



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN *SYSTEM BATTERY CHARGING
AUTOMATIC***

SKRIPSI

**HELLY ANDRI
0806365886**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JULI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN *SYSTEM BATTERY CHARGING*
*AUTOMATIC***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

**HELLY ANDRI
0806365886**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JULI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : HELLY ANDRI

NPM : 0806365886

Tanda Tangan :

Tanggal : 7 Juli 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Feri Yusivar M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Orang tua tercinta, kakak-kakak dan keluarga besar yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (3) Teman-teman yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini, Prasetya Widodo, Dannie Novin, Suryo, Alto Belly, Setiadi dan yang lainnya tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu

Depok, 7 Juli 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Helly Andri
NPM : 0806365886
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

Rancang Bangun System Battery Charging Automatic

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 7 Juli 2010
Yang menyatakan

(Helly Andri)

Helly Andri
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Feri Yusivar M.Eng

RANCANG BANGUN *SYSTEM BATTERY CHARGING* *AUTOMATIC*

ABSTRAK

Pada prinsipnya pengisian muatan baterai adalah dengan cara mengaliri baterai dengan arus listrik secara terus menerus. Pengisian dihentikan ketika tegangan baterai telah sampai pada tegangan maksimumnya (muatan penuh). Jika baterai telah mencapai tegangan maksimumnya tetapi tetap dilakukan pengisian maka akan menimbulkan kerugian yaitu pemborosan energi listrik serta akan terjadi pemanasan berlebihan pada baterai yang akan memperpendek umurnya. Untuk menghindari kerugian tersebut, maka akan lebih baik jika *charger* dapat bekerja secara otomatis untuk mengisi baterai jika baterai itu kosong muatannya (tegangan dibawah nilai nominalnya) serta berhenti mengisi jika baterai telah penuh.. Dengan demikian tegangan tidak stabil akibat beban bisa dihindari karena tegangan *output* dikontrol. Sistem pengendali di sini menggunakan relay sebagai *driver switch* dan kontrolernya dengan mikrokontroler ATMEGA8535.

Kata kunci : otomatis, *charging*, baterai, *driver switch*, mikrokontroler.

Helly Andri
Electrical Engineering Department

The lecturer of consultant
Dr. Ir. Feri Yusivar M.Eng

DESIGN SYSTEM BATTERY CHARGING AUTOMATIC

ABSTRACT

In principle, the battery is charging the battery by way of electric current flowing continuously. Charging was stopped when the battery voltage has reached its maximum voltage (full load). If the battery has reached its maximum voltage, but if is still being done charging it will cause loss of electrical energy waste and excessive heating will occur in the battery will shorten its age. To avoid such losses, it would be better if the charger can work automatically to charge the battery if the battery is empty the load (voltage below the nominal value) and stop filling when the battery is full. Thus the voltage is unstable due to the load can be avoided because the output voltage is controlled. The Control system using a relay as driver switch and the controller with microcontroller ATMEGA8535.

Key words : automatic , charging, battery, driver switch, microcontroller.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Skripsi.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Sistematika Penulisan.....	2
BAB 2 DASAR TEORI	3
2.1 <i>Charger</i>	3
2.1.1 Jenis <i>Charger</i> atau <i>Rectifier</i>	4
2.1.2 Prinsip Kerja <i>Charger</i>	5
2.1.3 Bagian-Bagian <i>Charger</i>	6
2.1.4 Komponen Pengaturan Arus (<i>Current Limiter</i>).....	7
2.2 <i>Filter</i> (penyaring).....	7
2.3 Rangkaian <i>Voltage Dropper</i>	12
2.4 Pengertian Baterai.....	13
2.4.1 Prinsip Kerja Baterai	13
2.4.2 Prinsip Kerja Baterai Asam – Timah.....	15
2.4.3 Prinsip Kerja Baterai Alkali.....	16
2.4.4 Jenis-Jenis Baterai.....	18
2.4.5 Bagian-Bagian Utama Baterai.....	24
2.4.6 Instalasi Sel Baterai.....	26
2.4.6.1 Terminal dan Penghubung Baterai.....	27
2.4.6.2 Ukuran Kabel.....	28
2.4.6.3 Rangkaian Baterai.....	28
2.4.7 Ventilasi Ruang Baterai.....	32
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM	33
3.1 General Blok Diagram <i>charging battery</i>	34
3.2 <i>Charging</i> Baterai.....	35
3.3 Baterai <i>charger</i>	37
3.3.1 Mengisi Elektrolit pada Baterai.....	40
3.3.2 Pemeriksaan Baterai.....	43
3.3.3 Pengisian Baterai.....	47

