

## SMART CHARGER NiCd DAN NiMh DENGAN TEKNIK PENGISIAN PULSA

Indar Sugiarto, Lauw Lim Un Tung

Jurusan Teknik Elektro - Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131 Surabaya  
Email: [indi@petra.ac.id](mailto:indi@petra.ac.id)

### Abstrak

Battery charger digunakan untuk mengisi ulang baterai dan dua jenis baterai isi ulang yang sering digunakan adalah NiCd dan NiMh. Untuk menjaga agar baterai selalu dalam kondisi yang baik maka diperlukan perawatan, termasuk memilih charger yang berkualitas karena usia baterai isi ulang dipengaruhi juga oleh pengisinya. Suatu charger yang baik harus mampu mengisi baterai dengan cepat tanpa merusak baterai. Pada penelitian ini akan dicoba implementasi sebuah charger yang mampu mengisi muatan baterai isi ulang dengan cepat tanpa mengurangi kapasitas dan usia baterai. Teknik yang digunakan adalah teknik pengisian Mc. Culloch dengan negative delta voltage regulation. Baterai isi ulang yang dipakai adalah jenis NiCd dan NiMh dengan rating tegangan antara 1,2 hingga 12 volt dan kapasitas arus 150 hingga 2000 mAh.

Dari penelitian yang sudah dikerjakan menunjukkan bahwa metode yang dipakai cukup efisien dan cepat. Rata-rata waktu yang dibutuhkan adalah sekitar 1 jam dengan besar arus pengisian =  $1C$ . Negative delta voltage pada termination charge lebih efektif melindungi baterai dari over-charging sekaligus dapat mengisi baterai lebih penuh. Tegangan baterai NiCd dan NiMh pada saat kapasitasnya sudah penuh dipengaruhi oleh suhu ruang, semakin tinggi suhu, maka semakin rendah tegangan yang dicapai baterai pada saat mencapai kapasitas maksimumnya.

Kata Kunci : battery charger, pulse charging, negative delta voltage

### 1. Pendahuluan

Dengan semakin meningkatnya penggunaan peralatan elektronik *portable*, penggunaan baterai yang *rechargeable* juga semakin banyak. Demikian juga dengan teknik *charger* yang digunakan. Untuk menjaga agar baterai selalu dalam kondisi yang baik maka diperlukan perawatan, termasuk memilih *charger* yang berkualitas karena usia baterai isi ulang dipengaruhi juga oleh pengisinya. Suatu *charger* yang baik harus mampu mengisi baterai dengan cepat tanpa merusak baterai. Ada beberapa teknik pengisian baterai yang sering digunakan, diantaranya adalah metode tegangan konstan, metode arus konstan, dan metode pengisian pulsa. Supaya baterai tidak mengalami *overcharging*, maka harus ada mekanisme untuk memonitor dan mengontrol kerja dari pengisi. Beberapa teknik yang sering dipakai antara lain metode monitor percepatan kenaikan temperatur ( $\Delta T/\Delta t$ ), metode monitor percepatan kenaikan tekanan baterai dan metode negative delta voltage ( $-\Delta V$ ).

Pada penelitian ini akan dicoba implementasi sebuah *charger* yang mampu mengisi muatan baterai isi ulang dengan cepat tanpa mengurangi kapasitas dan usia baterai. Ruang lingkupnya dibatasi pada disain sistem elektronik untuk mengimplementasi teknik pengisian pulsa pada baterai isi ulang dan membandingkan dengan teknik pengisian yang lain (yang ada di pasaran). Baterai isi ulang yang dipakai adalah jenis NiCd dan NiMh dengan rating tegangan antara 1,2 hingga 12 volt dan kapasitas arus 150 hingga 2000 mAh. Sedangkan topik utama yang akan dibahas dalam laporan ini adalah metode yang dipakai disain perangkat keras maupun lunak yang disertai dengan pengujian sistem. Tujuan akhir dari

penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa efektif teknik pengisian pulsa pada baterai isi ulang yang dikendalikan oleh mikrokontroler, berapa waktu rata-rata yang dibutuhkan dan korelasinya dengan kapasitas yang diinginkan, serta permasalahan-permasalahan apa yang menjadi kendala utama dalam disain pengisian baterai dengan teknik pengisian pulsa.

