus 2.8783% terhadap pembacaan Amperemeter dan *error* rata – rata pembacaan tegangan 0.7207% terhadap pengukuran dengan *Oscilloscope*.
2. Data dari daya, energi, dan kapasitas dapat diolah oleh mikrokontroler dengan pengambilan data pembacaan arus, tegangan, dan perubahan waktu dalam selama sistem aktif.
3. Data yang telah diolah mikrokontroler dapat di simpan pada kartu memori menggunakan *RTC* sebagai pewaktu dalam sistem sehingga penyimpanan data dapat dilakukan dalam selang waktu tertentu dan secara *real time*.

#### 5.2 Saran

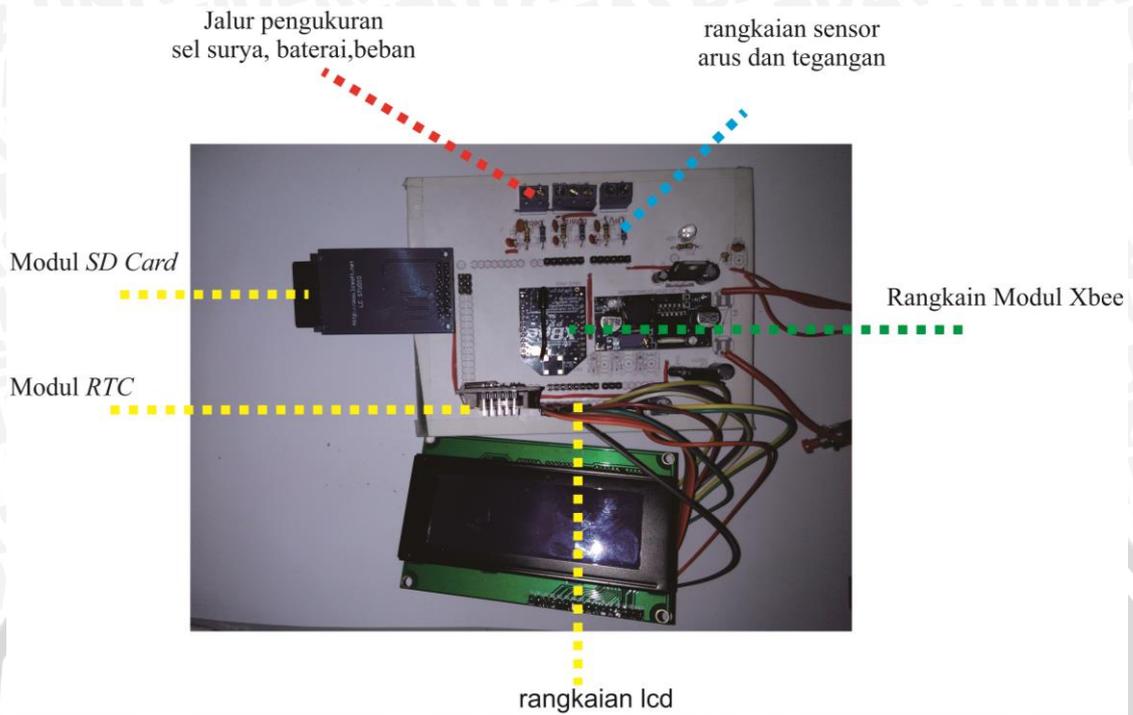
Beberapa saran yang diberikan untuk perbaikan skripsi ini antara lain:

1. Pengukuran untuk sensor tegangan dapat menggunakan metode dengan rangkaian lain.
2. Metode penyimpanan data menggunakan *data base* PC agar selain dapat ditulis data juga dapat langsung dibaca.

