



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI DAN
MONITORING BATERAI DENGAN ALGORITMA NUMERIK
UNTUK SUMBER ENERGI LISTRIK TERBARUKAN**

TESIS

**Didik Sukoco
1006803940**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2012**

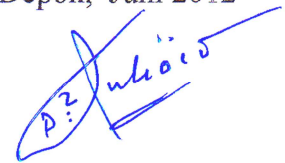
PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul :

Rancang Bangun Sistem Pengendali dan Monitoring Baterai dengan Algoritma Numerik untuk Sumber Energi Listrik Terbarukan

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Departemen Teknik Elektro Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari seminar yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Juni 2012



Didik Sukoco
NPM. 1006803940

HALAMAN PENGESAHAN

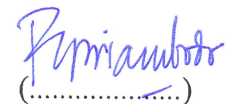
Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Didik Sukoco
NPM : 1006803940
Program Studi : Device Elektronika
Judul Tesis : Rancang Bangun Sistem Pengendali dan Monitoring
Baterai dengan Algoritma Numerik untuk Sumber Energi
Listrik Terbarukan

Telah berhasil mempertahankan dihadapan dewan penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

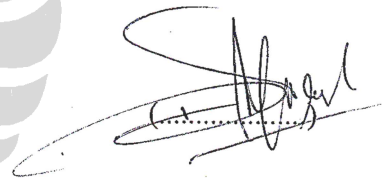
DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Purnomo Sidi Priambodo, M.Sc.,Ph.D.



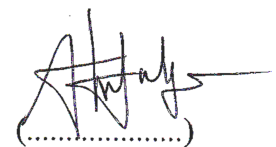
(.....)

Penguji : Prof. Dr. Ir. Djoko Hartanto, M.Sc



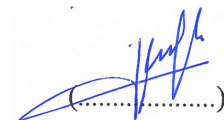
(.....)

Penguji : Prof. Dr. Ir. Harry Sudiby, DEA



(.....)

Penguji : Taufiq Alif Kurniawan ST., M.Sc



(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2012

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, atas segala karunia dan petunjuk dari Allah SWT serta kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini. Penyusunan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari betapa besar dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini.

Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sangat mendalam kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Purnomo Sidi Priambodo, M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran dalam mengarahkan penulis dalam penyusunan tesis ini.
2. Dosen-dosen yang telah mengajarkan ilmu yang sangat bermanfaat.
3. Seluruh keluarga atas do'a dan dorongannya.
4. Website deatronik.com atas support dan dukungan dana yang diberikan.
5. Sahabat-sahabat yang selalu ada setiap saat.

Dan semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Didik Sukoco
NPM : 1006803940
Program Studi : Device Elektronika
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

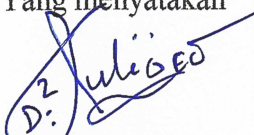
**Rancang Bangun Sistem Pengendali dan Monitoring Baterai dengan
Algoritma Numerik untuk Sumber Energi Listrik Terbarukan**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : Juni 2012

Yang menyatakan


(Didik Sukoco)

ABSTRAK

Nama : Didik Sukoco
NPM : 1006803940
Program Studi : Device Elektronika
Judul Tesis : Rancang Bangun Sistem Pengendali dan Monitoring Baterai dengan Algoritma Numerik untuk Sumber Energi Listrik Terbarukan

Sumber energi terbarukan yang sangat menjanjikan adalah *solar cell* dan kincir angin karena *portabilitas*, *fleksibilitas* yang tinggi dan nilai investasi relatif rendah. Sejauh ini teknologi *solar cell* memiliki keunggulan karena membutuhkan perawatan sangat minim dan memiliki umur sekitar 20 tahun[27]. Efisiensi diwujudkan dengan kemampuan *solar cell* mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Pada saat ini *solar cell* mudah didapat dengan kisaran harga US \$3/Watt per satuan luas. Pada kincir angin sumber energi mekanik dari putaran *blade* akan di konversi ke sumber energi listrik. Meskipun sederhana dalam konsep, tetapi desain turbin dalam perhitungan *blade* sangat kompleks untuk menghasilkan energi yang optimal. Namun kelemahan dari kedua sumber energi terbarukan tersebut adalah tidak menentu ketersediaannya, sedangkan konsumen membutuhkan penyediaan energi yang stabil dengan *sustainability* 100%. Untuk itu agar sistem energi terbarukan lebih bermanfaat, sistem harus dilengkapi dengan kendali dan *management* energi listrik yang akan menstabilkan output energi listrik yang dihasilkan.

Diperlukan suatu bank baterai dalam kelangsungan *sustainable* suplai energi listrik yang dihasilkan. Dalam riset ini, telah merancang bangun suatu kendali energi dengan mengintegrasikan pemodelan matematik sistem baterai. Sistem kendali didukung oleh *bank* baterai, mikrokontroler dan rangkaian elektronik

Selanjutnya unjuk kerja sistem dapat ditingkatkan dengan melakukan karakteristik energi yang tersimpan dalam baterai, sehingga energi baterai selalu dapat di monitor. Hal ini memungkinkan sistem selalu dapat mengendalikan energi listrik yang tersedia dalam sistem tersebut.

Kata kunci : *Management* pengendalian baterai, model baterai, sistem Charge discharge, karakteristik baterai.

ABSTRACT

Name : Didik Sukoco
Study Program : Electronic Device
Title : Design of Control Systems and Monitoring Battery with Numerical Algorithms Based for Renewable Energy

Renewable energy sources is a very promising that is solar cell and windmill because of its portability, flexibility and value of investment is relative low. Now solar cell technology have an advantage because it require for little maintenance and have lifetime of about 20 years [27]. Efficiency solar cell is realized with its ability to convert solar energy into electrical energy. At currently this solar cell is easy to get with range of price around U.S. \$ 3/Watt per unit area. At the windmill source of mechanical energy from the blade rotation will be converted into electrical energy source. Although simple in concept, but the design of turbine blade is so complex calculation to generate the optimal energy. But the weakness of both renewable energy sources is uncertain availability, while the consumer requires a stable supply of energy with 100% sustainability. In order to a renewable energy system more useful, the system must be equipped with control and management of electrical energy that will stabilize the output of electrical energy that produced.

It needs a battery bank to keep the sustainable of electrical energy that produced. In this research, has been designing up a control energy by integrating the mathematical modeling of battery systems. Control system supported by battery bank, microcontrollers and electronic circuits.

Furthermore, system performance can be enhanced by the characteristics of the energy stored in batteries, hence the energy of battery always be monitored. It enable the system is always able to control the electrical energy that available in that system.

Key word : management control batteries, battery model, discharge charge system, characteristics of the battery.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Penelitian	3
1.6. Metode Penelitian	3
1.7. Sistematika Penulisan.....	4
2. DASAR TEORI	5
2.1. Energi Terbarukan	5
2.1.1. Kincir Angin.....	5
2.1.2. Energi Surya	6
2.2. Permasalahan Sistem Charge pada Baterai	8
2.3. Sistem Penyimpanan Energi (Baterai).....	9
2.4. Jenis Baterai	10
2.4.1. Baterai Primer	12
2.4.2. Baterai sekunder	12
2.5. Pemodelan Baterai	14
2.5.1. Model Baterai Sebagai Penyimpan Muatan.....	14
2.5.2. Model Baterai Sebagai Sumber Tegangan Konstan.....	15

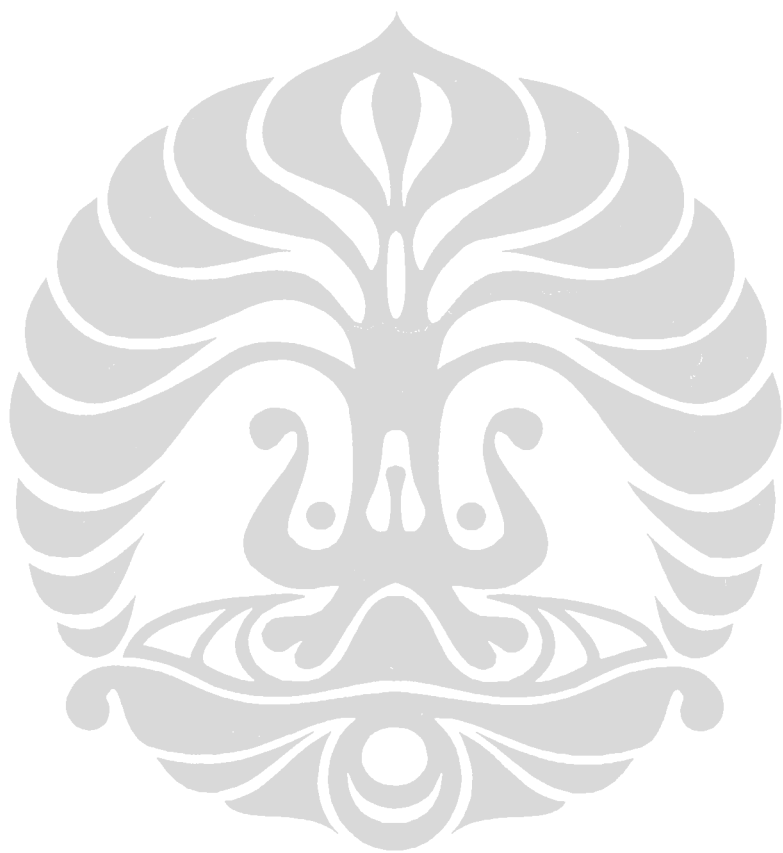
2.6. Metode <i>Interpolasi Lagrange</i>	17
2.7. Metode <i>Integrasi Newton Cotes</i>	18
2.7.1. Metode Trapesium	19
3. PERANCANGAN SISTEM DAN PENGUKURAN	20
3.1. Diagram Blok Sistem.....	20
3.2. Perancangan Rangkaian Sistem	21
3.2.1. Mikrokontroler ATmega8535	21
3.2.1.1. Kebutuhan Pin-out pada Mikrokontroler.....	23
3.2.2. Rangkaian Sensor Arus	30
3.2.3. Rangkaian Sensor Tegangan	31
3.2.4. Rangkaian Sensor Suhu	31
3.2.5. Implementasi Sistem.....	33
3.3. Perancangan <i>Program User Interfacing</i>	34
3.3.1. Program algoritma Numerik Lagrange	36
3.4. Pengujian Beban Test pada Baterai	38
4. ANALISA DATA	45
4.1. Pengujian tahanan dalam baterai	45
4.1.1. Baterai 12V,1.3Ah kondisi normal.....	45
4.1.2. Baterai 6V,4.5Ah kondisi normal.....	49
4.1.3. Baterai 9V,220mAh kondisi normal	53
4.2. Penghitungan R_{seri} dan $R_{paralel}$ model matematik baterai	56
5. KESIMPULAN	58
DAFTAR REFERENSI	59
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kincir Angin.....	5
Gambar 2.2 pembangkit listrik tenaga surya.....	6
Gambar 2.3 diagram pembangkit listrik tenaga surya	7
Gambar 2.4 Grafik I-V curve	7
Gambar 2.5 Name plate panel surya kapasitas 50 Wp.....	8
Gambar 2.6 Sejarah bentuk baterai	10
Gambar 2.7 Plat baterai.....	10
Gambar 2.8.a. Bagian dalam baterai	11
Gambar 2.8.b. Bagian dalam baterai.....	11
Gambar 2.9 detail bagian dalam baterai.....	12
Gambar 2.10 Baterai <i>deep cycle</i>	13
Gambar 2.11 Baterai <i>Starting</i>	13
Gambar 2.12 model baterai sebagai penyimpan muatan	14
Gambar 2.13 Karakteristik saat pengisian	15
Gambar 2.14 rangkaian model baterai	15
Gambar 2.15 Kurva durasi kapasitas pada baterai asam timbal....	16
Gambar 2.16 Integral fungsi $f(x)$	18
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem	20
Gambar 3.2 IC Mikrokontroler ATmega8535	21
Gambar 3.3 PINOUT IC Mikrokontroler ATmega8535.....	22
Gambar 3.4 Skema Rangkaian Sistem	23
Gambar 3.5 Skema Rangkaian Modul Mikrokontroler.....	24
Gambar 3.6 Skema Rangkaian Modul Serial RS-232.....	25
Gambar 3.7 Skema Rangkaian Modul Relay	26
Gambar 3.8 Skema keypad 4x4	28
Gambar 3.9 Skema LCD 4x16.....	30
Gambar 3.10 Rangkaian Instrumentasi sensor arus	31
Gambar 3.11 Rangkaian sensor tegangan	31
Gambar 3.12 Sensor suhu LM35	32

Gambar 3.13 Karakteristik tegangan dan akurasi LM35	33
Gambar 3.14 Detail rangkaian elektronika sistem	33
Gambar 3.15 Implementasi Sistem	34
Gambar 3.16 Software User Interfacing	34
Gambar 3.17 Proses pengambilan data test baterai.....	35
Gambar 3.18 mode test beban dan mode stand alone	35
Gambar 3.19 bentuk baterai pengujian	38
Gambar 3.20 Bentuk resistor pengujian.....	39
Gambar 3.21 menu pengambilan data tes baterai	39
Gambar 3.22 Grafik baterai pada 12V,1.3AH kondisi Rusak	40
Gambar 3.23 Grafik I dan V terhadap waktu baterai 12V,1.3Ah ..	41
Gambar 3.24 Grafik Daya dan R_{dalam} terhadap waktu baterai 12V,1.3Ah	42
Gambar 3.25 Grafik I dan V terhadap waktu baterai 6V,4.5Ah	43
Gambar 3.26 Grafik Daya dan R_{dalam} terhadap waktu baterai 6V,4.5Ah	43
Gambar 3.27 Grafik I dan V terhadap waktu baterai 9V,220mAh ..	44
Gambar 3.28 Grafik Daya dan R_{dalam} terhadap waktu baterai 9V,220mAh	44
Gambar 4.1 Model baterai pengujian.....	45
Gambar 4.2 Grafik baterai pada 12V,1.3Ah kondisi baik.....	46
Gambar 4.3 Grafik daya dan R_{dalam} fungsi waktu baterai 12V,1.3Ah	47
Gambar 4.4 Grafik Daya(R_{dalam}) baterai 12V,1.3Ah	48
Gambar 4.5 Grafik Energi(R_{dalam}) baterai 12V,1.3Ah	49
Gambar 4.6 Grafik Daya(t) dan $R_{dalam}(t)$ baterai 6V,4.5Ah	50
Gambar 4.7 Grafik Daya(R_{dalam}) baterai 6V,4.5Ah	51
Gambar 4.8 Grafik Energi(R_{dalam}) baterai 6V,4.5Ah	52
Gambar 4.9 Grafik daya(t) dan $R_{dalam}(t)$ baterai 9V,220mAh	54
Gambar 4.10 Grafik daya(R_{dalam}) baterai 9V,220mAh	55
Gambar 4.11 Grafik Energi(R_{dalam}) baterai 9V,220mAh	56
Gambar 4.12 Skema model matematik baterai	56

Gambar 4.13 Skema beban *short circuit* 57
Gambar 4.14 pengukuran V_{Rp} 57



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Interpolasi Lagrange.....	16
Tabel 3.1 Cuplikan hasil pengukuran pada $R_{load} = 48 \Omega$	40
Tabel 3.2 Cuplikan hasil pengukuran pada $R_{load} = 12 \Omega$	40
Tabel 3.3 Cuplikan hasil pengukuran pada $R_{load} = 6 \Omega$	42
Tabel 3.4 Cuplikan hasil pengukuran pada $R_{load} = 120 \Omega$	43
Tabel 4.1 Baterai 12V,1.3 AH kondisi baik.....	46
Tabel 4.2 Numerik Lagrange baterai 12V,1.3Ah	47
Tabel 4.3 Perhitungan Energi baterai 12V,1.3Ah	48
Tabel 4.4 Baterai 6V,4.5 AH kondisi baik.....	49
Tabel 4.5 Numerik Lagrange baterai 6V,4.5Ah	50
Tabel 4.6 Perhitungan Energi baterai 6V,4.5Ah	52
Tabel 4.7 Baterai 9V,220mAH kondisi baik	53
Tabel 4.8 Numerik Lagrange baterai 9V,220mAh	54
Tabel 4.9 Perhitungan Energi baterai 9V,220mAh	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tenaga listrik merupakan kebutuhan vital untuk pembangunan ekonomi dan pembangunan sosial. Ketersediaan tenaga listrik yang mencukupi, andal, aman dan dengan harga yang terjangkau merupakan faktor penting dalam rangka menggerakkan perekonomian rakyat yang dapat meningkatkan taraf hidup. Penyediaan tenaga listrik dimaksud tidak terlepas dari pembangunan pembangkit tenaga listrik.

Pemanfaatan energi primer yang terbarukan untuk pembangkit tenaga listrik dapat terdiri dari fosil (migas) maupun non-fosil (air, panas bumi, biomassa, tenaga angin, energi Surya dan lain-lain). Pemanfaatan energi tersebut memprioritaskan pemanfaatan energi terbarukan dengan tetap memperhatikan aspek teknis, ekonomi, dan keselamatan lingkungan. Keterbatasan energi fosil berupa minyak terkendala adanya keterbatasan pada penyediaan di alam dan menimbulkan dampak yang cukup besar baik itu polusi maupun pemanasan global.

Pada pembangkit listrik tenaga surya maupun tenaga angin energi yang dihasilkan tidak stabil karena kondisi daerah tropis perubahan cuaca sering berubah. Untuk mengatasi tersebut maka energi yang ditangkap tidak langsung dikonsumsi tapi disimpan dulu dalam baterai agar lebih mudah pemanfaatannya. Permasalahan timbul karena adanya beberapa faktor menyebabkan energi yang dihasilkan tidak bisa optimal setelah tersimpan pada baterai.

Faktor kendala tersebut antara lain

- Sistem *charging* dari sumber energi
- Karakteristik baterai
- Sistem *inverter*

Sistem *Charging* dari sumber energi

Baterai adalah merupakan kumpulan dari sel-sel elektrokimia (alat yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik atau sebaliknya) yang dihubungkan secara seri. Pada proses pengisian baterai arus besar sangat

diperlukan dengan tujuan baterai cepat penuh akan tetapi hal ini menyebabkan reaksi kimia tidak berjalan dengan sempurna yang menyebabkan baterai panas dan akhirnya cepat rusak. Proses *charge* juga tidak diharapkan terlalu kecil apabila kondisi energi cukup besar untuk disimpan. Oleh sebab itu diperlukan suatu kontrol agar proses pemindahan energi dapat berjalan secara optimal.

Karakteristik Baterai

Karakteristik baterai akan menentukan *performance* daya dari suatu baterai yang meliputi kemampuan daya yang dapat diterima dan daya yang dapat dieksitasi. Untuk mengetahui karakteristik baterai tersebut, maka diperlukan suatu model untuk mengetahui sifat-sifat dari baterai yang akan digunakan.

Sistem Inverter

Proses konversi dari DC to AC diperlukan suatu rangkaian *inverter*. Listrik AC dari *inverter* harus mempunyai standard yang sama dengan pemakaian daya listrik dari PLN yang bekerja pada daerah tegangan sekitar 220V dan frekwensi 50HZ, serta mempunyai beda fasa yang sama agar dapat di sinkronisasikan dengan jala-jala PLN (tidak didiskusikan dalam thesis ini)

1.2. Perumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang telah didiskusikan sebelumnya, dapat dirumuskan hal-hal sebagai berikut:

1. Karakterisasi baterai
2. Pemodelan baterai untuk mengetahui karakteristik baterai
3. Prototipe sensor arus, tegangan dan Temperatur untuk memaksimalkan sistem yang ada.
4. Prototipe sistem *management* proses *charge* baterai yang optimal.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini ialah meningkatkan unjuk kerja *management charge* baterai pada sistem pembangkit tenaga surya dengan mengetahui *performance* baterai sehingga didapat hasil yang lebih baik.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dimanfaatkan sebagai sistem pembangkit listrik tenaga surya dengan perbaikan dari kondisi konvensional ke sistem yang otomatis.

1.5. Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Karakterisasi baterai, baterai jenis rechargeable dalam berbagai kondisi rusak dan normal dengan tegangan 12V, 9V dan 6V.
2. Pemodelan baterai, yakni pemodelan baterai sebagai sumber tegangan konstan, dimana isi energy baterai diwujudkan sebagai fungsi terhadap resistansi dalam baterai.
3. Pembuatan/desain elektronik pengukur arus, tegangan dan suhu
4. Pembuatan Prototipe sistem *management* kendali energi untuk sistem energy listrik terbarukan

1.6. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui empat tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur
2. Penelitian pendahuluan yang meliputi:
 - Karakterisasi modul Panel Surya
Dalam tahap ini, percobaan-percobaan akan dilakukan untuk mengetahui Daya dari panel surya yang meliputi tegangan kerja maksimal/minimal, arus maksimal/minimal serta Toleransi suhu kerjanya
 - Karakteristik baterai
Dilakukan dengan pengukuran secara elektrik.
3. Perancangan dan implementasi sistem pembangkit tenaga surya
Hasil perancangan diimplementasikan ke dalam rangkaian elektronik berbasis mikrokontroler, arus dan tegangan dimonitor melalui user *Interfacing* lewat koneksi serial ke komputer/laptop.
4. Perancangan dan implementasi sistem management untuk memantau kinerja baterai dan mengatur sistem *charge* untuk pemilihan baterai yang harus di *charge*.
5. Evaluasi terhadap kinerja sistem yang telah di buat.

1.7. Sistematika Penulisan

Laporan ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. Latar Belakang

Bab ini menjelaskan hal-hal yang melatarbelakangi penelitian ini, diikuti uraian tentang rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan dan metode penelitian, serta sistematika penulisan.

2. Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan landasan teoritis yang berkaitan dengan penelitian ini.

3. Rancangan Sistem

Bab ini menjelaskan rancangan sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini.