## 2. Baterai Isi Ulang NiCd dan NiMh

Baterai atau sel NiCd dan NiMh adalah sumber energi listrik arus searah, dengan mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Dilihat dari segi bentuk, baterai NiCd dan NiMh terdiri dari banyak jenis dengan bentuk konstruksi yang berbeda-beda. Secara umum, baterai NiCd dan NiMh memiliki konstruksi yang terdiri dari elektroda positif dan negatif, *separator* atau pemisah, elektrolit, dan wadah sel. Elektroda merupakan bahan elektrokimia aktif. Untuk baterai NiCd dan NiMh elektroda positifnya adalah  $Ni(OH)_2$ , sedangkan elektroda negatif untuk NiCd adalah  $Cd(OH)_2$  dan M (*Metal Hydride*) untuk elektroda negatif baterai NiMh. *Metal Hydride* merupakan gabungan dari dua logam dengan komposisi tertentu. Sedangkan elektrolit yang sering dipakai dalam baterai NiCd dan NiMh adalah KOH. Jenis elektrolit ini memiliki kelebihan dalam hal konduktivitas yang tinggi dan titik bekunya yang rendah.

Pada saat baterai dalam proses pengosongan, terjadi aliran elektron dari elektroda negatif ke elektroda positif. Sedangkan pada saat baterai dalam proses pengisian, terjadi aliran elektron dari elektroda positif menuju ke elektroda negatif. Reaksi kimia yang terjadi pada elektroda positif baterai NiCd adalah sebagai berikut.



Sedangkan reaksi kimia pada elektroda negatifnya adalah sebagai berikut.



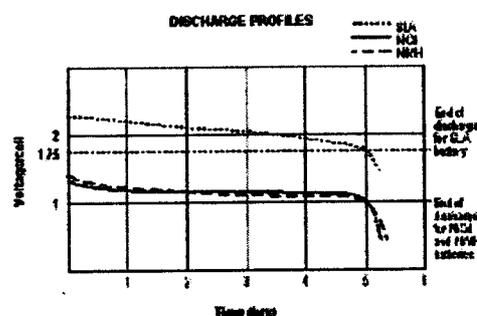
Pada baterai NiMh, reaksi kimia yang terjadi pada elektroda positifnya adalah sebagai berikut.



Dan reaksi kimia pada elektroda negatifnya adalah sebagai berikut.

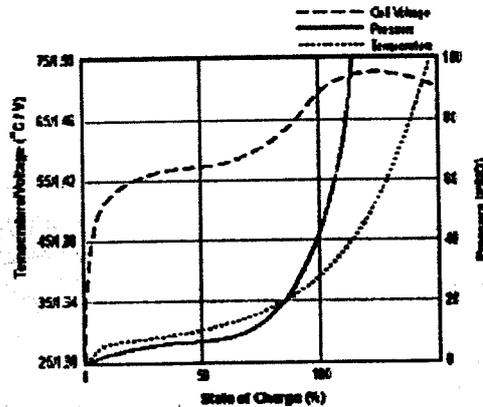


Karakteristik pengosongan maupun pengisian dari kedua macam baterai tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Karakteristik umum pengosongan baterai NiCd dan NiMh pada  $0,2C^1$

<sup>1</sup> Gambar diambil dari <http://www.buchmann.ca/Chap5-page2.asp>



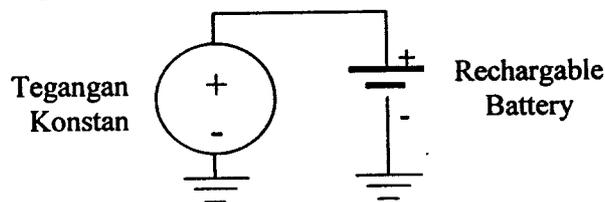
Gambar 2. Karakteristik umum pengisian pada baterai NiCd dan NiMh<sup>2</sup>.

### 3. Metode Pengisian Baterai

Secara umum ada dua metode pengisian baterai sekunder, yaitu dengan tegangan konstan dan dengan arus konstan.