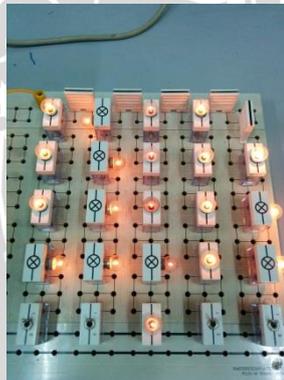
## DAFTAR PUSTAKA

- Allegro Microsystems. 2013. *ACS712 : Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*. Worcesterster.
- Analog Devices. 2003. *Low Cost Low Power Instrumentation Amplifier AD620*.
- B&B Electronics. 2010. *RS-422 AND RS-485 APPLICATIONS EBOOK A Practical Guide to Using RS-422 and RS-485 Serial Interfaces*. Ottawa.
- Bishop, Owen. 1995. *Understand Electronics*. Burlington : Newnes.
- Deny, Septian. 2014, 6 Juli. *Beban Listrik Nasional Meningkat 1.000 MW per Tahun*. (Online) <http://bisnis.liputan6.com/read/2073861/beban-listrik-nasional-meningkat-1000-mw-per-tahun>, diakses tanggal 1 Juli 2015
- Ekanayake, Janaka, dkk. 2012. *SMART GRID: Technology and Applications*. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.
- Hartono, Rudi. 2013, *Perancangan Sistem Data Logger Temperatur Baterai Berbasis Arduino Duemilanove*, Jember: Universitas Jember
- Hengki, Mudeng Vicky Vendy. 2014, *Auto Charge System Berbasis Solar Cell Pada Robot Management Sampah*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Kraus, John Daniel and Keith R. Carven. 1973. *Electromagnetics*. London: McGraw Hill Kogakusha, Ltd.
- Maxim Integrated. 2014. *DS1307, 64 x 8, Serial, I2C Real-Time Clock*. San Jose :Maxim Integrated Products, Inc.
- Mukund, Patel. 1999. *Wind and Solar Power System*. New York: CRC.
- Muljono dan Sunarto. 2003. *LISTRIK MAGNET-Penyelesaian Soal – Soal*. Yogyakarta : ANDI.
- Naeem, Wasif. 2009. *Concepts in Electric Circuits*. Belfast : Ventus Publishing.
- Rizky, M. Saddam. 2013. *Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Penerangan dan Motion Detector sebagai Proteksi Keramba pada Sentra Budidaya Ikan*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Revolution. *Alphanumeric LCD Display (16x2)*. United Kingdom: Revolution Education, Ltd.
- Saputra, Bayu S.N.T. 2015 *Rancang Bangun Monitoring And Switching System untuk mengetahui Arus dan Tegangan pada Microgrid*. Malang : Universitas Brawijaya
- Saputra, Wasana. 2008. *Rancang Bangun Solar Tracking System untuk Mengoptimalkan Penyerapan Energi Matahari pada Solar Cell*. Jakarta: UI.
- Widaringtyas, Dian Sarita. 2014 *Single Point Smart Grid dengan Inverter 15V DC-220V AC Berbasis Tenaga Surya*. Malang : Universitas Brawijaya

**Lampiran 1. Foto Alat**



Gambar 1 Foto alat bagian dalam dan keterangan.



Gambar 2 Foto beban yang digunakan dalam pengujian



### Lampiran 3. Listing Program

#### A. Listing Program

```

#include <SD.h>
#include <SPI.h>
#include <RTCLib.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h>

const int chipSelect = 53;
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);
RTC_DS1307 RTC;

int detik, menit, jam;

int
dayaPV, dayaBaterai, dayaBeban, energiPV, energiBaterai, energiBeban, kapasitasPV, kapasitasBaterai, kapasitasBeban ;
int EPV, EBaterai, EBeban, CPV, CBaterai, CBeban ;

void setup() {
  lcd.begin(20,4);
  Wire.begin();
  Serial.begin (9600) ;
  RTC.begin();
  if(!RTC.isrunning())
  {
    RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
  }

  while (!Serial) {
  }
  if (!SD.begin(chipSelect))
  {
    Serial.println("Card failed, or not present");
    lcd.setCursor (0,0) ;
    lcd.println("kartu memori");
    lcd.setCursor (0,1) ;
    lcd.println("gagal inisialisasi");
    return;
  }
}

void loop() {
  DateTime now = RTC.now();

  if (detik != now.second () )
  { detik = now.second() ;

int SensorTeganganPV = analogRead(A0);
//sensor tegangan PV
int VoutPV = 5*(SensorTeganganPV/1023.0) ;
float TeganganPV = (4.8817*VoutPV)+0.1225 ;

int SensorTeganganBaterai = analogRead(A2);
//sensor tegangan baterai
int VoutBaterai =
5*(SensorTeganganBaterai/1023.0) ;
float TeganganBaterai =
(4.8817*VoutBaterai)+0.1225 ;

int SensorTeganganBeban = analogRead(A4);
//sensor tegangan beban
int VoutBeban =
5*(SensorTeganganBeban/1023.0) ;
float TeganganBeban =
(4.8817*VoutBeban)+0.1225 ;

int sensorarusPV = analogRead (A1);
// sensor arus PV
float ArusPV = ((0.0049*sensorarusPV)-
1.9)/0.1;

int sensorarusBaterai = analogRead (A3);
// sensor arus baterai
float ArusBaterai =
((0.0049*sensorarusBaterai)-1.9)/0.1;

int sensorarusBeban = analogRead (A5);
// sensor arus PV
float ArusBeban = ((0.0049*sensorarusBeban)-
2.55)/0.1;

dayaPV = TeganganPV*ArusPV;
energiPV = (dayaPV)/3600 ;
EPV += energiPV ;
kapasitasPV = ArusPV/3600 ;
CPV += kapasitasPV ;

dayaBaterai = TeganganBaterai*ArusBaterai;
energiBaterai = (dayaBaterai)/3600 ;
EBaterai += energiBaterai ;
kapasitasBaterai = ArusBaterai/3600 ;
CBaterai += kapasitasBaterai ;

dayaBeban = TeganganBeban*ArusBeban;
energiBeban = (dayaBeban)/3600 ;
EBeban += energiBeban ;
kapasitasBeban = ArusBeban/3600 ;