4. Hasil Penelitian Pendahuluan dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan hasil-hasil penelitian pendahuluan, yaitu perancangan sistem *management* pembangkit listrik tenaga surya

5. Kesimpulan

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan sementara yang didapatkan dari kajian teoritis dan hasil penelitian pendahuluan

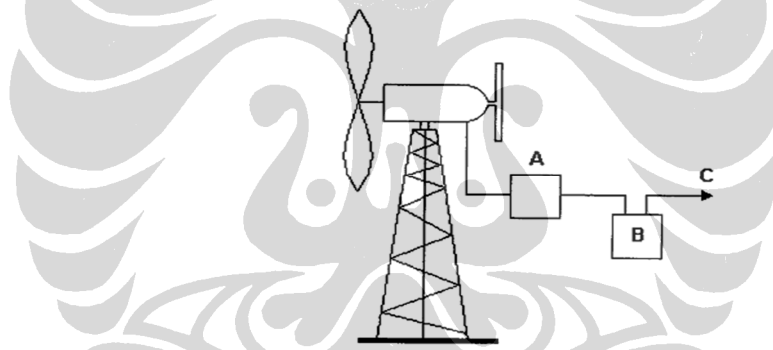
BAB II DASAR TEORI

2.1. Energi Terbarukan

Energi Terbarukan selain minyak bumi sangat banyak ragamnya antara lain panas bumi, gas bumi, angin dan sinar matahari. Energi Listrik terbarukan khususnya tenaga angin dan sinar matahari sifatnya sangat fluktuatif sehingga memerlukan media penyimpanan agar lebih mudah dikendalikan sebelum di eksploitasi.

2.1.1. Kincir Angin.

Energi angin merupakan energi alternatif yang mempunyai prospek bagus karena merupakan sumber energi yang bersih dan terbarukan. Berikut menunjukkan gambar Kincir Angin beserta bagian-bagiannya



Gambar 2.1 Kincir Angin[26]

1. Blok A merupakan alat Kontrol pemutus dan pengatur tegangan dari generator kincir angin.
2. Blok B sistem bank baterai penyimpan energi listrik dari generator kincir angin.
3. Blok C Energi listrik yang didistribusikan ke beban rumah.

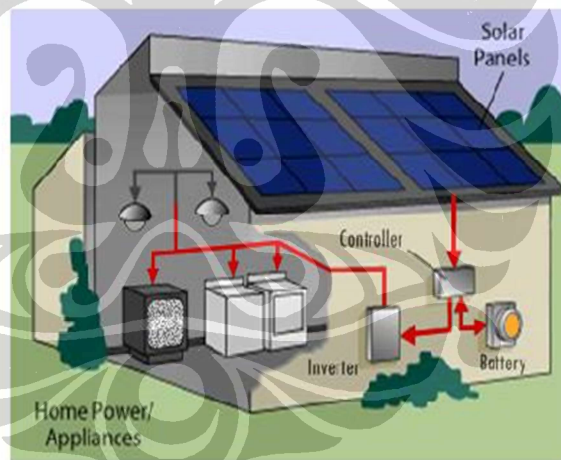
Turbin angin atau kincir angin mengubah energi kinetik angin ke kerja mekanis. Untuk menghasilkan listrik bolak-balik (AC) sistem ini harus di desain untuk selalu beroperasi pada kecepatan sudut yang tetap pada kecepatan angin

yang berubah-ubah agar di dapat frekuensi yang konstan. Kondisi kecepatan angin , arah angin yang tidak konstan serta daerah-daerah tertentu di Indonesia yang anginnya besar merupakan permasalahan yang cukup kompleks untuk mendapatkan energi angin yang optimal.

2.1.2. Energi Surya

Energi Listrik terbarukan yang memerlukan sistem penyimpanan baterai adalah pembangkit listrik tenaga surya. Gambar 2.2. menunjukkan pembangkit listrik tenaga surya. Untuk instalasi listrik tenaga surya sebagai pembangkit listrik, diperlukan komponen sebagai berikut:

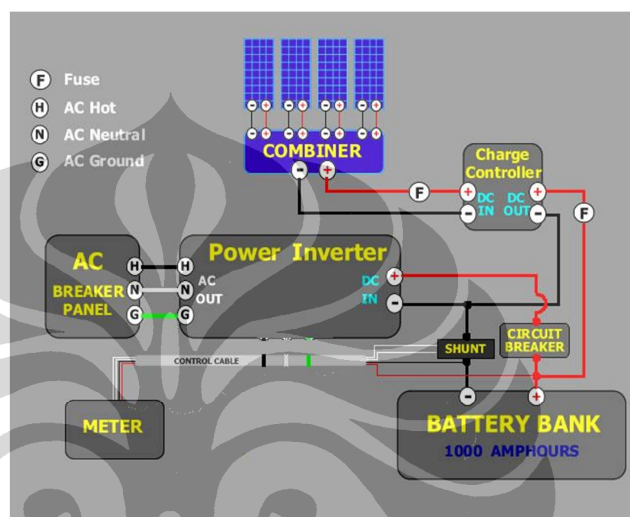
1. Panel surya/ *solar cells/ solar panel*
2. *Charge controller*
3. *Inverter*
4. Baterai



Gambar 2.2 pembangkit listrik tenaga surya[26]

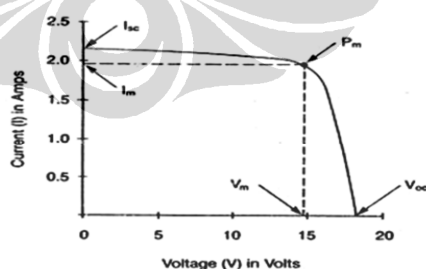
Panel surya menghasilkan energi listrik dengan mengkonversikan tenaga matahari menjadi listrik. Sebuah *solar cell* menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 Volt. Jadi sebuah panel surya akan terdiri dari kurang lebih 36 sel untuk menghasilkan tegangan sekitar 17-18 Volt tegangan maksimum. *Charge* kontrol digunakan untuk mengatur pengaturan pengisian baterai. Tegangan maksimum yang dihasilkan panel surya pada hari yang terik akan menghasilkan tegangan tinggi yang dapat merusak baterai.

Inverter adalah perangkat elektrik yang mengkonversikan tegangan searah (DC - *direct current*) menjadi tegangan bolak balik (AC - *alternating current*). Baterai, adalah perangkat kimia untuk menyimpan tenaga listrik dari tenaga surya. Tanpa baterai, energi surya hanya dapat digunakan pada saat ada sinar matahari. Diagram instalasi pembangkit listrik tenaga surya ini terdiri dari panel surya, *charge controller*, *inverter*, baterai.



Gambar 2.3 diagram pembangkit listrik tenaga surya[26]

Dari diagram pembangkit listrik tenaga surya diatas: beberapa panel surya di paralel untuk menghasilkan arus yang lebih besar. Berikut adalah karakteristik dari panel surya.



Gambar 2.4 Grafik I-V curve[1]

Keterangan Gambar :

I_{sc} = Arus hubung singkat.

V_{sc} = Tegangan tanpa beban.

V_m = Tegangan maksimum.

I_m = Arus maksimum.

P_m = Daya maksimum.

Faktor pengoperasian maximum *solar cell* sangat tergantung pada :

- a. Ambient air temperature.
- b. Radiasi solar matahari (insolation).
- c. Kecepatan angin bertiup.
- d. Keadaan atmosfer bumi.
- e. Orientasi panel atau array PV.
- f. Posisi letak sel surya (*array*) terhadap matahari (*tilt angle*).

2.2. Permasalahan Sistem *Charge* pada Baterai

Panel Surya yang ada dipasaran mempunyai tegangan kerja rata-rata diatas tegangan kerja baterai.

Model SL 50 CE - 18M	
Maximum Power (Pm)	50 W
Open Circuit Voltage (Voc)	21.6 V
Short Circuit Current (Isc)	3.04 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	17.6 V
Maximum Power Current (Imp)	2.84 A
Working Temperature	-45°C to +85°C
Tolerance	± 5%

Gambar 2.5 Name plate panel surya kapasitas 50Wp

Tegangan output yang dihasilkan panel surya sekitar 17-19Volt sedangkan tegangan kerja batri sekitar 12.8 - 13.8 Volt.

Untuk memaksimalkan energi surya yang dapat ditangkap pada siang hari maka, diperlukan beberapa baterai sebagai *bank* baterai sehingga energi surya yang ada benar-benar dapat terserap secara efektif dan maksimal.

Baterai merupakan alat paling vital dalam membangun sebuah sistem pembangkit listrik Tenaga surya. Kerusakan salah satu baterai pada Bank baterai menyebabkan baterai yang rusak tersebut menjadi beban pada sistem ini, sehingga diperlukan suatu model agar dapat menganalisa *performance* dari baterai tersebut.

2.3. Sistem Penyimpanan Energi (Baterai)

Modul surya menghasilkan listrik hanya pada siang hari saat matahari bersinar. Modul surya ini tidak dapat berfungsi sebagai penyimpan energi listrik. Energi listrik akan dibutuhkan pada saat matahari tidak sedang bersinar (malam hari), sehingga diperlukan cara untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya pada siang hari.

Cara yang paling tepat untuk memecahkan persoalan penyimpanan energi diatas adalah dengan menggunakan baterai penyimpan, yang dapat menyimpan energi listrik secara kimiawi.

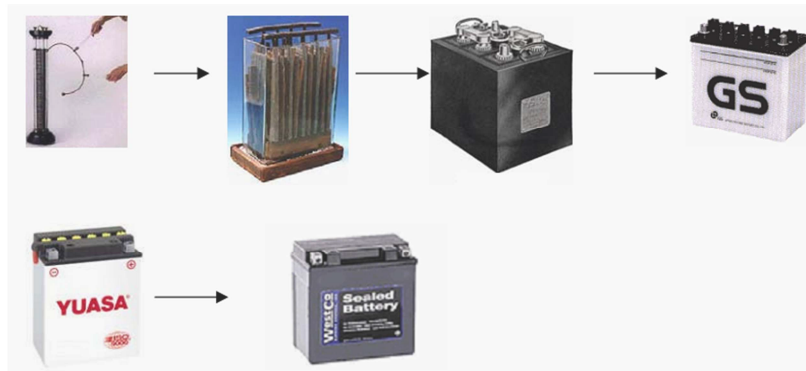
Pada kenyataannya, semua sistem pembangkit listrik tenaga surya memerlukan sistem baterai untuk menyimpan energi listrik yang dikumpulkan pada siang hari. Sel baterai terdiri dari sepasang elektroda yang terendam didalam larutan elektrolit, yang menghasilkan /menimbulkan arus listrik jika suatu rangkaian terpasang diantara kedua terminalnya.

Arus yang terjadi disebabkan oleh reaksi-kimia bolak-balik yang terjadi diantara elektroda dan larutan elektrolit.

Baterai adalah seperti tangki penyimpan untuk energi listrik. Modul surya mengumpulkan energi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik selama matahari bersinar. Selanjutnya muatan listrik mengalir kedalam baterai melalui kabel penghantar, untuk kemudian dirubah menjadi energi kimiawi yang tersimpan dalam beberapa hari.

Ketika baterai diisi (*charge*), energi listrik disimpan sebagai energi kimiawi dalam sel, dan saat baterai digunakan (*discharge*), energi kimia yang tersimpan diambil dan dirubah menjadi energi listrik.

2.4. Jenis Baterai



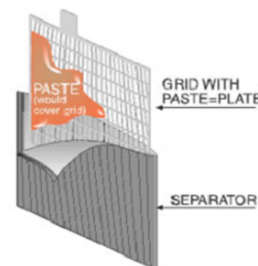
Gambar 2.6 Sejarah bentuk baterai[23]

Pada awal ditemukannya baterai telah terjadi perubahan pada bentuk kemasan, bahan kemasan dan sistem produksi, sehingga baterai lebih meningkatkan daya simpan listriknya, memperpanjang umurnya dan lebih bisa diandalkan, tetapi prinsip kerja baterai sampai sekarang masih tetap sama dengan ketika pertama kali ditemukan. Baterai kering yang sekarang mulai populer, sebenarnya tidak benar-benar kering, karena listrik yang timbul pada baterai adalah karena terjadinya reaksi kimia. Cairan elektrolit pada baterai biasa di baterai kering dibuat menjadi gel yang bersifat lembab, sehingga walaupun dimiringkan tidak akan terjadi tumpahan, beda dengan baterai basah yang harus tetap tegak supaya cairan tidak tumpah. Kemasan baterai kering tidak sepenuhnya rapat tertutup, ada lubang kecil untuk jalan keluar gas yang timbul karena reaksi kimia. Tapi reaksi kimia yang menimbulkan listrik prinsipnya sama dengan baterai basah biasa. Sedangkan bagian-bagian dari baterai dapat dilihat pada gambar berikut.

Plat



Kemudian Plat di beri pasta

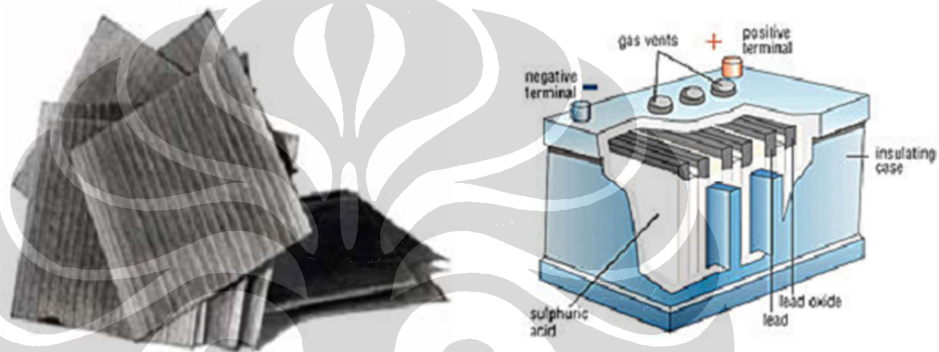


Gambar 2.7 Plat baterai[23]

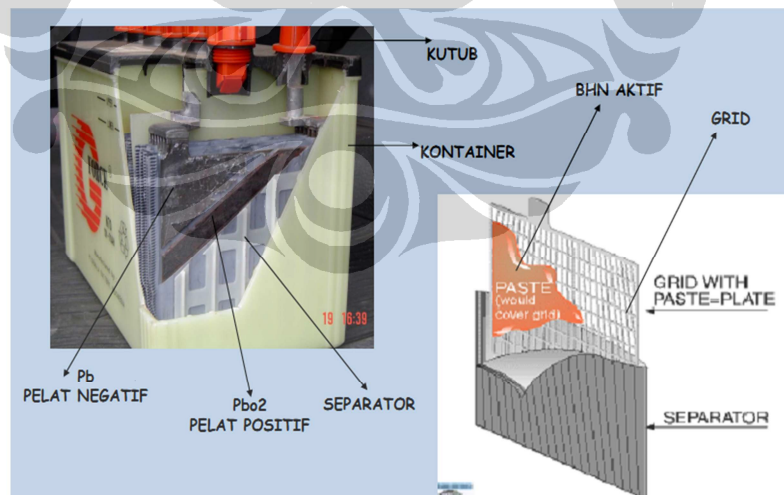
Plat positif dibuat dari PbO_2 (Timah Oksida) sedangkan plat negatif dibuat dari Pb (Timah) berbentuk seperti spon.

Jenis separator:

1. Kayu
2. Karet
3. Glass fiber mat
4. Cellulose
5. Sintered PVC
6. Microporous PVC / polyethylene

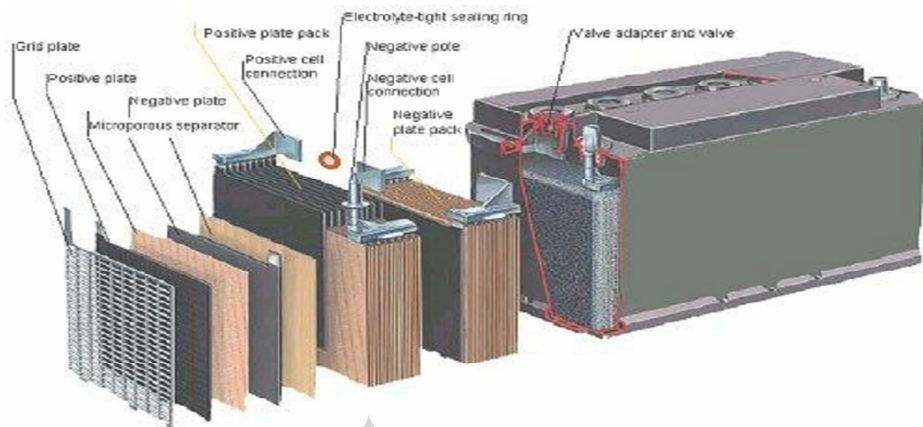


Gambar 2.8.a. Bagian Dalam baterai[23]



Gambar 2.8.b. Bagian Dalam baterai[23]

Larutan elektrolit adalah larutan asam sulfat dengan distilled water (disebut sebagai air accu).



Gambar 2.9 detail bagian dalam baterai[23]

Baterai dapat dibagi dalam 2 jenis[24], yakni:

1. **Baterai primer**
2. **baterai sekunder**

2.4.1. Baterai primer

Adalah baterai yang hanya dapat digunakan sekali, tanpa dapat diisi kembali, hal ini disebabkan reaksi kimianya hanya berjalan satu arah. Baterai primer mempergunakan satu kali penghancuran bahan melalui proses kimia untuk menciptakan energi listrik.

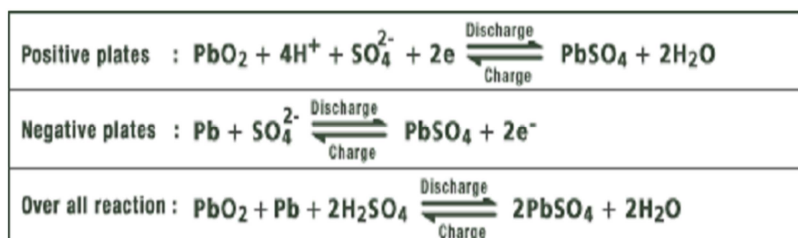
2.4.2. Baterai sekunder

Adalah baterai yang dapat dipakai dan diisi berulang kali, hal ini disebabkan proses kimianya dapat berlangsung bolak-balik.

Jenis baterai sekunder yang banyak digunakan adalah timah hitam (*lead-acid*) dan Nikel Cadmium. Nikel Cadmium dan Timah hitam mengandung bahan elektroda maupun elektrolit yang berbeda.

Persamaan Reaksi kimia pembentukan listrik[23]

.... (2.1)



Pada saat baterai dipakai , maka pada permukaan plat timbul $PbSO_4$ (Timah Sulfat) dan plat akan berkarang, disebut sebagai terjadinya Sulfonasi pada pori-pori baterai. Pada plat akan tertutup sehingga elektrolit tidak bisa mengalir dengan lancar, dan elektrolit menjadi tidak asam, karena SO_4 , terikat pada timah.

Pada recharging (baterai kembali di *charge*) terjadi sebaliknya, $PbSO_4$ akan terurai menjadi Pb dan SO_4 dan SO_4 akan terikat kembali dengan H^+ sehingga terjadi lagi H_2SO_4 , larutan elektrolit akan kembali menjadi asam.

$PbSO_4$ yang larut kembali kedalam elektrolit menjadi Pb dan H_2SO_4 tidak terjadi seluruhnya, masih ada tersisa kristal $PbSO_4$ yang melekat pada plat elemen, dan semakin lama akan semakin menebal, hal inilah yang menyebabkan baterai lemah atau malah mati sama sekali. Kadar asam pada kondisi *full charge* jadi tidak bisa kembali , karena tidak semua $PbSO_4$ larut.

Ada 2 jenis tipe baterai berdasarkan penggunaannya, yakni

1. Baterai *Deep Cycle*

Dibuat dengan pelat lebih tebal yang memungkinkan untuk melepaskan energi dalam selang waktu panjang, cocok digunakan pada sistem *Solar Cell*.

Gambar baterai *Deep Cycle* ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 2.10 Baterai *Deep Cycle*[24]

2. Baterai *Starting*

Memiliki banyak pelat tipis yang memungkinkan untuk melepaskan energi listrik yang besar dalam waktu singkat. Jenis Baterai ini digunakan untuk penyalan mesin atau *starting engine*. Gambar baterai *Starting* ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 2.11 Baterai *Starting*[24]

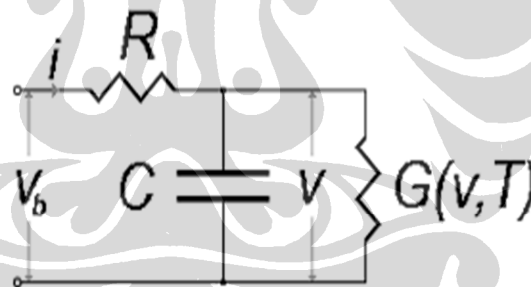
2.5. Pemodelan Baterai

Cara paling sederhana untuk mengetahui kapasitas dari suatu baterai adalah dengan memodelkan baterai sehingga penurunan matematikanya akan di dapat dengan mudah. Ada beberapa jenis pemodelan, yakni baterai bersifat sebagai penyimpan muatan listrik yang akan habis muatannya sebanding dengan pemakaian beban dan baterai sebagai sumber tegangan konstan yang dipengaruhi oleh tahanan dalam yang nilainya akan berubah sesuai konsumsi beban terpakai.

2.5.1. Model Baterai Sebagai Penyimpan Muatan

Ketika baterai NiMH mendekati keadaan muatan penuh, maka akan terjadi dua kondisi. Kondisi pertama suhu mulai naik dengan cepat yang menunjukkan bahwa sebagian besar daya yang masuk hilang sebagai panas. Kondisi kedua dengan asumsi pengisian arus konstan, terminal tegangan mulai turun secara konvergen menuju nilai akhir.

