



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGUKUR KAPASITAS BATERAI NiCd dan NiMH
BERBASIS MIKROKONTROLER ATmega 8535**

SKRIPSI

**NAMA : ADE WINATA ZAIMARDI
NPM : 0606039606**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN FISIKA
PROGRAM SARJANA EKSTENSI FISIKA INSTRUMENTASI
DEPOK
JUNI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGUKUR KAPASITAS BATERAI NiCd dan NiMH
BERBASIS MIKROKONTROLER ATmega 8535**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

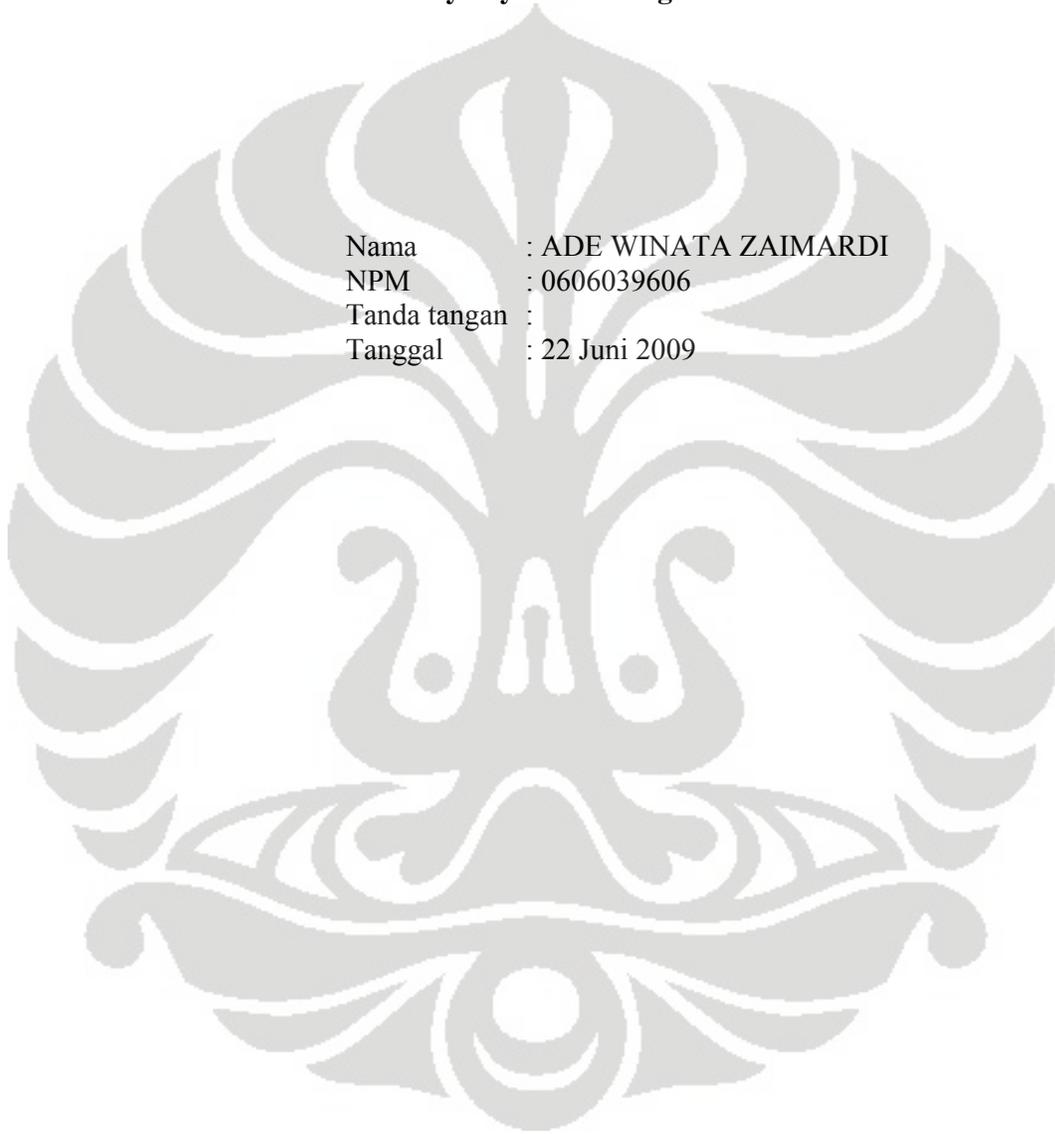
**NAMA : ADE WINATA ZAIMARDI
NPM : 0606039606**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN FISIKA
PROGRAM SARJANA EKSTENSI FISIKA INSTRUMENTASI
DEPOK
JUNI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : ADE WINATA ZAIMARDI
NPM : 0606039606
Tanda tangan :
Tanggal : 22 Juni 2009



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : ADE WINATA ZAIMARDI
NPM : 0606039606
Program Studi : Fisika Ekstensi Instrumentasi dan Elektronika

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika Ekstensi Instrumentasi dan Elektronika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : DR. PRAWITO ()

Penguji : DR. SASTRA KUSUMAWIJAYA ()

Penguji : DR. SANTOSO SUKIRNO ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 22 Juni 2009

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah Yang Maha Kuasa atas segala rahmat dan Anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengukur Kapasitas Baterai NiCd dan NiMH Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535”** yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Fisika Ekstensi Instrumentasi dan Elektronika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Penulis menyadari, bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, mulai dari masa perkuliahan sampai masa penyusunan skripsi ini, sangat sulit bagi penulis menyelesaikan tepat pada waktunya. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak DR. Prawito, selaku pembimbing yang dengan sabar telah membantu hingga skripsi ini selesai;
2. Bapak DR. Santoso Sukirno selaku Ketua Departemen Fisika, FMIPA UI;
3. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan bimbingan selama penulis mengikuti perkuliahan dan juga kepada Staf Sekretariat Program Studi Fisika Ekstensi Instrumentasi dan Elektronika, FMIPA UI;
4. Teman-teman seperjuangan Fisika Ekstensi 06 atas kebersamaan yang selama ini tercipta, dan bantuan-bantuan yang telah diberikan kepada penulis;
5. Sahabat terbaikku M. Ridwan **“AGAU”**, Ferdy Ferry Irawan, Spt yang telah memberikan bantuan dan selalu direpotkan oleh penulis
6. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, penulis ucapkan terimakasih

Dalam penyusunan skripsi ini penulis tidak terlepas dari perhatian dan dukungan semua pihak yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya. Terima kasih Mama Yunarti, Papa Zaimardi, Kakakku tercinta Fitra Yudha Zaimardi, SH, Nenek Rahmatun, Tante Novi dan keluarga, beserta keluarga besar

yang menantikan keberhasilanku. Teristimewa untuk kekasihku tercinta Kiki Yulinda, SH yang memberi dukungan dan motivasi serta selalu ada untukku.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon berbagai kritik dan saran bagi perbaikan skripsi ini di masa akan datang. Penulis juga berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Depok, 22 Juni 2009

Penulis,



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

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

Nama : ADE WINATA ZAIMARDI
NPM : 0606039606
Program Studi : Ekstensi Instrumentasi dan Elektronika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalty Noneklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**PENGUKUR KAPASITAS BATERAI NiCd dan NiMH BERBASIS
MIKROKONTROLER ATMega 8535**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalty Noneklusif 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.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 22 Juni 2009
Yang menyatakan

(ADE WINATA ZAIMARDI)

ABSTRAK

Nama : ADE WINATA ZAIMARDI
Program Studi : Fisika Ekstensi Instrumentasi dan Elektronika
Judul : Pengukur Kapasitas Baterai NiCd dan NiMH Berbasis
Mikrokontroler ATmega 8535

Skripsi ini membahas tentang alat pengukur kapasitas baterai untuk baterai jenis NiCd dan NiMH, sehingga nantinya dapat diketahui berapa besar kapasitas baterai tersebut baik dalam keadaan penuh maupun sudah terpakai yang diukur dalam satuan mAh. Alat ini menggunakan mikrokontroler sebagai kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus. Kapasitas baterai adalah jumlah waktu pengosongan dikali dengan arus pengosongan. Pada penelitian ini baterai dikosongkan dengan sebuah hambatan 1Ω . Lcd 20×4 digunakan sebagai display terhadap nilai yang terukur. Hasil penelitian ini menyarankan agar dapat dibuat sebuah alat pengukur kapasitas baterai untuk jenis baterai yang lainnya.

Kata kunci:
Kapasitas, baterai NiCd dan NiMH, mikrokontroler, Resistor

ABSTRACT

Name : ADE WINATA ZAIMARDI
Studi's program : Extension Physics Instruments and Electronics
Title : NiCd and NiMH Battery Capacity Metre Based on
Microcontroler ATMega 8535

This paper works through about battery capacity grader for NiCd's type battery and NiMH, so its following can be known how big that battery capacity is good in a state full and also was used that is measured in satuan mAh. This tool utilizes mikrokontroler as conduct with program who can be written and is erased. Battery capacity is foot up depletion time at times with current depletion. On this research emptied battery with one interference 1Ω . Lcd 20 x 4 is utilized as display to assess ones in stride. This observational result suggests to be able to be made one battery capacity grader for another battery type.

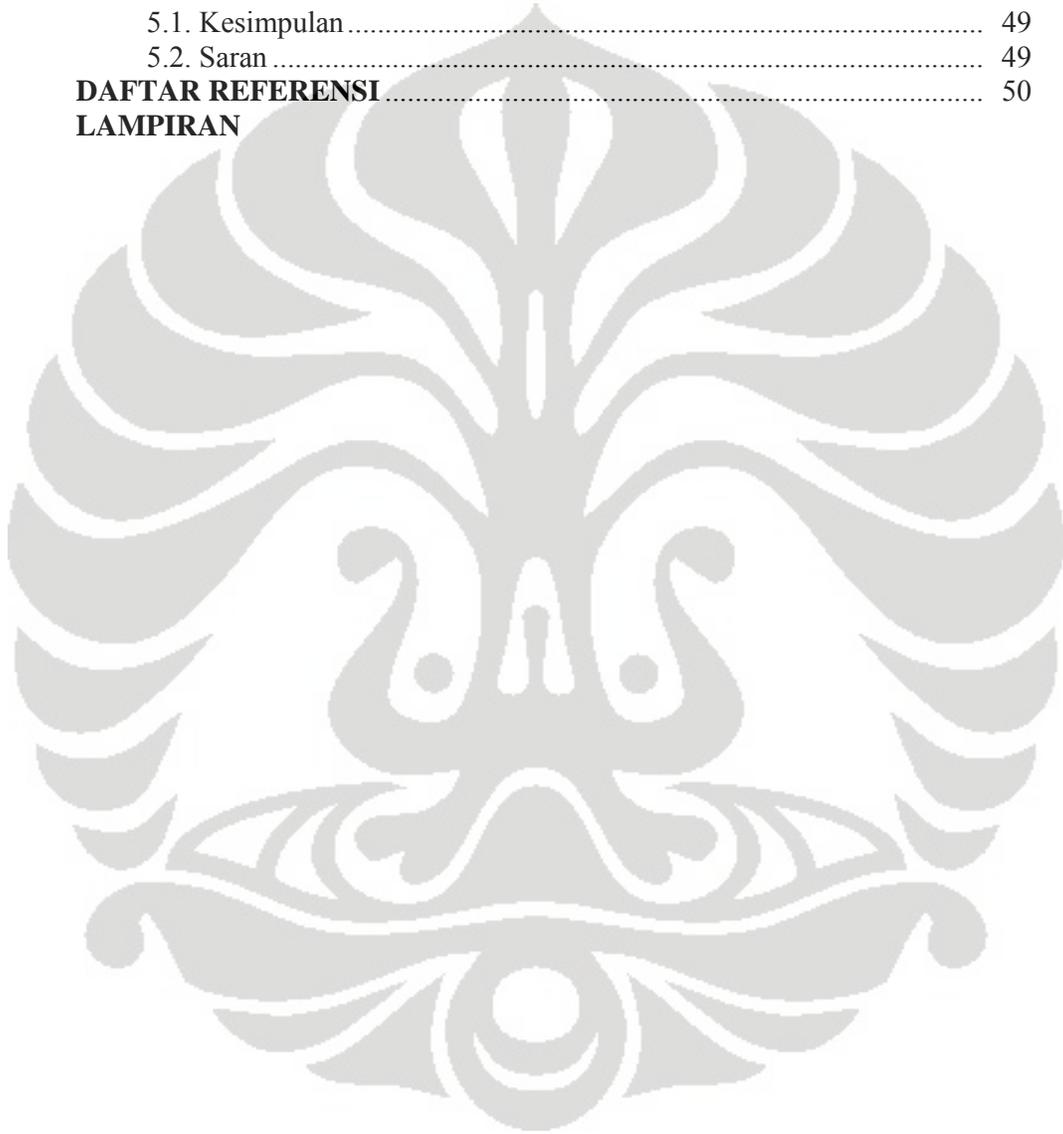
Key word:

Capacity, NiCd's battery and NiMH, microcontroler, Resistor

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Metodologi Penelitian.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II. LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Penemuan Baterai.....	5
2.2. Proses Pengosongan (discharge) dan Pengisian (charge) Baterai ..	6
A. Proses Pengosongan (discharge).....	6
B. Proses Pengisian (charge).....	7
2.3. Jenis Bahan Kimia Baterai.....	8
A. Nickel Cadmium (NiCd).....	8
B. Nickel Metal Hidroxyde (NiMH).....	11
C. Lithium-Ion (Li-Ion).....	14
D. Lithium Polymer (Li-Poly).....	16
E. Sealed Lead Acid (SLA).....	17
2.4. Metode Pengisian Baterai.....	18
A. Constant Voltage.....	18
B. Constant Current.....	19
C. Pulsed Charge.....	19
D. Burp Charging.....	19
E. IUI Charging.....	20
F. Trickle Change.....	20
G. Float Charge.....	21
2.5. Mikrokontroler ATMega8535.....	21
A. Arsitektur ATMega8535.....	22
B. Konfigurasi pin ATMega8535.....	23
C. Peta Memori.....	24
D. Status Register (SREG).....	25
2.6. Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler.....	26
2.7. LCD 20 x 4.....	29
BAB III. PERANCANGAN ALAT.....	31
3.1. Blok Diagram.....	31
3.2. Perancangan Perangkat Keras.....	32

3.2.1. Rangkaian Pengosongan dan Pengisian Baterai.....	32
3.2.2. Siskin Mikrokontroler ATMega 8535.....	35
3.3. Perancangan Perangkat Lunak.....	38
BAB IV. DATA DAN ANALISA HASIL.....	42
4.1. Pengujian Terhadap Tegangan dan Arus.....	42
4.2. Pengukuran Kesalahan Relatif.....	44
4.3. Pengukuran Kapasitas Baterai.....	45
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1. Kesimpulan.....	49
5.2. Saran.....	49
DAFTAR REFERENSI.....	50
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pengosongan (discharge) Baterai.....	6
Gambar 2.2 Proses Pengisian (charge) Baterai	8
Gambar 2.3 Konstruksi Baterai Nickel Cadmium (NiCd).....	9
Gambar 2.4 Kurva Discharge Baterai NiCd	11
Gambar 2.5 Struktur Baterai Ni-MH	12
Gambar 2.6 Kurva Discharge Baterai NiMH.....	14
Gambar 2.7 Struktur Baterai Li-Ion (Cylindrical)	14
Gambar 2.8 Kurva Discharge Baterai Li-Ion.....	16
Gambar 2.9 Konstruksi Sel Baterai Li-Poly	17
Gambar 2.10 Konstruksi Baterai Sealed Lead Aci (SLA).....	18
Gambar 2.11 Metode Pengisian Pulsa	20
Gambar 2.12 Arsitektur ATMega 8535	22
Gambar 2.13 Pin ATMega 8535	23
Gambar 2.14 Memori Program AVR ATMega 8535	24
Gambar 2.15 Status Register AVR ATMega 8535.....	25
Gambar 2.16 Tampilan Code Vision AVR.....	27
Gambar 2.17 Tampilan Code Wizard AVR.....	28
Gambar 2.18 LCD 20 x 4.....	29
Gambar 3.1 Blok Diagram Alat Pengukur Kapasitas Baterai.....	31
Gambar 3.2 Rangkaian Pengosongan dan Pengisian Baterai.....	34
Gambar 3.3. Sistim Minimum Mikrokontroler ATMega 8535	36
Gambar 3.4. Flow Chart Program.....	39
Gambar 3.5. Konstruksi Elektronika Alat Pengukur Kapasitas Baterai	41

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari kita tak pernah lepas dari menggunakan sumber arus. Dua jenis sumber arus listrik yaitu sumber arus bolak-balik (AC) dan sumber arus searah (DC). Salah satu contoh dari sumber arus searah adalah baterai. Untuk menyalakan handphone, remote TV, music player, jam dinding dan masih banyak yang lainnya, kita selalu tergantung dengan baterai. Dengan bentuknya yang kecil memudahkan kita membawanya dalam perjalanan sehingga mobilitas tidak terganggu.