```

```

CBeban      += kapasitasBeban ;

    lcd.setCursor (0,0);
    lcd.print ("PV" );
    lcd.setCursor (0,1) ;
    lcd.print(TeganganPV);
    lcd.setCursor (3,1);
    lcd.print(" V");
    lcd.setCursor (0,2);
    lcd.print(ArusPV);
    lcd.setCursor (3,2);
    lcd.print(" A");
    if (now.second()%1==0)
    {
        lcd.setCursor (0,3);
        lcd.print(dayaPV);
        lcd.setCursor (3,3);
        lcd.print(" W");
    }
    if (now.second()%2==0)
    {
        lcd.setCursor (0,3);
        lcd.print(EPV);
        lcd.setCursor (4,3);
        lcd.print(" Wh");
    }
    if (now.second()%3==0)
    {
        lcd.setCursor (0,3);
        lcd.print(CPV);
        lcd.setCursor (4,3);
        lcd.print(" Ah");
    }

    lcd.setCursor (7,0);
    lcd.print ("Bat" );
    lcd.setCursor (7,1) ;
    lcd.print(TeganganBaterai);
    lcd.setCursor (10,1);
    lcd.print(" V");
    lcd.setCursor (7,2);
    lcd.print(ArusBaterai);
    lcd.setCursor (10,2);
    lcd.print(" A");

    lcd.setCursor (7,3);
    lcd.print(dayaBaterai);
    lcd.setCursor (10,3);
    lcd.print(" W");

    if (now.second()%2==0)
    {
        lcd.setCursor (7,3);
        lcd.print(EBaterai);
        lcd.setCursor (11,3);
        lcd.print(" Wh");
    }

    if (now.second()%3==0)
    {
        lcd.setCursor (7,3);
        lcd.print(CBaterai);
        lcd.setCursor (11,3);
        lcd.print(" Ah");
    }

    if (now.second()%1==0)
    {
        lcd.setCursor (13,0);
        lcd.print ("Beban" );
        lcd.setCursor (13,1) ;
        lcd.print(TeganganBeban);
        lcd.setCursor (17,1);
        lcd.print(" V");
        lcd.setCursor (13,2);
        lcd.print(ArusBeban);
        lcd.setCursor (17,2);
        lcd.print(" A");
    }
    if (now.second()%1==0)
    {
        lcd.setCursor (13,3);
        lcd.print(dayaBeban);
        lcd.setCursor (17,3);
        lcd.print(" W");
    }
    if (now.second()%2==0)
    {
        lcd.setCursor (13,3);
        lcd.print(EBeban);
        lcd.setCursor (18,3);
        lcd.print(" Wh");
    }
    if (now.second()%3==0)
    {
        lcd.setCursor (13,3);
        lcd.print(CBeban);
        lcd.setCursor (18,3);
        lcd.print(" Ah");
    }

    if (now.minute()%2==0 && now.second()==1)
    {
        //tulis di SDCard
        File dataFile = SD.open("datalog.txt",
        FILE_WRITE);
        // if the file is available, write to it:
        if (dataFile) {
            dataFile.print(now.day(), DEC);
            dataFile.print('/');
            dataFile.print(now.month(), DEC);
            dataFile.print('/');
            dataFile.print(now.year(), DEC);
            dataFile.print(' ');
            dataFile.print(now.hour(), DEC);
            dataFile.print(':');
            dataFile.print(now.minute(), DEC);
        }
    }