#### 3.1. Metode Tegangan Konstan

Pada metode ini baterai dihubungkan dengan suatu sumber tegangan konstan dengan polaritas seperti ditunjukkan pada gambar 3.



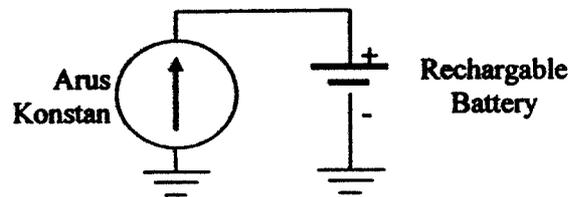
Gambar 3. Pengisian baterai dengan metode tegangan konstan

Besar arus pengisian pada metode ini tergantung dari perbedaan tegangan antara sumber tegangan dengan tegangan baterai. Pada permulaan pengisian, tegangan baterai masih rendah sehingga arus pengisian tinggi, dan setelah proses pengisian berjalan cukup lama, tegangan baterai akan naik sehingga arus pengisian juga berkurang. Kekurangan dari metode ini adalah kesulitan untuk menghitung perkiraan seberapa arus yang telah diserap oleh baterai.

#### 3.2. Metode Arus Konstan

Pada metode ini sebuah sumber arus konstan dihubungkan dengan baterai seperti ditunjukkan pada gambar 4.

<sup>2</sup> Gambar diambil dari <http://www.buchmann.ca/Chap4-page4.asp>

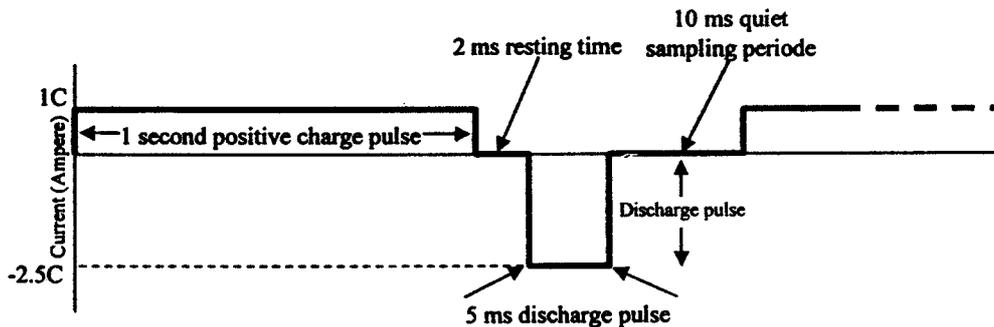


Gambar 4. Pengisian baterai dengan metode arus konstan

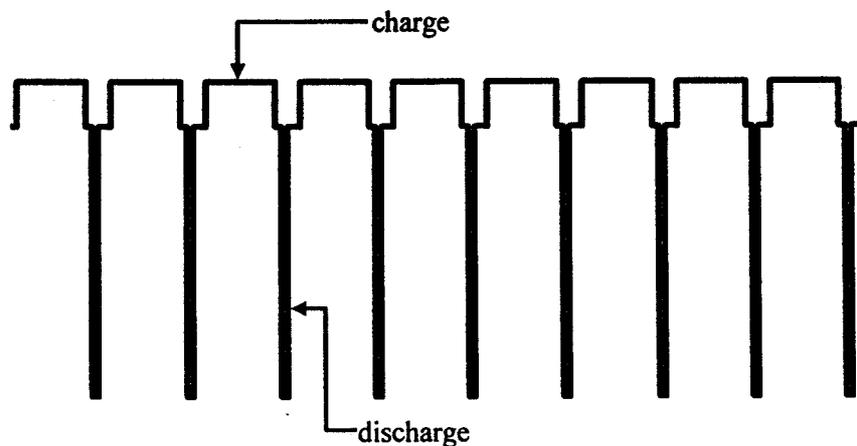
Sumber arus konstan harus didisain agar perubahan tegangan pada baterai saat proses pengisian tidak mempengaruhi besarnya arus yang mengalir pada baterai.