Sekarang ini terdapat bermacam jenis baterai dengan beragam kapasitas energi yang tersimpan di dalamnya. Kapasitas suatu baterai menyatakan besarnya arus listrik (Ampere) baterai yang dapat disuplai / dialirkan ke suatu rangkaian luar atau beban dalam jangka waktu (jam) tertentu (HaGe, 2008). Kapasitas atau kemampuan menyimpan energi ditentukan oleh semua komponen didalam baterai seperti jenis material yang digunakan dan jenis elektrolitnya sehingga dikenal baterai asam dan baterai alkali.

Sebuah baterai merupakan satu alat yang mengkonversi energi kimia yang terkandung dalam material aktif secara langsung ke bentuk energi listrik dari suatu reaksi electrochemical oxidation-reduction (redoks) (Linden and Reddy, 2002). Reaksi redoks berasal dari dua konsep yaitu reduksi dan oksidasi. Oksidasi menjelaskan pelepasan electron oleh sebuah molekul, atom atau ion sedangkan reduksi merupakan kebalikan dari oksidasi yaitu penambahan electron. Tepatnya reduksi oksidasi merujuk pada perubahan bilangan oksidasi karena transfer electron yang sebenarnya tidak akan selalu terjadi. Sehingga oksidasi lebih baik didefinisikan sebagai peningkatan bilangan oksidasi, dan reduksi sebagai penurunan bilangan oksidasi (redoks, <http://id.wikipedia.org/wiki/Redoks>).

Terdapat dua jenis baterai yaitu primary battery dan secondary battery. Pada primary battery energi yang tersimpan tidak dapat diisi kembali ketika kapasitasnya telah habis. Baterai jenis ini hanya bisa dipakai untuk satu kali pemakaian saja, karena menggunakan reaksi kimia yang bersifat tidak bisa dibalik

(*irreversible reaction*). Sedangkan secondary battery energinya dapat diisi kembali (charge) ketika kapasitasnya telah habis, reaksi kimianya bersifat bisa dibalik (*reversible reaction*).

Baterai yang tidak dapat diisi kembali atau satu kali penggunaan tentu saja tidak efektif. Contohnya ketika dalam perjalanan kita harus membawa banyak sekali cadangan baterai. Akan tetapi jika menggunakan baterai yang dapat diisi kembali, kita dapat menggunakan baterai tersebut lebih lama karena kapasitasnya dapat diisi kembali (charge). Hal ini juga merupakan salah satu cara penghematan energi yang tidak dapat diperbaharui.

Saat ini telah banyak ditemukan baterai yang dapat diisi kembali (charge). Akan tetapi baterai yang beredar di pasaran seringkali tidak sesuai dengan kapasitas yang sebenarnya. Konsumen tertipu dengan layanan iklan yang diberikan. Tidak mudah pula membedakan mana baterai yang baru dengan baterai bekas hasil daur ulang karena bentuk fisiknya hampir sama.

Untuk mengetahui berapa kapasitas baterai, diperlukan sebuah instrument yang dapat memberikan informasi dari kapasitas baterai tersebut. Hal tersebutlah yang melatarbelakangi penulis untuk dapat membuat sebuah instrument untuk mengukur kapasitas sebuah baterai. Instrument ini akan menghitung kapasitas baterai dalam Ampere / hour dan kemudian melakukan pengisian secara otomatis ketika kapasitas baterai telah habis. Sebuah mikrokontroler berfungsi untuk mengatur fungsi dari discharge (pengosongan) ke fungsi charge (pengisian). LCD digunakan untuk menampilkan kapasitas baterai yang terukur.

Pengukuran yang akurat merupakan bagian yang penting dalam fisika. Tetapi tidak ada pengukuran yang benar-benar tepat. Ada ketidakpastian muncul dari sumber yang berbeda. Di antara yang paling penting, selain kesalahan adalah keterbatasan ketepatan setiap alat pengukur dan ketidakmampuan membaca sebuah instrument di luar batas bagian terkecil yang ditunjukkan (Giancoli, 2001).

1.2. Batasan Masalah

- Membuat rancangan elektronik untuk mengukur kapasitas baterai yang diukur dalam Ampere / hour
- Baterai yang digunakan adalah baterai jenis NiCd dan NiMH

- Arus yang diukur adalah arus searah (DC)
- Menggunakan mikrokontroler
- Display menggunakan LCD

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu instrument yang dapat mengukur kapasitas dari baterai dalam mA^h kemudian melakukan pengisian ulang secara otomatis.

1.4. Metodologi Penelitian

Dalam penulisan skripsi ini metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Penelusuran literature, merupakan langkah awal dari penelitian untuk memperoleh informasi yang berhubungan dengan pengukur kapasitas baterai NiCd dan NiMH
2. Merancang serta melakukan pengujian terhadap alat pengukur kapasitas baterai NiCd dan NiMH
3. Diskusi yang dilakukan dengan dosen pembimbing
4. Menguji kinerja sistem secara keseluruhan, mengambil data, menganalisa hasil dan membuat kesimpulan dari hasil yang diperoleh

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan secara umum latar belakang, tujuan, batasan masalah, dan gambaran ringkas mengenai penelitian yang dilakukan

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini menguraikan landasan teori yang digunakan sebagai acuan dan penunjang bagi penulis dalam melakukan penelitian

BAB 3 PERANCANGAN ALAT

Bab ini menjelaskan tentang perancangan alat yang dibuat yaitu pengukur kapasitas baterai NiCd dan NiMH berbasis mikrokontroler

BAB 4 DATA DAN ANALISA HASIL

Bab ini berisi data dan analisa dari hasil yang diperoleh

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran-saran yang mungkin dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik



BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Penemuan baterai

Di zaman modern seperti saat ini kehidupan manusia sangat tergantung dengan listrik. Apa jadinya saat ini belum ditemukan listrik. Listrik baru mulai berguna untuk kehidupan manusia sejak akhir tahun 1800an setelah ditemukannya baterai oleh **Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta** (18 Februari 1745 - 5 Maret 1827).

Ide untuk membuat baterai ini didapatkan Volta dari **Luigi Galvani** (9 September 1737 – 4 Desember 1798). Ia adalah seorang fisikawan dan dokter Italia yang tinggal di kota Bologna. Pada tahun 1771 ketika sedang membedah kaki kodok, ia melihat bahwa pisau bedahnya yang logamnya berbeda jenis ketika didekatkan pada syaraf kaki seekor kodok mati, terkejut dan bergerak. Galvani kemudian berpendapat bahwa efek ini berkaitan dengan sifat-sifat syaraf (pendapat yang akhirnya dinyatakan salah oleh Alessandro Volta) (<http://id.wikipedia.org/wiki/Baterai>).

Ia melanjutkan pekerjaan Luigi Galvani dan membuktikan bahwa teori Galvani yaitu efek kejutan kaki kodok adalah salah. Secara fakta, efek ini muncul akibat 2 logam tak sejenis dari pisau bedah Galvani. Berdasarkan pendapat ini, Volta berhasil menciptakan Baterai Volta (Voltac Pile). Atas jasanya, satuan beda potensial listrik dinamakan volt.

Metode paling awal untuk menghasilkan listrik yaitu dengan membuat muatan statis, dinamai dengan “electric pistol” dimana sebuah kabel listrik ditempatkan dalam kendi yang terisi gas metana. Dengan mengirimkan lonjakan listrik melalui kabel maka kendi akan meledak.

Tahap berikutnya dalam menghasilkan listrik adalah dengan proses elektrolisis. Pada tahun 1800 Volta menemukan bahwa aliran listrik yang kontinu dimungkinkan dengan penggunaan cairan khusus sebagai penghantar untuk mengadakan reaksi kimia di antara 2 logam. Volta menemukan lebih jauh bahwa tegangan akan meningkat bila voltaic sel ditumpuk atau disusun. Ini adalah awal dari penemuan baterai.

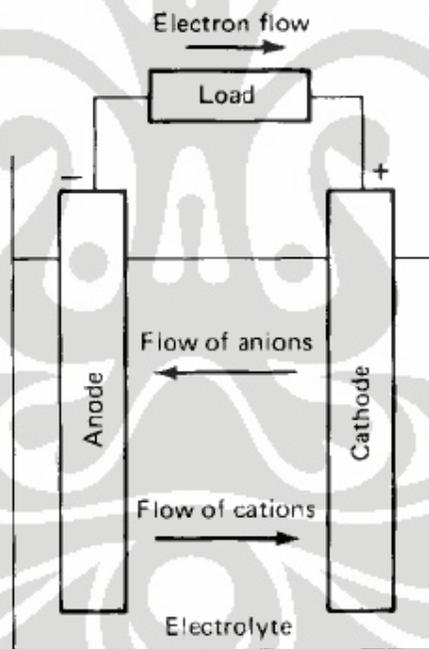
2.2. Proses Pengosongan (discharge) dan Pengisian (charge) Baterai

Sebuah baterai terdiri dari satu atau beberapa cell, yang terhubung secara seri ataupun secara paralel, atau keduanya, tergantung dari tegangan output yang diinginkan dan kapasitasnya. Cell terdiri dari 3 komponen dasar yaitu:

1. anoda atau elektroda negatif
2. katoda atau elektroda positif
3. elektrolit sebagai penghantar

A. Proses pengosongan (discharge)

Ketika cell terhubung dengan eksternal load, electron mengalir dari anoda, yang teroksidasi, melalui eksternal load ke katoda, dimana electron diterima dan material katoda berkurang (Linden and Reddy, 2002). Proses pengosongan baterai secara umum dapat dilihat seperti gambar di bawah ini:



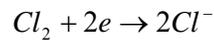
Gambar 2.1 Proses Pengosongan (discharge) Baterai

Reaksi pengosongan (discharge) dapat ditulis sebagai berikut dengan asumsi logam sebagai material anoda dan chlorine sebagai material katoda:

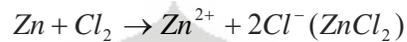
Elektroda negatif: reaksi anoda (oksidasi, pengurangan elektron)



Elektroda positif: reaksi katoda (reduksi, penambahan elektron)



Reaksi keseluruhan (discharge):

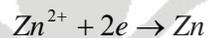


B. Proses pengisian (charge)

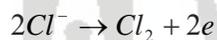
Selama proses pengisian, aliran arus terbalik yaitu dari katoda menuju anoda, dan reaksi oksidasi terjadi pada elektroda positif dan reaksi reduksi terjadi pada elektroda negatif (Linden and Reddy, 2002).

Dalam contoh cell Zn / Cl₂, reaksi pengisian dapat ditulis seperti berikut ini:

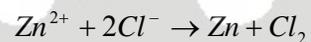
Elektroda negatif: reaksi katoda (reduksi, penambahan elektron)

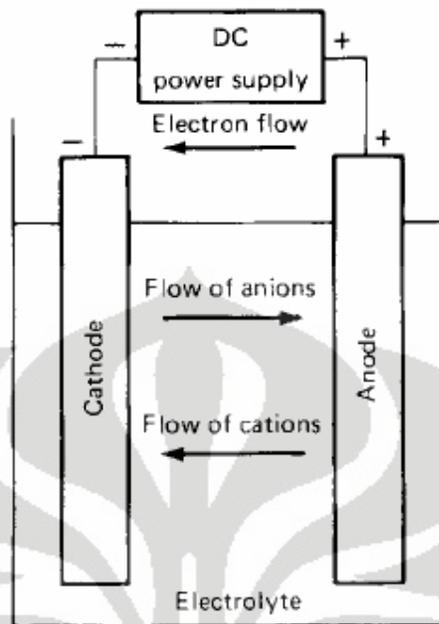


Elektroda positif: reaksi anoda (oksidasi, pengurangan elektron)



Reaksi keseluruhan (charge):





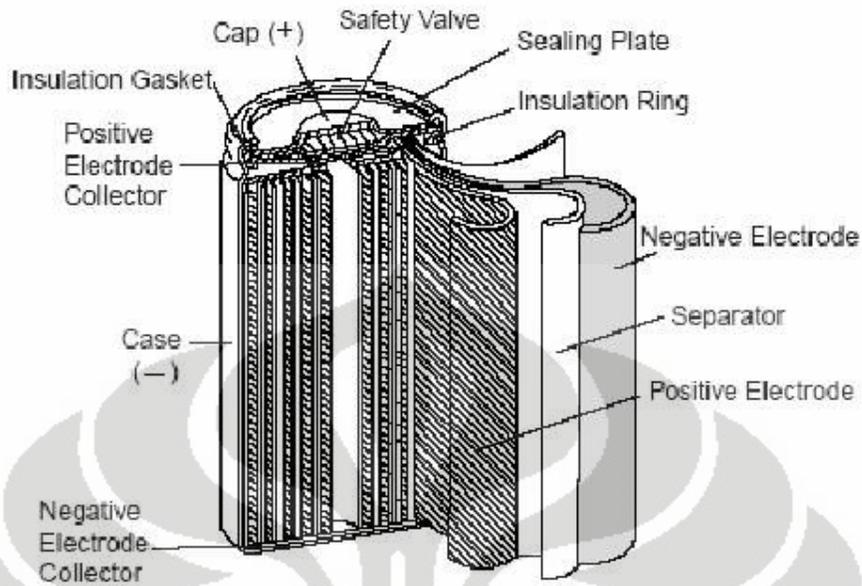
Gambar 2.2 Proses Pengisian (charge) Baterai

2.3. Jenis bahan kimia baterai

Jenis bahan kimia baterai yang ada saat ini antara lain adalah *Nickel Cadmium (NiCd)*, *Nickel Metal Hydride (NiMH)*, *Lithium-Ion (Li-Ion)*, *Lithium-Polymer (Li-Poly)* dan *Sealed Lead Acid (SLA)*. Jenis baterai yang akan diteliti pada penelitian ini hanya jenis Nickel Cadmium (NiCd) dan Nickel Metal Hydride (NiMH) saja.

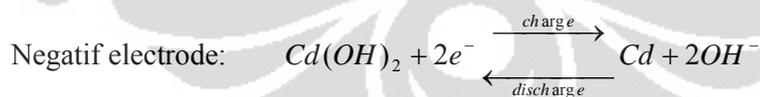
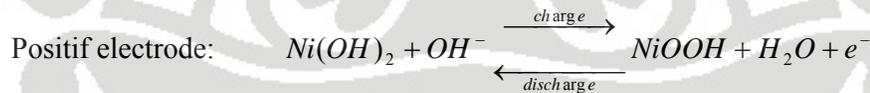
A. Nickel Cadmium (NiCd)

Diantara semua jenis baterai yang dapat diisi kembali, Nickel Cadmium (NiCd) adalah yang paling lama dan populer. Baterai jenis ini menggunakan nickel hydroxide sebagai elektroda positif, cadmium sebagai elektroda negatif dan alkaline sebagai elektrolit. Pertama kali ditemukan oleh Waldmar Jungner dari Swedia pada tahun 1899 dan baru dapat digunakan secara luas 50 tahun kemudian berkat perkembangan sel yang tersegel penuh (totally sealed cell) oleh Neumann dari Perancis.