Gambar berikut menunjukkan skema model matematik baterai sebagai penyimpan muatan. Gambar 2.12 model baterai sebagai penyimpan muatan

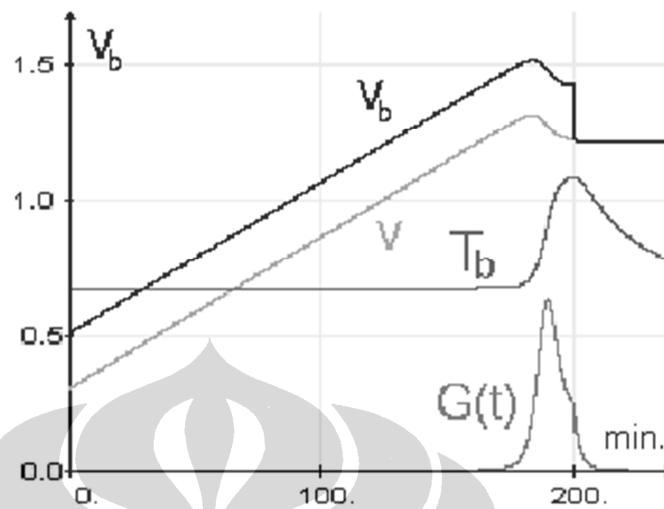


Gambar 2.12 model baterai sebagai penyimpan muatan[1]

Persamaan arus pada gambar model diatas adalah :

$$i = c \frac{dv}{dt} + G(v, T)v \quad \dots (2.2)$$

Siklus pengisian baterai pada model ini mempunyai karakteristik grafik ditunjukkan pada gambar 2.13 berikut.

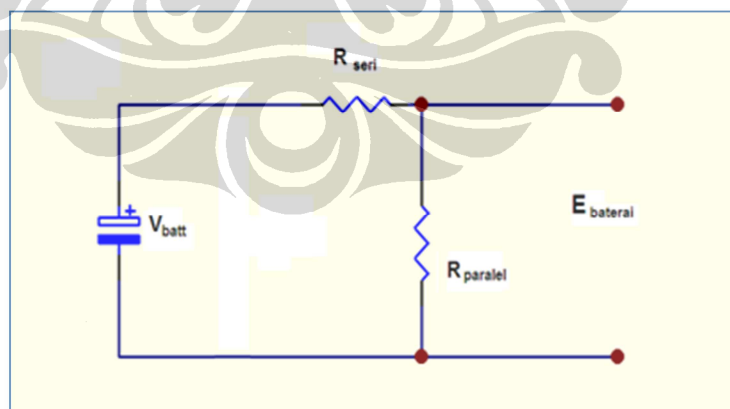


Gambar 2.13 karakteristik saat proses pengisian[1]

Pada saat kondisi baterai sudah penuh maka tegangan baterai akan konstan dan kelebihan energi proses charge akan berubah menjadi energy panas yang ditunjukkan pada fungsi $G(t)$

2.5.2. Model baterai sebagai Sumber Tegangan Konstan

Baterai dapat dimodelkan dengan rangkaian Gambar 2.14 berikut :



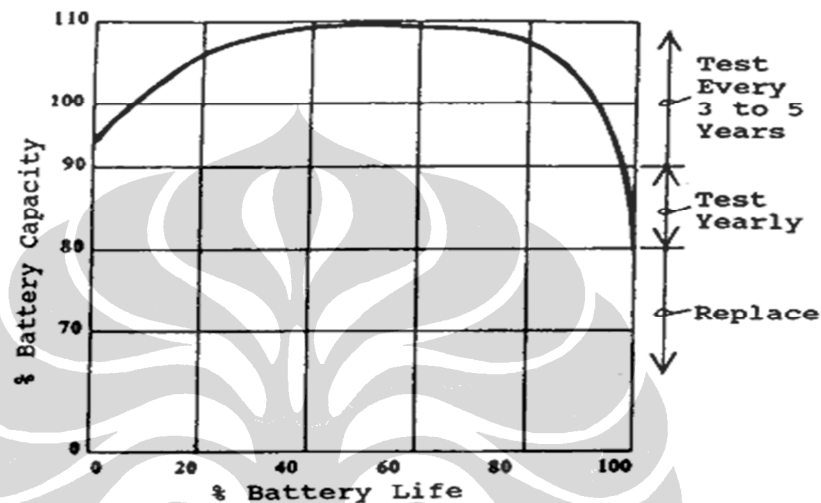
Gambar 2.14 rangkaian model baterai

Dengan asumsi bahwa $V_{batt} = konstan$ maka nilai dari $E_{baterai}$ hanya akan dipengaruhi oleh besarnya perubahan dari E_{seri} dan $E_{paralel}$.

Pada proses pembebanan maka persamaan R_{dalam} pada baterai model adalah

$$R_{dalam} = \frac{V_{batt}}{I_{load}} - R_{load} \quad \dots(2.3)$$

Dengan Bantuan program dan rangkaian mikrokonroller akan didapat nilai dari E_{seri} dan $E_{paralel}$ yang akan menunjukkan kapasitas baterai tersebut masih dalam kondisi penuh atau sudah habis.



Gambar 2.15 Kurva durasi kapasitas pada baterai asam timbal[11]

2.6. Metode Interpolasi Lagrange

Untuk menganalisa data hasil pengukuran energi yang tersimpan pada baterai digunakan metode interpolasi *Lagrange*, rumus interpolasi *Lagrange* dapat digunakan untuk penambahan variable bebasnya sama atau tidak sama, hal ini diperlukan untuk mendapatkan nilai yang tidak didapat dari hasil pengukuran tersebut.

Pada tabel dari nilai x dan y berikut, dimana $y = U_x$ untuk $(n+1)$ pada nilai-nilai x yang diberikan dan $U_{x_i} = U_i$, maka U_x adalah fungsi *interpolasi* untuk $y = f(x)$.

Tabel 2.1. Interpolasi Lagrange

X	x_0	x_1	x_2	x_3	x_{n-1}	x_n
$y=U_x$	U_0	U_1	U_2	U_3	U_{n-1}	U_n

Misalkan :

$$\begin{aligned}
 U_x = & A_0(x - x_1)(x - x_2)(x - x_3)(x - x_4)\dots\dots(x - x_n) + \\
 & A_1(x - x_0)(x - x_2)(x - x_3)(x - x_4)\dots\dots(x - x_n) + \\
 & A_2(x - x_0)(x - x_1)(x - x_3)(x - x_4)\dots\dots(x - x_n) + \\
 & \dots\dots\dots \\
 & \dots\dots\dots \\
 & \dots\dots\dots \\
 & A_n(x - x_0)(x - x_1)(x - x_2)(x - x_3)\dots\dots(x - x_{n-1}) \dots(2.4)
 \end{aligned}$$

Untuk (x_0, U_0) yang memenuhi persamaan (2.4), maka :

$$U_0 = A_0 (x_0 - x_1)(x_0 - x_2)(x_0 - x_3) \dots\dots (x_0 - x_n)$$

Atau

$$A_0 = \frac{U_0}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)(x_0 - x_3) \dots\dots (x_0 - x_n)}$$

Dengan mengambil $(x_1 - U_1)$, $(x_2 - U_2)$, $(x_n - U_n)$ yang masing –masing memenuhi Persamaan (2.4), maka diperoleh :

$$A_1 = \frac{U_1}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)(x_1 - x_3) \dots\dots (x_1 - x_n)}$$

$$A_2 = \frac{U_2}{(x_2 - x_0)(x_2 - x_1)(x_2 - x_3) \dots\dots (x_2 - x_n)}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$A_n = \frac{U_n}{(x_n - x_0)(x_n - x_2)(x_n - x_3) \dots\dots (x_n - x_{n-1})}$$

Nilai-nilai $A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$ ini kemudian disubstitusikan ke Persamaan (2.4), maka diperoleh persamaan interpolasi *Lagrange* sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 U_x = & \frac{(x - x_1)(x - x_2)(x - x_3)(x - x_4)(x - x_5)\dots\dots(x - x_n)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)(x_0 - x_3)(x_0 - x_4)(x_0 - x_5)\dots(x_0 - x_n)} U_0 + \\
 & \frac{(x - x_0)(x - x_2)(x - x_3)(x - x_4)(x - x_5)\dots\dots(x - x_n)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)(x_1 - x_4)(x_1 - x_5)\dots(x_1 - x_n)} U_1 + \\
 & \dots\dots\dots +
 \end{aligned}$$

$$U_x = \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)(x-x_4)\dots(x-x_{n-1})}{(x_n-x_0)(x_n-x_1)(x_n-x_2)(x_n-x_3)(x_n-x_4)\dots(x_n-x_{n-1})} U_n \quad \dots(2.5)$$

Sebagai contoh misalnya data berikut

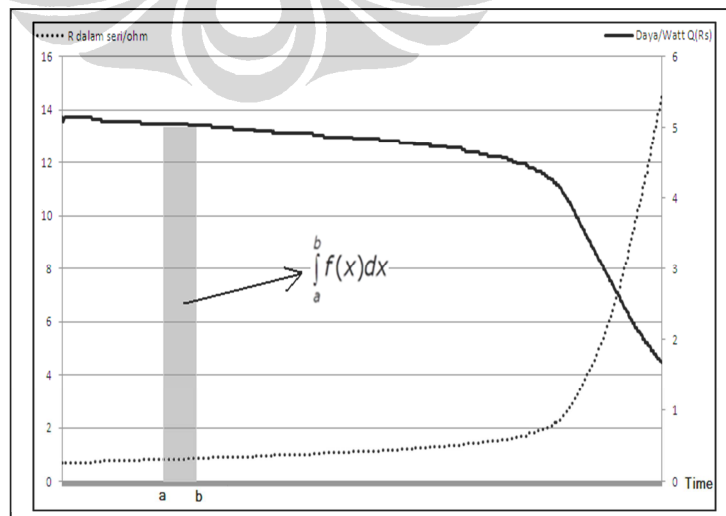
X	1	3	4	6
Y	-7	5	8	14

Akan mempunyai penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{(X-3)(X-4)(X-6)}{(1-3)(1-4)(1-6)} \cdot (-7) + \frac{(X-1)(X-4)(X-6)}{(3-1)(3-4)(3-6)} \cdot (5) + \\
 &\quad \frac{(X-1)(X-3)(X-6)}{(4-1)(4-3)(4-6)} \cdot (8) + \frac{(X-1)(X-3)(X-4)}{(6-1)(3-3)(3-4)} \cdot (14) \\
 Y &= \frac{1}{5}(x^3 - 13x^2 + 69x - 92)
 \end{aligned}$$

2.7. Metode Integrasi Newton Cotes

Untuk menghitung total energi yang tersimpan pada baterai maka diperlukan proses integrasi daya baterai hasil pengukuran, pada sistem akan dilakukan integrasi secara numerik menggunakan metode Newton Cotes. Strategi dari formula ini adalah mengganti yang rumit atau data yang hilang dengan beberapa fungsi aproksimasi yang mudah diintegrasikan. Ilustrasi integrasi secara numerik terlihat pada Gambar 2.16 berikut ini



Gambar 2.16. Integral fungsi $f(x)$

Jika diketahui suatu $f(x)$ pada interval $[a,b]$ mempunyai nilai integral :

$$s = \int_a^b f(x)dx$$

Maka fungsi tersebut dapat didekati dengan *Integrasi Newton Cotes orde n*

Bentuk umum *Integrasi Newton Cotes orde n* adalah :

$$f(n) = a_0 \dots a_1x + a_2x^2 + \dots + a_{n-1}x^{n-1} + a_nx^n \quad \dots(2.6)$$

2.7.1. Metode Trapezium

Metode ini adalah bagian dari metode integrasi Newton tertutup dengan menggunakan aproksimasi polinomial orde 1, sehingga dengan aturan trapesium.

$$I = \int_a^b f_1(x)dx \quad \Rightarrow \text{Newton Cotes orde 1}$$

$$I = (b-a) \frac{f(a)+f(b)}{2}$$

Rumus ini sesuai dengan rumus geometri dari trapesium dengan lebar sebesar

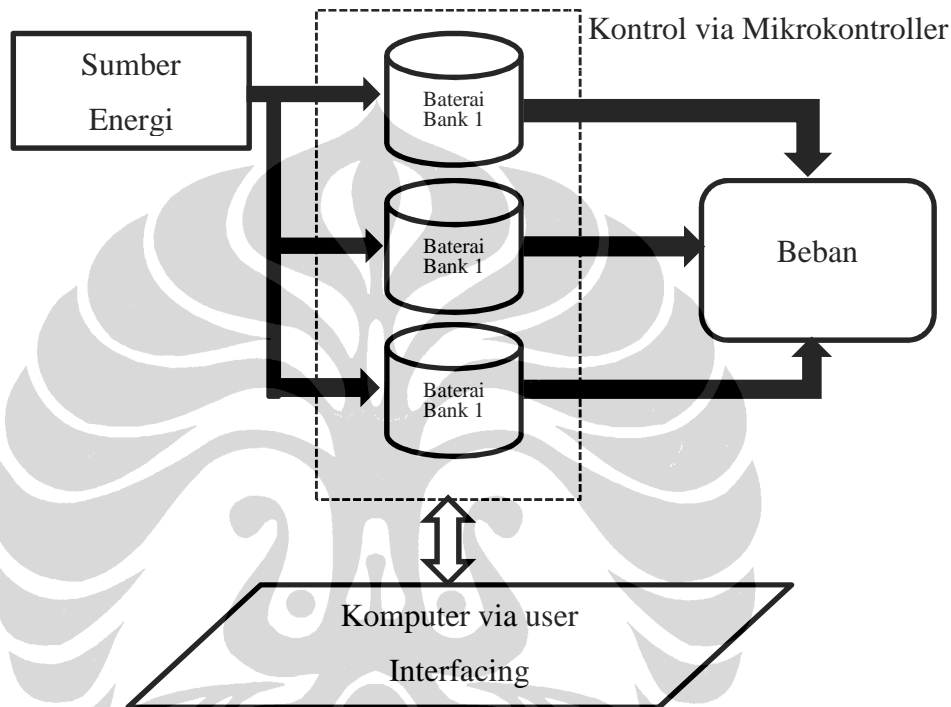
$$(b-a) \text{ dan tinggi rata-rata } \frac{f(a)+f(b)}{2}$$

Dengan nilai batas awal dan batas akhir yang telah di ketahui, maka suatu fungsi dapat didekati secara numerik , dimana ketelitiannya ditentukan oleh pilihan orde yang di aplikasikan.

BAB III PERANCANGAN SISTEM DAN PENGUKURAN

3.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok rancangan sistem secara umum adalah :



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Sumber energi akan tersimpan dalam bank baterai melalui rangkaian kontrol, dimana rangkaian kontrol ini dapat mengatur bank baterai mana yang harus diisi atau menentukan jika sumber energi pada posisi puncak maka arus akan didistribusikan lebih dari satu bank baterai untuk mengurangi besar arus yang masuk pada salah satu bank baterai tersebut.

Demikian juga untuk proses discharge atau pembebanan, mikrokontroler akan mendeteksi baterai mana kondisi paling optimal untuk melakukan supply pada beban, bisa dipilih salah satu bank baterai sebagai beban atau lebih satu bank baterai untuk mensuplai beban.

Sistem juga dirancang untuk melakukan pengetesan kemampuan dari suatu baterai untuk mengetahui tegangan dalam suatu baterai melalui komputer lewat komunikasi serial *port* secara user Interfacing.

3.2. Perancangan Rangkaian Sistem

3.2.1. Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroller merupakan alat bantu dalam menyelesaikan sistem *management* yang akan diaplikasikan. Rangkaian dikendalikan oleh sebuah IC mikrokontroller jeni AVR ATMEGA8535 dengan beberapa rangkaian sensor pendukung dan unit-unit input/output untuk mengeksplor data-data yang diperlukan guna kepentingan perhitungan pada komputer. Gambar 3.2. bentuk fisik dari IC mikrokontroler.



Gambar 3.2 IC Mikrokontroller ATmega8535

Mikrokontroler AVR ATmega8535 memiliki fitur yang cukup lengkap. Mikrokontroler AVR ATmega8535 telah dilengkapi dengan ADC internal, EEPROM internal, Timer/Counter, PWM, analog comparator, dll. Sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini memungkinkan kita belajar mikrokontroler keluarga AVR dengan lebih mudah dan efisien, serta dapat mengembangkan kreativitas penggunaan mikrokontroler ATmega8535.

Fitur-fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler ATmega8535 adalah sebagai berikut:

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu port A, port B, port C, dan port D.
2. ADC internal sebanyak 8 saluran.
3. Tiga buah Timer/Counter dengan kemampuan perbandingan.
4. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
5. SRAM sebesar 512 byte.

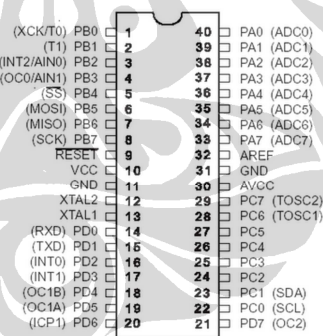
6. Memori Flash sebesar 8 kb dengan kemampuan Read While Write.
7. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
8. Antarmuka komparator analog.
9. Port USART untuk komunikasi serial.

ATmega8535 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan fidelitas 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC *ATmega8535* dapat dikonfigurasi, baik secara single ended input maupun differential input. Selain itu, ADC *ATmega8535* memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.

USART memungkinkan transmisi data baik secara *synchronous* maupun *asynchronous*, sehingga dengan memiliki *USART* pasti kompatibel dengan *UART*.

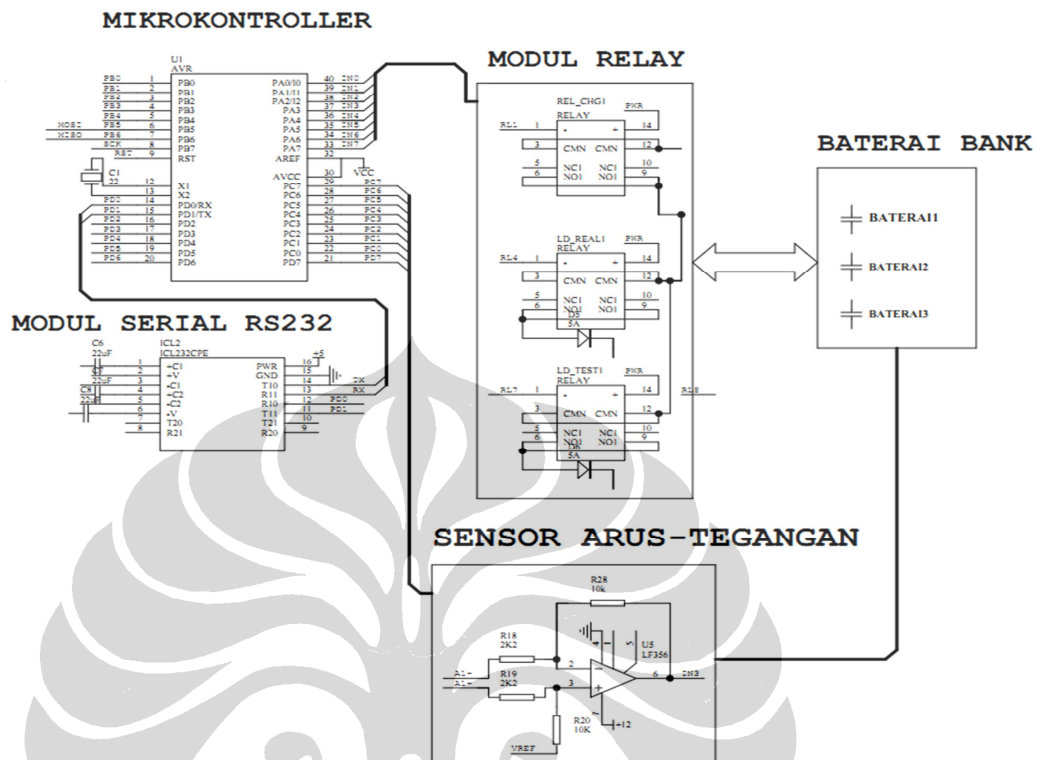
Pin-pin pada Mikrokontroler *ATmega8535*

Konfigurasi *pin ATmega8535* dengan kemasan 40 pin DIP (*Dual Inline Package*) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.3 *Pinout IC* Mikrokontroler *ATmega8535*

Adapun Blok rangkaian secara lengkap dari sistem tampak pada gambar 3.4 berikut



Gambar 3.4 Skema Rangkaian Sistem

3.2.1.1 Kebutuhan Pin-out pada Mikrokontroler

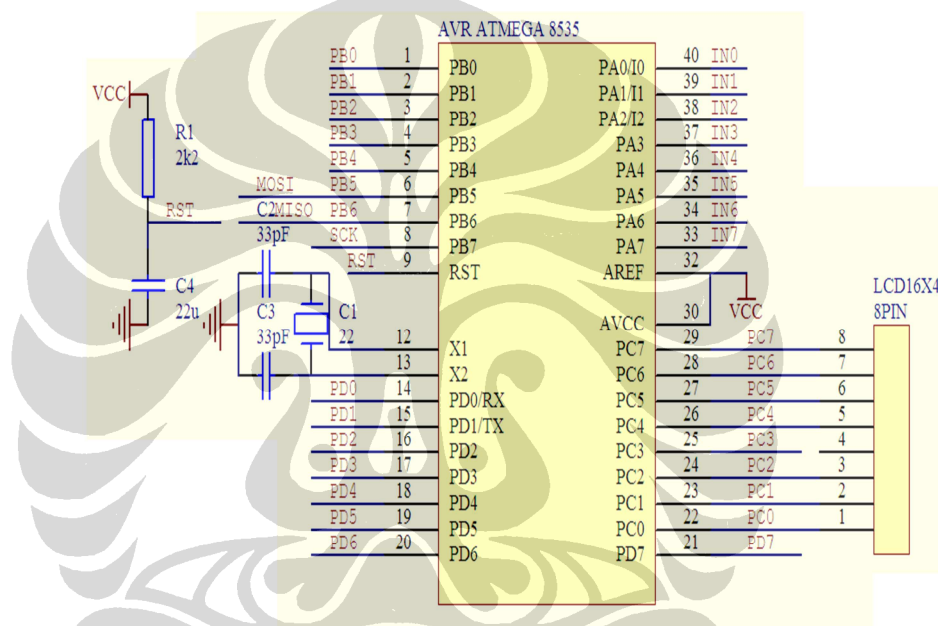
Secara Blok rangkian lengkap dari sistem terdiri dari

1. Modul mikrokontroler
2. Modul *serial*
3. Modul relay untuk sumber tegangan dan *bank* baterai
4. Modul sensor arus ,tegangan dan suhu
5. Modul I/O meliputi *keypad* 4x4 dan *LCD* 4x16