### 3.3. Metode Pulsa

Metode ini merupakan pengembangan dari metode arus konstan. Pada metode ini, arus pengisian konstan diberikan pada baterai dengan *duty cycle* tertentu. Metode pulsa ini dikembangkan lagi oleh W. Burkett dan J. Bigbee dengan menambahkan sebuah pulsa negatif sebesar  $2.5C$  pada tiap siklus pengisian. Metode terakhir ini dikenal dengan metode pengisian pulsa McCulloch yang disebut juga sebagai *reflex charging* atau *burp charging*.



Gambar 5. Bentuk pulsa tunggal McCulloch



Gambar 6. Bentuk pulsa McCulloch pada metode pengisian pulsa

Pada proses pengisian, akan terbentuk gelembung  $O_2$  pada kedua elektroda. Pulsa negatif dengan amplitudo tinggi dan dengan waktu singkat yang diberikan ditengah-tengah proses pengisian mampu membalikkan proses kimia pada baterai sehingga gelembung-gelembung gas  $O_2$  pada kedua elektroda lenyap dan dapat mencegah timbulnya struktur kristal pada elektroda positif. Dengan lenyapnya gelembung gas  $O_2$  didapat keuntungan:

- Luas permukaan elektroda menjadi maksimal sehingga penerimaan arus pengisian meningkat (efisiensi pengisian naik)
- Pengukuran tegangan baterai ditengah-tengah proses pengisian jadi lebih akurat
- Pengisian dengan kecepatan tinggi jadi lebih aman bagi baterai karena perubahan temperatur dan tekanan dalam baterai berkurang

Bila timbulnya struktur kristal pada elektroda positif dapat dicegah, maka keuntungan yang didapat:

- Mencegah efek memori saat pengisian baterai
- Resistansi elektroda lebih rendah karena permukaan tetap bersih, sehingga hilangnya daya pada saat pengosongan dan pengisian menjadi kecil
- Baterai dapat mencapai usia optimumnya

#### 4. Metode Charge Termination

Ada tiga metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kapasitas baterai pada saat proses pengisian berlangsung, yaitu:

- Metode monitor percepatan kenaikan temperatur ( $\Delta T/\Delta t$ )
- Metode monitor percepatan kenaikan tekanan baterai
- Metode negative delta voltage ( $-\Delta V$ )

Metode monitor percepatan kenaikan temperatur menggunakan sifat baterai, yang mana temperatur baterai yang naik dengan cepat pada saat energi baterai mencapai  $\pm 70\%$  (gambar 2). Metode monitor percepatan kenaikan tekanan baterai menggunakan sifat baterai dimana tekanan baterai yang naik dengan cepat pada saat energi baterai mencapai  $\pm 70\%$  (gambar 2). Metode ini sangat sulit diaplikasikan karena sulit untuk memonitor tekanan dalam baterai.

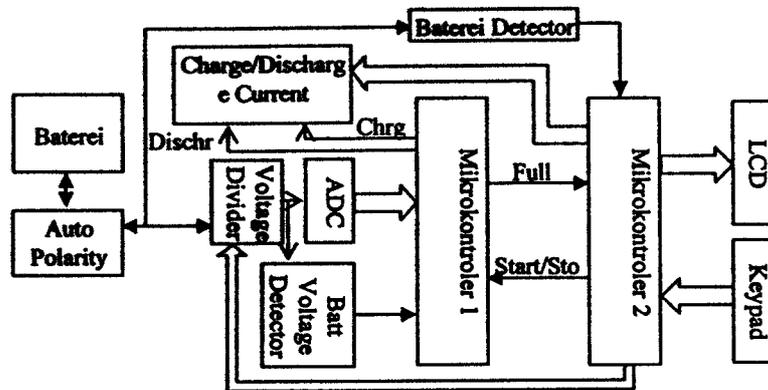
Pada metode *negative delta voltage* ( $-\Delta V$ ) yang dimonitor adalah tegangan baterai. Pada saat energi baterai telah melewati 100% (gambar 2) akan terjadi penurunan tegangan. Metode ini hanya dapat dilakukan bila arus pengisian 1C atau lebih karena pada arus pengisian di bawah 1C, penurunan tegangan ini menjadi kecil sekali sehingga sulit dideteksi. Besarnya penurunan tegangan ini bervariasi pada setiap baterai dengan rentang antara 5mV hingga 10mV untuk baterai NiMh dan 10mV hingga 20mV untuk baterai NiCd. Pada penelitian ini akan digunakan metode ini untuk memonitor proses pengisian baterai.