Gambar 2.3 Konstruksi Baterai Nickel Cadmium (NiCd)

Tiga reaksi elektrokimia pada baterai yang dapat diisi ulang yaitu reaksi *discharge* adalah reaksi yang mensuplai energi ke beban dari baterai, reaksi *charge* adalah reaksi yang mengembalikan energi listrik dan reaksi *oxygen gas generation* yang dihasilkan dari elektrolisis air pada elektroda positif yang terjadi setelah proses pengisian selesai. Reaksi pengisian sel NiCd bersifat *endothermic*, artinya pada saat proses pengisian suhu sel akan bertambah dingin. Reaksi baterai Nickel Cadmium (NiCd) dirumuskan sebagai berikut:



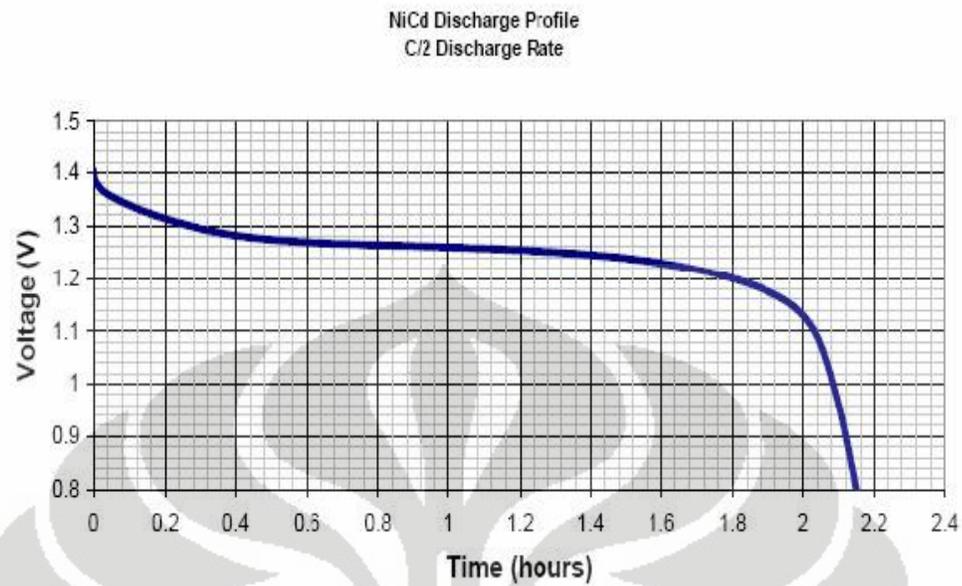
Kelebihan baterai Nickel Cadmium (NiCd) dibandingkan dengan jenis bahan kimia baterai yang lain adalah:

1. Dapat di charge dengan cepat dan chargernya sederhana.

2. Siklus charge-dischargenya tinggi (jika dirawat dengan baik baterai NiCd dapat memiliki siklus hidup sekitar 1000 kali).
3. Memiliki performa yang baik, laju arus discharge besar (walaupun pada keadaan dingin).
4. Mudah pengisiannya setelah penyimpanan yang lama.

Selain kelebihan yang dimiliki oleh baterai Nickel Cadmium (NiCd), baterai ini juga memiliki kekurangan antara lain:

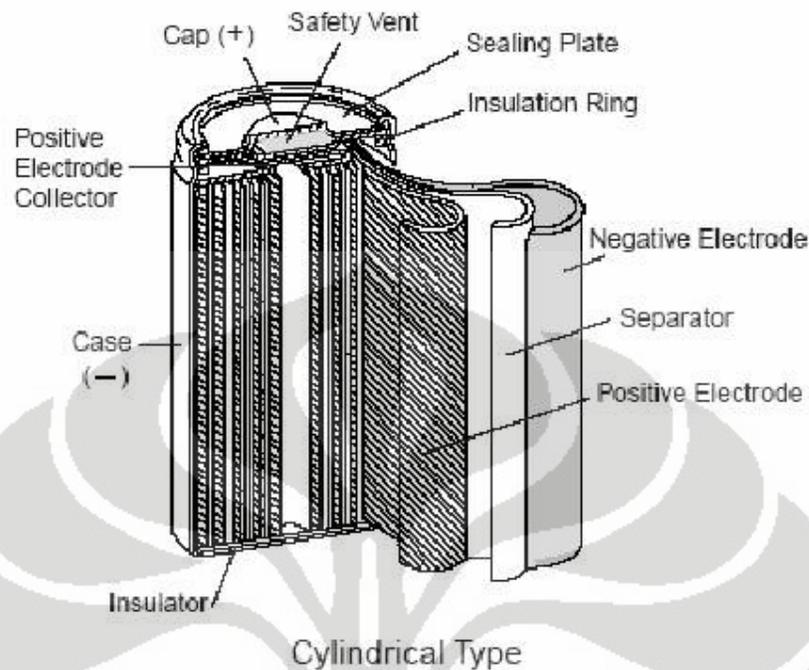
1. Kapasitasnya rendah, kapasitas NiCd AA yang tertinggi hanya 1100 mAh.
2. Tingginya laju self-discharge, proses hilangnya sebagian dari kapasitas baterai walaupun tidak digunakan.
3. NiCd mengandung bahan Cadmium yang merupakan logam beracun, karena itu baterai ini tidak dapat dibuang sembarangan jika telah rusak.
4. Memiliki memory efek (voltage depression). Efek tersebut akibat dari proses charging yang salah. Voltage depression disebabkan oleh overcharging sel NiCd pada laju rendah. Ketika baterai di-charge tambahan energi pada baterai diubah menjadi panas. Panas mengubah struktur kristal dari logam nickel dan cadmium menghasilkan kristal jenis lain yang memproduksi tegangan kurang dari struktur kristal yang diinginkan. Ketika baterai kemudian di-discharge (dipakai) maka keberadaan kristal yang buruk tersebut menghasilkan tegangan yang kurang dari yang seharusnya.



Gambar 2.4 Kurva Discharge Baterai NiCd

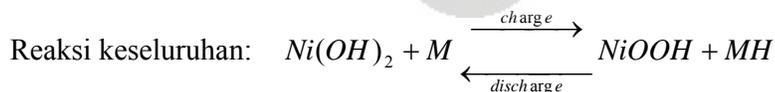
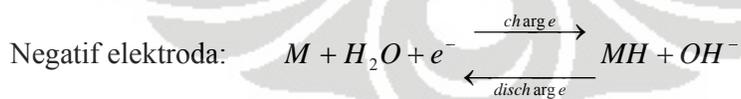
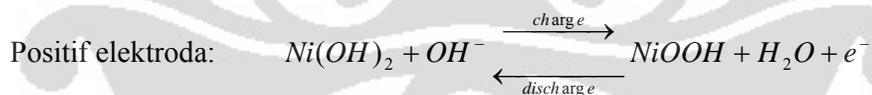
B. Nickel Metal Hydride (NiMH)

Konstruksi baterai Nickel Metal Hydride (NiMH) terdiri dari lapisan positif yang terbuat dari nickel hydroxide sebagai bahan aktif utama, lapisan negatif yang terdiri dari campuran logam yang menyerap hydrogen, pemisah yang terbuat dari fiber halus, elektrolit alkaline, sebuah kotak logam serta sebuah lapisan penyekat dengan ventilasi pengaman. Struktur dasarnya mirip dengan baterai NiCd.



Gambar 2.5 Struktur Baterai Ni-MH

Baterai NiMH menggunakan nikel hydroxide pada elektroda positif sama halnya dengan baterai NiCd. Hydrogen disimpan dalam logam penyerap hydrogen pada elektroda negatif. Sebuah larutan encer yang terdiri dari *potassium hydroxide* untuk elektrolitnya. Reaksi yang terjadi pada baterai NiMH dirumuskan sebagai berikut:



Seperti terlihat pada reaksi di atas, karakteristik dasar dari baterai NiMH adalah hydrogen berpindah dari elektroda positif menuju elektroda negatif selama proses charge (pengisian) dan sebaliknya pada proses discharge (pemakaian).

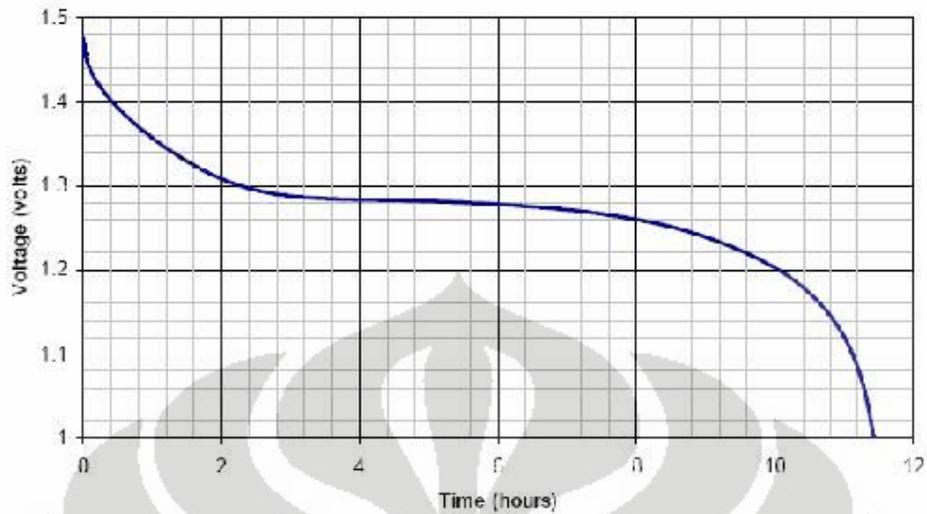
Disini larutan elektrolit tidak ambil bagian dalam reaksi, yang berarti tidak ada penambahan atau pengurangan volume elektrolit. Reaksi pengisian sel NiMH bersifat exothermic artinya sel akan bertambah panas saat proses pengisian.

Baterai NiMH memiliki banyak persamaan dengan baterai NiCd. Baterai NiMH banyak diminati sebagai alternative pengganti NiCd karena kelebihanannya:

1. Kapasitas yang lebih besar.
2. Ramah lingkungan, karena tidak mengandung bahan logam yang beracun.
3. Tidak memiliki memory efek dan tidak selalu harus di-discharge sebelum melakukan charge ulang.

Namun dalam beberapa hal baterai NiMH juga memiliki kekurangan dibandingkan baterai NiCd yaitu:

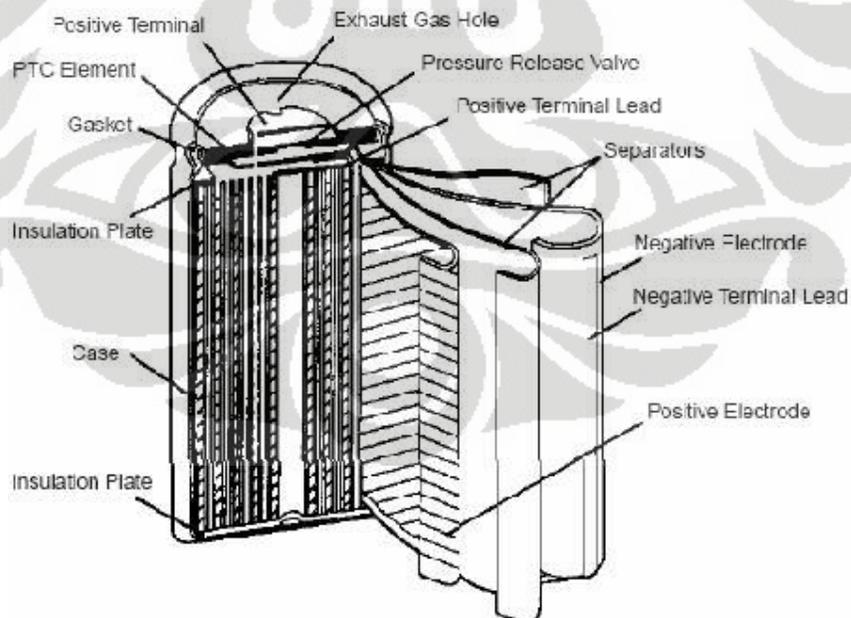
1. Baterai NiMH hanya memiliki siklus hidup sekitar 400 hingga 700 kali.
2. Baterai NiMH memerlukan waktu dua kali lebih lama dibandingkan NiCd pada kondisi yang sama.
3. Laju arus discharge (pemakaian) lebih kecil dari NiCd. Karena alasan ini, pada awal munculnya baterai NiMH, disarankan untuk menjalankan peralatan yang berdaya besar sebaiknya menggunakan baterai NiCd.
4. Tingginya laju arus *self-discharge*, besarnya sekitar 10% pada 24 jam pertama dan 10% pada setiap bulannya.
5. Harga lebih mahal dibandingkan baterai NiCd.



Gambar 2.6 Kurva Discharge Baterai NiMH

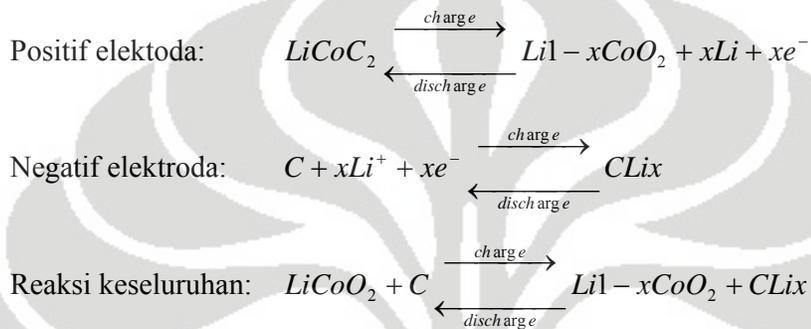
C. Lithium-Ion (Li-Ion)

Baterai Lithium-Ion (Li-Ion) memiliki 3 lapisan yang strukturnya bergulung di dalam tempatnya. Tiga lapisan ini terdiri dari elektroda positif yang terbuat dari *lithium cobalt oxide* sebagai bahan utama, elektroda negatif terbuat dari karbon khusus dan lapisan pemisah.



Gambar 2.7 Struktur Baterai Li-Ion (Cylindrical)

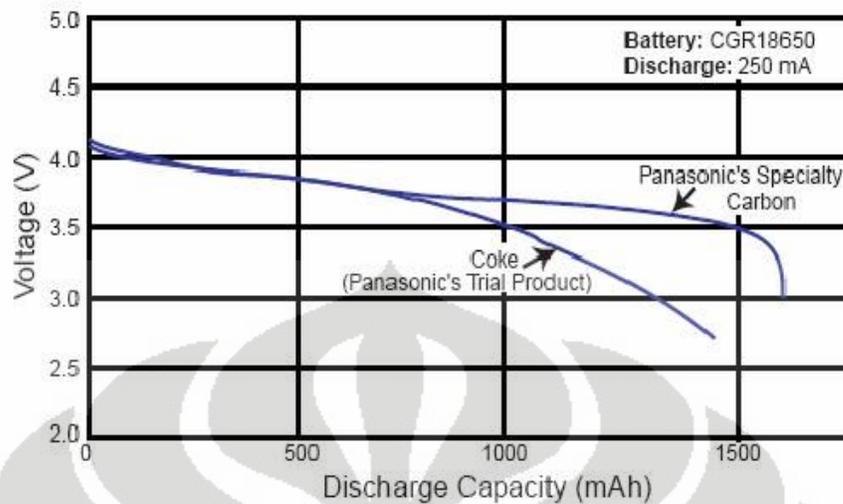
Baterai Lithium-Ion (Li-Ion) dibuat menggunakan *lithium cobalt oxide* (LiCoO_2) atau *lithium manganese oxide* (LiMn_2O_4) sebagai elektroda positif (memiliki sifat perputaran yang baik pada tegangan tinggi), karbon khusus yang dikristalisasi sebagai elektroda negatif dan larutan organik yang dioptimisasi untuk karbon khusus sebagai larutan elektrolit. Berikut adalah rumus reaksi dari baterai Li-Ion:



Prinsip reaksi kimia yang terjadi pada baterai Li-Ion adalah lithium pada elektroda positif yang mengandung material *lithium cobalt oxide* di-ionisasi selama proses pengisian (*charge*) dan bergerak dari lapisan elektroda positif menuju lapisan elektroda negatif. Selama pengosongan (*discharge*) ion-ion bergerak menuju elektroda positif dan kembali pada senyawa asalnya.