1. Modul mikrokontroler

Mikrokontroler pada sistem mempunyai *Port* 4x8 bit, yakni terdiri dari *Port* A, *Port* B, *Port* C dan *Port* D. Secara detail distribusi dari penggunaan *Port* pada mikrokontroler adalah sebagai berikut :

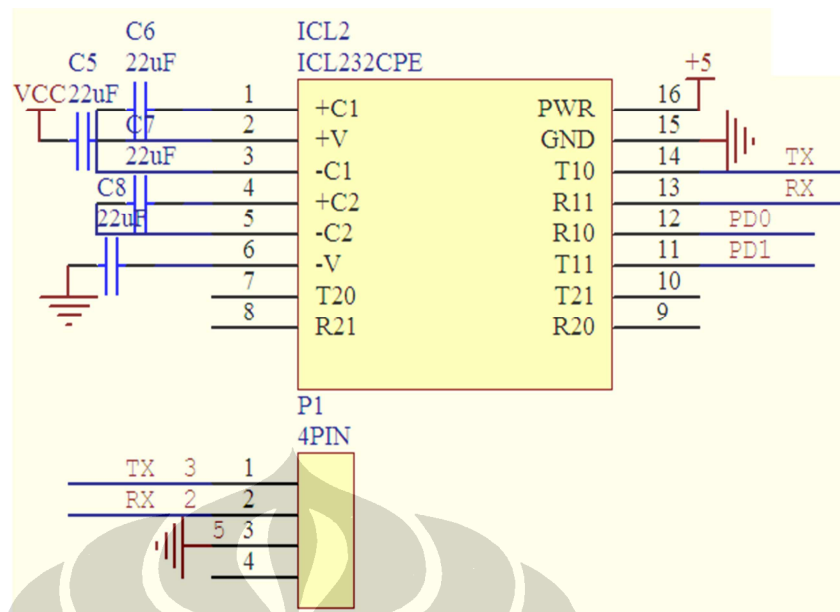
- Port A* merupakan *Port ADC* berguna untuk membaca tegangan dari sistem (sumber listrik dan baterai), arus dari sistem dan pembacaan suhu.
- Port B* merupakan *Port* untuk pembacaan *keypad 4x4* yang terhubung ke sistem guna operasional stand alone.
- Port C* merupakan *Port* untuk menampilkan proses melalui *LCD 4x16* pada operasional stand alone.
- Port D* merupakan *Port* yang terhubung ke modul serial RS-232 guna keperluan *explore* data ke Komputer. Detail rangkaian skematik untuk mikrokontroler *Atmega 8535* seperti pada gambar 3.5 berikut :



Gambar 3.5. Skema Rangkaian *Modul* Mikrokontroler

2. Modul Serial RS-232

Level tegangan yang dihasilkan dari mikrokontroler mempunyai level tegangan *TTL* (*Port D0*= RX, *Port D1*=RX) sedangkan *level* tegangan dari komputer mempunyai level RS 232. Agar sistem dapat berkomunikasi dengan komputer maka diperlukan modul *serial* berupa IC *max232* yang dapat mengkonversi level *TTL* ke level RS-232, demikian pula sebaliknya. Detail rangkaian *serial* terlihat pada gambar 3.6. berikut :



Gambar 3.6. Skema Rangkaian modul serial RS-232

Berikut *procedure* program C++ pada Mikrokontroler untuk komunikasi serial pada sistem:

```

void kirim_data(void)
{
    putchar('D');putchar('T');putchar('K');           //start data
    putchar(adc_solar); putchar(adc_solar>>8);      //data sumber listrik
    putchar(beban1_ok); putchar(beban1_ok>>8)      //data bank baterai 1
    putchar(beban2_ok); putchar(beban2_ok>>8)      //data bank baterai 2
    putchar(amp1_ok); putchar(amp1_ok>>8);         //data arus charge
    putchar(amp2_ok); putchar(amp2>>8);            //data arus beban normal
    putchar(amp3_ok); putchar(amp3_ok>>8);         //data arus test beban
    putchar(sh1); putchar(sh1>>8);                 //data suhu 1
    putchar(sh2); putchar(sh2>>8);                 //data suhu 2
    putchar(sh3); putchar(sh3>>8);                 //data suhu 3
    putchar(relay1); putchar(relay2);              //data relay
    putchar('C'); putchar('O'); putchar('C'); putchar('O'); //end data
}

```

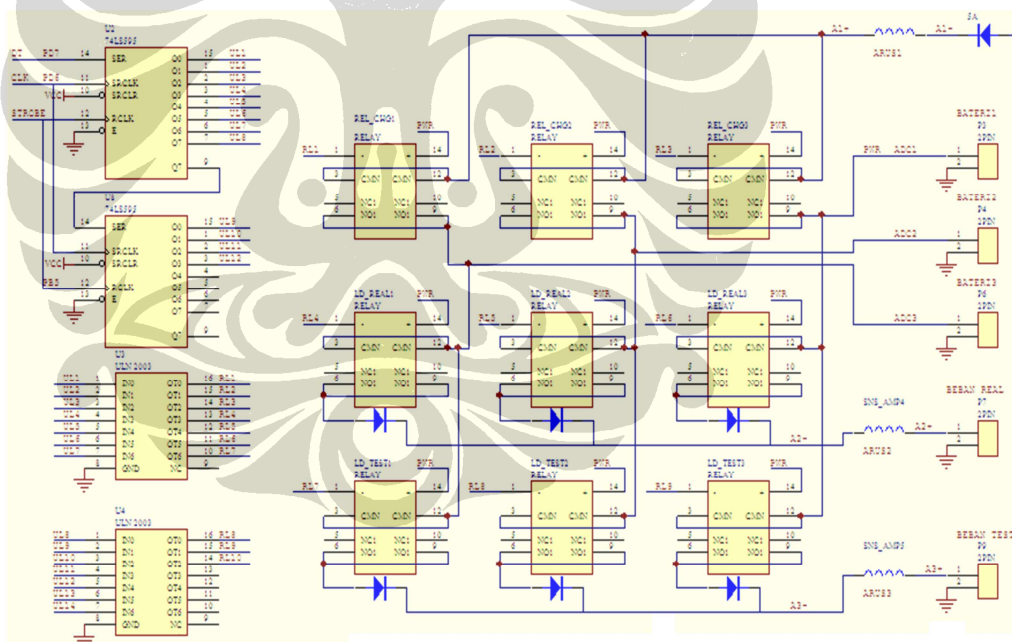
3. Modul relay untuk sumber tegangan dan *bank* baterai

Sistem untuk mengendalikan sumber tegangan maupun baterai terdiri dari 3 sub pengendali, dimana tiap-tiap pengendalian sistem diperlukan 3 buah *relay*. Secara detail susunan tiap sub pengendali meliputi :

1. sub 1 berguna untuk pengendalian pemilihan line pada ketiga *bank* baterai untuk proses charging.
2. sub 2 berguna untuk pemilihan baterai pada beban normal guna keperluan konsumsi daya yang tersimpan pada baterai.
3. Sub 3 berguna untuk pemilihan baterai guna keperluan *test* beban untuk pemodelan matematik karakteristik Baterai.

Karena keterbatasan jumlah pin pada mikrokontroler rangkaian didesain menggunakan IC *Shift Register* type 74hc595, sehingga keperluan untuk mengendalikan 9 buah *relay* hanya memerlukan 3 pin IC mikrokontroler.

Detail rangkian pengendali relay tampak pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Skema Rangkaian Modul Relay

Procedure program pada IC mikrokontroler untuk mengaktifkan *relay* dengan sistem *shift register* adalah sebagai berikut :

```

void relay_ok(void)
{
  unsigned char a,rrelay1,rrelay2;
  rrelay2=relay2;a=rrelay2;a=a & 0x02;
  if(a ==0x02){data_s=1;clock1();} else {data_s=0;clock1();};
  rrelay2=relay2;a=rrelay2;a=a & 0x01;
  if(a ==0x01){data_s=1;clock1();} else {data_s=0;clock1();};
  rrelay1=relay1;a=rrelay1;a=a & 0x80 ;
  if(a ==0x80){data_s=1;clock1();} else {data_s=0;clock1();};
  rrelay1=relay1;a=rrelay1;a=a & 0x40;
  if(a ==0x40){data_s=1;clock1();} else {data_s=0;clock1();};
  rrelay1=relay1;a=rrelay1;a=a & 0x20;
  if(a ==0x20){data_s=1;clock1();} else {data_s=0;clock1();};
  rrelay1=relay1;a=rrelay1;a=a & 0x10;
  if( a==0x10){data_s=1;clock1();} else {data_s=0;clock1();};
  rrelay1=relay1;a=rrelay1;a=a & 0x08 ;
  if(a ==0x08){data_s=1;clock1();} else {data_s=0;clock1();};
  rrelay1=relay1;a=rrelay1;a=a & 0x04;
  if(a ==0x04){data_s=1;clock1();} else {data_s=0;clock1();};
  rrelay1=relay1;a=rrelay1;a=a & 0x02;
  if( a==0x02){data_s=1;clock1();} else {data_s=0;clock1();};
  rrelay1=relay1;a=rrelay1;a=a & 0x01;
  if(a ==0x01){data_s=1;clock1();} else {data_s=0;clock1();};
  strobe_s=0;
  strobe_s=1;
  strobe_s=0;
}

```

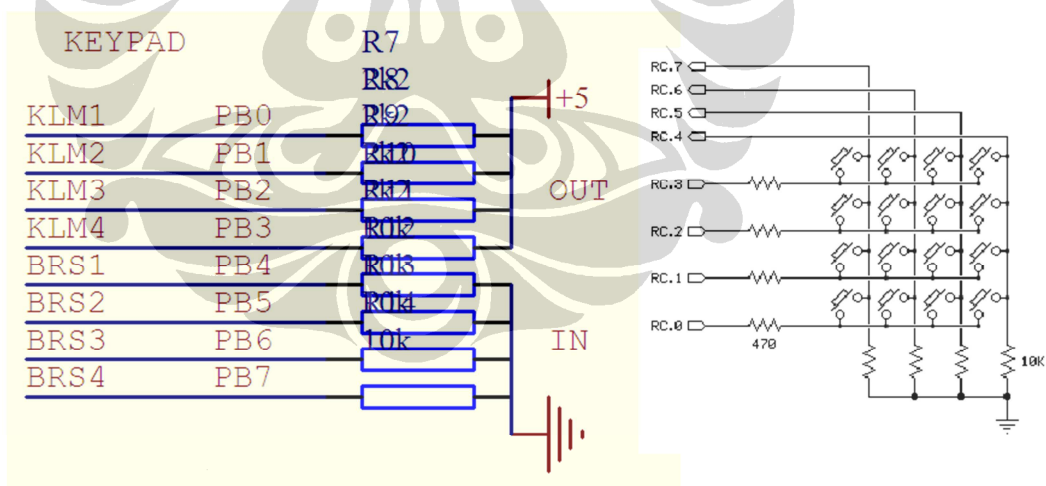

4. Modul sensor arus ,tegangan dan suhu

Pada modul ini data analog dari sensor (arus, tegangan dan suhu) akan diolah oleh PIN ADC yang ada pada *PORT A* mikrokontroller. Konfigurasi pin pada *PORT A* adalah sebagai berikut :

1. ADC 0 = *PORT A0* = Tegangan dari sumber energi alternatif
2. ADC 1 – 2 = *PORT A1- A2* = Tegangan pada beban normal dan beban test.
3. ADC 3 = *PORT A3* = Untuk deteksi Arus proses charge dari sumber energi listrik alternatif.
4. ADC 4-5 = *PORT A4-A5* = Untuk deteksi arus pada beban normal dan beban test.
5. ADC 6-7 = *PORT A6-A7* = Untuk deteksi suhu pada beban normal dan beban test.

5. Modul I/O meliputi keypad 4x4 dan LCD 4x16

Modul Keypad 4x4 terhubung pada *PORT B* pada mikrokontroller dengan susunan tampak pada gambar 3.8 berikut :



Gambar 3.8. Skema keypad 4x4

Procedure program pada IC mikrokontroller untuk mengaktifkan keypad 4x4 adalah sebagai berikut :

```

void keybord(void)
{
    keyb=0;
    //out data
    PORTB.0=1; //2k2 ke + out
    PORTB.1=0;
    PORTB.2=0;
    PORTB.3=0;
    //in data
    if(PIND.2==1){keyb='D';while(PIND.2!=0);} //10k ke ground in
    if(PIND.3==1){keyb='C';while(PIND.3!=0);}
    if(PIND.4==1){keyb='B';while(PIND.4!=0);}
    if(PIND.5==1){keyb='A';while(PIND.5!=0);}
    //out data
    PORTB.0=0; PORTB.1=1; PORTB.2=0; PORTB.3=0;
    //in data
    if(PIND.2==1){keyb='#';while(PIND.2!=0);}
    if(PIND.3==1){keyb='9';while(PIND.3!=0);}
    if(PIND.4==1){keyb='6';while(PIND.4!=0);}
    if(PIND.5==1){keyb='3';while(PIND.5!=0);}
    //out data
    PORTB.2=1; PORTB.1=0; PORTB.0=0; PORTB.3=0;
    //in data
    if(PIND.2==1){keyb='0';while(PIND.2!=0);}
    if(PIND.3==1){keyb='8';while(PIND.3!=0);}
    if(PIND.4==1){keyb='5';while(PIND.4!=0);}
    if(PIND.5==1){keyb='2';while(PIND.5!=0);}
    //out data
    PORTB.3=1; PORTB.1=0; PORTB.2=0; PORTB.0=0;
    //in data
    if(PIND.2==1){keyb='*';while(PIND.2!=0);}
    if(PIND.3==1){keyb='7';while(PIND.3!=0);}

```

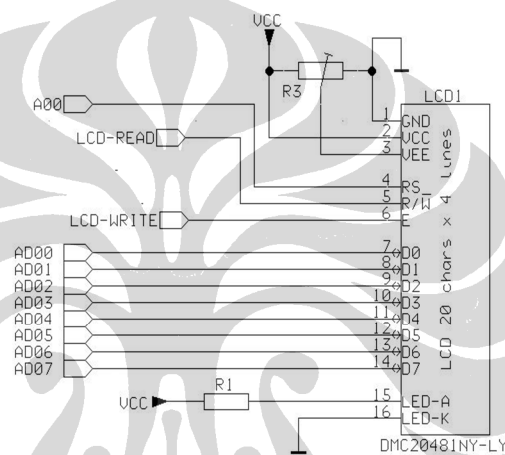
```

if(PIND.4==1){keyb='4';while(PIND.4!=0);}
if(PIND.5==1){keyb='1';while(PIND.5!=0);}
if(keyb!=0)
{
delay_ms(10);           //untuk menghindari bouncing
}
}

```

Untuk display *LCD 4x16 device* terhubung pada *PORT C* mikrokontroler.

Skema rangkaian *LCD 4x16* ditunjukkan pada Gambar 3.9. berikut :

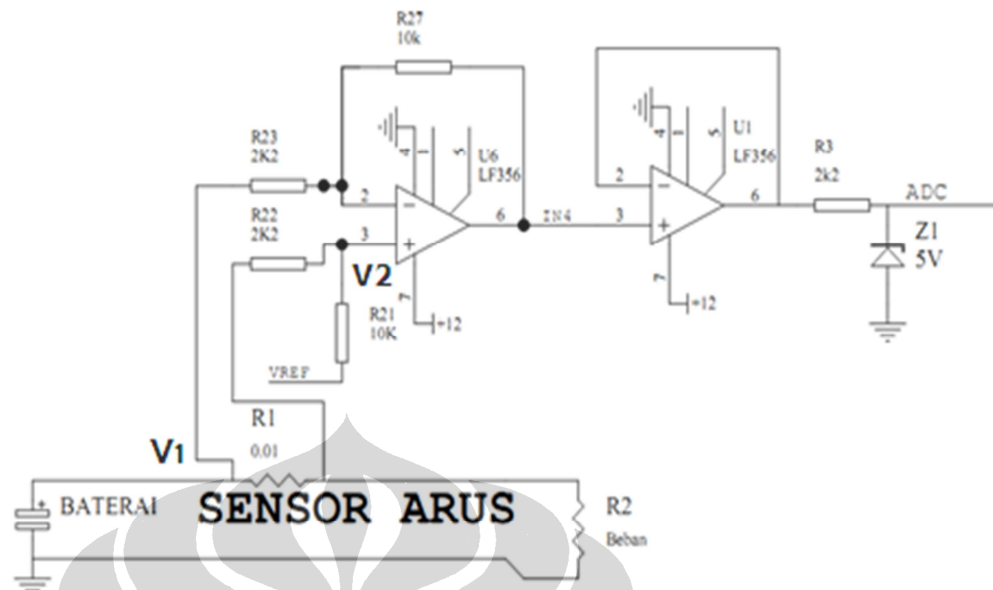


Gambar 3.9. Skema *LCD 4x16*

3.2.2. Rangkaian Sensor Arus

Untuk mendeteksi arus yang bekerja pada sistem digunakan tahanan 0.01Ω 10Watt, arus yang lewat akan dikonversi ke tegangan yang selanjutnya akan di baca pada ADC mikrokontroller.

Gambar 3.10. adalah Rangkaian *instrumentasi* untuk sensor arus



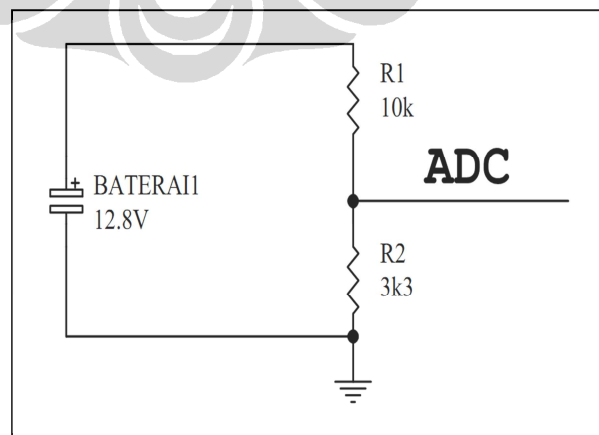
Gambar 3.10 Rangkaian *Instrumentasi* Sensor Arus

Jika $R_{27} = R_f$ dan $R_{22} = R_i$ maka arus yang lewat pada $R_1(0.01\Omega)$ akan di konversi dalam bentuk Tegangan yang mempunyai persamaan :

$$V_{out} = \left(-\frac{R_f}{R_i}\right)V_1 + \left(\frac{R_f}{R_i} + 1\right)V_2 \quad \dots (3.1)$$

3.2.3. Rangkaian Sensor Tegangan

Untuk Sensor Tegangan di rancang dengan menggunakan dua buah tahanan sebagai pembagi tegangan, dimana rangkaiannya tampak pada gambar 3.11 sebagai berikut :



Gambar 3.11 Rangkaian Sensor Tegangan

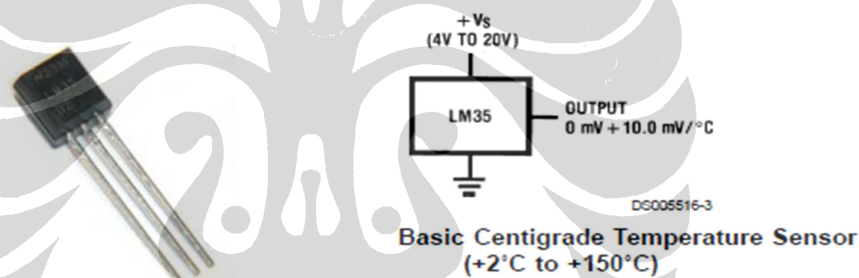
Besar tegangan ADC yang masuk ke mikrocontroller adalah

$$V_{ADC} = \frac{R_1}{(R_1+R_2)} V_{baterai} \quad \dots (3.2)$$

3.2.4. Rangkaian Sensor Suhu

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan.

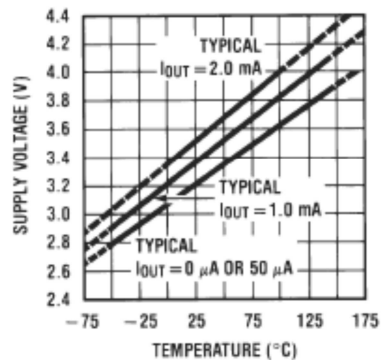
Sensor suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan. Gambar 3.12. bentuk fisik dan symbol dari sensor suhu LM35.



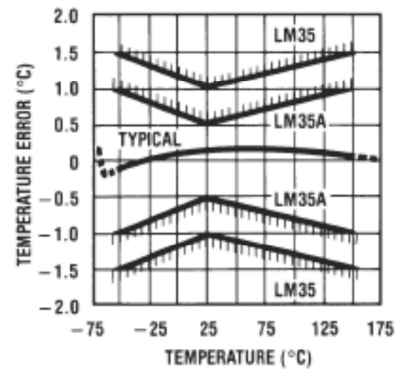
Gambar 3.12 Sensor suhu LM35[25]

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1°C akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV . Pada penempatannya LM35 dapat ditempelkan dengan perekat atau dapat pula disemen pada permukaan akan tetapi suhunya akan sedikit berkurang sekitar $0,01^{\circ}\text{C}$ karena terserap pada suhu permukaan tersebut. Dengan cara seperti ini diharapkan selisih antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35 sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya. Gambar 3.13 adalah karakteristik dari sensor suhu LM35

Minimum Supply Voltage vs. Temperature



Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)

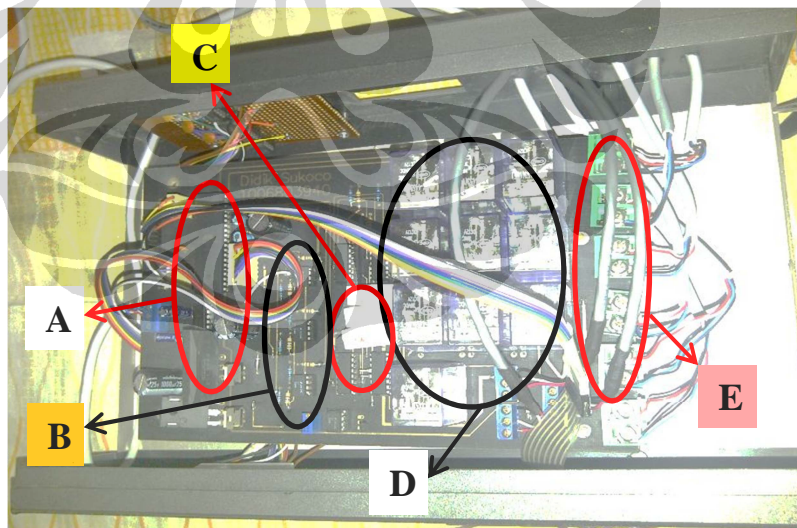


Gambar 3.13 Karakteristik tegangan dan akurasi LM35[25]

3.2.5. Implementasi Sistem

Hardware di desain bisa berdiri sendiri(stand alone) maupun terkoneksi ke komputer melalui user interfacing. Pada saat kondisi stand alone perangkat akan berguna untuk *management* pengaturan sistim Charge dan discharge baterai melalui kontrol tegangan dan arus.