#### 5. Perencanaan Perangkat Keras Sistem

Smart Charger yang diinginkan memiliki beberapa fitur seperti:

- Memiliki fasilitas *auto polarity*
- Mampu mengisi baterai dengan tegangan nominal 1.2, 2.4, 3.6, 4.8, 6, 7.2, 9, dan 12 Volt dengan kapasitas arus 150, 700, 1300, 1700, 1800, dan 2000 mA.

Diagram blok secara keseluruhan dari sistem ditunjukkan pada gambar berikut.

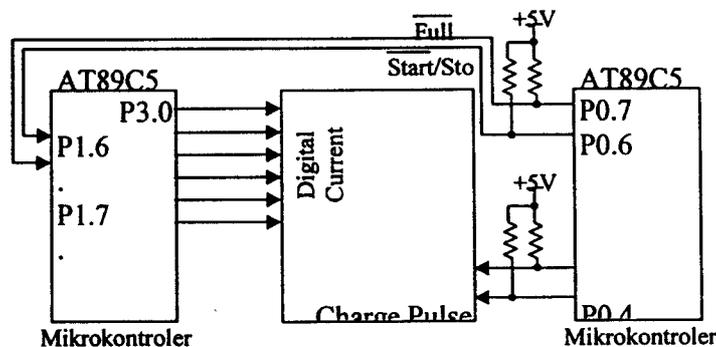


Gambar 7. Diagram blok Smart Charger.

Bagian-bagian utama dari sistem dapat dijelaskan sebagai berikut.

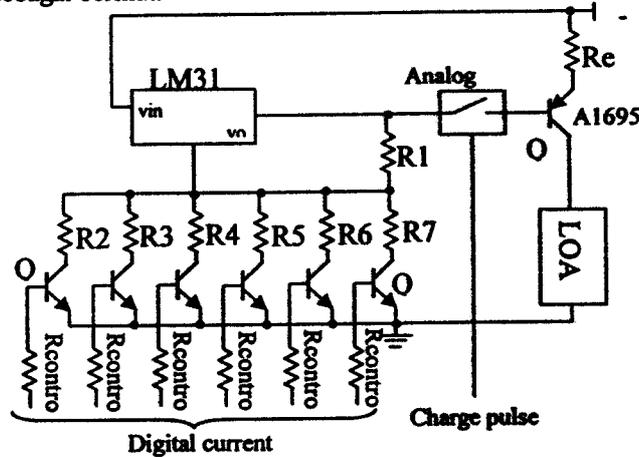
- *Auto polarity*, berfungsi untuk membalik polaritas baterai jika terbalik.
- *Charge/Discharge Current*, adalah sumber arus pengisian dan pengosongan yang dikontrol oleh mikrokontroler.
- *Voltage divider*, adalah suatu rangkaian yang bertugas menurunkan tegangan baterai sebelum diolah oleh ADC agar rentang tegangannya sesuai dengan rentang input ADC.
- *Battery Threshold Voltage*, adalah rangkaian komparator yang bertugas sebagai pengaman. Tegangan output dari *voltage divider* dibandingkan dengan suatu tegangan tertentu, dimana tegangan ini adalah batas tegangan maksimum baterai yang diperbolehkan.
- *Battery Detector*, berfungsi untuk mengetahui apakah baterai telah terhubung pada *Smart Charger* atau belum, sekaligus juga memeriksa polaritas baterai.
- Mikrokontroler 1 bertugas untuk mengolah data dari ADC0804 untuk menentukan apakah baterai sudah terisi penuh dan menginformasikannya pada mikrokontroler 2 dengan menggunakan algoritma untuk *charge termination*-nya sekaligus mengendalikan sumber arus pengisi. Sedangkan mikrokontroler 2 bertugas sebagai antarmuka dengan *user* dan menentukan waktu proses pengisian. Mikrokontroler ini mengatur besar arus pengisian dan besarnya faktor pembagi pada *Voltage Divider* dari input yang diterima dari *user*.