```

```

dataFile.print(':');
dataFile.println(now.second(), DEC);
dataFile.println ("PV" );
dataFile.print("V: ");
dataFile.print(TeganganPV);
dataFile.println(" V");
dataFile.print("I: ");
dataFile.print(ArusPV);
dataFile.println(" A");
dataFile.print("P: ");
dataFile.print(dayaPV);
dataFile.println(" W");
dataFile.print("E: ");
dataFile.print(EPV);
dataFile.println(" Wh");
dataFile.print("C: ");
dataFile.print(CPV);
dataFile.println(" Ah");
dataFile.println(" ");

dataFile.println ("Baterai" );
dataFile.print("V: ");
dataFile.print(TeganganBaterai);
dataFile.println(" V");
dataFile.print("I: ");
dataFile.print(ArusBaterai);
dataFile.println(" A");
dataFile.print("P: ");
dataFile.print(dayaBaterai);
dataFile.println(" W");
dataFile.print("E: ");
dataFile.print(EBaterai);
dataFile.println(" Wh");
dataFile.print("C: ");
dataFile.print(CBaterai);
dataFile.println(" Ah");
dataFile.println(" ");

dataFile.println ("Beban" );
dataFile.print("V: ");
dataFile.print(TeganganBeban);
dataFile.println(" V");
dataFile.print("I: ");
dataFile.print(ArusBeban);
dataFile.println(" A");
dataFile.print("P: ");
dataFile.print(dayaBeban);
dataFile.println(" W");
dataFile.print("E: ");
dataFile.print(EBeban);
dataFile.println(" Wh");
dataFile.print("C: ");
dataFile.print(CBeban);
dataFile.println(" Ah");
dataFile.println(" ");
dataFile.close();
}
else
{
Serial.println("error opening datalog.txt");
}}}}

```





## ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kV/RMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

### Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μs output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at  $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 2.1 kV/RMS minimum isolation resistance
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-tuned for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

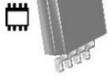


TUV Austria  
Certificate Number  
LEV 06 05 54214 010



Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)

Approximate Scale: 1:1



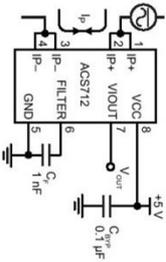
### Description

The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the HallIC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, copper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ( $\sim V_{OUT}(I)$ ) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 mΩ typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of *Continued on the next page...*

### Typical Application



Application 1 The ACS712 outputs an analog signal,  $V_{OUT}$ , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current,  $I_p$ , within the range specified.  $C_p$  is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712DS Rev. 15

## ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kV/RMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

### Description (continued)

The device at up to  $5 \times$  overcurrent conditions. The term make of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% in ate tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

### Selection Guide

Part Number	Packaging*	$T_A$ (°C)	Optimized Range, $I_p$ (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

\*Contact Allegro for additional packaging options.

### Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	$V_{CC}$		8	V
Reverse Supply Voltage	$V_{CC}$		-0.1	V
Output Voltage	$V_{OUT}$		8	V
Reverse Output Voltage	$V_{OUT}$		-0.1	V
Output Current Source	$I_{OUT(SRC)}$		3	mA
Output Current Sink	$I_{OUT(SNK)}$		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	$I_p$	1 pulse, 100 ns	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	$T_A$	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	$T_{J(max)}$		165	°C
Storage Temperature	$T_{STG}$		-65 to 170	°C

### Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	$V_{ISO}$	Agency type tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	$V_{WRSI}$	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or $V_{pk}$
Working Voltage for Reinforced Isolation	$V_{WRSI}$	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or $V_{pk}$

\*Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001

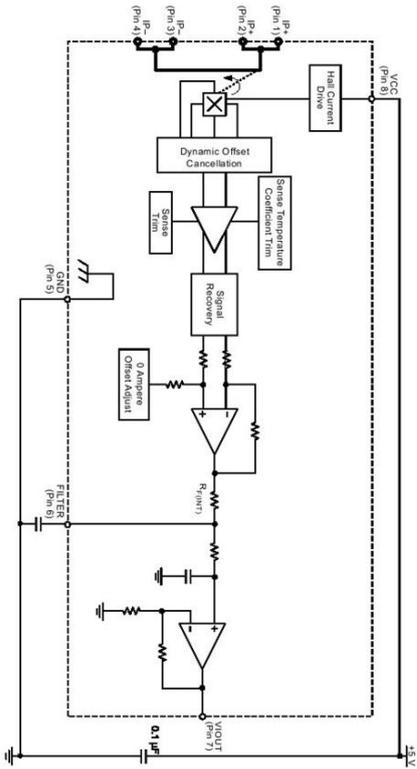


Allegro Microsystems, LLC  
Worcester, Massachusetts 01506 U.S.A.  
1.508.853.3000 www.allegromicro.com

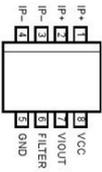
# ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sampled, fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sampled, fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

# ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS<sup>1</sup> over full range of  $T_A$ ,  $C_p = 1$  nF, and  $V_{CC} = 5$  V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Supply Voltage	$V_{CC}$	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	$I_{CC}$	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	—	10	13	mA
Output Capacitance Load	$C_{LOAD}$	VOUT to GND	—	—	10	nF
Output Resistive Load	$R_{LOAD}$	VOUT to GND	4.7	—	—	kΩ
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$I_A = 25$ C	—	1.2	—	mΩ
Rise Time	$t_r$	$I_A =  I_P (\max)$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $C_{OUT} = \text{open}$	—	3.5	—	µs
Frequency Bandwidth	$f$	-3-dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $I_P$ is 10 A peak-to-peak	—	80	—	kHz
Nonlinearity	$E_{NL}$	Over full range of $I_P$	—	1.5	—	%
Symmetry	$E_{SYM}$	Over full range of $I_P$	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{OUT(0)}$	Bidirectional, $I_P = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	—	$V_{CC}^* / 0.5$	—	V
Power-On Time	$t_{PO}$	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$ , 20 A present on leadframe	—	35	—	µs
Magnetic Coupling <sup>2</sup>	$R_{FINT}$	Internal Filter Resistance <sup>3</sup>	—	12	—	G/A
		Junction Temperature, $T_J(\max)$ , is not exceeded.	—	1.7	—	kΩ

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_P$ , and ambient,  $T_A$ , and internal leadframe temperatures,  $T_J$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_J(\max)$ , is not exceeded.  
<sup>2</sup> $21\text{G} = 0.1$  mT.  
<sup>3</sup> $R_{FINT}$  forms an RC circuit via the FILTER pin.

## COMMON THERMAL CHARACTERISTICS<sup>1</sup>

Operating Internal Leadframe Temperature	$T_A$	E range	Min.	Typ.	Max.	Units
Junction-to-Lead Thermal Resistance <sup>2</sup>	$R_{\theta JL}$	Mounted on the Allegro ASEK712 evaluation board	-40	—	85	$^\circ\text{C}$
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{\theta JA}$	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board. Includes the power-consumed by the board	—	—	5	$^\circ\text{C/W}$
			—	—	23	$^\circ\text{C/W}$

<sup>1</sup>Additional thermal information is available on the Allegro website.  
<sup>2</sup>The Allegro evaluation board has 1500 mm<sup>2</sup> of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.



Allegro Microsystems, LLC  
115 Northst Court  
1508 853 5001, www.allegromicro.com

3



Allegro Microsystems, LLC  
115 Northst Court  
1508 853 5001, www.allegromicro.com

4

# ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kV RMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

## X05B PERFORMANCE CHARACTERISTICS<sup>1</sup> $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$ , $C_F = 1\text{ nF}$ , and $V_{CC} = 5\text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_p$	Over full range of $I_p$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	-5	-	5	A
Sensitivity	Sens	Peak-to-peak, $I_A = 25^\circ\text{C}$ , 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 41\text{ nF}$ , $C_{OUT}$ = open, 2 kHz bandwidth	180	185	190	mV/A
Noise	Noise(r <sub>p</sub> )		-	21	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT0}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $25^\circ\text{C}$	-	-0.26	-	mV/°C
		$T_A = 25^\circ\text{C}$ to $150^\circ\text{C}$	-	-0.08	-	mV/°C
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $25^\circ\text{C}$	-	0.054	-	mV/°C
Sensitivity Slope	$\Delta$ Sens	$T_A = 25^\circ\text{C}$ to $150^\circ\text{C}$	-	-0.008	-	mV/A/°C
Total Output Error <sup>2</sup>	Error	$I_p = 35\text{ A}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	$\pm 1.5$	-	%

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_p$ , and ambient temperatures,  $T_A$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_{J(max)}$ , is not exceeded.

<sup>2</sup>Percentage of  $I_p$  with  $I_p = 5\text{ A}$ . Output filtered.

## X20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS<sup>1</sup> $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$ , $C_F = 1\text{ nF}$ , and $V_{CC} = 5\text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_p$	Over full range of $I_p$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	-20	-	20	A
Sensitivity	Sens	Peak-to-peak, $I_A = 25^\circ\text{C}$ , 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 41\text{ nF}$ , $C_{OUT}$ = open, 2 kHz bandwidth	96	100	104	mV/A
Noise	Noise(r <sub>p</sub> )		-	11	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT0}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $25^\circ\text{C}$	-	-0.34	-	mV/°C
		$T_A = 25^\circ\text{C}$ to $150^\circ\text{C}$	-	-0.07	-	mV/°C
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $25^\circ\text{C}$	-	0.017	-	mV/°C
Sensitivity Slope	$\Delta$ Sens	$T_A = 25^\circ\text{C}$ to $150^\circ\text{C}$	-	-0.004	-	mV/A/°C
Total Output Error <sup>2</sup>	Error	$I_p = 20\text{ A}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	$\pm 1.5$	-	%

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_p$ , and ambient temperatures,  $T_A$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_{J(max)}$ , is not exceeded.

<sup>2</sup>Percentage of  $I_p$  with  $I_p = 20\text{ A}$ . Output filtered.