Detail dari perangkat sistem dapat dilihat pada gambar 3.14 berikut :



Gambar 3.14 Detail rangkaian elektronika sistem

Keterangan :

- A. Mikrokontroler Atmega8535
- B. Rangkaian Instrumentasi Sensor Arus

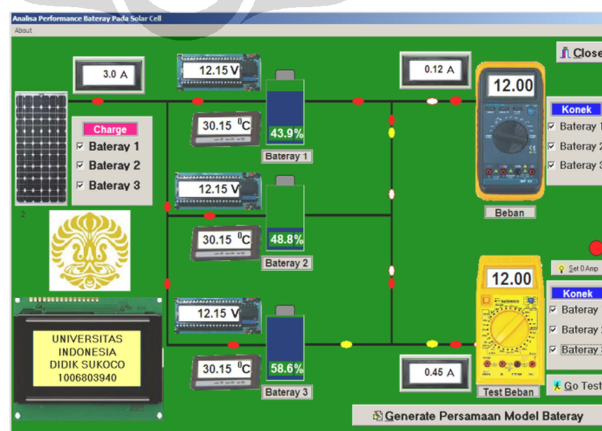
- C. Tahanan 0.01Ω 10watt sebagai sensor arus
- D. Modul Relay
- E. Terminal Baterai *Bank*, beban dan Suplai Energi Listrik



Gambar 3.15 Implematasi Sistem

3.3. Perancangan Program User Interfacing

Program terdiri dari 2 jenis, yakni program yang di tanam pada IC mikrokontroller untuk kondisi auto sistem dan program pada komputer yang berguna sebagai user interfacing pada pengambilan dan pengujian sistem yang dirancang. Program user interfacing dibuat dengan tujuan agar data yang ada pada mikrokontroller dapat dioptimalkan guna kepentingan monitoring maupun pengetesan sistem. Adapun bentuk program utama terlihat pada gambar 3.16 berikut

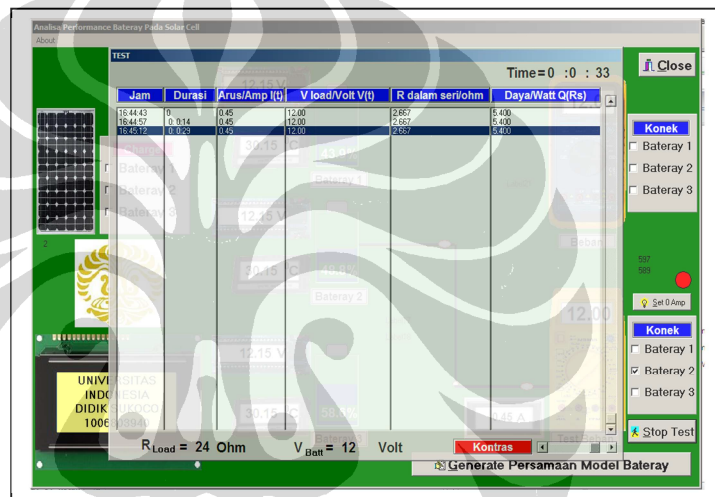


Gambar 3.16 Software User Interfacing Sistem

Fitur dari user Interfacing ini meliputi

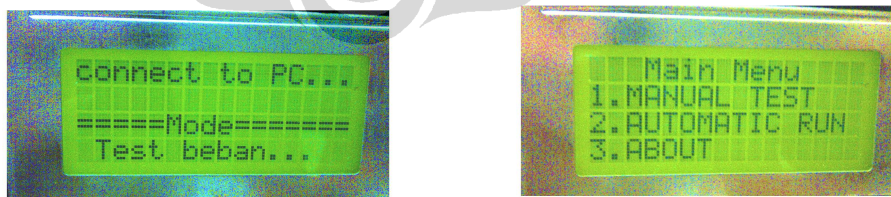
1. Proses monitoring dan pemilihan bank baterai Charge yang dapat memantau tegangan dan arus yang masuk pada bank baterai.
2. Proses monitoring dan pemilihan bank baterai Discharge yang dapat memantau tegangan dan arus yang masuk pada beban normal maupun beban Test.
3. Pengujian Tahanan dalam pada bank baterai melalui beban Test.

Gambar 3.17 adalah tampilan program saat pengambilan data pada proses test beban baterai.



Gambar 3.17. proses pengambilan data test baterai

Pada display *LCD* akan ditampilkan status kondisi sistem saat konek ke komputer ataupun kondisi saat auto run



Gambar 3.18 mode test beban dan mode stand alone

3.3.1. Program algoritma Numerik Lagrange

Program algoritma Numerik Lagrange dibuat dengan menggunakan pemrograman Delphi, sedangkan procedure program lagrange adalah sebagai berikut:

```

Procedure TForm8.Lagrange;
var cc,b,c,d:integer;
    a,aa,bb:integer;
    x,y,z:array[1..1000]of real;
    nilai,sbx,sby:real;
    besar,kecil:real;
    s,s1,s2:string;
    kali,jum,koef,atas,bawah:Extended; //pakai variabel real floating
    jum_dat:integer;
begin
    listbox1.Clear;
    listbox2.Clear;
    bb:=1;
    for aa:=1 to form7.listbox7.Items.count do
    begin
        cc:=1;
        for a:=bb to bb+4 do
        begin
            if(a<=form7.listbox7.Items.count)then
            begin
                val(form7.listbox5.Items.strings[a-1],x[cc],b); //data Rdalam
                val(form7.listbox6.Items.strings[a-1],y[cc],b); //data Daya baterai
            end;
            inc(cc);
        end;
        bb:=bb+4;
        jum_dat:=4;
        c:=round(x[4]);
    end;
end;

```

```

for a:=round(x[1]) to c do
begin
    kali:=1;
    jum:=0;
    for b:=1 to jum_dat do
    begin
        koef:=1;
        for c:=1 to jum_dat do
        begin
            if((b<>c)and(x[b]<>x[c]))then
            begin
                /*Proses numerik
                
$$U_x = \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)(x-x_4)\dots(x-x_{n-1})}{(x_n-x_0)(x_n-x_1)(x_n-x_2)(x_n-x_3)(x_n-x_4)\dots(x_n-x_{n-1})} U_n$$

                */
                atas:=a-x[c];
                bawah:=x[b]-x[c];
                koef:=koef*(atas/bawah);
            end;
        end;
        koef:=koef*y[b];
        jum:=jum+koef;
    // akhir proses numerik
    end;
    str(a,s);listbox1.items.add(s); //Rdalam hasil Lagrange
    str(jum:0:3,s);listbox2.items.add(s); //Daya hasil Lagrange
    if(listbox1.Items.count>1)then
    begin
        if(listbox1.Items.Strings[listbox1.Items.count-1]=
            listbox1.Items.Strings[listbox1.Items.count-2])then
            begin
                listbox1.Items.Delete(listbox1.Items.count-2);
                listbox2.Items.Delete(listbox2.Items.count-2);
            end;
        end;
    end;
end;

```

```

end;
end;
end;
for a:=1 to listbox1.Items.count do
begin
// Penyimpanan data hasil akhir Lagrange
val(listbox1.items.strings[a-1],sbx,b); //Rdalam hasil Lagrange
val(listbox2.items.strings[a-1],sby,b); //Daya hasil Lagrange
c:=round(sbx/10);
d:=round(sby*100);
d:=300-d;
image1.Canvas.Pixels[c,d]:=clred;
end;
end;
end;

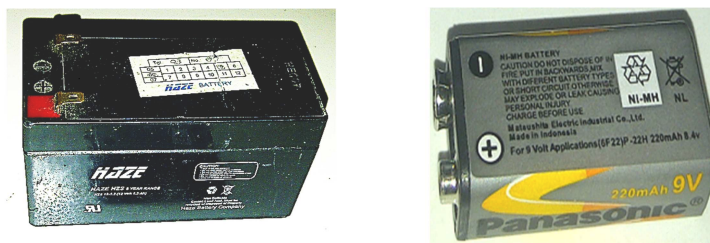
```

3.4. Pengujian Beban Test pada Baterai

Baterai yang diuji terdiri dari 4 jenis, yaitu baterai *recharge* kering dengan spesifikasi berikut :

- Baterai 12V – 1.3AH Kondisi rusak.
- Baterai 12V – 1.3AH kondisi bagus/normal.
- Baterai 6V – 1.8 AH Kondisi bagus.
- Baterai 9V – 220mAH Kondisi bagus

Sedangkan bentuk fisik dari baterai terlihat pada Gambar 3.13 di bawah ini



Gambar 3.19. bentuk baterai pengujian

Sedangkan jenis beban adalah resistor jenis karbon dengan daya 20 Watt dan nilai resistornya berbeda-beda terlihat pada gambar .



Gambar 3.20. Bentuk resistor pengujian

Untuk durasi pengambilan data dipilih berdasarkan kondisi baterai, data pengambilan disimpan dalam bentuk file sebagai bahan analisa untuk menentukan persamaan model baterai. Gambar 3.21. menu input sebelum proses pengambilan data.

Save Data	
V bateray	12
R load	24
Durasi (detik)	15
Subject File	BATERAY
Nama File	BATERAY9
✓ OK	Go Run

Gambar 3.21 menu pengambilan data tes baterai

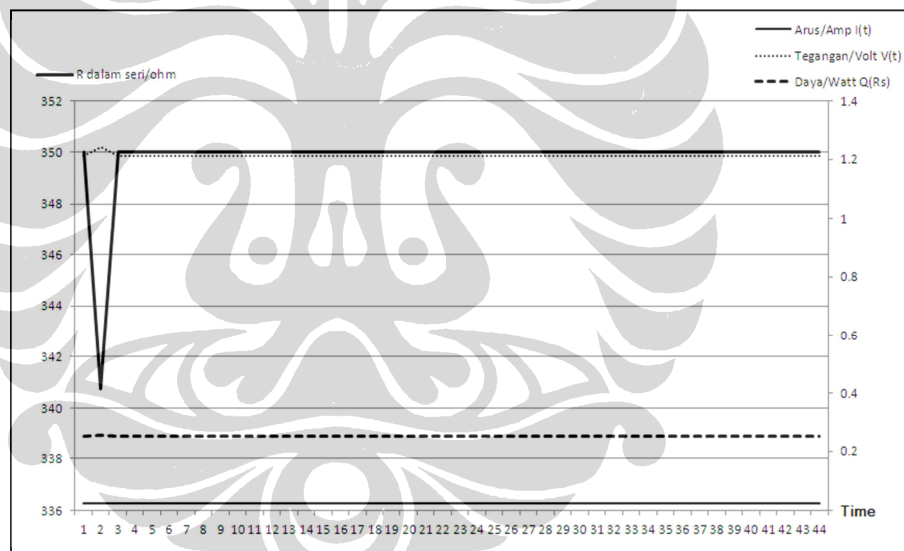
Cuplikan Hasil pengukuran dan analisa baterai secara riil pada test baterai adalah sebagai berikut :

Baterai Spesifikasi 12V, 1.3AH kondisi Rusak.

Tabel 3.1. Cuplikan hasil pengukuran pada $R_{load} = 48 \Omega$

No	Time	Arus/Amp I(t)	Tegangan/Volt V(t)	R dalam seri/ohm	Daya/Watt Q(Rs)
1	0: 0:00	0.0252	1.21	350.016	0.253
2	0: 0:10	0.0258	1.24	340.76	0.259
3	0: 0:20	0.0252	1.21	350.016	0.253
4	0: 0:30	0.0252	1.21	350.016	0.253
5	0: 0:40	0.0252	1.21	350.016	0.253
6	0: 0:50	0.0252	1.21	350.016	0.253
7	0: 1:00	0.0252	1.21	350.016	0.253
8	0: 1:10	0.0252	1.21	350.016	0.253

Gambar 3.22 terlihat Grafik dari Tabel 3.1. pada kondisi baterai yang rusak, Tahanan dalam baterai sangat besar dan daya yang dihasilkan sangat kecil.



Gambar 3.22 Grafik Baterai pada 12V, 1.3AH kondisi Rusak.

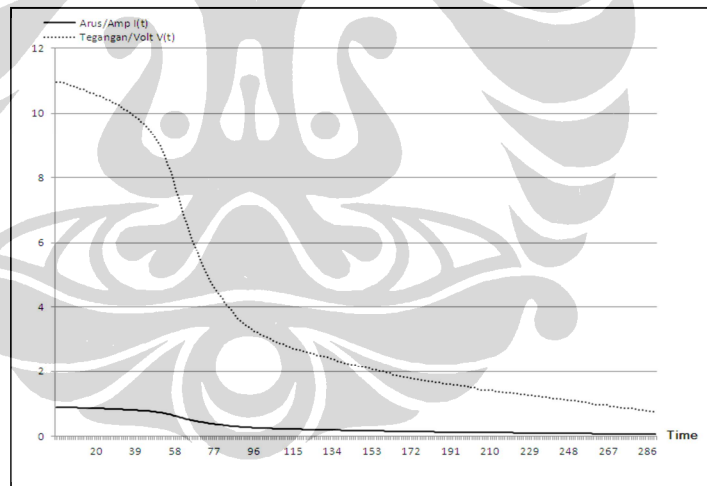
Baterai spesifikasi 12V, 1.3AH kondisi Normal (bagus).

Tabel 3.2. Cuplikan hasil pengukuran pada $R_{load} = 12 \Omega$

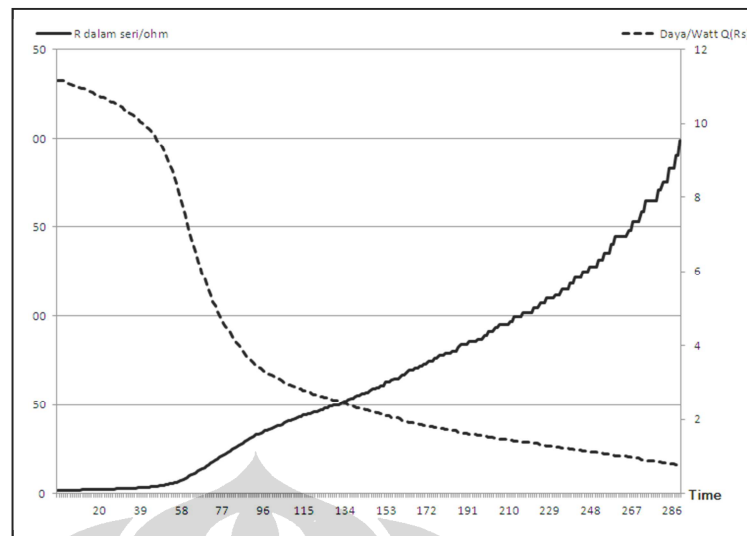
No	Time	Arus/Amp I(t)	Tegangan/Volt V(t)	R dalam seri/ohm	Daya/Watt Q(Rs)
1	0: 0:00	0.8911	10.96	1.739	11.148
2	0: 0:30	0.8911	10.96	1.739	11.148
3	0: 1:00	0.8911	10.96	1.739	11.148
4	0: 1:30	0.8911	10.96	1.739	11.148
5	0: 2:00	0.8886	10.93	1.778	11.116

6	0: 2:30	0.8862	10.9	1.816	11.086
7	0: 3:00	0.8846	10.88	1.842	11.066
8	0: 3:30	0.8821	10.85	1.882	11.035
9	0: 4:00	0.8821	10.85	1.882	11.035
10	0: 4:30	0.8772	10.79	1.961	10.974
11	0: 5:00	0.8772	10.79	1.961	10.974
12	0: 5:30	0.8748	10.76	2	10.944
13	0: 6:00	0.8748	10.76	2	10.944
14	0: 6:30	0.8732	10.74	2.027	10.924
15	0: 7:00	0.8707	10.71	2.068	10.892
16	0: 7:30	0.8683	10.68	2.107	10.862
17	0: 8:00	0.8659	10.65	2.147	10.832
18	0: 8:30	0.8634	10.62	2.189	10.801

Grafik terlihat pada gambar 3.23 dan gambar 3.24 pada 12V, 1.3Ah Kondisi Baik. Arus dan tegangan baterai akan menurun secara eksponensial, sedangkan tahanan dalam baterai naik secara eksponensial diikuti oleh daya baterai yang akan turun secara eksponensial pula.



Gambar 3.23. Grafik I dan V terhadap waktu baterai 12V,1.3Ah



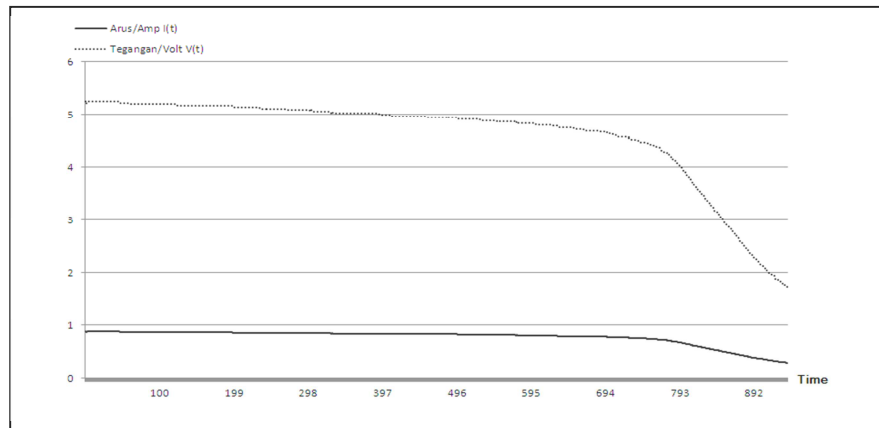
Gambar 3.24. Grafik Daya dan R_{dalam} terhadap waktu baterai 12V,1.3Ah

Baterai spesifikasi 6V, 4.5AH kondisi Baik.

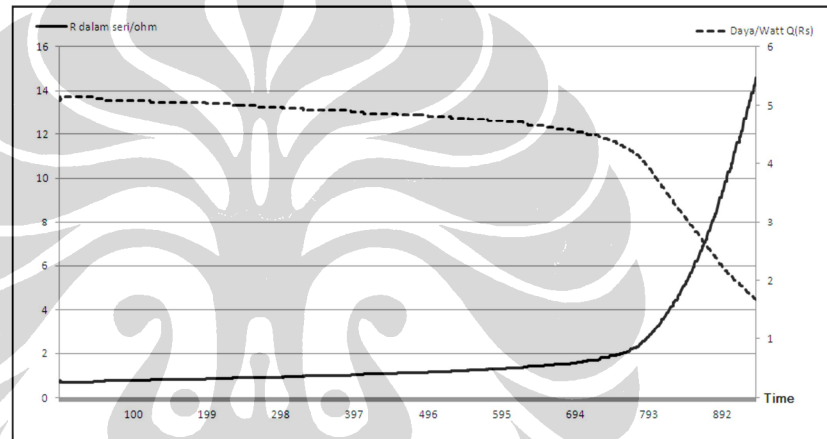
Tabel 3.3. Cuplikan hasil pengukuran pada $R_{load} = 6 \Omega$

No	Time	Arus/Amp $I(t)$	Tegangan/Volt $V(t)$	R dalam seri/ohm	Daya/Watt $Q(Rs)$
1	0: 0:00	0.8767	5.26	0.696	5.146
2	0: 0:15	0.8667	5.2	0.773	5.088
3	0: 0:30	0.8717	5.23	0.734	5.117
4	0: 0:45	0.8767	5.26	0.696	5.146
5	0: 1:00	0.8767	5.26	0.696	5.146
6	0: 1:15	0.8767	5.26	0.696	5.146
7	0: 1:30	0.8767	5.26	0.696	5.146
8	0: 1:45	0.8767	5.26	0.696	5.146
9	0: 2:00	0.8767	5.26	0.696	5.146
10	0: 2:15	0.8767	5.26	0.696	5.146
11	0: 2:30	0.8767	5.26	0.696	5.146
12	0: 2:45	0.8767	5.26	0.696	5.146
13	0: 3:00	0.8767	5.26	0.696	5.146
14	0: 3:15	0.8767	5.26	0.696	5.146
15	0: 3:30	0.8767	5.26	0.696	5.146
16	0: 3:45	0.8767	5.26	0.696	5.146

Gambar 3.25 dan Gambar 3.26 pada 6V, 4.5Ah kondisi Baik. Arus dan tegangan baterai akan menurun secara eksponensial, sedangkan tahanan dalam baterai naik secara eksponensial diikuti oleh daya baterai yang akan turun secara eksponensial pula.