Beberapa kelebihan dari baterai Li-Ion antara lain:

1. Energi yang disimpan tinggi.
2. Tegangan yang tinggi.
3. Tidak memiliki memory efek.
4. Laju self-discharge rendah.
5. Ramah lingkungan (tidak mengandung racun).
6. Tegangan discharge yang datar.



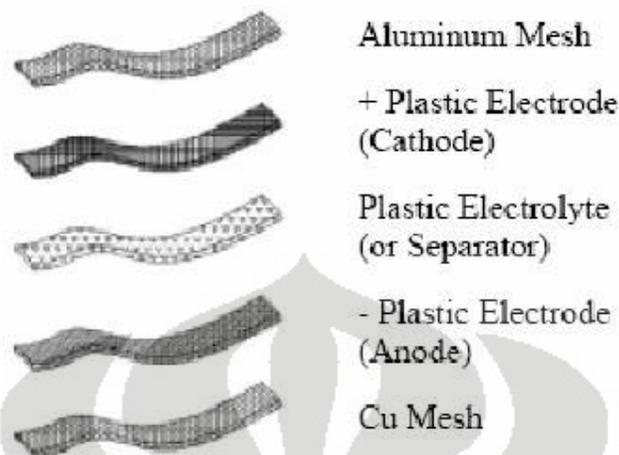
Gambar 2.8 Kurva Discharge Baterai Li-Ion

Namun disamping kelebihanannya di atas, baterai Li-Ion juga memiliki kekurangan diantaranya:

1. Harganya relative mahal dibandingkan dengan baterai NiCd / NiMH.
2. Proses pengisian relative kompleks (membutuhkan 2 tahap proses pengisian yaitu constant current dan constant voltage).
3. Membutuhkan rangkaian pelindung dari overcharging maupun overdischarging.

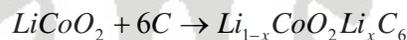
D. Lithium Polymer (Li-Poly)

Lithium Polymer (Li-Poly) secara teknis adalah baterai Lithium-Ion. Li-Poly mampu menahan beberapa perlakuan yang kurang tepat, sebagai contoh baterai Li-Poly yang telah terisi penuh dapat ditusuk oleh paku tanpa menyebabkan terbakar atau ledakan. Pada awalnya baterai Li-Poly menggunakan bahan plastic anoda dan SPE (solid polymer electrolyte) sebagai elektrolit, namun seiring perkembangan teknologi sekarang beberapa produsen telah menggunakan gel sebagai elektrolit.



Gambar 2.9 Konstruksi Sel Baterai Li-Poly

Proses elektrokimia baterai Li-Poly saat ini mencakup bahan aktif seperti LiCoO_2 dan LiNiO_2 . Ketika sel lithium polymer pertama kali di-charge, ion-ion lithium di transfer dari lapisan-lapisan lithium cobaltite menuju bahan karbon yang membentuk anoda. Berikut adalah reaksi kimia awal baterai Li-Poly:



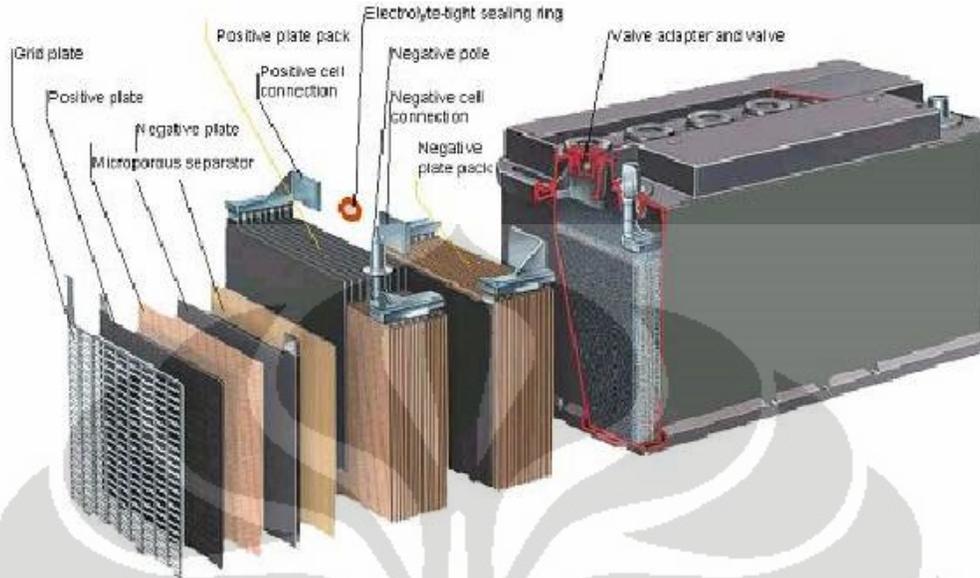
Reaksi charge dan discharge berikutnya berdasarkan dari pergerakan ion-ion lithium antara anoda dan katoda. Di bawah ini adalah reaksi kimia baterai Li-Poly:



Selama proses charge dan discharge, ion-ion Li^+ berpindah kembali dan seterusnya antara selipan dua elektroda.

E. Sealed Lead Acid (SLA)

Baterai Sealed Lead Acid (SLA) sering dijumpai pada kendaraan (accu) dan unit backup daya Uninterruptible Power Supply (UPS). Elektrodanya terbuat dari timah dan campuran logam. Memiliki daya tahan yang baik terhadap overcharge dan tidak memerlukan proses discharge sebelum melakukan pengisian ulang. Cairan elektrolitnya menggunakan asam sulfat H_2SO_4 . baterai ini memiliki tegangan dan kapasitas yang cukup besar yaitu antara 6 hingga 12 Volt dan kapasitasnya antara 7Ah hingga 12Ah.



Gambar 2.10 Konstruksi Baterai Sealed Lead Aci (SLA)

2.4. Metode Pengisian Baterai

Tiap jenis bahan kimia baterai memiliki karakteristik yang berbeda, untuk itu metode pengisiannya pun berbeda. Berikut adalah beberapa metode pengisian yang umum diantaranya:

A. Constant Voltage

Sebuah charger constant voltage pada dasarnya adalah sebuah power supply DC yang bentuk paling sederhana, terdiri dari sebuah transformer step down dan penyearah untuk menghasilkan tegangan DC dari jala-jala untuk mengisi baterai. Desain yang sederhana tersebut banyak dijumpai pada pengisi baterai mobil (accu) yang murah. Sel Lead-Acid yang digunakan untuk mobil dan sistem backup daya secara umum menggunakan pengisi constant voltage. Baterai Lithium-Ion juga menggunakan sistem constant voltage, walaupun biasanya dengan algoritma yang lebih kompleks dengan rangkaian tambahan untuk melindungi baterai dan keamanan pengguna.

B. Constant Current

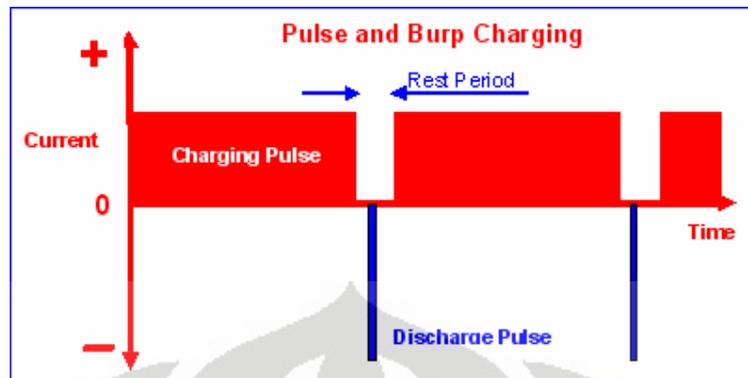
Pengisi baterai constant current mengubah-ubah tegangan yang diberikan kepada baterai agar menjaga agar aliran arus tetap (konstan) dan akan mati apabila tegangan telah mencapai batas muatan penuh. Desain ini umum digunakan pada baterai NiCd dan NiMH.

C. Pulsed Charge

Pulsed Charge memberikan arus pengisian ke baterai dalam bentuk pulsa-pulsa. Laju arus pengisian didasarkan pada arus rata-rata dan dapat diatur secara akurat dengan mengubah-ubah lebar pulsa. Umumnya sekitar 1 detik. Selama proses pengisian, ada proses istirahat singkat selama 20 hingga 30 milidetik agar terjadi reaksi kimia yang berguna untuk stabilisasi dengan menyamakan reaksi di seluruh bagian terbesar elektroda sebelum memulai lagi proses pengisian. Ini memungkinkan reaksi kimia untuk menjaga langkah dengan energi listrik yang diberikan. Metode ini dinyatakan juga mampu mengurangi reaksi kimia yang tidak diinginkan pada permukaan elektroda seperti pembentukan gas, pertumbuhan kristal dan pasifisasi. Jika diperlukan, metode ini juga mampu men-sampling tegangan tanpa beban dari baterai selama periode istirahat.

D. Burp Charging

Disebut juga Reflex atau Negatif Pulse Charging: digunakan bersama Pulsed Charging, yang mana memberikan pulsa discharge yang sangat singkat, umumnya 2 hingga 3 kali arus pengisian selama 5 milidetik selama periode istirahat. Pulsa ini mengeluarkan gelembung gas yang telah terbentuk pada permukaan elektroda selama proses pengisian cepat (fast charging) dan mempercepat proses stabilisasi dan keseluruhan proses pengisian. Proses pelepasan dan difusi gelembung gas dikenal dengan istilah burping. Banyak perdebatan yang diajukan apakah metode ini menghasilkan peningkatan dan perbaikan dalam laju arus pengisian dan umur baterai, namun setidaknya dapat dikatakan bahwa tidak akan merusak baterai.



Gambar 2.11 Metode Pengisian Pulsa

E. IUI Charging

Ini adalah metode yang baru dikembangkan untuk proses pengisian cepat baterai standard flooded lead-acid dari beberapa pabrikan. Metode ini tidak cocok untuk semua baterai lead acid. Pada awalnya baterai diisi dengan laju arus konstan hingga tegangan sel mencapai nilai yang telah ditentukan – normalnya mendekati tegangan dimana penguapan terjadi. Ini adalah bagian pertama dari siklus pengisian yang dikenal dengan fase pengisian terbesar (bulk charge phase). Ketika tegangan yang ditentukan telah tercapai, alat pengisi berpindah ke fase tegangan konstan (constant voltage phase) dan arus yang diterima oleh baterai berangsur-angsur turun hingga mencapai batas lain yang telah ditentukan. Bagian kedua dari siklus ini menyelesaikan pengisian normal dari baterai pada laju pelan yang berkurang. Akhirnya alat pengisi berpindah dari mode arus konstan dan tegangan akan berlanjut naik pada batas baru yang lebih tinggi, ketika saklar alat pengisi mati. Fase terakhir ini digunakan untuk menyamakan muatan sel-sel individual dalam baterai untuk memaksimalkan umur baterai.

F. Trickle Charge

Metode ini didesain untuk mengganti kerugian self-discharge dari baterai. Proses pengisian terus-menerus → proses pengisian arus konstan jangka panjang untuk standby (saat baterai tetap berada di charger). Laju arus pengisiannya bervariasi, tergantung dari jenis bahan kimiawi dan kapasitas baterai.

G. Float Charge

Baterai dan beban secara permanent terhubung secara parallel pada sumber pengisi dan diberikan sebuah tegangan konstan di bawah tegangan batas atas baterai. Digunakan pada sistem backup darurat / UPS (Uninterruptible Power Supply).

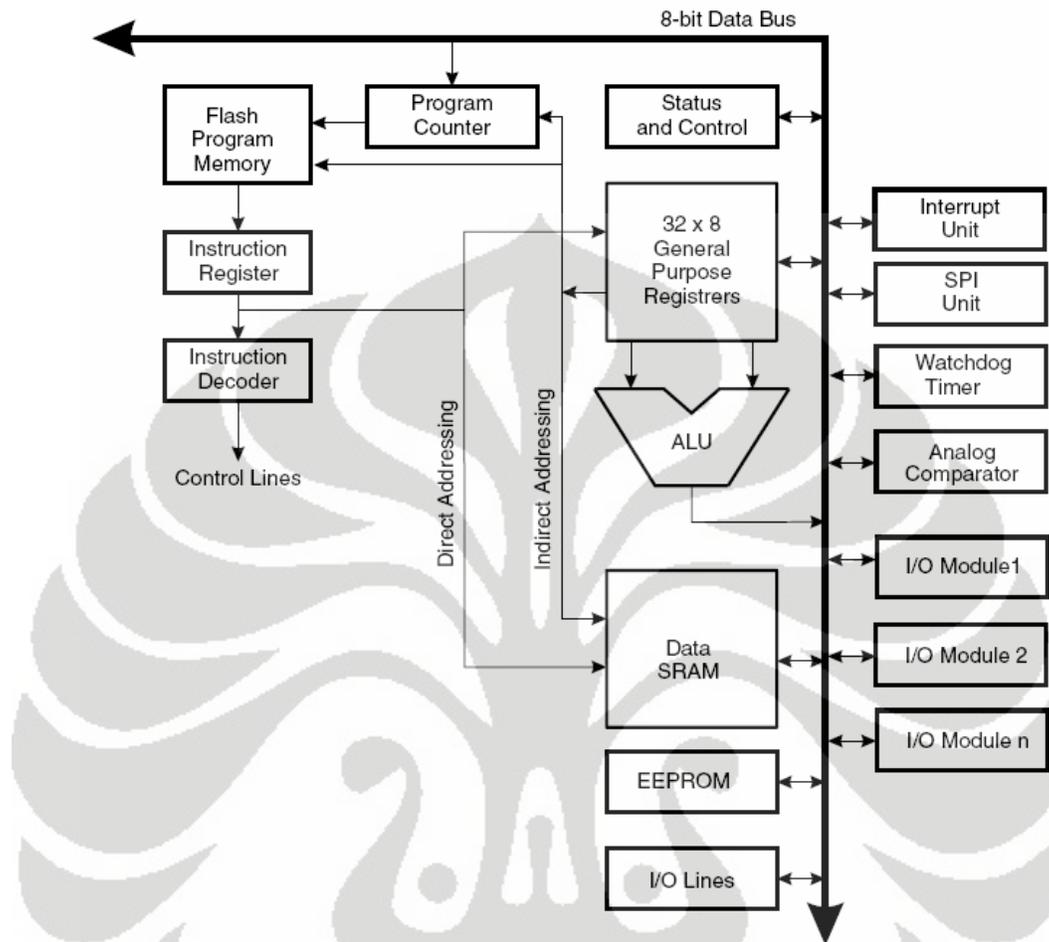
2.5. Mikrokontroler ATmega 8535

Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem komputer. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan komputer mainframe, mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama. Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data.