## X30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS<sup>1</sup> $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$ , $C_F = 1\text{ nF}$ , and $V_{CC} = 5\text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_p$	Over full range of $I_p$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	-30	-	30	A
Sensitivity	Sens	Peak-to-peak, $I_A = 25^\circ\text{C}$ , 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 41\text{ nF}$ , $C_{OUT}$ = open, 2 kHz bandwidth	63	66	69	mV/A
Noise	Noise(r <sub>p</sub> )		-	7	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT0}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $25^\circ\text{C}$	-	-0.35	-	mV/°C
		$T_A = 25^\circ\text{C}$ to $150^\circ\text{C}$	-	-0.08	-	mV/°C
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $25^\circ\text{C}$	-	0.007	-	mV/A/°C
Sensitivity Slope	$\Delta$ Sens	$T_A = 25^\circ\text{C}$ to $150^\circ\text{C}$	-	-0.002	-	mV/A/°C
Total Output Error <sup>2</sup>	Error	$I_p = 30\text{ A}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	$\pm 1.5$	-	%

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_p$ , and ambient temperatures,  $T_A$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_{J(max)}$ , is not exceeded.

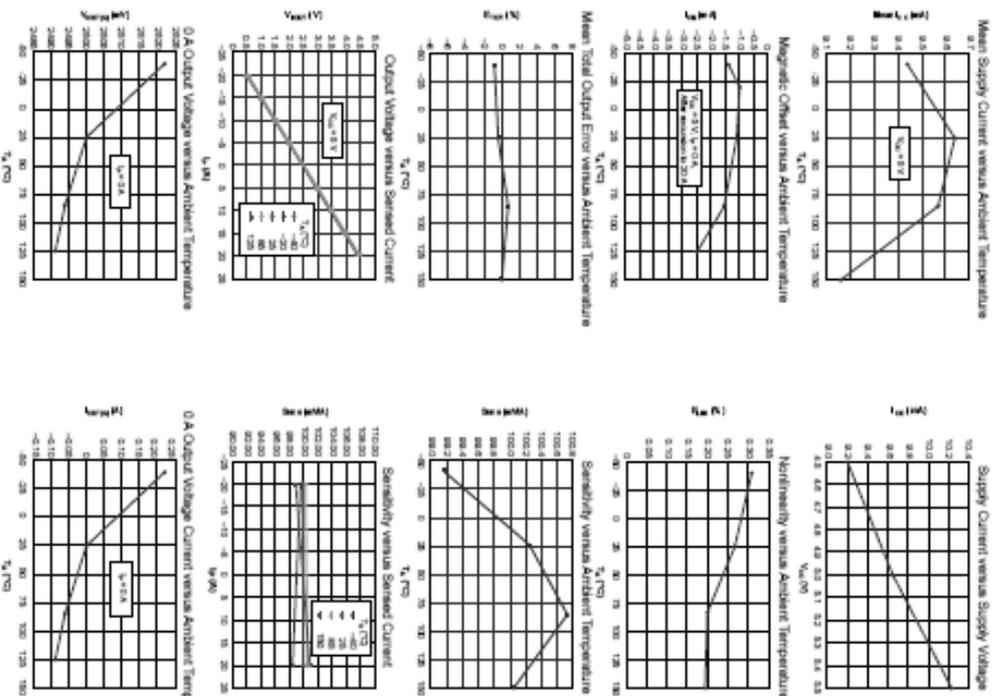
<sup>2</sup>Percentage of  $I_p$  with  $I_p = 30\text{ A}$ . Output filtered.

# ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kV RMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

## Characteristic Performance

$I_p = 20\text{ A}$ , unless otherwise specified



Allegro Microsystems, LLC  
115 Northeast Corner  
Microcenter, Massachusetts 01815-0038 U.S.A.  
1.508.853.1500, www.allegromicro.com

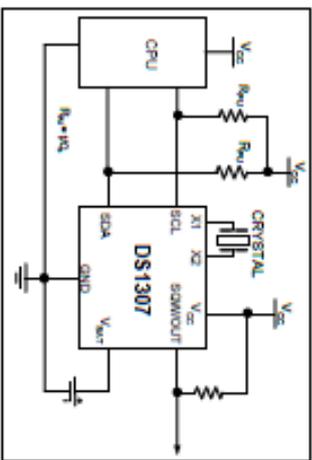


Allegro Microsystems, LLC  
115 Northeast Corner  
Microcenter, Massachusetts 01815-0038 U.S.A.  
1.508.853.1500, www.allegromicro.com

GENERAL DESCRIPTION

The DS1307 serial real-time clock (RTC) is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially through an I<sup>2</sup>C, bidirectional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM Indicator. The DS1307 has a built-in power-sense circuit that detects power failures and automatically switches to the backup supply. Timekeeping operation continues while the part operates from the backup supply.