Gambar 3.25. Grafik I dan V terhadap waktu baterai 6V,4.5Ah



Gambar 3.26. Grafik Daya dan R_{dalam} terhadap waktu baterai 6V,4.5Ah

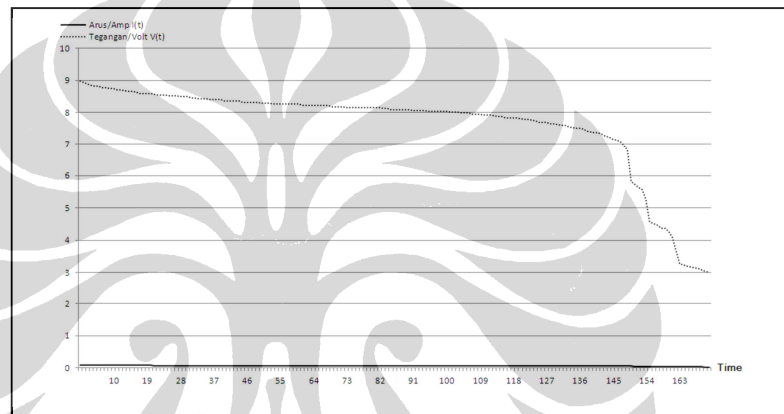
Baterai dengan Spesifikasi 9V, 220mA kondisi Baik.

Tabel 3.4. Cuplikan hasil pengukuran pada $R_{load} = 120 \Omega$

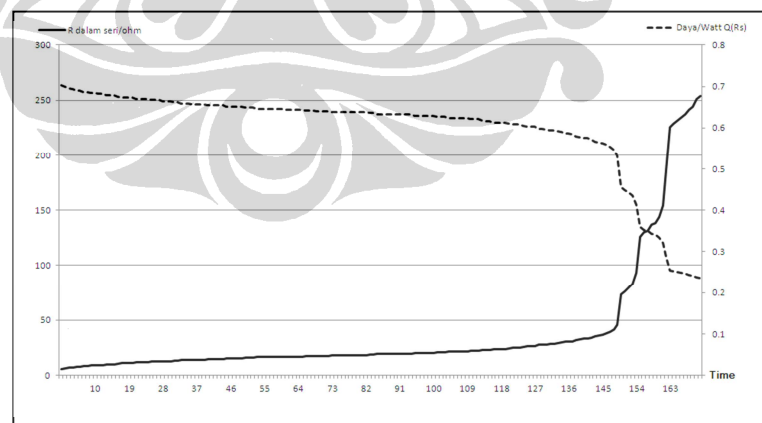
No	Time	Arus/Amp I(t)	Tegangan/Volt V(t)	R dalam seri/ohm	Daya/Watt Q(Rs)
1	0: 0:00	0.0749	8.99	5.367	0.703
2	0: 0:15	0.0745	8.94	6.04	0.7
3	0: 0:30	0.074	8.88	6.892	0.695
4	0: 0:45	0.0738	8.85	7.236	0.693
5	0: 1:00	0.0735	8.82	7.755	0.69
6	0: 1:15	0.0735	8.82	7.755	0.69
7	0: 1:30	0.0731	8.77	8.454	0.686
8	0: 1:45	0.0731	8.77	8.454	0.686
9	0: 2:00	0.0728	8.74	8.984	0.684
10	0: 2:15	0.0728	8.74	8.984	0.684
11	0: 2:30	0.0726	8.71	9.339	0.682

12	0: 2:45	0.0726	8.71	9.339	0.682
13	0: 3:00	0.0723	8.68	9.876	0.679
14	0: 3:15	0.0722	8.66	10.055	0.678
15	0: 3:30	0.0722	8.66	10.055	0.678
16	0: 3:45	0.0719	8.63	10.598	0.675

Gambar 3.27 dan Gambar 3.28 pada 9V, 220mAh kondisi Baik. Arus dan tegangan baterai akan menurun secara eksponensial, sedangkan tahanan dalam baterai naik secara eksponensial diikuti oleh daya baterai yang akan turun secara eksponensial pula.



Gambar 3.27. Grafik I dan V terhadap waktu baterai 9V, 220mAh



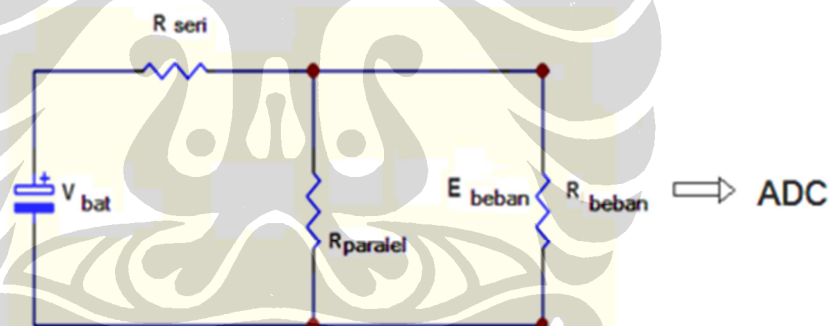
Gambar 3.28. Grafik Daya dan R_{dalam} terhadap waktu baterai 9V, 220mAh

BAB IV ANALISA DATA

Pengujian dan analisa pada sistem dilakukan melalui uji test beban pada beberapa jenis baterai untuk mendapatkan karakteristik suatu baterai. Dengan algoritma numerik menggunakan Persamaan Lagrange akan di dapatkan hubungan antara daya baterai dan tahanan dalam baterai. Selanjutnya melalu pendekatan numeric dengan menggunakan metode Integrasi Newton Codes akan berdasarkan hasil test beban dari sistem yang telah di bangun akan dihitung daya dari setiap baterai yang diuji.

4.1. Pengujian tahanan dalam baterai

Berdasarkan model baterai sebagai sumber tegangan konstan, telah dilakukan pengujian dan pengambilan data dengan gambar rangkaian pada Gambar 4.1. berikut :



Gambar 4.1. Model baterai pengujian

Hasil pengukuran secara riil pada test baterai adalah sebagai berikut:

4.1.1 Baterai 12V, 1.3Ah kondisi Normal.

Hasil pengukuran pada $R_{load} = 12 \Omega$ adalah

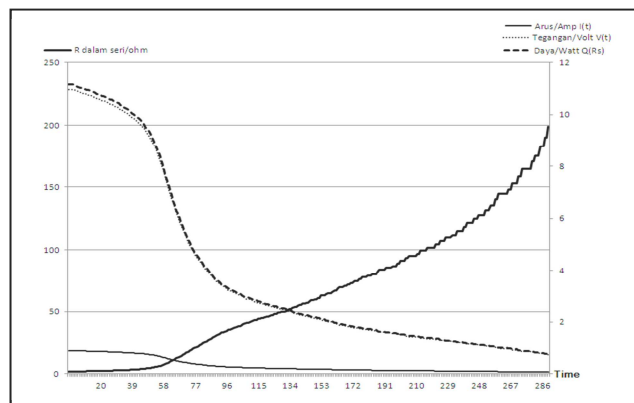
Data diambil sampai Tegangan baterai ≈ 3 Volt

Waktu pengambilan data tiap 2 menit

TABEL 4.1. Data pengukuran Baterai 12V, 1.3Ah

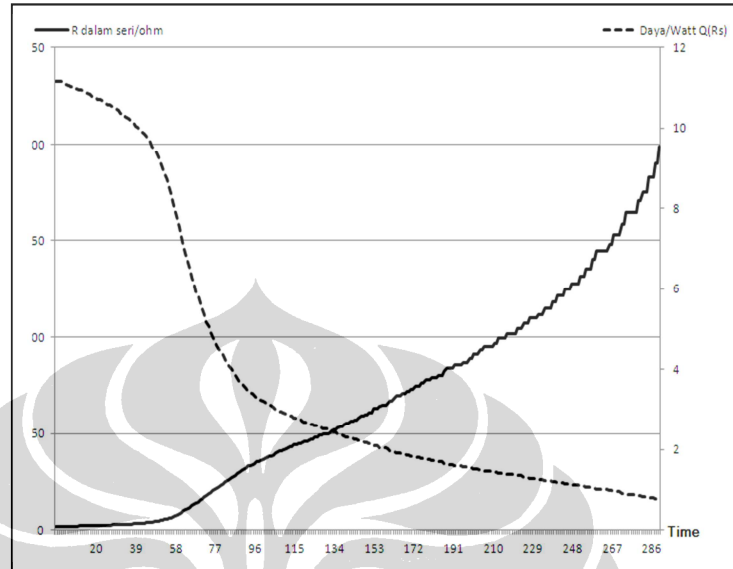
No	Time	Arus/Amp I(t)	Tegangan/Volt V(t)	R dalam seri/ohm	Daya/Watt Q(Rs)
1	0: 0:00	0.89	10.96	1.74	11.15
2	0: 2:00	0.89	10.93	1.78	11.12
3	0: 4:00	0.88	10.85	1.88	11.04
4	0: 6:00	0.87	10.76	2.00	10.94
5	0: 8:00	0.87	10.65	2.15	10.83
6	0:10:00	0.86	10.54	2.30	10.72
7	0:12:00	0.85	10.43	2.45	10.61
8	0:14:00	0.84	10.31	2.63	10.49
9	0:16:00	0.83	10.20	2.79	10.38
10	0:18:00	0.81	10.00	3.09	10.17
11	0:20:00	0.80	9.81	3.39	9.98
12	0:22:00	0.78	9.56	3.80	9.72
13	0:24:00	0.75	9.22	4.39	9.38
14	0:26:00	0.71	8.74	5.31	8.89
15	0:28:00	0.65	8.04	6.84	8.18
16	0:30:00	0.58	7.17	9.16	7.29
17	0:32:00	0.52	6.38	11.82	6.49
18	0:34:00	0.46	5.71	14.65	5.81
19	0:36:00	0.41	5.09	17.93	5.18
20	0:38:00	0.37	4.61	21.08	4.69
21	0:40:00	0.35	4.27	23.73	4.34
22	0:42:00	0.32	3.93	26.86	4.00
23	0:44:00	0.30	3.63	30.09	3.69
24	0:46:00	0.28	3.40	32.96	3.46
25	0:48:00	0.26	3.23	35.34	3.29
26	0:50:00	0.25	3.12	37.01	3.17
27	0:52:00	0.24	3.01	38.82	3.06

Detail grafik pada Tabel 4.1. terlihat pada Gambar 4.2 berikut :



Gambar 4.2. Grafik Baterai pada 12V, 1.3Ah Kondisi Baik

Selanjutnya fungsi Daya dan R_{dalam} akan di pisahkan dari fungsi arus dan tegangan. Gambar 4.3. adalah Grafik Daya dan R_{dalam} fungsi waktu baterai 12V,1.3Ah



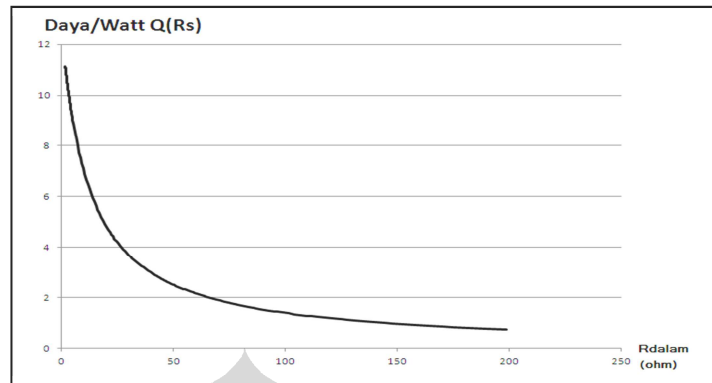
Gambar 4.3. Grafik Daya dan R_{dalam} fungsi waktu baterai 12V,1.3Ah

Melalui program numerik lagrange, hasil prosesnya terlihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Numerik Lagrange baterai 12V, 1.3Ah

R dalam	Daya baterai
2	10.704
3	10.244
4	9.6
5	9.046
6	8.552
7	8.109
8	7.709
9	7.347
.....
.....
171	0.853
172	0.849
173	0.844
174	0.84
175	0.835

Sedangkan Grafik Daya terhadap R_{dalam} terlihat pada Gambar 4.4. berikut :



Gambar 4.4. Fungsi Daya(R_{dalam}) baterai 12V,1.3Ah Normal

Untuk menghitung Energi yang tersimpan dalam baterai, maka fungsi Daya di integrasi secara numerik berdasarkan data dari pengukuran.

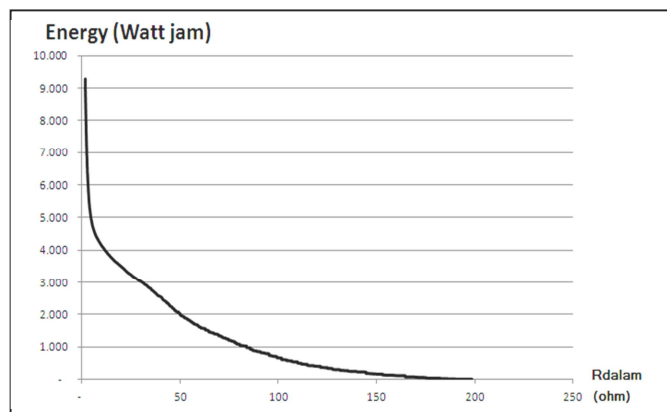
Tabel 4.3. menunjukkan hasil perhitungan energi berdasarkan hasil pengukuran.

Tabel 4.3. Hasil perhitungan daya dan energi baterai 12V,1.3Ah

No	Durasi	R dalam seri/ohm	Daya/Watt Q(Rs)	$((Daya_{(n)} + Daya_{(n+1)})/2) * (30/3600)$	Energy Baterai
1	0: 0:00	1.739	11.148	0.0929	9.282
2	0: 0:30	1.739	11.148	0.0929	9.189
3	0: 1:00	1.739	11.148	0.0929	9.096
4	0: 1:30	1.739	11.148	0.092766667	9.003
5	0: 2:00	1.778	11.116	0.092508333	8.910
6	0: 2:30	1.816	11.086	0.0923	8.818
7	0: 3:00	1.842	11.066	0.0920875	8.725
.....	
.....	
286	2:22:30	182.56	0.803	0.006691667	0.022
287	2:23:00	182.56	0.803	0.006566667	0.016
288	2:23:30	190.127	0.773	0.006441667	0.009
289	2:24:00	190.127	0.773	0.0063125	0.003
290	2:24:30	198.661	0.742		
			TOTAL	9.281558333	

Energy hasil perhitungan berdasarkan data = 9,28 VAh, sedangkan *name plate* pada baterai = $12V * 1.3Ah = 15,6 VAh$.

$$\text{Toleransi Hasil Pengukuran} = \frac{15,6 - 9,28}{15,6} * 100\% = 40,50\%$$



Gambar 4.5. Grafik energi terhadap R_{dalam} baterai 12V,1.3Ah

4.1.2 Baterai 6V, 4.5Ah kondisi Normal.

Hasil pengukuran pada $R_{load} = 6 \Omega$ adalah

Data diambil sampai Tegangan baterai ≈ 3 Volt

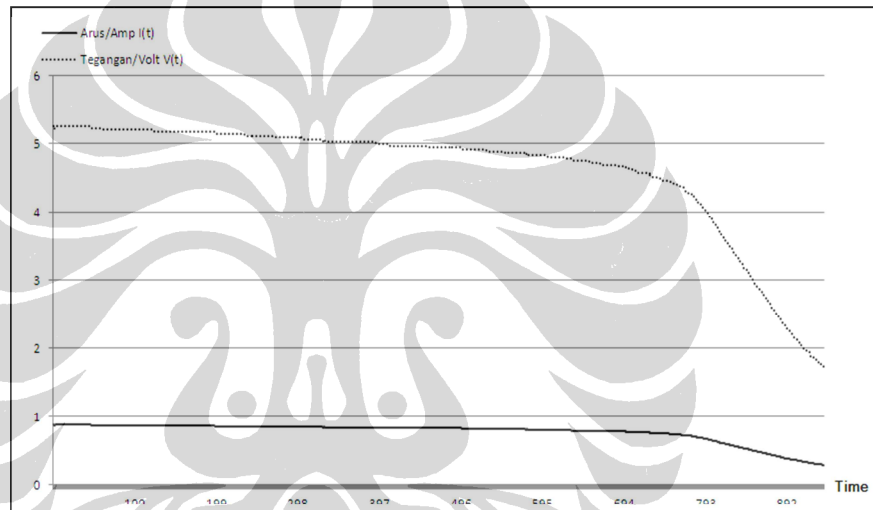
Waktu pengambilan data tiap 15 detik

TABEL 4.4. Data pengukuran Baterai 6V, 4.5Ah

Nomer	Time	Arus/Amp I(t)	Tegangan/ Volt V(t)	R dalam seri/ohm	Daya/Watt Q(Rs)
1	0: 0:00	0.877	5.260	0.696	5.146
2	0: 0:15	0.867	5.200	0.773	5.088
3	0: 0:30	0.872	5.230	0.734	5.117
4	0: 0:45	0.877	5.260	0.696	5.146
5	0: 1:00	0.877	5.260	0.696	5.146
6	0: 1:15	0.877	5.260	0.696	5.146
7	0: 1:30	0.877	5.260	0.696	5.146
8	0: 1:45	0.877	5.260	0.696	5.146
9	0: 2:00	0.877	5.260	0.696	5.146
10	0: 2:15	0.877	5.260	0.696	5.146
.....
.....
.....
919	3:49:30	0.323	1.940	12.157	1.898
920	3:49:45	0.318	1.910	12.442	1.868
921	3:50: 0	0.313	1.880	12.736	1.839
922	3:50:15	0.313	1.880	12.736	1.839
923	3:50:30	0.313	1.880	12.736	1.839
924	3:50:45	0.313	1.880	12.736	1.839
925	3:51: 0	0.308	1.850	13.04	1.81
926	3:51:15	0.305	1.830	13.246	1.79

927	3:51:30	0.305	1.830	13.246	1.79
928	3:51:45	0.305	1.830	13.246	1.79
929	3:52: 0	0.300	1.800	13.567	1.761
930	3:52:15	0.300	1.800	13.567	1.761
931	3:52:30	0.295	1.770	13.898	1.732
932	3:52:45	0.295	1.770	13.898	1.732
933	3:53: 0	0.295	1.770	13.898	1.732
934	3:53:15	0.295	1.770	13.898	1.732
935	3:53:30	0.290	1.740	14.241	1.702
936	3:53:45	0.290	1.740	14.241	1.702
937	3:54: 0	0.285	1.710	14.596	1.673

Gambar 4.6. adalah Grafik Daya dan R_{dalam} fungsi waktu baterai 6V,4.5Ah



Gambar 4.6. Grafik Daya dan R_{dalam} fungsi waktu baterai 6V,4.5Ah

Melalui program numerik lagrange, hasil prosesnya terlihat pada Tabel 4.5.

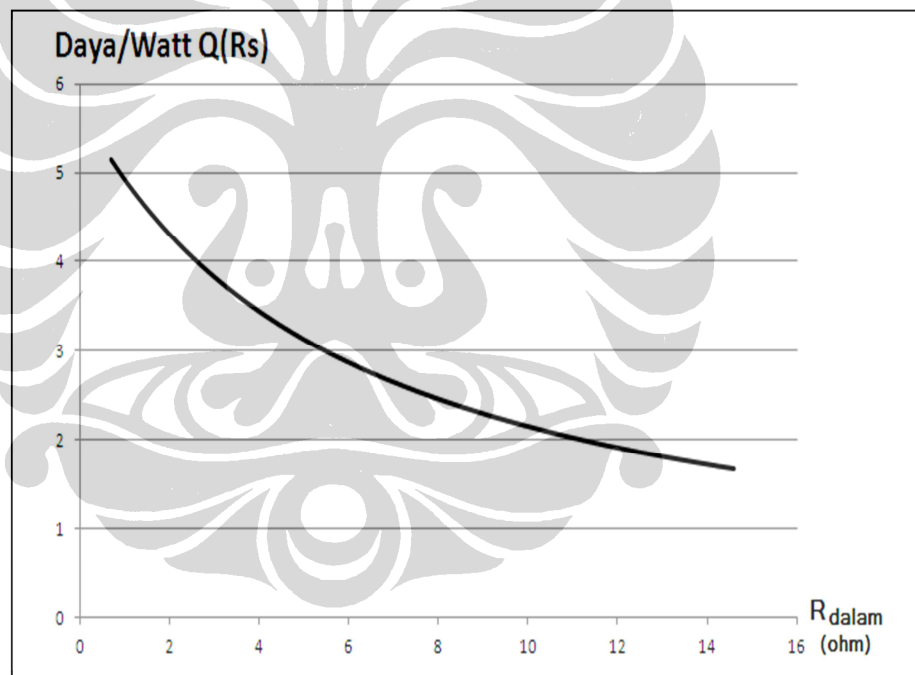
Tabel 4.5. Numerik Lagrange baterai 6V, 4.5Ah Normal

Tabel 4.5. Numerik Lagrange baterai 6V, 4.5Ah

R dalam	Daya baterai
0.7	5.14
0.8	5.07
0.9	6.63
1.0	4.92
1.1	4.85
1.2	10.46
1.3	8.44
1.4	4.66

1.5	4.60
1.6	4.53
1.7	4.47
....
....
12.8	1.83
12.9	1.82
13.0	1.81
13.1	1.80
13.2	1.79
13.3	1.79
13.4	1.78
13.5	1.77
13.6	1.76

Sedangkan Grafik Daya terhadap R_{dalam} terlihat pada Gambar 4.7. berikut :



Gambar 4.7. Fungsi Daya(R_{dalam}) baterai 6V,4.5Ah Normal

Untuk menghitung Energi yang tersimpan dalam baterai, maka fungsi Daya di integrasi secara numerik berdasarkan data dari pengukuran.

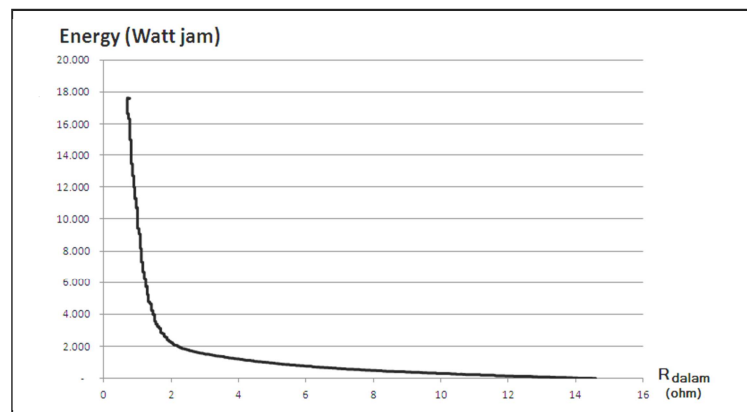
Tabel 4.6. menunjukkan hasil perhitungan energi berdasarkan hasil pengukuran.