Antarmuka mikrokontroler 1 dan mikrokontroler 2 dengan rangkaian Charge/Discharge adalah sebagai berikut.

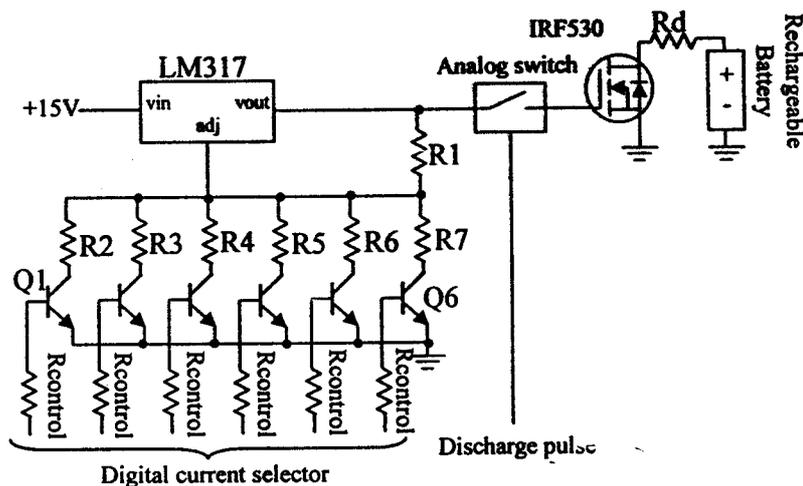


Gambar 8. Antarmuka mikrokontroler 1 dan mikrokontroler 2 dengan rangkaian Charge/Discharge

Rangkaian *Charge/Discharge Current* dibuat menggunakan *constant current source* dan rangkaian pembuangan arus sebagai berikut.



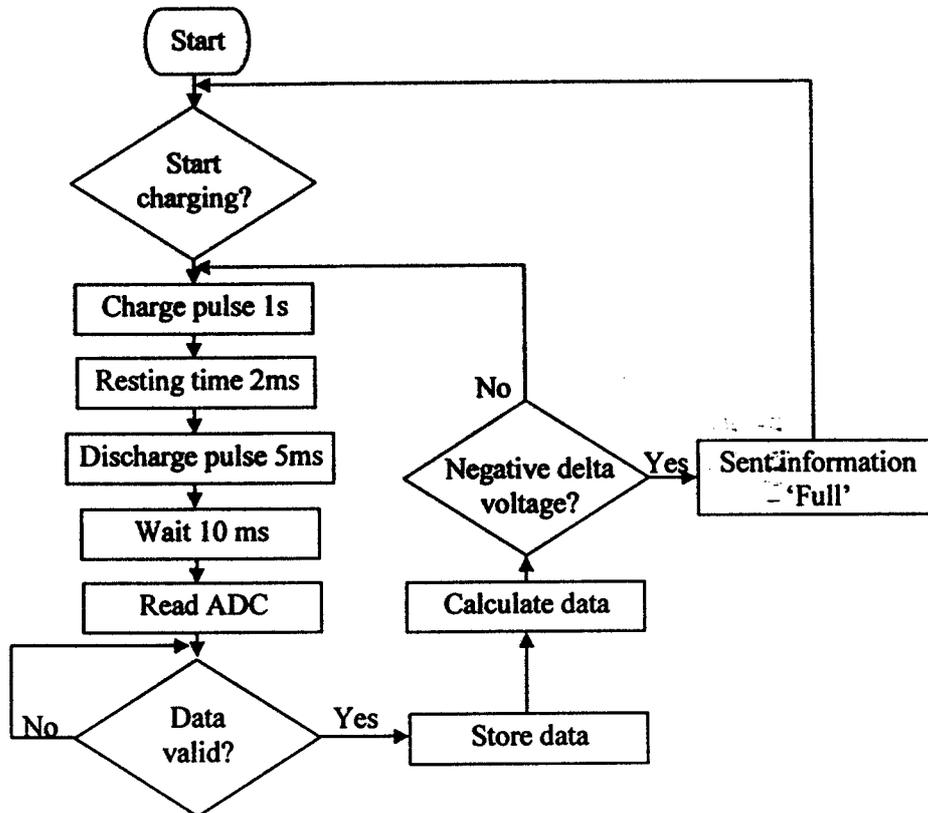
Gambar 9. Rangkaian *constant current source* pada *smart charger*.