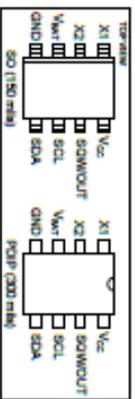
TYPICAL OPERATING CIRCUIT



BENEFITS AND FEATURES

- Completely Manages All Timekeeping Functions
  - Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the Week, and Year with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
  - 56-Byte, Battery-Backed, General-Purpose RAM with Unlimited Writes
  - Programmable Square-Wave Output Signal
- Simple Serial Port Interfaces to Most Microcontrollers
  - I<sup>2</sup>C Serial Interface
- Low Power Operation Extends Battery Backup Run Time
  - Consumes Less than 500nA in Battery-Backup Mode with Oscillator Running
  - Automatic Power-Fail Detect and Switch Circuitry
- 8-Pin DIP and 8-Pin SO Minimize Required Space
- Optional Industrial Temperature Range: -40°C to +85°C Supports Operation in a Wide Range of Applications
- Underwriters Laboratories (UL) Recognized

PIN CONFIGURATIONS



ORDERING INFORMATION

PART	TEMP RANGE	VOLTAGE (V)	PIN-PACKAGE	TOP MARK*
DS1307+	0°C to +70°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307
DS1307N+	-40°C to +85°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307N
DS1307Z+	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307
DS1307ZN+	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307N
DS1307Z+T&R	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307
DS1307ZN+T&R	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307N

\*Denotes a lead-free/lead-free-compliant package.  
 +A "\*" anywhere on the top mark indicates a lead-free package. An "N" anywhere on the top mark indicates an industrial temperature range device. Underwriters Laboratories, Inc. is a registered certification mark of Underwriters Laboratories, Inc.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +7.0V
Operating Temperature Range (Noncondensing)	0°C to +70°C
Commercial	-40°C to +85°C
Industrial	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range	+260°C for 10 seconds
Soldering Temperature (DIP, leads)	+260°C for 10 seconds
Soldering Temperature (surface mount)	+260°C for 10 seconds

Refer to the JPC/JEDEC J-STED-020 Specification.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to the absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>		4.5	5.0	5.5	V
Logic 1 Input	V <sub>OH</sub>		2.2		V <sub>CC</sub> + 0.3	V
Logic 0 Input	V <sub>OL</sub>		-0.3		+0.8	V
V <sub>BAT</sub> Battery Voltage	V <sub>BAT</sub>		2.0	3	3.5	V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V<sub>CC</sub> = 4.5V to 5.5V; T<sub>A</sub> = 0°C to +70°C; T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Leakage (SCL)	I <sub>I</sub>		-1		1	µA
I/O Leakage (SDA, SQW/OUT)	I <sub>O</sub>		-1		1	µA
Logic 0 Output (I <sub>OL</sub> = 5mA)	V <sub>OL</sub>				0.4	V
Active Supply Current (I <sub>CC</sub> = 100kHz)	I <sub>CC</sub>				1.5	mA
Standby Current	I <sub>CCS</sub>	(Note 3)			200	µA
V <sub>BAT</sub> Leakage Current	I <sub>BAT(LEAK)</sub>			5	50	nA
Power-Fail Voltage (V <sub>BAT</sub> = 3.0V)	V <sub>PF</sub>		1.216 x V <sub>BAT</sub>	1.25 x V <sub>BAT</sub>	1.284 x V <sub>BAT</sub>	V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V<sub>CC</sub> = 0V; V<sub>BAT</sub> = 3.0V; T<sub>A</sub> = 0°C to +70°C; T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>BAT</sub> Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I <sub>BAT1</sub>			300	500	nA
V <sub>BAT</sub> Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32kHz)	I <sub>BAT2</sub>			480	800	nA
V <sub>BAT</sub> Data-Retention Current (Oscillator Off)	I <sub>BAT3</sub>			10	100	nA

WARNING: Negative undershoots below -0.3V while the part is in battery-backed mode may cause loss of data.

### AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>CC</sub> = 4.5V to 5.5V; T<sub>A</sub> = 0°C to +70°C, T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f <sub>SCL</sub>		0		100	KHz
Bus Free Time Between a STOP and START Condition	t <sub>bus</sub>		4.7			μs
Hold Time (Repeated) START Condition	t <sub>holdSTA</sub>	(Note 4)	4.0			μs
LOW Period of SCL Clock	t <sub>low</sub>		4.7			μs
HIGH Period of SCL Clock	t <sub>high</sub>		4.0			μs
Setup Time for a Repeated START Condition	t <sub>setupSTA</sub>		4.7			μs
Data Hold Time	t <sub>holdDR</sub>		0			μs
Data Setup Time	t <sub>setupDR</sub>	(Notes 5, 6)	250			ns
Rise Time of Both SDA and SCL Signals	t <sub>r</sub>				1000	ns
Fall Time of Both SDA and SCL Signals	t <sub>f</sub>				300	ns
Setup Time for STOP Condition	t <sub>setupSTO</sub>		4.7			μs

### CAPACITANCE

(T<sub>A</sub> = +25°C)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Pin Capacitance (SDA, SCL)	C <sub>IO</sub>				10	pF
Capacitance Load for Each Bus Line	C <sub>A</sub>	(Note 7)			400	pF

Note 1: All voltages are referenced to ground.