Tabel 4.6. Hasil perhitungan daya dan energi baterai 6V,4.5Ah

No	Waktu	R dalam seri ohm)	Daya/Watt Q(Rs)	$((Daya_{(n)} + Daya_{(n+1)})/2) * (15/3600)$	Energy Baterai
1	0: 0:00	0.696	5.146	0.021321	17.620
2	0: 0:15	0.773	5.088	0.02126	17.599
3	0: 0:30	0.734	5.117	0.021381	17.577
4	0: 0:45	0.696	5.146	0.021442	17.556
5	0: 1:00	0.696	5.146	0.021442	17.534
6	0: 1:15	0.696	5.146	0.021442	17.513
7	0: 1:30	0.696	5.146	0.021442	17.492
8	0: 1:45	0.696	5.146	0.021442	17.470
9	0: 2:00	0.696	5.146	0.021442	17.449
10	0: 2:15	0.696	5.146	0.021442	17.427
11	0: 2:30	0.696	5.146	0.021442	17.406
....	
....	
930	3:52:15	13.567	1.761	0.007277	0.046
931	3:52:30	13.898	1.732	0.007217	0.039
932	3:52:45	13.898	1.732	0.007217	0.032
933	3:53: 0	13.898	1.732	0.007217	0.025
934	3:53:15	13.898	1.732	0.007154	0.018
935	3:53:30	14.241	1.702	0.007092	0.011
936	3:53:45	14.241	1.702	0.007031	0.003
937	3:54: 0	14.596	1.673		
			Total	17.61987	

Energy hasil perhitungan berdasarkan data = 17,61987 VAh, sedangkan *name plate* pada baterai = 6V*4.5Ah = 27 Vah.

$$\text{Toleransi Hasil Pengukuran} = \frac{27-17,61987}{15.6} * 100\% = 34.74 \%$$



Gambar 4.8. Grafik energi terhadap tahanan dalam baterai 6V,4.5Ah

4.1.3 Baterai 9V, 220 mAh kondisi Normal.

Hasil pengukuran pada $R_{load} = 120 \Omega$ adalah

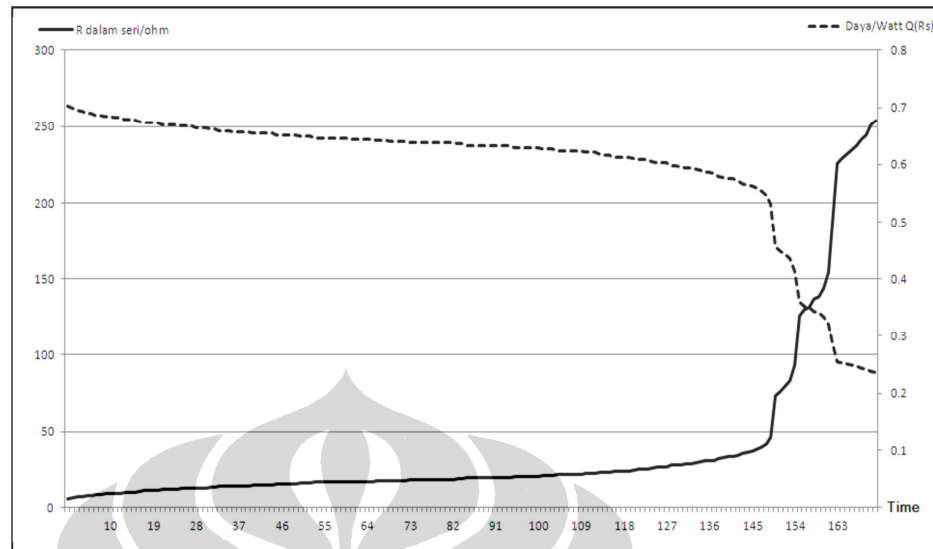
Data diambil sampai Tegangan baterai ≈ 3 Volt

Waktu pengambilan data tiap 15 detik

TABEL 4.7. Data pengukuran Baterai 9V,220mAh

No	Time	Arus/Amp I(t)	Tegangan/Volt V(t)	R dalam seri/ohm	Daya/Watt Q(Rs)
1	0: 0:00	0.075	8.99	5.37	0.70
2	0: 0:15	0.075	8.94	6.04	0.70
3	0: 0:30	0.074	8.88	6.89	0.70
4	0: 0:45	0.074	8.85	7.24	0.69
5	0: 1:00	0.074	8.82	7.76	0.69
6	0: 1:15	0.074	8.82	7.76	0.69
7	0: 1:30	0.073	8.77	8.45	0.69
8	0: 1:45	0.073	8.77	8.45	0.69
9	0: 2:00	0.073	8.74	8.98	0.68
10	0: 2:15	0.073	8.74	8.98	0.68
.....
.....
.....
171	0:42:30	0.025	3.01	254.10	0.24
172	0:42:45	0.025	2.95	261.71	0.23
173	0:43:00	0.024	2.84	276.20	0.22
174	0:43:15	0.022	2.64	306.82	0.21
175	0:43:30	0.019	2.28	374.21	0.18
176	0:43:45	0.018	2.11	413.52	0.17
177	0:44:00	0.017	2.02	438.93	0.16
178	0:44:15	0.017	2.02	438.93	0.16
179	0:44:30	0.017	2.02	438.93	0.16
180	0:44:45	0.017	2.00	442.28	0.16
181	0:45:00	0.017	2.00	442.28	0.16
182	0:45:15	0.016	1.97	452.56	0.15
183	0:45:30	0.016	1.94	459.63	0.15
184	0:45:45	0.016	1.94	459.63	0.15
185	0:46:00	0.016	1.91	470.57	0.15
186	0:46:15	0.016	1.91	470.57	0.15
187	0:46:30	0.016	1.88	478.09	0.15
188	0:46:45	0.016	1.88	478.09	0.15
189	0:47:00	0.016	1.88	478.09	0.15
190	0:47:15	0.016	1.88	478.09	0.15

Gambar 4.9. adalah Grafik Daya dan R_{dalam} fungsi waktu baterai 9V,220mAh



Gambar 4.9. Grafik Daya dan R_{dalam} fungsi waktu baterai 9V,120mAh

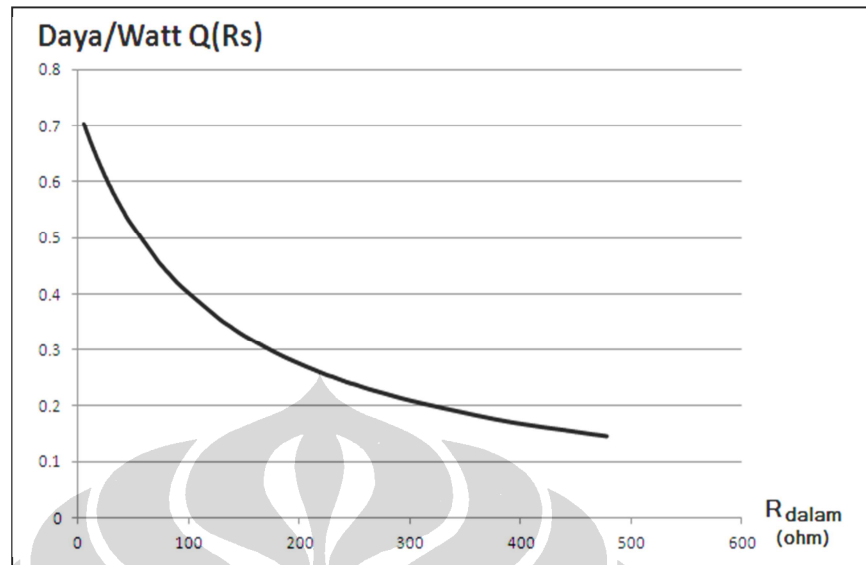
Melalui program numerik lagrange, hasil prosesnya terlihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Numerik Lagrange baterai 9V, 220mAh Normal

Tabel 4.8 Numerik Lagrange baterai 9V, 220mAh

R dalam	Daya Baterai
5	0.70
6	0.70
7	0.69
8	0.69
9	0.68
10	0.68
11	0.67
....
....
....
445	0.16
446	0.16
447	0.16
448	0.16
449	0.16
450	0.16
451	0.15
452	0.15
453	0.15

Sedangkan Grafik Daya terhadap R_{dalam} terlihat pada Gambar 4.10. berikut :



Gambar 4.10. Fungsi Daya (R_{dalam}) baterai 9V,220mAh Normal

Untuk menghitung Energi yang tersimpan dalam baterai, maka fungsi Daya di integrasi secara numerik berdasarkan data dari pengukuran.

Tabel 4.9. menunjukkan hasil perhitungan energi berdasarkan hasil pengukuran.

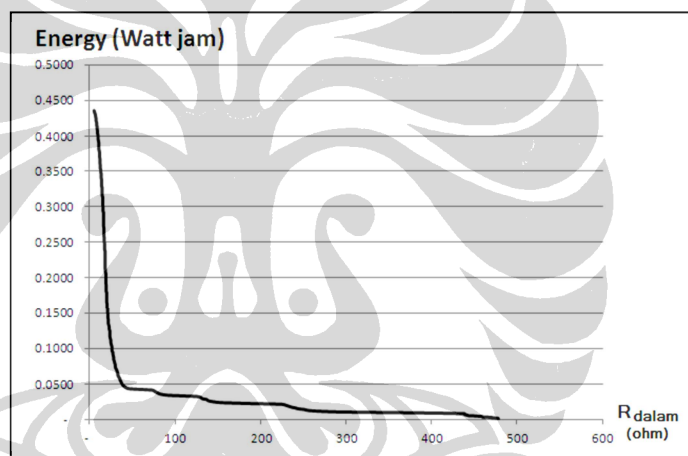
Tabel 4.9. Hasil perhitungan daya dan energi baterai 9V,220mAh

No	Time	R dalam seri/ohm	Daya/Watt Q(Rs)	$((Daya_{(n)} + Daya_{(n+1)})/2) * (15/3600)$	Energy Baterai
1	0: 0:00	5.367	0.703	0.00292	0.4358
2	0: 0:15	6.04	0.7	0.00291	0.4328
3	0: 0:30	6.892	0.695	0.00289	0.4299
4	0: 0:45	7.236	0.693	0.00288	0.4270
5	0: 1:00	7.755	0.69	0.00288	0.4242
6	0: 1:15	7.755	0.69	0.00287	0.4213
7	0: 1:30	8.454	0.686	0.00286	0.4184
8	0: 1:45	8.454	0.686	0.00285	0.4156
9	0: 2:00	8.984	0.684	0.00285	0.4127
10	0: 2:15	8.984	0.684	0.00285	0.4099
11	0: 2:30	9.339	0.682	0.00284	0.4070
.....
.....
180	0:44:45	442.275	0.157	0.00065	0.0059
181	0:45:00	442.275	0.157	0.00065	0.0053
182	0:45:15	452.561	0.154	0.00064	0.0046

183	0:45:30	459.63	0.152	0.00063	0.0040
184	0:45:45	459.63	0.152	0.00063	0.0034
185	0:46:00	470.566	0.149	0.00062	0.0028
186	0:46:15	470.566	0.149	0.00062	0.0021
187	0:46:30	478.089	0.147	0.00061	0.0015
188	0:46:45	478.089	0.147	0.00061	0.0009
189	0:47:00	478.089	0.147	0.00061	0.0003
190	0:47:15	478.089	0.147		
			Total	0.43576	

Energy hasil perhitungan berdasarkan data = 0,43576 VAh, sedangkan *name plate* pada baterai = $9V \cdot 220mAh = 1,98 \text{ Vah}$.

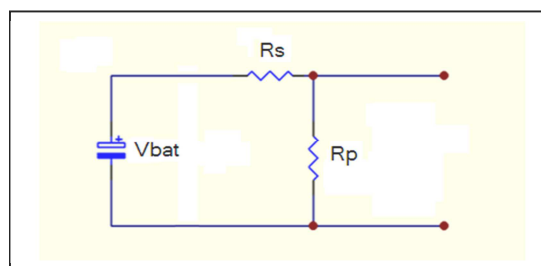
$$\text{Toleransi Hasil Pengukuran} = \frac{1,98 - 0,43576}{1,98} * 100\% = 77,99 \%$$



Gambar 4.11. Grafik energi terhadap tahanan dalam baterai 9V, 220mAh

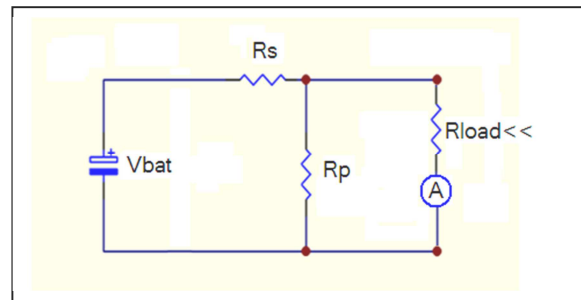
4.2. Penghitungan R_{seri} dan $R_{paralel}$ model matematik baterai

Gambar 4.9 adalah model Matematik baterai dalam pembuatan rancang bangun sistem kendali energi terbarukan.



Gambar 4.12 Skematik model matematik baterai

Untuk mengukur R_s diperlukan R_{load} mendekati 0 ohm atau $R_{load} \approx 0$.

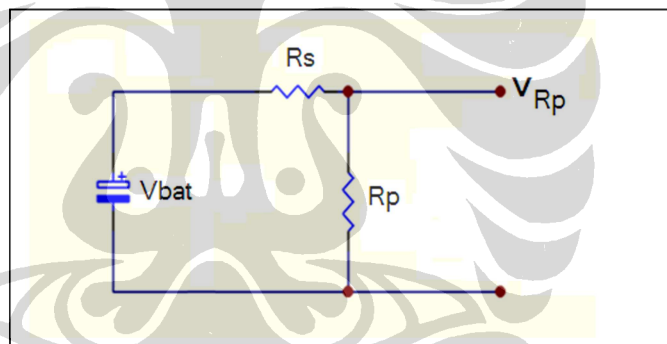


Gambar 4.13. skema beban *Short Circuit*

Dengan asumsi awal $R_p \gg$ maka , akan di dapat arus yang mengalir I_{short} , sehingga besarnya R_s bias dihitung.

$$R_s = \frac{V_{bat}}{I_{short}} \quad \dots(4.1)$$

Kemudian beban dilepas dan dilakukan pengukuran V_{Rp} sesuai Gambar 4.11 berikut :



Gambar 4.14. pengukuran V_{Rp}

maka

$$V_{Rp} = \frac{R_p}{R_p + R_s} \cdot V_{bat}$$

$$R_p \cdot V_{bat} - R_p \cdot V_{Rp} = R_s \cdot V_{bat}$$

$$R_p = \frac{R_s \cdot V_{Rp}}{V_{bat} - V_{Rp}} \quad \dots(4.2)$$

BAB V KESIMPULAN

1. Telah dirancang bangun prototipe sistem manajemen energi listrik untuk sistem energi terbarukan.
2. Agar efisien, sistem tersebut harus berbasis pada sistem prosesor dan bank baterai yang terkarakterisasi sehingga selalu dapat di manage dan di monitor sisa energi yang tersimpan dalam baterai.
3. Untuk memonitor secara *real time* sisa energi dalam baterai dapat dilakukan dengan mengukur V dan I beban, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung R_{dalam} yang merupakan fungsi energi sisa baterai.
4. Dengan aplikasi algoritma numerik menggunakan metode *interpolasi Lagrange* dan *integrasi Newton Cotes* sistem telah berhasil mengkarakteristik energi sebagai fungsi R_{dalam} yang tersimpan pada baterai.
5. Telah terkarakteristik Energi sebagai fungsi R_{dalam} baterai sesuai Gambar 4.5 untuk baterai 12V,1.3Ah, Gambar 4.8 untuk baterai 6V,4.5Ah dan Gambar 4.11 untuk baterai 9V,230mAh
6. Dimasa mendatang metode ini dapat digunakan sebagai alat pengukur isi baterai yang akurat dan presisi.

DAFTAR REFERENSI

- [1] D. Casini, and G. Marola., *Solar batteray charge for NiMH batteries, International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion*, 2008
- [2] Ta-Tau Chen, Ming-Ying Hsiao, Ming-Ying Hsiao, Ming-Ying Hsiao., *Design of Digital Battery Charger System Based on PV-Module*, 2011 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, June 27-30, 2011, Taipei, Taiwan.
- [3] Robert F. Coughlin Frederick F. Driscoll penerjemah Ir. Herman Widodo Soemitro., *Penguat operasional dan rangkaian terpadu linear*, penerbit Erlangga
- [4] Zezhong Xia, Xiaopeng Tao, Yuanzheng Li, Youxin Yuan., *Digital Control of Distributed Converter System for Battery Charge and Discharge*, International Conference on Electrical and Control Engineering, 2010
- [5] Heri Andrianto., *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16*, penerbit informatika Bandung, Juli 2008
- [6] Carl E. Pearson., *Numerical Methods in Engeneering and Scinece*, copyright ©1986 by Nostrand Reinhold Company Inc.
- [7] Chin-Sien Moo, Kong Soon Ng, and Yao-Ching Hsieh., *Parallel Operation of Battery Power Modules*, IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, VOL. 23, NO. 2, JUNE 2008
- [8] Ying-Chun Chuang and Yu-Lung Ke., *A Nove l High-Efficiency Battery Charger With a Buck Zero-Voltage-Switching Resonant Converter*, IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, VOL. 22, NO. 4, DECEMBER 2007
- [9] Zhuoer Shi, G. W. Wei, Donald J. Kouri and Zheng Bao., *Lagrange Wavelets for Signal Processing* , IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 10, NO. 10, OCTOBER 2001
- [10] Bogdan S. Borowy ,Ziyad M. Salameh., *Methodology for Optimally Sizing the Combination of a Battery Bank and PV Array in a Wind/PV Hybrid System* , IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 11, No. 2, June 1996
- [11] Robert D. Soileau., *A Diagnostic Testing Program for Large Lead Acid Storage Battery Banks* , IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 30, NO. I, JANUARYFEBRUARY 1994
- [12] Ala Al-Haj Hussein annd Issa Batarseh., *A Review of Charging Algorithms for Nickel and Lithium Battery Chargers*, IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 60, NO. 3, MARCH 2011
- [13] Nam Quoc Ngo and Le Nguyen Bin., *Optical Realization of Newton–Cotes-Based Integrators for Dark Soliton Generation*, IEEE JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 24, NO. 1, JANUARY 2006

- [14] P.-H. Cheng and C.-L. Chen., *High efficiency and nondissipative fast charging strategy*, IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 150, No. 5, September 2003
- [15] M. N. O. Sadiku , Raymond Jong A Kiem ., *Newton-Cotes Rules For Triple Integrals* , IEE Proceedings - 1990
- [16] Özgür Ergül, Idesbald van den Bosch, and Levent Gürel, *Fellow., Two-Step Lagrange Interpolation Method for the Multilevel Fast Multipole Algorithm*, IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, VOL. 8, 2009
- [17] Ahmed Yousuf Saber and Ganesh Kumar Venayagamoorthy., *Efficient Utilization of Renewable Energy Sources by Gridable Vehicles in Cyber-Physical Energy Systems*, IEEE SYSTEMS JOURNAL, VOL. 4, NO. 3, SEPTEMBER 2010
- [18] Salvador Alepuz, Sergio Busquets-Monge, Josep Bordonau, Javier Gago, David González and Josep Balcells., *Interfacing Renewable Energy Sources to the Utility Grid Using a Three-Level Inverter*, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 53, NO. 5, OCTOBER 2006
- [19] Sun-Jong Kwon, Seung Yeob Nam, Ho Young Hwang and Dan Keun Sung., *Analysis of a Mobility Management Scheme Considering Battery Power Conservation in IP-Based Mobile Networks*, IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 53, NO. 6, NOVEMBER 2004
- [20] Andrew C. Baisden and Ali Emadi., *ADVISOR-Based Model of a Battery and an Ultra-Capacitor Energy Source for Hybrid Electric Vehicles*, IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 53, NO. 1, JANUARY 2004
- [21] Ryan C. Kroeze and Philip T. Krein., *Electrical Battery Model for Use in Dynamic Electric Vehicle Simulations*, IEEE ©2008
- [22] Daler Rakhmatov, Sarma Vrudhula, and Deborah A. Wallach., *A Model for Battery Lifetime Analysis for Organizing Applications on a Pocket Computer*, IEEE TRANSACTIONS ON VERY LARGE SCALE INTEGRATION (VLSI) SYSTEMS, VOL. 11, NO. 6, DECEMBER 2003
- [23] *Struktur dan cara kerja Lead-acid Battery Accu / Aki* – <http://.VITTA-Q.com>
- [24] *Pelatihan dan workshop PLTS – BPPT*
- [25] *LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors – Datasheet*
- [26] [http:// solarcellpanelwordpress. Com](http://solarcellpanelwordpress.Com)
- [27] Stanley R. Bull., *'Renewable Energy Today and Tomorrow'*, IEEE @2001