Gambar 10. Rangkaian arus pembuangan pada *Smart Charger*.

## 6. Perencanaan Perangkat Lunak Sistem

Di dalam sistem *Smart Charger* terdapat dua mikrokontroler dengan fungsi yang berbeda. Mikrokontroler pertama berfungsi untuk mengendalikan proses *charging/discharging* dan mengolah informasi untuk *negative delta voltage charge termination*. Sedangkan mikrokontroler kedua merupakan antarmuka dengan *user* sekaligus menentukan besarnya arus pengisian baterai. Jadi, mikrokontroler pertama yang bertanggungjawab mengimplementasikan teknik pengisian pulsa dan mendeteksi penuh tidaknya baterai yang diisi ulang setelah menerima informasi kapasitas baterai yang diinginkan dari mikrokontroler kedua. Diagram alir untuk mikrokontroler pertama adalah sebagai berikut.



Gambar 11. Diagram alir sistem mikrokontroler 1.

## 7. Pengujian Sistem

Pada saat baterai dalam proses pengisian, tegangan nominalnya naik dan diikuti dengan perubahan impedansi pada baterai. Tabel berikut menunjukkan hasil pengujian untuk mengetahui kestabilan dari *constant current source* pada gambar 9 dengan beban dari beberapa tipe *rechargeable battery*.

Tabel 1. Pengujian *constant current source*

Menit	GP70AAKC (700mA)	GP130AAHC (1300mA)	GP170AAHC (1700mA)	Sanyo HR-3U (1700mA)
0	689	1290	1687	1688
5	697	1293	1693	1691
10	701	1293	1698	1694
15	702	1296	1700	1699
20	702	1298	1700	1700
25	702	1300	1701	1700
30	704	1300	1701	1702

Dari pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa *constant current source* akan berusaha mengalirkan arus konstan sesuai kapasitas baterai dan baru stabil setelah bekerja beberapa menit.

Pengujian performansi sistem secara keseluruhan dilakukan terhadap beberapa beterei isi ulang. Pada pengujian ini, beterei yang sudah kosong akan diisi menggunakan sistem *smart charger* yang dibuat. Beterei yang akan diisi terlebih dahulu dicatat tegangan kosongnya. Kemudian tegangan saat beterei telah penuh dan beberapa jam sesudah diisi (8 jam) juga dicatat. Hasilnya ditunjukkan oleh tabel berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian performansi dari sistem (*smart charger*)

		GP70AAKC	GP130AAHC	GP170AAHC	Sanyo HR-3U
Tipe		NiCd	NiMh	NiMh	NiMh
Kapasitas		700mAH	1300mAH	1700mAH	1700mAH
Tegangan nominal		1.2 volt	1.2 volt	1.2 volt	1.2 volt
Tegangan kosong		1.04 volt	1.01 volt	1.07 volt	1.02 volt
Tegangan beterei penuh	Sesaat sesudah pengisian	1471mV	1457mV	1461mV	1452mV
	Setelah 8 jam sejak pengisian	1351mV	1355mV	1362mV	1361mV
Waktu pengisian		54m:37s	58m:35s	1h:08m:13s	1h:03m:07s

Pada saat pengujian berlangsung, suhu ruangan terukur sebesar 31,7°C. Dapat dilihat bahwa pada saat pertama kali beterei penuh dan setelah 8 jam diisi (tanpa dipakai), terjadi penurunan tegangan. Perubahan tegangan ini disebabkan karena perubahan suhu di dalam beterei dan karena *self-discharge* dari beterei yang bersangkutan. Jika beterei didiamkan dalam keadaan yang lebih lama lagi (tanpa dibebani), tegangan akan stabil di sekitar 1300mV dan jika dibebani akan turun menjadi sekitar 1200mV.