Note 2: Limits at -40°C are guaranteed by design and are not production tested.

Note 3: V<sub>CC</sub> specified with V<sub>CC</sub> = 5.0V and SDA, SCL = 5.0V.

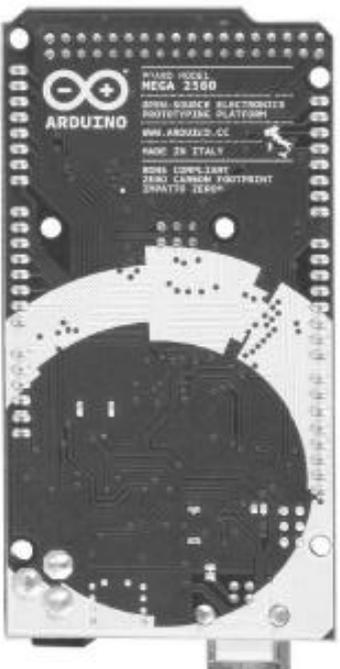
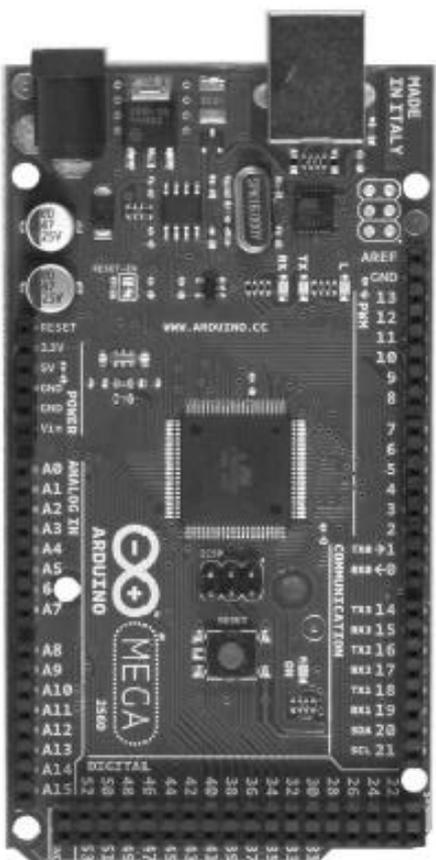
Note 4: After this period, the first clock pulse is generated.

Note 5: A device must internally provide a hold time of at least 300ns for the SDA signal (referenced to the V<sub>IL(max)</sub> of the SCL signal) to bridge the undershoot region of the falling edge of SCL.

Note 6: The maximum load only has to be met if the device does not stretch the LOW period (t<sub>low</sub>) of the SCL signal.

Note 7: C<sub>A</sub>—total capacitance of one bus line in pF.

Arduino Mega 2560



Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 (datasheet). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller: simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

### Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#)

Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

### Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

### Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FT232RL USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

✦ **VIN**: The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.

✦ **5V**: The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.

✦ **3V3**: A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.

✦ **GND**: Ground pins.

### Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

### Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using `pinMode()`, `digitalWrite()`, and `digitalRead()` functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

✦ **Serial 0 (RX) and 1 (TX)**; **Serial 11 (RX) and 18 (TX)**; **Serial 21 17 (RX) and 16 (TX)**; **Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX)**. Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.

✦ **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2)**. These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the `attachInterrupt()` function for details.

✦ **PWM: 0 to 13**. Provide 8-bit PWM output with the `analogWrite()` function.

✦ **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS)**. These pins support SPI communication using the [SPI library](#). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.

✦ **LED: 13**. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

✦ **I<sup>2</sup>C: 20 (SDA) and 21 (SCL)**. Support I<sup>2</sup>C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the [Writing website](#)). Note that these pins are not in the same location as the I<sup>2</sup>C pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and `analogReference()` function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF**. Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset**. Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

#### Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board emulates one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial](#) library allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

#### Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a bootloader that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available [in the Arduino repository](#). The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.

#### Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can

have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Mega2560 contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

#### USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega2560 has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

#### Physical Characteristics and Shield Compatibility

The maximum length and width of the Mega2560 PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega2560 is designed to be compatible with most shields designed for the Uno, Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega2560 and Duemilanove / Diecimila. Please note that  $P^2C$  is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).