Lampiran A Tabel Baterai 12V,1.3Ah

No	Time	Arus/Amp I(t)	Tegangan/Volt V(t)	R dalam seri/ohm	Daya/Watt Q(Rs)
0	0: 0:00	0.8911	10.96	1.739	11.148
1	0: 0:29	0.8911	10.96	1.739	11.148
2	0: 0:59	0.8911	10.96	1.739	11.148
3	0: 1:29	0.8911	10.96	1.739	11.148
4	0: 1:59	0.8886	10.93	1.778	11.116
5	0: 2:29	0.8862	10.9	1.816	11.086
6	0: 2:59	0.8846	10.88	1.842	11.066
7	0: 3:29	0.8821	10.85	1.882	11.035
8	0: 3:59	0.8821	10.85	1.882	11.035
9	0: 4:29	0.8772	10.79	1.961	10.974
10	0: 4:59	0.8772	10.79	1.961	10.974
11	0: 5:29	0.8748	10.76	2	10.944
12	0: 5:59	0.8748	10.76	2	10.944
13	0: 6:29	0.8732	10.74	2.027	10.924
14	0: 6:59	0.8707	10.71	2.068	10.892
15	0: 7:29	0.8683	10.68	2.107	10.862
16	0: 7:59	0.8659	10.65	2.147	10.832
17	0: 8:29	0.8634	10.62	2.189	10.801
18	0: 8:59	0.8634	10.62	2.189	10.801
19	0: 9:29	0.8593	10.57	2.258	10.75
20	0: 9:59	0.8569	10.54	2.299	10.72
21	0:10:29	0.8569	10.54	2.299	10.72
22	0:10:59	0.8545	10.51	2.34	10.69
23	0:11:29	0.852	10.48	2.383	10.659
24	0:11:59	0.848	10.43	2.452	10.608
25	0:12:29	0.8455	10.4	2.496	10.577
26	0:12:59	0.8455	10.4	2.496	10.577
27	0:13:29	0.8407	10.34	2.58	10.517
28	0:13:59	0.8382	10.31	2.625	10.486
29	0:14:29	0.8366	10.29	2.653	10.466
30	0:14:59	0.8341	10.26	2.698	10.435
31	0:15:29	0.8293	10.2	2.785	10.375
32	0:15:59	0.8293	10.2	2.785	10.375
33	0:16:29	0.8228	10.12	2.904	10.293
34	0:16:59	0.8203	10.09	2.951	10.262
35	0:17:29	0.8179	10.06	2.995	10.232
36	0:17:59	0.813	10	3.087	10.171
37	0:18:29	0.8089	9.95	3.165	10.119

38	0:18:59	0.8041	9.89	3.258	10.059
39	0:19:29	0.8016	9.86	3.306	10.028
40	0:19:59	0.7976	9.81	3.385	9.978
41	0:20:29	0.7927	9.75	3.482	9.917
42	0:20:59	0.7886	9.7	3.564	9.865
43	0:21:29	0.7837	9.64	3.663	9.804
44	0:21:59	0.7772	9.56	3.796	9.723
45	0:22:29	0.7724	9.5	3.896	9.663
46	0:22:59	0.7634	9.39	4.087	9.55
47	0:23:29	0.7561	9.3	4.245	9.459
48	0:23:59	0.7496	9.22	4.389	9.377
49	0:24:29	0.7407	9.11	4.589	9.266
50	0:24:59	0.7309	8.99	4.816	9.144
51	0:25:29	0.7195	8.85	5.087	9.001
52	0:25:59	0.7106	8.74	5.305	8.89
53	0:26:29	0.6967	8.57	5.656	8.716
54	0:26:59	0.6829	8.4	6.019	8.543
55	0:27:29	0.6691	8.23	6.397	8.37
56	0:27:59	0.6537	8.04	6.837	8.178
57	0:28:29	0.6374	7.84	7.327	7.974
58	0:28:59	0.6171	7.59	7.972	7.72
59	0:29:29	0.6008	7.39	8.522	7.516
60	0:29:59	0.5829	7.17	9.162	7.292
61	0:30:29	0.5667	6.97	9.775	7.089
62	0:30:59	0.5504	6.77	10.429	6.886
63	0:31:29	0.5325	6.55	11.193	6.662
64	0:31:59	0.5187	6.38	11.818	6.489
65	0:32:29	0.5024	6.18	12.6	6.285
66	0:32:59	0.4911	6.04	13.173	6.144
67	0:33:29	0.4756	5.85	14.004	5.95
68	0:33:59	0.4642	5.71	14.65	5.807
69	0:34:29	0.4504	5.54	15.475	5.635
70	0:34:59	0.439	5.4	16.197	5.492
71	0:35:29	0.4276	5.26	16.956	5.349
72	0:35:59	0.4138	5.09	17.932	5.177
73	0:36:29	0.4041	4.97	18.658	5.055
74	0:36:59	0.3927	4.83	19.556	4.913
75	0:37:29	0.3837	4.72	20.304	4.8
76	0:37:59	0.3748	4.61	21.078	4.689
77	0:38:29	0.3675	4.52	21.741	4.597
78	0:38:59	0.361	4.44	22.354	4.516
79	0:39:29	0.3545	4.36	22.989	4.435

80	0:39:59	0.3472	4.27	23.731	4.343
81	0:40:29	0.3382	4.16	24.69	4.231
82	0:40:59	0.3317	4.08	25.415	4.15
83	0:41:29	0.3268	4.02	25.98	4.088
84	0:41:59	0.3195	3.93	26.855	3.997
85	0:42:29	0.313	3.85	27.668	3.916
86	0:42:59	0.3081	3.79	28.304	3.854
87	0:43:29	0.3016	3.71	29.179	3.773
88	0:43:59	0.2951	3.63	30.092	3.692
89	0:44:29	0.2902	3.57	30.808	3.63
90	0:44:59	0.2854	3.51	31.533	3.57
91	0:45:29	0.2829	3.48	31.921	3.539
92	0:45:59	0.2764	3.4	32.96	3.458
93	0:46:29	0.274	3.37	33.357	3.428
94	0:46:59	0.2715	3.34	33.777	3.396
95	0:47:29	0.2675	3.29	34.466	3.346
96	0:47:59	0.2626	3.23	35.339	3.285
97	0:48:29	0.2626	3.23	35.339	3.285
98	0:48:59	0.2585	3.18	36.095	3.234
99	0:49:29	0.2561	3.15	36.548	3.204
100	0:49:59	0.2537	3.12	37.01	3.174
101	0:50:29	0.2512	3.09	37.501	3.143
102	0:50:59	0.2488	3.06	37.981	3.112
103	0:51:29	0.2472	3.04	38.307	3.092
104	0:51:59	0.2447	3.01	38.824	3.061
105	0:52:29	0.2398	2.95	39.868	3
106	0:52:59	0.2374	2.92	40.396	2.97
107	0:53:29	0.235	2.89	40.934	2.94
108	0:53:59	0.235	2.89	40.934	2.94
109	0:54:29	0.2333	2.87	41.322	2.919
110	0:54:59	0.2309	2.84	41.879	2.889
111	0:55:29	0.2285	2.81	42.448	2.859
112	0:55:59	0.226	2.78	43.054	2.827
113	0:56:29	0.226	2.78	43.054	2.827
114	0:56:59	0.222	2.73	44.051	2.777
115	0:57:29	0.222	2.73	44.051	2.777
116	0:57:59	0.2195	2.7	44.693	2.746
117	0:58:29	0.2195	2.7	44.693	2.746
118	0:58:59	0.2171	2.67	45.323	2.716
119	0:59:29	0.2146	2.64	45.995	2.685
120	0:59:59	0.2146	2.64	45.995	2.685
121	1: 0:29	0.2122	2.61	46.654	2.655

Lampiran B Tabel Baterai 12V,1.3Ah

No	Time	Arus/Amp I(t)	Tegangan/Volt V(t)	R dalam seri/ohm	Daya/Watt Q(Rs)
0	0:00:00	0.8767	5.26	0.696	5.146
1	0: 0:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
2	0: 0:29	0.8717	5.23	0.734	5.117
3	0: 0:44	0.8767	5.26	0.696	5.146
4	0: 0:59	0.8767	5.26	0.696	5.146
5	0: 1:14	0.8767	5.26	0.696	5.146
6	0: 1:29	0.8767	5.26	0.696	5.146
7	0: 1:44	0.8767	5.26	0.696	5.146
8	0: 1:59	0.8767	5.26	0.696	5.146
9	0: 2:14	0.8767	5.26	0.696	5.146
10	0: 2:29	0.8767	5.26	0.696	5.146
11	0: 2:44	0.8767	5.26	0.696	5.146
12	0: 2:59	0.8767	5.26	0.696	5.146
13	0: 3:14	0.8767	5.26	0.696	5.146
14	0: 3:29	0.8767	5.26	0.696	5.146
15	0: 3:44	0.8767	5.26	0.696	5.146
16	0: 3:59	0.8767	5.26	0.696	5.146
17	0: 4:14	0.8767	5.26	0.696	5.146
18	0: 4:29	0.8767	5.26	0.696	5.146
19	0: 4:44	0.8767	5.26	0.696	5.146
20	0: 4:59	0.8767	5.26	0.696	5.146
21	0: 5:14	0.8767	5.26	0.696	5.146
22	0: 5:29	0.8767	5.26	0.696	5.146
23	0: 5:44	0.8767	5.26	0.696	5.146
24	0: 5:59	0.8767	5.26	0.696	5.146
25	0: 6:14	0.8767	5.26	0.696	5.146
26	0: 6:29	0.8767	5.26	0.696	5.146
27	0: 6:44	0.8767	5.26	0.696	5.146
28	0: 6:59	0.8767	5.26	0.696	5.146
29	0: 7:14	0.8767	5.26	0.696	5.146
30	0: 7:29	0.8767	5.26	0.696	5.146
31	0: 7:44	0.8767	5.26	0.696	5.146
32	0: 7:59	0.8767	5.26	0.696	5.146
33	0: 8:14	0.8767	5.26	0.696	5.146
34	0: 8:29	0.8767	5.26	0.696	5.146
35	0: 8:44	0.8767	5.26	0.696	5.146
36	0: 8:59	0.8767	5.26	0.696	5.146
37	0: 9:14	0.8767	5.26	0.696	5.146

38	0: 9:29	0.8767	5.26	0.696	5.146
39	0: 9:44	0.8767	5.26	0.696	5.146
40	0: 9:59	0.8767	5.26	0.696	5.146
41	0:10:14	0.8767	5.26	0.696	5.146
42	0:10:29	0.8767	5.26	0.696	5.146
43	0:10:44	0.8767	5.26	0.696	5.146
44	0:10:59	0.8767	5.26	0.696	5.146
45	0:11:14	0.8767	5.26	0.696	5.146
46	0:11:29	0.8717	5.23	0.734	5.117
47	0:11:44	0.8717	5.23	0.734	5.117
48	0:11:59	0.8717	5.23	0.734	5.117
49	0:12:14	0.8717	5.23	0.734	5.117
50	0:12:29	0.8717	5.23	0.734	5.117
51	0:12:44	0.8717	5.23	0.734	5.117
52	0:12:59	0.8717	5.23	0.734	5.117
53	0:13:14	0.8717	5.23	0.734	5.117
54	0:13:29	0.8717	5.23	0.734	5.117
55	0:13:44	0.8717	5.23	0.734	5.117
56	0:13:59	0.8717	5.23	0.734	5.117
57	0:14:14	0.8717	5.23	0.734	5.117
58	0:14:29	0.8717	5.23	0.734	5.117
59	0:14:44	0.8717	5.23	0.734	5.117
60	0:14:59	0.8717	5.23	0.734	5.117
61	0:15:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
62	0:15:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
63	0:15:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
64	0:15:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
65	0:16:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
66	0:16:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
67	0:16:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
68	0:16:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
69	0:17:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
70	0:17:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
71	0:17:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
72	0:17:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
73	0:18:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
74	0:18:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
75	0:18:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
76	0:18:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
77	0:19:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
78	0:19:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
79	0:19:44	0.8667	5.2	0.773	5.088

80	0:19:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
81	0:20:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
82	0:20:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
83	0:20:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
84	0:20:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
85	0:21:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
86	0:21:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
87	0:21:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
88	0:21:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
89	0:22:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
90	0:22:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
91	0:22:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
92	0:22:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
93	0:23:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
94	0:23:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
95	0:23:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
96	0:23:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
97	0:24:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
98	0:24:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
99	0:24:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
100	0:24:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
101	0:25:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
102	0:25:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
103	0:25:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
104	0:25:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
105	0:26:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
106	0:26:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
107	0:26:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
108	0:26:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
109	0:27:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
110	0:27:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
111	0:27:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
112	0:27:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
113	0:28:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
114	0:28:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
115	0:28:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
116	0:28:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
117	0:29:14	0.8667	5.2	0.773	5.088
118	0:29:29	0.8667	5.2	0.773	5.088
119	0:29:44	0.8667	5.2	0.773	5.088
120	0:29:59	0.8667	5.2	0.773	5.088
121	0:30:14	0.8667	5.2	0.773	5.088

Lampiran C Tabel Baterai 9V,220mAh

No	Time	Arus/Amp I(t)	Tegangan/Volt V(t)	R dalam seri/ohm	Daya/Watt Q(Rs)
0	0: 0:00	0.0749	8.99	5.367	0.703
1	0: 0:14	0.0745	8.94	6.04	0.7
2	0: 0:29	0.074	8.88	6.892	0.695
3	0: 0:44	0.0738	8.85	7.236	0.693
4	0: 0:59	0.0735	8.82	7.755	0.69
5	0: 1:14	0.0735	8.82	7.755	0.69
6	0: 1:29	0.0731	8.77	8.454	0.686
7	0: 1:44	0.0731	8.77	8.454	0.686
8	0: 1:59	0.0728	8.74	8.984	0.684
9	0: 2:14	0.0728	8.74	8.984	0.684
10	0: 2:29	0.0726	8.71	9.339	0.682
11	0: 2:44	0.0726	8.71	9.339	0.682
12	0: 2:59	0.0723	8.68	9.876	0.679
13	0: 3:14	0.0722	8.66	10.055	0.678
14	0: 3:29	0.0722	8.66	10.055	0.678
15	0: 3:44	0.0719	8.63	10.598	0.675
16	0: 3:59	0.0717	8.6	10.962	0.673
17	0: 4:14	0.0717	8.6	10.962	0.673
18	0: 4:29	0.0717	8.6	10.962	0.673
19	0: 4:44	0.0717	8.6	10.962	0.673
20	0: 4:59	0.0714	8.57	11.513	0.67
21	0: 5:14	0.0712	8.54	11.882	0.669
22	0: 5:29	0.0712	8.54	11.882	0.669
23	0: 5:44	0.0712	8.54	11.882	0.669
24	0: 5:59	0.071	8.52	12.254	0.667
25	0: 6:14	0.071	8.52	12.254	0.667
26	0: 6:29	0.071	8.52	12.254	0.667
27	0: 6:44	0.0708	8.49	12.627	0.665
28	0: 6:59	0.0708	8.49	12.627	0.665
29	0: 7:14	0.0708	8.49	12.627	0.665
30	0: 7:29	0.0705	8.46	13.191	0.662
31	0: 7:44	0.0705	8.46	13.191	0.662
32	0: 7:59	0.0702	8.43	13.761	0.659
33	0: 8:14	0.0702	8.43	13.761	0.659
34	0: 8:29	0.0702	8.43	13.761	0.659
35	0: 8:44	0.07	8.4	14.143	0.657
36	0: 8:59	0.07	8.4	14.143	0.657
37	0: 9:14	0.07	8.4	14.143	0.657

38	0: 9:29	0.07	8.4	14.143	0.657
39	0: 9:44	0.0697	8.37	14.72	0.654
40	0: 9:59	0.0697	8.37	14.72	0.654
41	0:10:14	0.0697	8.37	14.72	0.654
42	0:10:29	0.0697	8.37	14.72	0.654
43	0:10:44	0.0696	8.35	14.914	0.654
44	0:10:59	0.0693	8.32	15.498	0.651
45	0:11:14	0.0693	8.32	15.498	0.651
46	0:11:29	0.0693	8.32	15.498	0.651
47	0:11:44	0.0693	8.32	15.498	0.651
48	0:11:59	0.0693	8.32	15.498	0.651
49	0:12:14	0.0691	8.29	15.89	0.649
50	0:12:29	0.0691	8.29	15.89	0.649
51	0:12:44	0.0691	8.29	15.89	0.649
52	0:12:59	0.0688	8.26	16.483	0.646
53	0:13:14	0.0688	8.26	16.483	0.646
54	0:13:29	0.0688	8.26	16.483	0.646
55	0:13:44	0.0688	8.26	16.483	0.646
56	0:13:59	0.0688	8.26	16.483	0.646
57	0:14:14	0.0688	8.26	16.483	0.646
58	0:14:29	0.0688	8.26	16.483	0.646
59	0:14:44	0.0688	8.26	16.483	0.646
60	0:14:59	0.0686	8.23	16.88	0.644
61	0:15:14	0.0686	8.23	16.88	0.644
62	0:15:29	0.0686	8.23	16.88	0.644
63	0:15:44	0.0686	8.23	16.88	0.644
64	0:15:59	0.0686	8.23	16.88	0.644
65	0:16:14	0.0684	8.21	17.281	0.642
66	0:16:29	0.0684	8.21	17.281	0.642
67	0:16:44	0.0684	8.21	17.281	0.642
68	0:16:59	0.0682	8.18	17.683	0.64
69	0:17:14	0.0682	8.18	17.683	0.64
70	0:17:29	0.0682	8.18	17.683	0.64
71	0:17:44	0.0682	8.18	17.683	0.64
72	0:17:59	0.0679	8.15	18.292	0.638
73	0:18:14	0.0679	8.15	18.292	0.638
74	0:18:29	0.0679	8.15	18.292	0.638
75	0:18:44	0.0679	8.15	18.292	0.638
76	0:18:59	0.0679	8.15	18.292	0.638
77	0:19:14	0.0679	8.15	18.292	0.638
78	0:19:29	0.0679	8.15	18.292	0.638
79	0:19:44	0.0679	8.15	18.292	0.638

80	0:19:59	0.0679	8.15	18.292	0.638
81	0:20:14	0.0679	8.15	18.292	0.638
82	0:20:29	0.0677	8.12	18.7	0.636
83	0:20:44	0.0677	8.12	18.7	0.636
84	0:20:59	0.0674	8.09	19.318	0.633
85	0:21:14	0.0674	8.09	19.318	0.633
86	0:21:29	0.0674	8.09	19.318	0.633
87	0:21:44	0.0674	8.09	19.318	0.633
88	0:21:59	0.0674	8.09	19.318	0.633
89	0:22:14	0.0674	8.09	19.318	0.633
90	0:22:29	0.0673	8.07	19.525	0.632
91	0:22:44	0.0673	8.07	19.525	0.632
92	0:22:59	0.0673	8.07	19.525	0.632
93	0:23:14	0.0673	8.07	19.525	0.632
94	0:23:29	0.067	8.04	20.149	0.629
95	0:23:44	0.067	8.04	20.149	0.629
96	0:23:59	0.067	8.04	20.149	0.629
97	0:24:14	0.067	8.04	20.149	0.629
98	0:24:29	0.067	8.04	20.149	0.629
99	0:24:44	0.067	8.04	20.149	0.629
100	0:24:59	0.0668	8.01	20.569	0.627
101	0:25:14	0.0668	8.01	20.569	0.627
102	0:25:29	0.0668	8.01	20.569	0.627
103	0:25:44	0.0665	7.98	21.203	0.624
104	0:25:59	0.0665	7.98	21.203	0.624
105	0:26:14	0.0665	7.98	21.203	0.624
106	0:26:29	0.0663	7.95	21.629	0.623
107	0:26:44	0.0663	7.95	21.629	0.623
108	0:26:59	0.0663	7.95	21.629	0.623
109	0:27:14	0.0661	7.93	22.057	0.621
110	0:27:29	0.0661	7.93	22.057	0.621
111	0:27:44	0.0661	7.93	22.057	0.621
112	0:27:59	0.0658	7.9	22.705	0.618
113	0:28:14	0.0656	7.87	23.14	0.616
114	0:28:29	0.0656	7.87	23.14	0.616
115	0:28:44	0.0653	7.84	23.798	0.613
116	0:28:59	0.0653	7.84	23.798	0.613
117	0:29:14	0.0653	7.84	23.798	0.613
118	0:29:29	0.0653	7.84	23.798	0.613
119	0:29:44	0.0651	7.81	24.24	0.611
120	0:29:59	0.0648	7.78	24.907	0.608
121	0:30:14	0.0648	7.78	24.907	0.608

122	0:30:29	0.0647	7.76	25.131	0.608
123	0:30:44	0.0644	7.73	25.807	0.605
124	0:30:59	0.0642	7.7	26.262	0.603
125	0:31:14	0.0642	7.7	26.262	0.603
126	0:31:29	0.0642	7.7	26.262	0.603
127	0:31:44	0.0637	7.64	27.41	0.598
128	0:31:59	0.0637	7.64	27.41	0.598
129	0:32:14	0.0635	7.62	27.874	0.596
130	0:32:29	0.0633	7.59	28.341	0.594
131	0:32:44	0.0633	7.59	28.341	0.594
132	0:32:59	0.063	7.56	29.048	0.592
133	0:33:14	0.0628	7.53	29.522	0.59
134	0:33:29	0.0625	7.5	30.24	0.587
135	0:33:44	0.0625	7.5	30.24	0.587
136	0:33:59	0.0623	7.48	30.722	0.585
137	0:34:14	0.0618	7.42	31.942	0.58
138	0:34:29	0.0616	7.39	32.435	0.578
139	0:34:44	0.0613	7.36	33.181	0.576
140	0:34:59	0.0613	7.36	33.181	0.576
141	0:35:14	0.0609	7.31	34.187	0.572
142	0:35:29	0.0604	7.25	35.464	0.567
143	0:35:44	0.0602	7.22	35.98	0.565
144	0:35:59	0.0598	7.17	37.023	0.562
145	0:36:14	0.0595	7.14	37.815	0.559
146	0:36:29	0.059	7.08	39.153	0.554
147	0:36:44	0.0581	6.97	41.618	0.546
148	0:36:59	0.0567	6.8	45.608	0.532
149	0:37:14	0.0485	5.82	73.608	0.455
150	0:37:29	0.0478	5.73	76.444	0.449
151	0:37:44	0.0471	5.65	79.363	0.442
152	0:37:59	0.0463	5.56	82.808	0.435
153	0:38:14	0.044	5.28	93.409	0.413
154	0:38:29	0.0382	4.58	125.812	0.359
155	0:38:44	0.0375	4.5	130.4	0.352
156	0:38:59	0.0373	4.47	131.743	0.35
157	0:39:14	0.0365	4.38	137.26	0.343
158	0:39:29	0.0363	4.36	138.678	0.341
159	0:39:44	0.0356	4.27	143.764	0.334
160	0:39:59	0.0342	4.1	154.561	0.321
161	0:40:14	0.0307	3.68	185.863	0.288
162	0:40:29	0.0272	3.26	225.221	0.255
163	0:40:44	0.0269	3.23	229.071	0.253