Pengujian juga dilakukan dengan membandingkan performansi sistem *smart charger* dengan *charger* yang lain. Berikut adalah perbandingan sistem *smart charger* terhadap tipe *charger* yang lain.

Tabel 3. Perbandingan performansi beberapa tipe *charger*

Yang diuji	Pengujian terhadap beterei GP130AAHC			Pengujian terhadap beterei GP170AAHC		
	Smart Charger	Vanson V-888N	Vanson V-1299	Smart Charger	Vanson V-888N	Vanson V-1299
Tegangan awal beterei	1.01 volt	1.02 volt	1.00 volt	1.07 volt	1.04 volt	1.01 volt
Tegangan beterei penuh	1466mV	1449mV	1451mV	1459mV	1441mV	1447mV
Waktu pengisian	58m:35s	14h:02m	4h	1h:08m:13s	14h:0m	4h
Metode pengisian	Pulsa McCulloch	Arus konstan	Arus konstan	Pulsa McCulloch	Arus konstan	Arus konstan
Charge Termination	Negative delta voltage	-	Timer	Negative delta voltage	-	Timer
Tegangan beterei yang dapat diisi	1.2 – 12 volt	1.2 volt	1.2 volt	1.2 – 12 volt	1.2 volt	1.2 volt
Pemilihan kapasitas beterei	√	-	-	√	-	-
Auto polarity	√	-	-	√	-	-
Ukuran beterei yang dapat diisi	Semua ukuran*	4 buah AA	4 buah AA, AAA, C, D	Semua ukuran*	4 buah AA	4 buah AA, AAA, C, D

\*Diasumsikan. Pengujian dilakukan dengan mengisi 12 beterei AA kemudian dengan 16 beterei AAA sekaligus

Datasheet dari masing-masing baterai menunjukkan bahwa waktu pengisian jika menggunakan teknik arus konstan dengan besar pengisian 0.1C adalah selama 16 jam.

## 8. Penutup

Dengan mengacu pada perencanaan dan pembuatan sistem *smart charger* serta dari hasil pengujian sistem dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- Metode pengisian pulsa McCulloch akan menghasilkan kecepatan pengisian yang lebih cepat dibandingkan metode pengisian yang lain karena mampu mengoptimalkan arus pengisian maksimum dengan memperhatikan faktor-faktor reaksi kimia dalam baterai isi ulang.
- Baterai dengan kapasitas 700mAH hingga 1700mAH dapat diisi penuh dalam waktu sekitar 1 jam bila diisi menggunakan metode pengisian pulsa dengan arus pengisian 1C. Sistem *smart charger* yang dilengkapi dengan *constant current source* dan *voltage divider* dapat membuat pengisian dari beberapa baterai sekaligus dapat berjalan dengan kecepatan hampir sama.
- Meskipun belum diuji semuanya, sistem *smart charger* ini didisain untuk penggunaan dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - Range tegangan baterai yang dapat diisi adalah 1.2 hingga 12 volt.
  - Range kapasitas baterai yang dapat diisi adalah 150mAH hingga 2000mAH.

## 9. Daftar Pustaka

- [1] Wobschall, Darold, *Circuit Design for Electronic Instrumentation*, 2<sup>nd</sup>, New York: McGraw-Hill, 1987.
- [2] Crawford, Robert, *MOSFET in Circuit Design*, New York: McGraw-Hill, 1967.
- [3] AdvanTec Industries Inc., "The History of Negative Pulse Charging System".  
<<http://www.advantec.com>>
- [4] Vencon Co. Ltd., "A collection of battery question and the replys from Red Scholefield, a battery engineer".  
<[http://www.vencom.com/VencomTechnologiesInc\\_RedScholefieldReplis/index.html](http://www.vencom.com/VencomTechnologiesInc_RedScholefieldReplis/index.html)>
- [5] Isidor Buchmann, "Batteries in a Portable World. A handbook on rechargeable batteries for non-engineers". 2001.  
<<http://www.buchmann.ca>>