Mikrokontroler yang beredar saat ini berasal dari berbagai pabrik diantaranya: Atmel, Microchip, dan Mororolla. Namun dari semua tersebut dapt dibagi menjadi 2 jenis mikrokontroler yaitu:

- Tipe CISC (*Complex Instruction Set Computing*) yang lebih kaya instruksi tetapi fasilitas internal secukupnya saja (seri AT89 memiliki 255 instruksi)
- Tipe RISC (*Redued Instruction Set Computing*) yang justru lebih kaya fasilitas internalnya tetapi jumlah instruksi secukupnya (seri PIC 16F hanya ada sekitar 30-an instruksi, seri AVR sekitar 118)

A. Arsitektur ATmega 8535

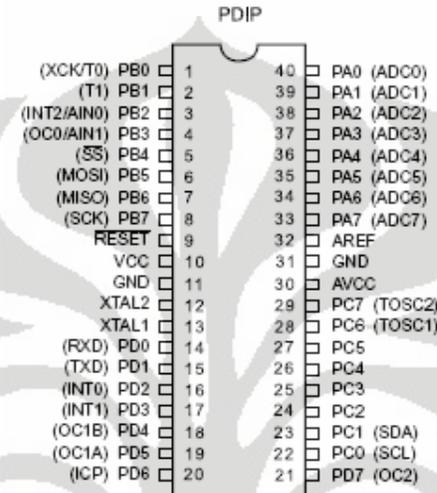


Gambar 2.12 Arsitektur ATmega 8535

Ada 32 buah General Purpose Register yang membantu ALU bekerja. Untuk operasi aritmatika dan logika, operand berasal dari dua buah general register dan hasil operasi ditulis kembali ke register. Status and Control berfungsi untuk menyimpan instruksi aritmatika yang baru saja dieksekusi. Informasi ini berguna untuk mengubah alur program saat mengeksekusi operasi kondisional. Instruksi di jemput dari flash memory. Setiap byte flash memory memiliki alamat masing-masing. Alamat instruksi yang akan dieksekusi senantiasa disimpan Program Counter. Ketika terjadi interupsi atau pemanggilan rutin biasa, alamat di Program Counter disimpan terlebih dahulu di stack. Alamat interupsi atau rutin kemudian ditulis ke Program Counter, instruksi kemudian dijemput dan

dieksekusi. Ketika CPU telah selesai mengeksekusi rutin interupsi atau rutin biasa, alamat yang ada di stack dibaca dan ditulis kembali ke Program Counter.

B. Konfigurasi Pin ATmega 8535



Gambar 2.13 Pin ATmega 8535

Konfigurasi pin ATmega 8535 secara fungsional dapat dijelaskan sebagai berikut:

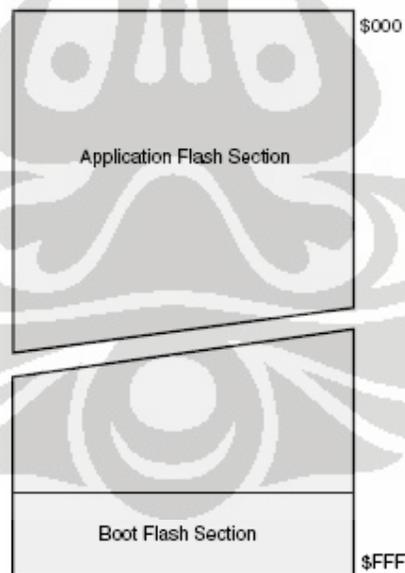
1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya
2. GND merupakan pin ground
3. port A (PA0...PA7) merupakan analog input ADC dan merupakan 8 bit bi-directional I/O port jika ADC tidak digunakan
4. port B (PB0...PB7) merupakan 8 bit bi-directional I/O port dengan internal pull-up resistor (yang dipilih untuk setiap bit) dan merupakan pin khusus, yaitu timer/counter, komparator analog dan SPI
5. port C (PC0...PC7) merupakan 8 bit bi-directional I/O port dengan internal pull-up resistor (yang dipilih untuk setiap bit), dan pin khusus yaitu TWI, komparator analog dan timer oscilator
6. port D (PD0...PD7) merupakan 8 bit bi-directional I/O port dengan internal pull-up resistor (yang dipilih untuk setiap bit) dan pin khusus yaitu komparator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial

7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler
8. XTAL1 merupakan input untuk inverting oscillator amplifier dan input internal clock
9. XTAL2 merupakan output dari inverting oscillator amplifier
10. AVCC merupakan pin masukan tegangan port A dan ADC
11. AREF merupakan pin referensi analog untuk A/D converter

C. Peta Memori

AVR ATmega 8535 memiliki ruang pengalamatan memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian yaitu 32 buah register umum, 64 register I/O dan 512 byte SRAM *internal*.

Memori program yang terletak dalam *Flash PEROM* tersusun dalam word atau 2 byte karena setiap instruksi memiliki lebar 16-bit atau 32-bit. AVR ATmega 8535 memiliki 4KByteX16-bit *Flash PEROM* dengan alamat mulai dari \$000 sampai \$FFF. AVR tersebut memiliki 12-bit *Program Counter (PC)* sehingga mampu mengamati isi *Flash*.

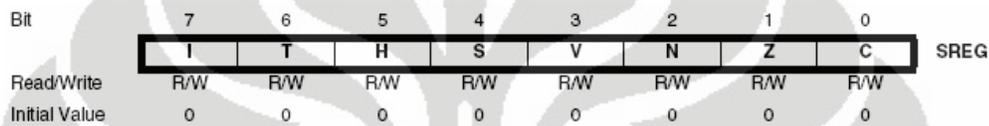


Gambar 2.14 Memori Program AVR ATmega 8535

Selain itu, AVR ATmega8535 juga memiliki memori data berupa EEPROM 8-bit sebanyak 512 *byte*. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$1FF.

D. Status Register (SREG)

Status register adalah register berisi status yang dihasilkan pada setiap operasi yang dilakukan ketika suatu instruksi dieksekusi. SREG merupakan bagian dari inti CPU mikrokontroler.



Gambar 2.15 Status Register AVR ATmega 8535

- Bit 7 – I : Global Interrupt Enable
Bit harus harus diset untuk meng-enable interupsi. Bit akan di-clear apabila terjadi suatu interupsi yang dipicu oleh hardware, dan bit tidak akan mengizinkan terjadinya interupsi, serta akan diset kembali oleh instruksi RETI.
- Bit 6 – T :Bit Copy Storage
Instruksi BLD dan BST menggunakan bit-T sebagai sumber atau tujuan dalam operasi bit. Suatu bit dalam sebuah register GPR dapat disalin ke bit T menggunakan instruksi BST, dan sebaliknya bit-T dapat disalin kembali ke suatu bit dalam register GPR menggunakan instruksi BLD
- Bit 5 – H : Half Carry Flag
- Bit 4 – S : Sign Bit
Bit- S merupakan hasil operasi EOR antara flag-N (negatif) dan flag V (komplemen dua overflow)
- Bit 3 – V : Two's Complement Overflow Flag
Bit berguna untuk mendukung operasi aritmatika
- Bit 2 – N : Negatif Flag

Apabila suatu operasi menghasilkan bilangan negatif, maka flag-N akan diset

- Bit 1 – Z : Zero Flag

Bit akan diset bila hasil operasi yang diperoleh adalah nol

- Bit 0 – C : Carry Flag

Apabila suatu operasi menghasilkan carry, maka bit akan diset

2.6. Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler

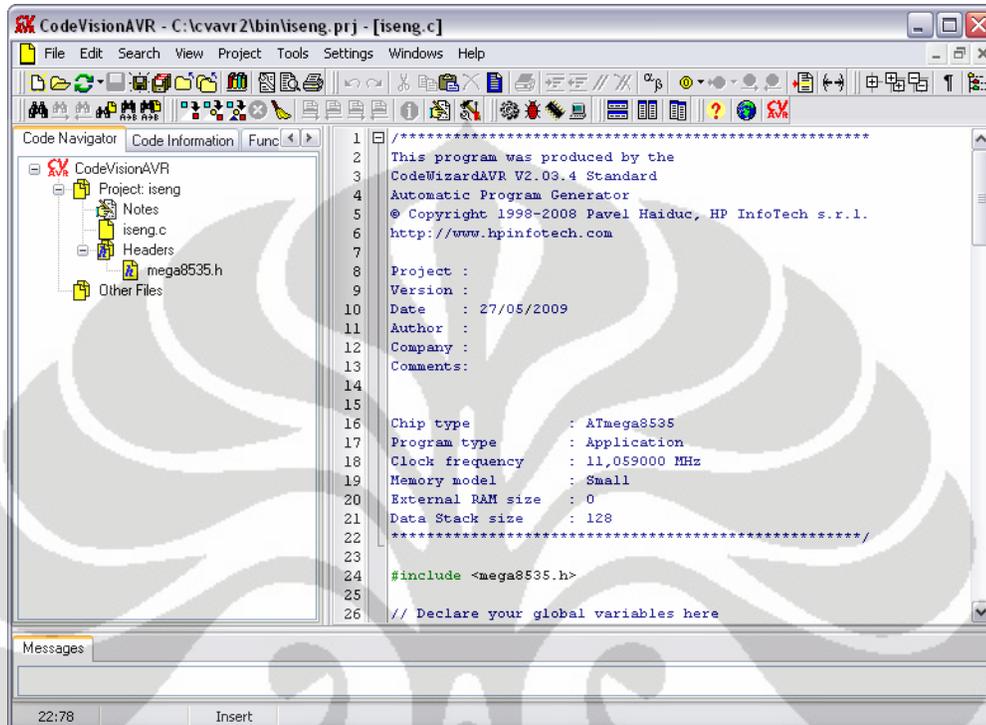
Compiler bahasa C yang digunakan untuk AVR adalah Code Vision AVR C Compiler (CVAVR). Compiler ini cukup mudah digunakan dan juga didukung berbagai fitur yang sangat membantu dalam pembuatan software untuk keperluan pemrograman AVR (Arid dan Wisnu, 2008).

CVAVR ini dapat mengimplementasikan hampir semua instruksi bahasa C yang sesuai dengan arsitektur AVR, bahkan terdapat beberapa keunggulan tambahan untuk memenuhi keunggulan spesifik dari AVR. Hasil kompilasi objek CVAVR bisa digunakan sebagai source debug dengan AVR Studio debugger dari ATMEL.

Selain pustaka standar bahasa C, CVAVR juga menyediakan pustaka tambahan yang sangat membantu pemrograman AVR, yaitu

- Alphanumeric LCD modules
- Philips 12C bus
- National Semiconductor LM75 Temperature Sensor
- Philips PCF8563, PCF8583, Maxim/Dallas Semiconductor DS1302 and DS1307 Real Time Clocks
- Maxim/Dallas Semiconductor 1 Wire protocol
- Maxim/Dallas Semiconductor DS1820, DS18S20 and DS18B20 Temperature Sensors
- Maxim/Dallas Semiconductor DS1621 Thermometer/Thermostat
- Maxim/Dallas Semiconductor DS2430 and DS2433 EEPROMs
- SPI
- Power management

- Delays
- Gray code conversion

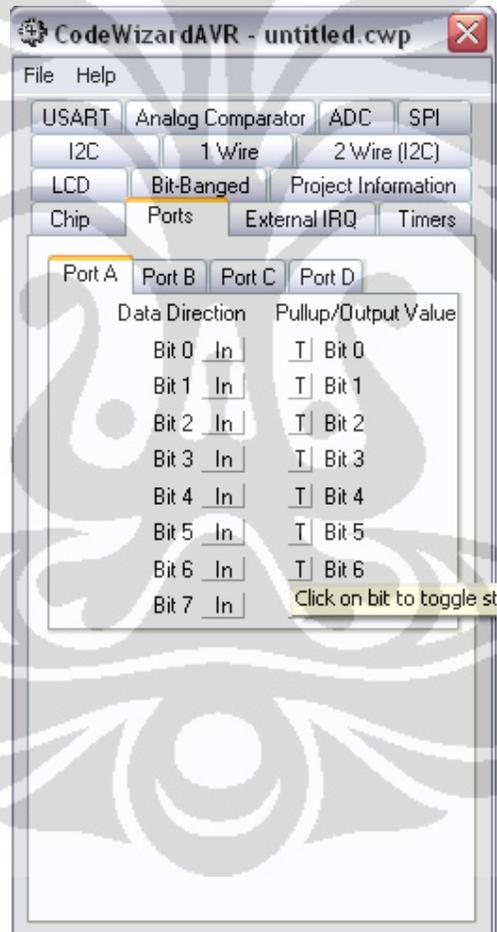


Gambar 2.16 Tampilan Code Vision AVR

Selain itu CVAVR memiliki CodeWizardAVR Automatic Program Generator, yang dapat menulis lebih cepat semua kode yang dibutuhkan untuk implementasi fungsi-fungsi:

- External memory access setup
- Chip reset source identification
- Input/Output Port initialization
- External Interrupts initialization
- Timers/Counters initialization
- Watchdog Timer initialization
- UART (USART) initialization and interrupt driven buffered serial communication
- Analog Comparator initialization

- ADC initialization
- SPI Interface initialization
- Two Wire Interface initialization
- CAN Interface initialization
- I²C Bus, LM75 Temperature Sensor, DS1621 Thermometer/Thermostat and PCF8563, PCF8583, DS1302, DS1307 Real Time Clocks initialization
- 1 Wire Bus and DS1820/DS18S20 Temperature Sensors initialization
- LCD module initialization.



Gambar 2.17 Tampilan Code Wizard AVR

2.7. LCD 20 x 4

Fitur-fitur yang dimiliki oleh Liquid Crystal Display (LCD) adalah sebagai berikut:

- Terdiri dari 4 baris dengan 20 character per baris
- Duty ratio sebesar 1/16
- Character generator ROM 5×8 dot or 5×10 dot character dari 8-bit character codes
- Character generator RAM untuk 5×8 dots, 8 character yang dapat diprogram, dan untuk 5×10 dots, 4 character dapat diprogram
- DDRAM digunakan untuk menyimpan data yang dipresentasikan dalam 8-bit character. Dengan kapasitas 80×8 bits atau 80 character.



Gambar 2.18 LCD 20 x 4

Konfigurasi pin-pin pada LCD 20 x 4 ini adalah sebagai berikut:

Table 2.1. Konfigurasi pin LCD 20 x 4

No pin	Symbol	Level	Deskripsi
1	V _{ss}	0 V	Ground
2	V _{dd}	5 V	Supply voltage
3	VO	(variabel)	Operating voltage for LCD
4	RS	H/L	H: DATA, L: Instruction code
5	R/W	H/L	H: Read(MPU→Module) L: Write(MPU→Module)
6	E	H,H→L	Chip enable signal
7	DB0	H/L	Data bit 0
8	DB1	H/L	Data bit 1
9	DB2	H/L	Data bit 2
10	DB3	H/L	Data bit 3
11	DB4	H/L	Data bit 4
12	DB5	H/L	Data bit 5
13	DB6	H/L	Data bit 6
14	DB7	H/L	Data bit 7
15	A	4,2 V – 4,6 V	LED +
16	K	0 V	LED -

DAFTAR TABEL

Table 2.1. Konfigurasi pin LCD 20 x 4	30
Tabel 4.1. Pengukuran Tegangan Baterai dan Arus.....	42
Tabel 4.2. Kesalahan Relatif pada Baterai	44
Tabel 4.3. Pengukuran Kapasitas pada Baterai.....	45

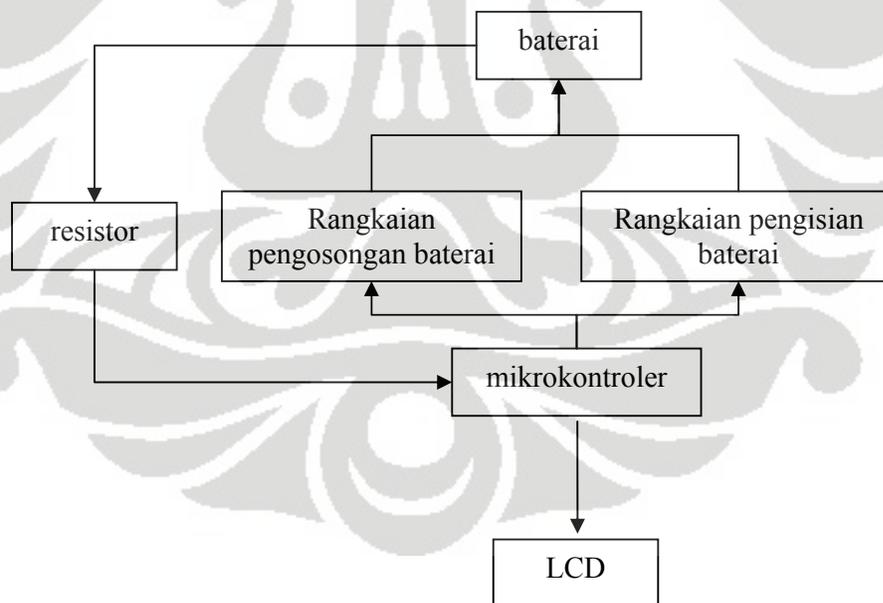


BAB 3 PERANCANGAN ALAT

Pada bab ini menjelaskan tentang proses perancangan dan pengujian blok diagram rangkaian alat pengukur kapasitas baterai. Proses perancangan alat ini meliputi dua hal yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perangkat keras dari alat ini terdiri dari rangkaian pengosongan dan pengisian baterai dan sistem minimum mikrokontroler ATmega 8535. Sedangkan perangkat lunak terdiri dari program yang menghitung kapasitas baterai.