3.3.3.1	Pengisian Normal.....	48
3.3.3.2	Pengisian Cepat.....	53
3.4	Mikrokontroler ATMEGA8535.....	55
3.4.1	<i>Analog-to-Digital Converter</i>	57
3.5	Rangkaian <i>Digital to Analog Converter</i> (DAC) 0808.....	58
3.6	Rangkaian Catu Daya Tegangan Rendah <i>DC</i>	59
3.7	<i>Flowchart</i> Program.....	61
BAB 4 PENGUJIAN		65
4.1	Pengujian Rangkaian.....	65
4.1.1	Pengujian Rangkaian Pengisi Baterai.....	65
4.1.2	Pengujian Rangkaian <i>Switch</i>	67
4.1.3	Pengujian Rangkaian Pembagi Tegangan.....	68
4.2	Pengujian Lama Waktu Pengisian Baterai (<i>Charging</i>).....	70
4.3	Pengujian Pengosongan Baterai (<i>Dhischarging</i>).....	72
BAB 5 KESIMPULAN		75
DAFTAR ACUAN		76
DAFTAR PUSTAKA		77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip <i>converter</i> atau <i>charger</i> atau <i>rectifier</i>	3
Gambar 2.2	Contoh rangkaian <i>rectifier</i>	5
Gambar 2.3	Penyearah thyristor gelombang penuh.....	7
Gambar 2.4	Bentuk gelombang <i>ripple</i>	8
Gambar 2.5	Bentuk gelombang <i>ripple</i>	8
Gambar 2.6	(a) Tegangan AC sinusoida (b) Nilai mutlak dari pada tegangan pada (a)	9
Gambar.2.7	Rangkaian <i>filter</i> untuk memperbaiki <i>ripple</i>	11
Gambar 2.8	Rangkaian <i>filter</i> LC dan <i>filter</i> C	12
Gambar 2.9	Rangkaian tegangan <i>drop</i>	12
Gambar 2.10	Proses pengosongan pengisian (<i>Discharge</i>)	14
Gambar 2.11	Proses <i>charge</i>	14
Gambar 2.12	Baterai dengan konstruksi <i>pocket plate</i>	20
Gambar 2.13	Konstruksi elektrode tipe <i>pocket plate</i> dalam 1 rangkaian....	20
Gambar 2.14	<i>Sintered plate electrode</i>	22
Gambar 2.15	<i>Fibre nickel cadmium electrode</i>	23
Gambar 2.16	Bagian-bagian baterai.....	24
Gambar 2.17	Bentuk sederhana sel baterai.....	25
Gambar 2.18	Hubungan baterai secara seri.....	29
Gambar 2.19	Hubungan baterai secara paralel.....	30.
Gambar 2.20	Hubungan baterai secara seri paralel.....	31
Gambar 3.1	Blok diagram.....	34
Gambar 3.2	Rangkaian AC – DC <i>charging</i> baterai	35
Gambar 3.3	Rangkaian <i>charging</i> baterai.....	36
Gambar 3.4	Baterai.....	37
Gambar 3.5	Hubungan Temperatur Dengan Berat Jenis.....	41
Gambar 3.6	Mengisi Elektrolit Pada Baterai.....	41
Gambar 3.7	Pemeriksaan bagian baterai secara visual.....	44
Gambar 3.8	Mengukur tegangan baterai.....	47
Gambar 3.9	Grafik hubungan berat jenis dengan kapasitas baterai.....	48
Gambar 3.10	Mengisi baterai.....	50
Gambar 3.11	Mengisi baterai dengan rangkaian paralel.....	51
Gambar 3.12	Mengisi baterai dengan rangkaian seri.....	52
Gambar 3.13	Diagram blok ATMEGA8535.....	56
Gambar 3.14	Diagram blok <i>Analog-to-Digital Converter</i>	57
Gambar 3.15	Rangkaian DAC 0808.....	59
Gambar 3.16	Rangkaian catu daya tegangan rendah DC.....	60
Gambar 3.17	Flowchart program.....	61
Gambar 4.1	Rangkaian AC – DC <i>charging</i> baterai	65
Gambar 4.2	Rangkaian pengisi baterai.....	66
Gambar 4.3	Rangkaian DAC0808.....	67
Gambar 4.4	Rangkaian <i>switch</i>	68
Gambar 4.5	Rangkaian pembagi tegangan.....	69
Gambar 4.6	Rangkaian pembatas arus.....	69
Gambar 4.7	Proses pengisian baterai.....	70

Gambar 4.8	Grafik hasil proses pengisian baterai.....	72
Gambar 4.9	Proses pengosongan baterai.....	72
Gambar 4.10	Grafik hasil proses pengosongan baterai.....	74



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tindakan yang dilakukan berdasarkan hasil pengukuran berat jenis elektrolit.....	46
Tabel 4.1	Range tegangan kerja ke R9 dengan membatasi Vout 12V...	66
Tabel 4.2	Kondisi relay inverter dan relay baterai.....	68
Tabel 4.3	Data pengujian pengisian baterai.....	71
Tabel 4.4	Data pengujian pengosongan baterai.....	73

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pada prinsipnya pengisian muatan baterai adalah dengan cara mengalirinya dengan arus listrik secara terus menerus. Pengisian dihentikan ketika tegangan baterai telah sampai pada tegangan maksimumnya (muatan penuh). Jika baterai telah mencapai tegangan maksimumnya tetapi tetap dilakukan pengisian maka akan menimbulkan kerugian yaitu pemborosan energi listrik serta akan terjadi pemanasan berlebihan pada baterai yang akan memperpendek umurnya. Untuk menghindari kerugian tersebut, maka akan lebih baik jika *charger* dapat bekerja secara otomatis untuk mengisi baterai jika baterai itu kosong muatannya (tegangan dibawah nilai nominalnya) serta berhenti mengisi jika baterai telah penuh.