3.1. Blok Diagram

Penjelasan secara umum mengenai cara kerja alat ini dapat dilihat pada blok diagram berikut:



Gambar 3.1. Blok Diagram Alat Pengukur Kapasitas Baterai

Berdasarkan gambar diagram diatas, maka dapat dijelaskan cara kerja dari sistem alat pengukur kapasitas baterai berbasis mikrokontroler ATmega 8535, yaitu ketika penghitungan kapasitas baterai dimulai arus mengalir pada rangkaian pengosongan baterai. Proses pengosongan ini menggunakan resistor 1Ω dengan daya 10 watt. Pemilihan nilai resistor ini dimaksudkan agar arus yang mengalir pada rangkaian besar sehingga waktu pengosongan juga lebih singkat. Arus yang mengalir pada rangkaian tersebut akan menjadi input pada mikrokontroler. Input berupa data analog dirubah menjadi data digital oleh ADC yang terdapat pada mikrokontroler. Mikrokontroler akan menghitung arus pengosongan dikali waktu pengosongan yang menyatakan kapasitas baterai tersebut.

Nilai kapasitas baterai yang terukur akan ditampilkan pada LCD 20 x 4. Pada LCD dapat diketahui informasi mengenai tegangan awal, arus awal, arus pada waktu t, waktu pengosongan dan kapasitas baterai yang terukur.

Ketika mikrokontroler membaca tegangan baterai telah berada pada tegangan low voltage/cutoff voltage maka baterai akan segera diisi kembali. Mikrokontroler mengaktifkan rangkaian pengisian baterai. Pengisian baterai selesai sampai tegangan baterai yang ditentukan.

3.2. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras alat pengukur kapasitas baterai dimulai dari perancangan masing-masing blok yaitu perancangan rangkaian pengosongan dan pengisian baterai dan perancangan sistim minimum mikrokontroler ATmega 8535.

3.2.1. Rangkaian Pengosongan dan Pengisian Baterai

Alat yang dibuat ini, diharapkan dapat mengukur kapasitas baterai baik dalam keadaan full (penuh) maupun dalam keadaan telah terpakai. Pengukuran kapasitas baterai ini adalah pengukuran 1 cell baterai yang dilakukan terhadap hambatan 1Ω dengan daya 10 watt. Pemilihan nilai hambatan ini dimaksudkan

agar arus yang mengalir besar sehingga diharapkan waktu pengosongan juga semakin singkat.

Metode pengukuran arus yang mengalir dalam rangkaian memenuhi persamaan:

$$V = I * R$$

Dimana:

V = tegangan (V)

I = arus (A)

R = hambatan (Ω)

Untuk nilai R yang tetap, nilai arus yang mengalir sebanding dengan nilai tegangan. Misalkan tegangan baterai yang digunakan adalah 1,2 V dengan nilai hambatan 1 Ω , maka arus yang mengalir adalah 1 A. Penulis menggunakan persamaan tersebut di atas sebagai pedoman untuk mengukur arus yang mengalir dalam suatu rangkaian tertutup. Nilai tegangan inilah yang dibaca oleh mikrokontroler dan dijadikan sebagai nilai arus. Ketika baterai dikosongkan nilai tegangan akan menurun dan ketika diisi nilainya akan bertambah.

Alat ini dapat mengukur arus yang besar karena resistor yang digunakan memiliki daya 10 watt. Dengan besar daya yang dimiliki resistor ini, tidak akan merusak resistor meskipun dialiri arus yang besar. Untuk menghitung arus maksimal yang dapat dialiri pada resistor dapat menggunakan persamaan berikut:

$$P = V * I$$

Dimana:

P = daya (watt)

V = tegangan (V)

I = arus (A)

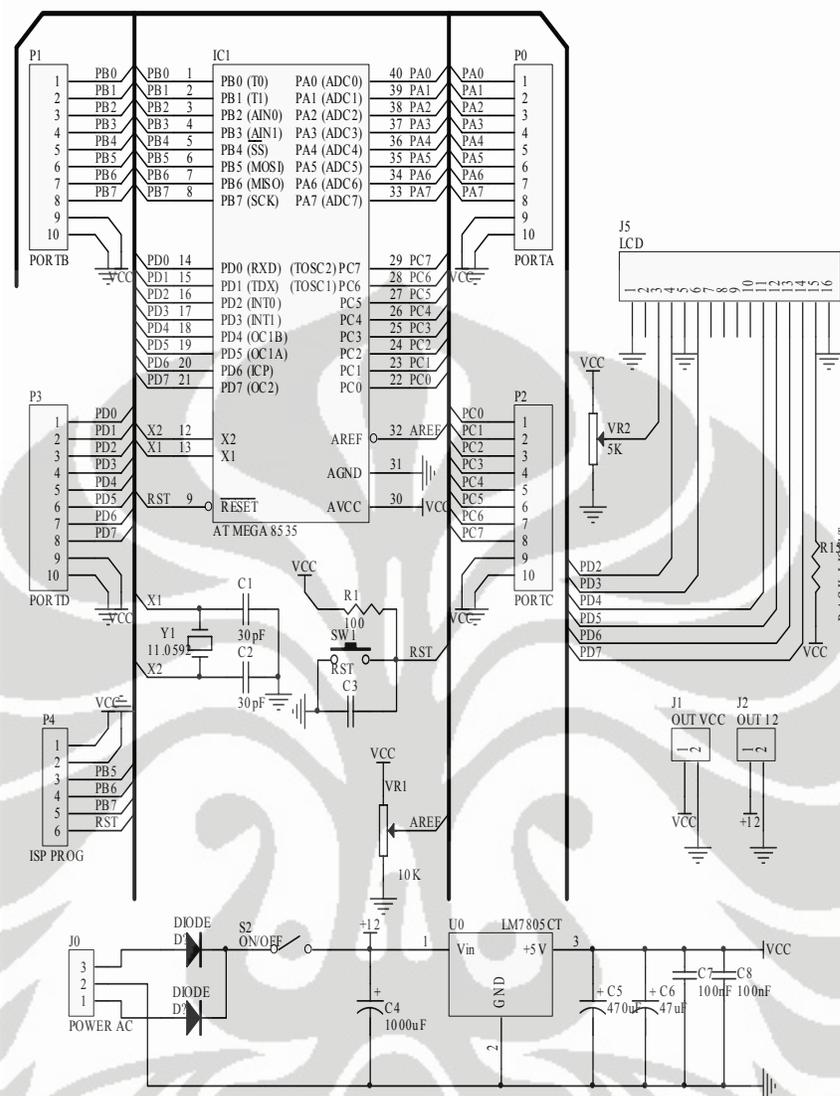
Jika tegangan pada baterai 1,2 Volt dan arus yang mengalir adalah 1 A, maka daya sama dengan 1,2 watt. Daya sebesar itu tidak akan merusak resistor yang digunakan karena daya pada resistor lebih besar dari daya yang terukur.

Ketika proses pengosongan, arus yang mengalir pada portC.7 adalah sebesar 5 volt DC ketika diberi logika high. Arus yang mengalir tersebut menyebabkan transistor berada pada kondisi saturasi sehingga arus mengalir dari kolektor ke emitor. Hal ini mengakibatkan relay akan terhubung dengan resistor. Arus yang mengalir inilah yang dibaca oleh mikrokontroler untuk menghitung kapasitas baterai. Saat portC.7 ini bernilai 0 maka transistor akan berada pada kondisi cutoff dimana arus tidak dapat mengalir dari kolektor ke emitor. Akibatnya relay akan memutuskan sambungan ke resistor.

Sedangkan saat pengisian baterai, arus yang mengalir pada portC.6 adalah sebesar 0 volt DC. Akibatnya arus tidak dapat mengalir dari kolektor ke emitor pada transistor pertama dan pada transistor kedua terdapat arus yang mengakibatkan transistor tersebut berada pada kondisi saturasi.

3.2.2. Sismin Mikrokontroler ATmega 8535

Sistim minimum dari mikrokontroler ATmega 8535 dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.3. Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega 8535

Untuk membuat rangkaian sismin Atmel AVR 8535 diperlukan beberapa komponen yaitu:

- IC mikrokontroler ATmega8535
- 8 MHz (XTAL1)
- 3 kapasitor kertas yaitu dua 22 pF (C2 dan C3) serta 100 nF (C4)
- 1 kapasitor elektrolit 4.7 uF (C12) 2 resistor yaitu 100 ohm (R1) dan 10 Kohm (R3)
- 1 tombol reset pushbutton (PB1)

Rangkaian minimum sistem bertujuan untuk menyediakan lingkungan minimum yang memungkinkan pengendali mikro bekerja secara optimal, dilengkapi dengan soket ISP (*In-System Programming*) sehingga memudahkan dalam proses pengisian program. Sebagai sumber pewartuan utama mempergunakan kristal 8 MHz yang berfungsi untuk menentukan kecepatan eksekusi instruksi program.

IC ATmega 8535 ini terdiri dari 40 pin dan mempunyai 4 port yaitu A, B, C, dan D. Setiap port memiliki 8-bit I/O bi-directional. Penulis menggunakan portA.4 pada mikrokontroler ini sebagai masukan ADC. Rangkaian pengosongan baterai dihubungkan dengan portC.7 sedangkan rangkaian pengisian dihubungkan dengan portC.6. Rangkaian LCD dihubungkan dengan portB.

Referensi pada ADC merupakan batas rentang representasi nilai digital hasil konversi. Hasil konversi pada mode *single ended conversion* dirumuskan sebagai berikut:

$$ADC = \frac{V_{in} \cdot 1024}{V_{ref}}$$

Dengan:

V_{in} = tegangan masukan analog pada kanal ADC yang aktif

V_{ref} = tegangan referensi yang dipilih

PortA memiliki 10-bit resolusi untuk ADC ($2^{10} = 1024$). V_{ref} yang digunakan untuk ADC adalah 5 V. Jadi setiap kenaikan 5 mV akan terbaca oleh mikrokontroler sebagai kenaikan 1-bit. Contoh:

00 0000 0000 = 00H = 0 V

00 0000 0001 = 01H = 5 mV

00 0000 0010 = 02H = 10 mV

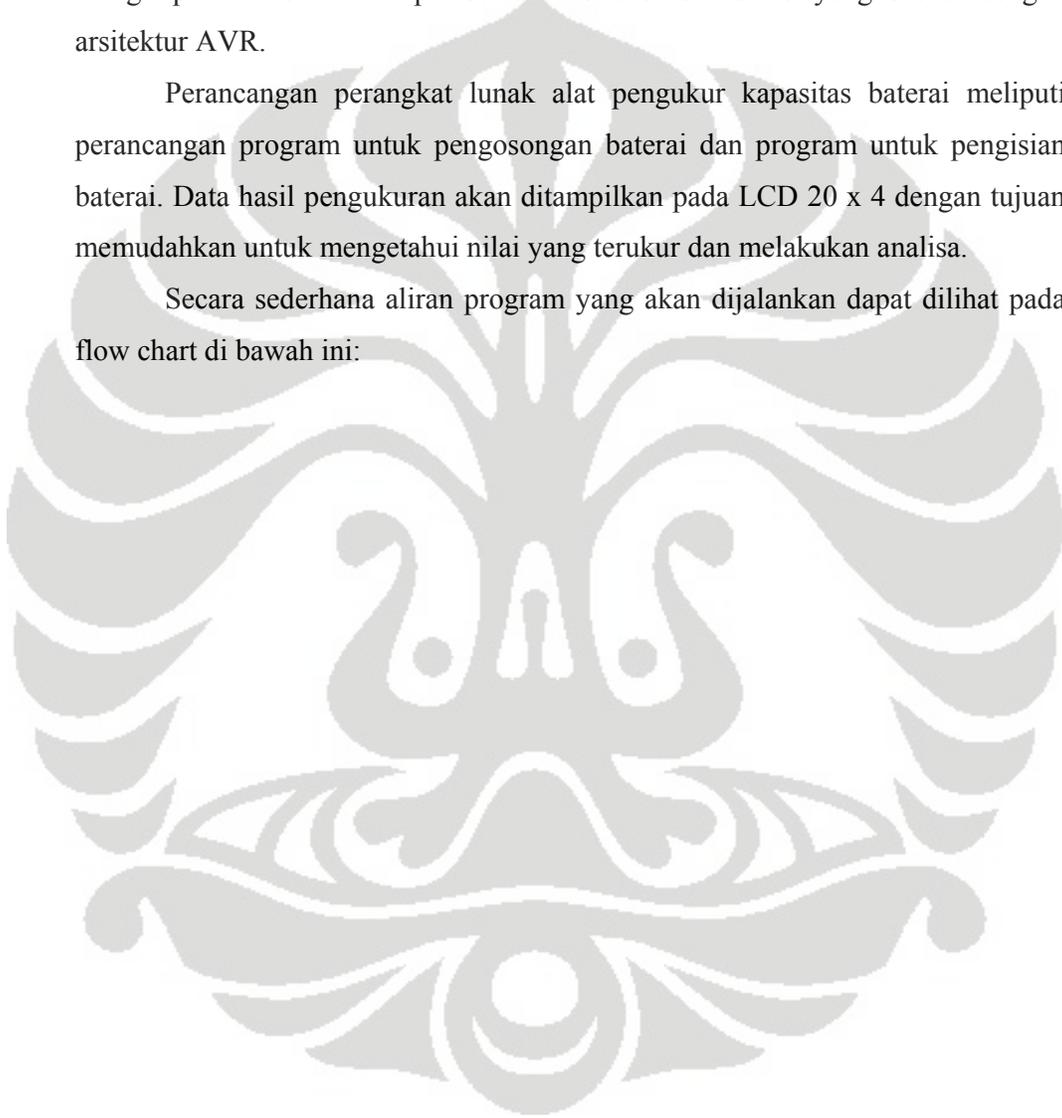
dan seterusnya.

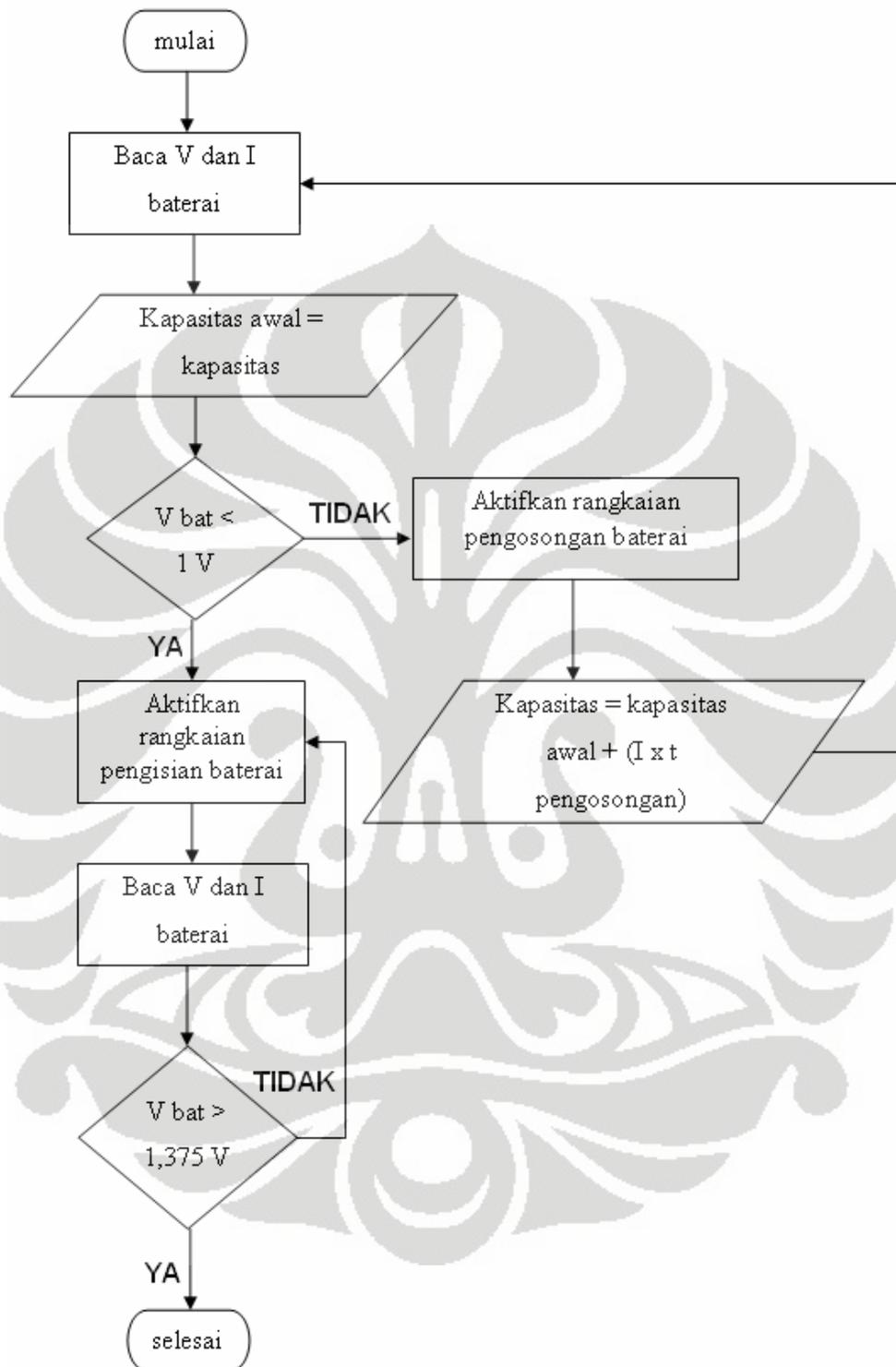
3.3. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak alat pengukur kapasitas baterai ini menggunakan bahasa pemrograman C untuk mikrokontroler. Software yang digunakan adalah Code Vision AVR (CVAVR). CVAVR ini dapat mengimplementasikan hampir semua instruksi bahasa C yang sesuai dengan arsitektur AVR.

Perancangan perangkat lunak alat pengukur kapasitas baterai meliputi perancangan program untuk pengosongan baterai dan program untuk pengisian baterai. Data hasil pengukuran akan ditampilkan pada LCD 20 x 4 dengan tujuan memudahkan untuk mengetahui nilai yang terukur dan melakukan analisa.

Secara sederhana aliran program yang akan dijalankan dapat dilihat pada flow chart di bawah ini:





Gambar 3.4. Flow Chart Program

Dari flow chart di atas dapat dilihat bahwa ketika alat ini pertama kali dinyalakan, program akan membaca tegangan dan arus yang mengalir dalam rangkaian tertutup. Hal ini untuk memberikan informasi berapa tegangan dan arus awal. Kemudian program akan mengukur kapasitas awal baterai. Kapasitas awal baterai sama dengan karena baterai belum dikosongkan.

Langkah selanjutnya yaitu program akan membandingkan tegangan awal baterai tersebut dengan tegangan batas yang ditentukan. Pada penelitian ini, sebuah baterai yang dikosongkan, tegangan batasnya (cutoff voltage) adalah 1 volt per cell (www.hardingenergy.com/pdfs/3%20Nickel%20Metal%20Hydride.pdf). Nilai tegangan cutoff ini dimaksudkan untuk menghindari bahaya yang diakibatkan oleh overcharging. Nilai tegangan ini adalah tegangan ketika baterai terpasang pada sistem.

Jika tegangan awal baterai kecil dari 1 volt, maka program akan menjalankan perintah untuk mengaktifkan rangkaian pengisian baterai. Pada kasus ini kapasitas baterai yang terukur sama dengan nol. Namun sebaliknya jika tegangan awal baterai besar dari 1 V maka program akan mengaktifkan rangkaian pengosongan baterai. Kapasitas baterai dihitung saat baterai mulai dikosongkan. Kapasitas baterai dihitung dengan mengalikan waktu dan arus pengosongan ditambah dengan kapasitas awal. Waktu pengosongan baterai dilakukan dengan mengaktifkan timer 0 pada mikrokontroler.

Setelah itu program akan loop lagi untuk membaca tegangan baterai. Kemudian kapasitas yang terukur tadi akan menjadi kapasitas awal untuk proses selanjutnya. Tegangan yang terukur dibandingkan lagi dengan tegangan cutoff baterai, jika tegangan baterai besar dari 1 volt maka rangkaian pengosongan diaktifkan untuk dilakukan pengosongan baterai. Proses pengukuran kapasitas baterai selesai ketika tegangan baterai kecil dari 1 volt.

Ketika tegangan baterai yang terbaca kecil dari 1 volt, maka rangkaian pengisian baterai diaktifkan. Baterai akan diisi dengan besar arus 0,6 A. Pengisian baterai akan selesai ketika tegangan baterai yang terbaca besar dari 1,375 volt. Pada kondisi ini juga semua sistem akan berhenti. LCD akan menampilkan nilai yang terukur. Program selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Pengambilan sample arus yang digunakan untuk menghitung kapasitas baterai dilakukan setiap 1 detik. Tujuan pengambilan sample arus pada selang waktu tersebut adalah arus yang mengalir adalah konstan. Arus dan waktu tersebut ditampilkan di LCD. Pada LCD dapat diketahui informasi mengenai I awal (I_0), V awal (V_0), I pada saat t (I_t), lama waktu (T) dan mAH yang menyatakan kapasitas baterai. Konstruksi elektronika alat pengukur kapasitas baterai dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.5. Konstruksi Elektronika Alat Pengukur Kapasitas Baterai

Laju arus pengosongan baterai didefinisikan dalam bentuk C kapasitas baterai. Misalkan sebuah baterai 2000mAh dikosongkan dengan laju arus $C/2$ (0,5 C), akan memiliki 1000 mAh pengosongan dari baterai per jam. Ini bukan berarti bahwa baterai akan habis pada waktu 2 jam (www.hardenergy.com/pdfs/3%20Nickel%20Metal%20Hydride.pdf). Pada penelitian ini penulis menggunakan laju arus $C/2$. Yang dimaksud dengan kapasitas baterai disini adalah kapasitas yang akan diterima oleh pengguna. Pada penelitian ini adalah resistor 1Ω .

BAB 4

DATA DAN ANALISA HASIL

Pada bab ini ditampilkan data-data hasil pengujian alat pengukur kapasitas baterai. Pengujian alat pengukur kapasitas baterai ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak yang telah dibuat dengan menggunakan program Code Vision AVR C Compiler (CV AVR) yang merupakan compiler bahasa C untuk AVR.

Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, maka perlu dilakukan pengujian alat serta penganalisaan terhadap alat, apakah sistem sudah bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan terhadap baterai yang berbeda.

4.1. Pengujian terhadap Tegangan dan Arus

Berikut adalah data yang diperoleh pada pengukuran tegangan dan arus yang diukur dengan multimeter maupun yang terukur pada alat yang dibuat. Data selengkapnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.1. Pengukuran Tegangan Baterai dan Arus

Jenis baterai	Baterai	V_0 pada multimeter tanpa R (mV)	V_0 pada multimeter dengan R (mV)	V_0 terukur dengan R (mV)	I_0 pada multimeter dengan R (mA)
NiCd	VA	1339	968	999	999
NiCd	VB	1363	1139	1166	1166
NiCd	SA	1359	1049	1070	1070
NiCd	SB	1356	1079	1111	1111
NiMH	EA	1344	1141	1166	1166
NiMH	EB	1331	1104	1131	1131
NiMH	CA	1357	1167	1201	1201
NiMH	PA	1292	927	959	959

NiMH	PB	1271	920	949	949
NiMH	SA27	1392	1169	1201	1201
NiMH	SB27	1376	1165	1206	1206
NiMH	BTYA	1338	1010	1045	1045
NiMH	BTYB	1341	1015	1050	1050
NiMH	EA	1372	1137	1166	1166
NiMH	EB	1376	1124	1166	1166

Pada tabel di atas dapat dilihat tegangan awal baterai saat tidak diberi hambatan dan saat diberi hambatan 1Ω yang diukur dengan multimeter, tegangan awal dan arus awal yang terlihat pada LCD alat ukur. Nilai V_0 pada multimeter dengan R didapat saat baterai dipasang pada alat ukur dan program dijalankan. Pengukuran dilakukan dengan memasang multimeter secara paralel dengan resistor. Pada LCD dilihat bahwa nilai tegangan dan arus adalah sama. Hal ini memenuhi persamaan dari $V = I \cdot R$, dimana R adalah konstan.

Dari perbedaan tegangan yang diperoleh saat baterai diberi hambatan dengan baterai yang tidak diberi hambatan dapat dianalisa bahwa terdapat tegangan yang hilang akibat diberi hambatan. Nilai tegangan yang hilang ini diakibatkan oleh adanya hambatan dalam pada baterai. Besar nilai suatu hambatan dalam baterai tidak dapat didefinisikan sebagai sebuah standard. Nilai hambatan dalam untuk setiap cell baterai diukur dalam $m\Omega$ pada 1000Hz. (www.hardenergy.com/pdfs/3%20Nickel%20Metal%20Hydride.pdf).

Akan tetapi secara teori nilai tegangan yang hilang tersebut data dicari dengan menggunakan persamaan $V = ir + iR$. Disini ir adalah nilai tegangan yang hilang akibat dari adanya hambatan dalam baterai sedangkan iR adalah nilai yang terukur sehingga nilai hambatan dalam baterai tersebut dapat dihitung.

Untuk baterai jenis NiCd penurunan tegangan saat baterai diberi hambatan lebih besar dibandingkan dengan jenis baterai NiMH. Ini berarti bahwa hambatan dalam dari NiCd lebih besar dari baterai NiMH.

4.2. Pengukuran Kesalahan Relatif

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan yang di dapat kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan menggunakan multimeter, dapat dicari kesalahan relatifnya dengan menggunakan persamaan:

$$Kr = \frac{|V_{\text{alatukur}} - V_{\text{multimeter}}|}{V_{\text{multimeter}}} \times 100\%$$

Tabel 4.2. Kesalahan Relatif pada Baterai

Jenis baterai	Baterai	V_0 pada multimeter dengan R (V)	V_0 terukur dengan R (mV)	Kesalahan relatif (%)
NiCd	VA	968	999	3,2
NiCd	VB	1139	1166	2,4
NiCd	SA	1049	1070	2
NiCd	SB	1079	1111	3
NiMH	EA	1141	1166	2,2
NiMH	EB	1104	1131	2,5
NiMH	CA	1167	1201	3
NiMH	PA	927	959	3,5
NiMH	PB	920	949	3,2
NiMH	SA27	1169	1201	2,7
NiMH	SB27	1165	1206	3,5
NiMH	BTYA	1010	1045	3,5
NiMH	BTYB	1015	1050	3,5
NiMH	EA	1137	1166	2,6
NiMH	EB	1124	1166	3,7

4.3. Pengukuran Kapasitas Baterai

Pengukuran kapasitas baterai adalah pengukuran terhadap kapasitas yang diterima oleh pengguna. Disini yang dimaksud dengan pengguna adalah sebuah resistor 1Ω dengan daya 5 watt. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.3. Pengukuran Kapasitas pada Baterai

Jenis baterai	Baterai	Kapasitas tertulis di baterai (mAH)	Kapasitas terukur (mAH)	Waktu yang dibutuhkan	Keterangan
NiCd	VA	1000	-	-	CB
NiCd	VB	1000	-	-	CB
NiCd	SA	1000	178,1	00:11:37	CO
NiCd	SB	1000	180	00:11:38	CB
NiMH	EA	2000	750,3	00:46:04	NI
NiMH	EB	2000	1055	01:05:08	CO
NiMH	CA	2500	1295,8	01:18:33	CB
NiMH	PA	4000	-	-	CB
NiMH	PB	4000	-	-	CO
NiMH	SA27	2700	1129,8	01:09:49	NCB
NiMH	SB27	2700	1063	01:04:37	NCB
NiMH	BTYA	2300	3,8	00:00:17	NCB
NiMH	BTYB	2300	4,5	00:00:21	NCB
NiMH	EA	2000	1068,2	01:06:09	CB
NiMH	EB	2000	1102,7	01:08:19	CB

Keterangan:

- CB = baterai yang diisi dengan menggunakan charger komersial
- CO = baterai yang diisi dengan menggunakan charger yang ada pada alat ukur
- NI = tidak ada informasi mengenai kapan dan dengan charger mana baterai diisi dan baterai telah dipakai sebelumnya
- NCB = baterai baru yang diisi dengan menggunakan charger komersial untuk pertama kali

Charger baterai komersial yang digunakan adalah tipe charger jenis timer charger. Akan tetapi pengaturan timer dilakukan secara manual. Charger ini akan mengisi baterai dengan arus sebesar 260-300 mA. Misalnya untuk baterai dengan kapasitas sebesar 1700 mAH tipe AA untuk 2 cell baterai dilakukan pengisian selama 7,3 jam, 2000 mAH selama 8,5 jam, 2100 mAH selama 9 jam dan 2500 mAH selama 10 jam. Sedangkan charger yang ada pada alat ukur ini mengisi dengan arus sebesar 0,6 A untuk 1 cell baterai. Untuk menghindari terjadinya overcharge terhadap baterai yang diisi, penulis membatasi tegangan baterai hingga 1,375 volt. Jika tegangan tersebut telah tercapai pengisian dihentikan.

Pada tabel 4.3. dapat dilihat bahwa untuk baterai VA dan VB jenis NiCd kapasitas baterai tidak dapat diukur. Hal ini disebabkan karena tegangan baterai saat dibaca oleh mikrokontroler berada di bawah 1 volt. Mikrokontroler secara otomatis melakukan pengisian baterai. Namun ketika baterai tersebut digunakan untuk diketahui kapasitasnya kembali, kapasitas baterai tidak terukur. Hal ini dapat dikatakan bahwa hambatan dalam baterai tersebut cukup besar sehingga menghalangi arus yang lewat. Jika satu cell dikosongkan dengan arus yang cukup tinggi, hal ini dapat dengan segera memaksa tegangan listrik di bawah 1 volt, meskipun masih tersisa 100% (www.hardingenergy.com/pdfs/3%20Nickel%20Metal%20Hydride.pdf).

Pada pengujian baterai SA jenis NiCd yang diisi menggunakan charger yang ada pada alat ukur didapat kapasitas yang terukur adalah 178,1 mAH yang membutuhkan waktu pengosongan selama 11 menit 37 detik, sedangkan baterai SB yang diisi dengan menggunakan charger komersial kapasitas yang terukur

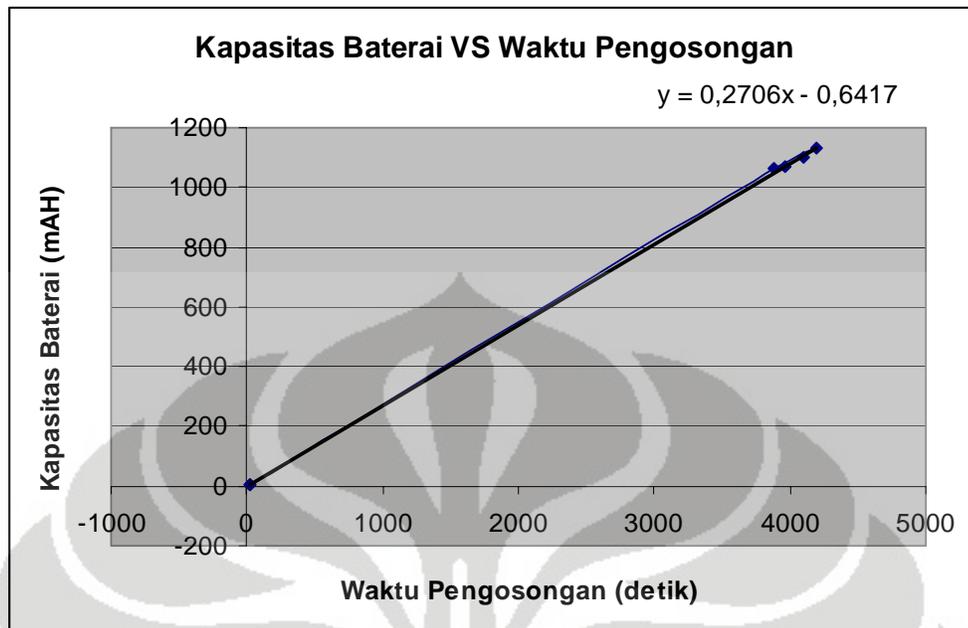
adalah 180 dengan waktu pengosongan selama 11 menit 38 detik.. Ini memberikan informasi bahwa baterai SA dan SB memiliki impedansi yang lebih kecil dari baterai VA dan VB meskipun memiliki kapasitas baterai yang sama.

Pengukuran kapasitas baterai dilakukan untuk baterai yang sudah lama tidak digunakan apakah baterai tersebut masih dapat diisi dan diketahui kapasitasnya. Baterai tersebut diisi dengan menggunakan charger komersial selama 10 jam. Kapasitas baterai tidak dapat diukur karena tegangan baterai langsung drop di bawah 1 volt. Hal ini bisa diakibatkan dari intensitas pemakaian baterai dan umur baterai yang sudah lama. Dan juga kemampuan baterai yang sudah tidak dapat menyimpan energi lagi.

Penulis juga melakukan pengukuran kapasitas baterai yang baru dibeli. Baterai SA27, SB27, BTYA dan BTYB adalah baterai yang baru dibeli dan dilakukan pengisian pertama. Dari segi harga, baterai SA27 dan SB27 berharga 5x lipat harga baterai BTYA dan BTYB. Saat diukur kapasitasnya ternyata baterai BTYA dan BTYB kapasitasnya sangat jauh berbeda dengan kapasitas yang tertulis pada labelnya dengan waktu pengosongan yang pendek sekali untuk kapasitas sebesar itu. Ini juga bisa dikatakan bahwa faktor harga juga mempengaruhi kapasitas baterai.

Baterai yang sudah terpakai dapat juga diukur kapasitas yang tersimpan di dalamnya. Seperti pada baterai EA yang sudah dilakukan pengosongan sebelumnya tetapi tidak diketahui berapa kapasitas yang terukur. Dari pengukuran didapat kapasitas yang terukur adalah 750,3 mAH dengan waktu yang dibutuhkan selama 46 menit 4 detik.

Berikut ini adalah gambar grafik perbandingan kapasitas baterai yang terukur terhadap waktu pengosongan:



Gambar 4.1. Grafik Perbandingan Kapasitas Baterai terhadap Waktu Pengosongan Baterai

Dari grafik diatas dapat dibuktikan bahwa waktu pengosongan baterai berbanding lurus dengan kapasitas baterai dan dapat diketahui persamaan gradiennya yaitu: $y = 0,2706x - 0,6417$. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar kapasitas yang tersimpan dalam sebuah baterai maka semakin lama waktu yang dibutuhkan dalam pengosongan. Kapasitas atau kemampuan menyimpan energi ditentukan oleh semua komponen didalam baterai seperti jenis material yang digunakan dan jenis elektrolitnya sehingga dikenal baterai asam dan baterai alkali.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari percobaan yang telah dilakukan, penulis dapat menyimpulkan bahwa:

- Pengukuran kapasitas baterai adalah pengukuran terhadap kapasitas yang diterima oleh pengguna, dimana pada penelitian ini menggunakan resistor 1Ω
- Semakin besar kapasitas yang tersimpan dalam sebuah baterai maka semakin lama waktu yang dibutuhkan dalam pengosongan
- Kapasitas yang terukur pada baterai tidaklah selalu sama meskipun memiliki jumlah kapasitas tertulis sama
- Kapasitas baterai juga ditentukan oleh teknik pengisiannya, semakin baik pengisiannya semakin besar pula kapasitas yang dapat tersimpan di dalamnya

5.2. SARAN

Saran oleh penulis untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

- Diharapkan nantinya dapat dibuat sebuah alat pengukur kapasitas baterai untuk semua jenis bahan kimia baterai
- Lebih memperhatikan karakteristik dari resistor yang digunakan apakah tahanannya berubah terhadap panas

DAFTAR REFERENSI

- Fraden, Jacob. (2004). *Handbook of modern sensors, physics, designs and application (3rd edition)*. New York: Springer
- Giancoli, Douglas C (2001). *Fisika edisi kelima* (Dra. Yuhilza Hanum, M.Eng, Penerjemah). Jakarta: Penerbit Erlangga
- Linden, David., B.Reddy, Thomas. (2002). *Handbook of batteries (3rd edition)*. New York: McGraw-Hill
- Kiehne, H.A. (2003). *Battery technology handbook (2nd edition)*. New York: Marcel Dekker, Inc
- Wardhana, Lingga. (2006). *Belajar sendiri mikrokontroler avr seri atmega 8535 simulasi, hardware, dan aplikasi*. Yogyakarta: Andi
- Heryanto, Ary., Adi, Wisnu. (2008). *Pemrograman bahasa c untuk mikrokontroler atmega 8535*. Yogyakarta: Andi
- HaGe. (2008). *Battery*
<http://dunia-listrik.blogspot.com/2008/12/battery-batere.html>
-, *BatCap: A battery capacity meter*
<http://www.qsl.net/pe1grl/batcap.htm>
-, *Redoks*
<http://id.wikipedia.org/wiki/Redoks>
-, *Baterai*
<http://id.wikipedia.org/wiki/Baterai>
-, *Harding battery handbook*
www.hardingenergy.com
- www.alldatasheet.com

LAMPIRAN

Program pada mikrokontroler adalah sebagai berikut:

```
/**
```

```
This program was produced by the  
CodeWizardAVR V1.25.9 Standard  
Automatic Program Generator  
© Copyright 1998-2008 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.  
http://www.hpinfotech.com
```

```
Project : Pengukur Kapasitas Baterai  
Version : 4.0  
Date : 6/11/2009  
Author :  
Company :  
Comments:
```

```
Chip type : ATmega8535  
Program type : Application  
Clock frequency : 8.000000 MHz  
Memory model : Small  
External SRAM size : 0  
Data Stack size : 128  
**
```

```
#include <mega8535.h>
```

```
// Alphanumeric LCD Module functions
```

```
#asm  
.equ __lcd_port=0x18 ;PORTB  
#endasm  
#include <lcd.h>
```

```
// Standard Input/Output functions
```

```
#include <stdio.h>  
#include <delay.h>  
#include <stdlib.h>  
#include <string.h>
```

```
##define Charging
```

```
#define AdcArus 4
```

```

#define AdcVolt 5

#define Led      PORTC.0
#define Charging PORTC.6
#define DisCharging PORTC.7

#define VArus    PINA.4
#define VBat     PINA.5

unsigned int Pengali,Pengali0;
unsigned char
*Konversi,KonversiArusIsi[3],KonversiArusKosong[3],KonversiVoltKosong[3],
KonversiKapasitas[3];
unsigned char Jam,Menit,Detik;
unsigned char CounterDetik;
bit Display=0;
bit WaktuIsi=0;
unsigned int VoltBatery;
unsigned int ArusBatery;
unsigned int Temp,TempArus,TempArusKosong,TempArusIsi;
unsigned int TempVoltKosong;

unsigned char Tahap=1;
unsigned char TampilArusIsi=0,TampilArusKosong=0;
float Kapasitas,TempKapasitas;
unsigned int Arus1,Arus2,ArusAwal;
unsigned int Waktu1,Waktu2;

// Timer 0 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
// Reinitialize Timer 0 value
TCNT0=0x9C;
// Place your code here

Pengali++;

if (Pengali==5000){
    Led=~Led;
}

if (Pengali==10000){

    Led=~Led;
    Pengali=0;
    Detik++;
}
}

```

```

Display=1;

if (Detik==60){
    Detik=0;
    Menit++;
    if (Menit==60){
        Menit=0;
        Jam++;
    }
}
}

//=====

if (Display==1){ //1 maka akan menampilkan ke display waktunya

    lcd_gotoxy(0x0B,1);
    itoa(Jam,Konversi);
    if (strlen(Konversi)==1){
        lcd_putchar(' ');
    }
    lcd_puts(Konversi);
    lcd_putchar(':');
    itoa(Menit,Konversi);
    if (strlen(Konversi)==1){
        lcd_putchar('0');
    }
    lcd_puts(Konversi);
    lcd_putchar(':');
    itoa(Detik,Konversi);
    if (strlen(Konversi)==1){
        lcd_putchar('0');
    }
    lcd_puts(Konversi);
    //-----

    lcd_gotoxy(3,1);
    lcd_putsf(" ");
    delay_ms(10);

    lcd_gotoxy(3,1);
    lcd_puts(KonversiArusKosong);
    delay_ms(10);
    //----- mAH

```

```

        lcd_gotoxy(3,2);
        lcd_putsf("  ");
        delay_ms(10);

        lcd_gotoxy(3,2);
        lcd_puts(KonversiKapasitas);
        delay_ms(10);

        Display=0;
    }
}

// Timer 1 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
    // Reinitialize Timer 1 value
    TCNT1H=0x3C;
    TCNT1L=0xB0;
    // Place your code here

    Pengali++;
    if (Pengali==10){
        Led=~Led;
    }
    if (Pengali==20){
        Led=~Led;
        Pengali=0;
        Detik++;
        Display=1;
        if (Detik==60){
            Detik=0;
            Menit++;

            if (Menit==60){
                Menit=0;
                Jam++;

            }

        }
    }
}

//=====

```

```
    if (Display==1){          // =1 maka akan menampilkan ke display waktunya
    utk waktu Isi
```

```
        lcd_gotoxy(0x0B,3);
        itoa(Jam,Konversi);
        if (strlen(Konversi)==1){
            lcd_putchar(' ');
            delay_us(500);
        }
        lcd_puts(Konversi);
        lcd_putchar(':');
        itoa(Menit,Konversi);
        if (strlen(Konversi)==1){
            lcd_putchar('0');
        }
        lcd_puts(Konversi);
        lcd_putchar(':');
        itoa(Detik,Konversi);
        if (strlen(Konversi)==1){
            lcd_putchar('0');
        }
        lcd_puts(Konversi);
        //-----
```

```
        Display=0;
```

```
    }
```

```
}
```

```
// Timer 2 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM2_OVF] void timer2_ovf_isr(void)
```

```
{
    // Reinitialize Timer 2 value
    TCNT2=0x9C;
    // Place your code here
```

```
}
```

```
#include <delay.h>
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x40
```

```
// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
```

```

// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
delay_us(10);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}

// Declare your global variables here

void BacaPengosongan(){

    ArusBatery=read_adc(AdcArus);
    ArusBatery=read_adc(AdcArus);

    delay_ms(10);

    TempArusKosong=ArusBatery*5.05;

    Arus1=TempArusKosong;
    delay_ms(10);

    itoa(TempArusKosong,KonversiArusKosong);

    Kapasitas=TempKapasitas + (float)Arus1/3600;

    TempKapasitas=Kapasitas;
    ftoa(Kapasitas,1,KonversiKapasitas);
}

void BacaPengisian(){
    Charging=1; // charge off
    DisCharging=1; // DisCharge on = Pengosongan
    delay_ms(1000);

    ArusBatery=read_adc(AdcArus);
    TempArusIsi=ArusBatery*5.18;
    itoa(TempArusIsi,KonversiArusIsi);

    lcd_gotoxy(3,3);
    lcd_putsf(" ");
    delay_ms(50);
    lcd_gotoxy(3,3);
    lcd_puts(KonversiArusIsi);
}

```

```

        delay_ms(100);

        Charging=1;
        DisCharging=0;
    }
void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out
Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=1 State5=1 State4=1 State3=1 State2=1 State1=1 State0=0
PORTC=0x7E;
DDRC=0xFF;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=P State2=P State1=T State0=T
PORTD=0x0C;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 1000.000 kHz
// Mode: Normal top=FFh
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x9C;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization

```

```

// Clock source: System Clock
// Clock value: 1000.000 kHz
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: On
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x3C;
TCNT1L=0xB0;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 1000.000 kHz
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x02;
TCNT2=0x9C;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x45;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600

```

```

UCSRA=0x00;
UCSRB=0x18;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x33;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 1000.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: Free Running
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0xA3;
SFIOR&=0x0F;

// LCD module initialization
lcd_init(20);

// Global enable interrupts
#asm("sei")

lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Io:  mA Vo :  mV");

delay_ms(1000);

PORTC.0=0;

Tahap=1;
Charging=1; // charge off
DisCharging=1; // DisCharge on = Pengosongan

delay_ms(300);

// Io = Arus Awal

ArusBatery=read_adc(AdcArus);
ArusBatery=read_adc(AdcArus);

delay_ms(10);
TempArusKosong=ArusBatery*5.05;

```

```
Arus1=TempArusKosong;
ArusAwal=Arus1;

itoa(TempArusKosong,KonversiArusKosong);
```

```
lcd_gotoxy(3,0);
lcd_puts(KonversiArusKosong);
delay_ms(10);
```

```
lcd_gotoxy(0x0E,0);
lcd_puts(KonversiArusKosong); //Voltase
delay_ms(10);
```

```
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("It: mA T ");
delay_ms(10);
lcd_gotoxy(3,1);
lcd_puts(KonversiArusKosong);
```

```
delay_ms(10);
lcd_gotoxy(0,2);
lcd_putsf("Ca: mAH ");
```

```
delay_ms(5000);
```

```
TCCR0=0x02;
DDRA.0=1;
PORTA.0=1;
```

```
while (1)
{
// Place your code here
```

```
while (Arus1>1000){
BacaPengosongan();
```

```
delay_ms(980);
```

```
}
```

```
//=====
```

```
TCCR0=0x00; //
```

```
delay_ms(300);
```

```
//BacaPengosongan();
```

```
delay_ms(500);
```

```
Tahap=2;
```

```
Jam=0;
```

```
Menit=0;
Detik=0;
Pengali=0;
```

```
lcd_gotoxy(0,3);
lcd_putsf("Ic: mA T ");
delay_ms(1000);
```

```
ArusBateri=read_adc(AdcArus);
TempArusIsi=ArusBateri*5.18;
itoa(TempArusIsi,KonversiArusIsi);
```

```
lcd_gotoxy(3,3);
lcd_putsf(" ");
delay_ms(100);
lcd_gotoxy(3,3);
lcd_puts(KonversiArusIsi);
```

```
delay_ms(1500);
```

```
TCCR1B=0x02; //timer 0 on
//===== PROGRAM AUTOMATIS CHARGE
```

```
=====
```

```
while (Tahap==2){
```

```
    Charging=1; // charge off
    DisCharging=1; // DisCharge on = Pengosongan
    delay_ms(1000);
```

```
    ArusBateri=read_adc(AdcArus);
    TempArusIsi=ArusBateri*5.05;
    itoa(TempArusIsi,KonversiArusIsi);
```

```
    lcd_gotoxy(3,3);
    lcd_putsf(" ");
    delay_ms(50);
    lcd_gotoxy(3,3);
    lcd_puts(KonversiArusIsi);
```

```
    delay_ms(100);
```

```
    Charging=1;
    DisCharging=0;
```

```
    if (TempArusIsi<1375){
        Charging=0; //charging aktif
        delay_ms(5000);
```

```
    }
    else
    if (TempArusIsi>1375){          // lamanya charging off
        Charging=1;                //Charging Off
        Tahap=3;
        TCCR1B=0x00;              //timer 1 Off waktu Isi
        delay_ms(100);
        BacaPengisian();
        delay_ms(5000);
    }
}

while (Tahap==3){};
// tahap == 3

};
}
```