1.2 TUJUAN SKRIPSI

Tujuan dari skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang sebuah perangkat *charging batteray* dengan sistem otomatis.
2. Sebagai bagian pengembangan energi *alternative* yang ramah lingkungan.

1.3 BATASAN MASALAH

Pada skripsi ini hanya akan membahas pada sistem *charging battery*. *charging* ini digunakan untuk mengubah *output* DC yang tidak dikontrol mejadi *output* DC yang terkontrol pada level tegangan tertentu. Dengan demikian tegangan tidak stabil akibat beban bisa dihindari karena tegangan *output* dikontrol. Yang nantinya untuk *charging* baterai secara otomatis akan mengisi baterai jika baterai itu kosong muatannya (tegangan dibawah nilai nominalnya) serta berhenti mengisi jika baterai telah penuh.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

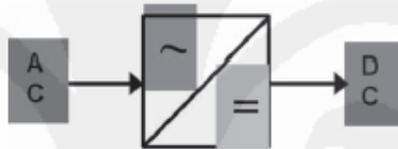
Dalam penulisan skripsi ini akan disusun secara sistematis yang terdiri atas bagian-bagian yang saling berhubungan sehingga diharapkan akan mudah dipahami dan dapat diambil manfaatnya. Bab satu berisi latar belakang, tujuan skripsi, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab dua berisi tentang pengenalan tentang *charger* baterai, dan baterai. Bab tiga menjelaskan perancangan *charger* dan cara kerja alat. Bab empat berisikan tentang pengujian sistem baterai *charger* otomatis. Kemudian bab lima sebagai penutup berisikan beberapa kesimpulan dari dasar-dasar sistem, perancangan dan pengujian alat.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 *Charger*

Charger sering juga disebut *converter* adalah suatu rangkaian peralatan listrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik bolak balik (*Alternating Current*, disingkat AC) menjadi arus listrik searah (*Direct Current*, disingkat DC), yang berfungsi untuk pasokan DC power baik ke peralatan-peralatan yang menggunakan sumber DC maupun untuk mengisi baterai agar kapasitasnya tetap terjaga penuh sehingga keandalan unit pembangkit tetap terjamin. Dalam hal ini baterai harus selalu tersambung ke *rectifier*



Gambar 2.1 Prinsip *converter* atau *charger* atau *rectifier*

Kapasitas *rectifier* harus disesuaikan dengan kapasitas baterai yang terpasang, setidaknya kapasitas arusnya harus mencukupi untuk pengisian baterai sesuai jenisnya yaitu untuk baterai alkali adalah $0,2 C$ ($0,2 \times$ kapasitas) sedangkan untuk baterai asam adalah $0,1C$ ($0,1 \times$ kapasitas) ditambah beban statis (tetap) pada unit pembangkit.

Sebagai contoh jika suatu unit pembangkit dengan baterai jenis alkali kapasitas terpasangnya adalah 200 Ah dan arus statisnya adalah 10 Ampere, maka minimum kapasitas arus *rectifier* adalah:

$$\begin{aligned}
 &= (0,2 \times 200\text{Ah}) + 10\text{A} \\
 &= 40\text{A} + 10\text{A} \\
 &= 50 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Jadi, kapasitas *rectifier* minimum yang harus disiapkan adalah sebesar 50 Ampere.

Sumber tegangan AC untuk *rectifier* tidak boleh padam atau mati. Untuk itu pengecekan tegangan harus secara rutin dan periodik dilakukan baik tegangan masukannya (AC) maupun tegangan keluarannya (DC).

2.1.1 Jenis Charger atau Rectifier

Jenis *Charger* atau *rectifier* ada 2 (dua) macam sesuai sumber tegangannya yaitu *rectifier* 1 fasa dan *rectifier* 3 fasa.

1. *Rectifier* 1 (satu) fasa

Yang dimaksud dengan *rectifier* 1 fasa adalah *rectifier* yang rangkaian inputnya menggunakan AC suplai 1 fasa. Melalui MCB sumber AC suplai 1 fasa 220 V masuk ke dalam sisi primer trafo utama 1 fasa kemudian dari sisi sekunder trafo tersebut keluar tegangan AC 110 V, kemudian melalui rangkaian penyearah dengan *diode bridge* atau *thyristor bridge*. Tegangan AC tersebut diubah menjadi tegangan DC 110 V. Keluaran ini masih mengandung *ripple* cukup tinggi sehingga masih diperlukan rangkaian *filter* untuk memperkecil *ripple* tegangan *output*.

2. *Rectifier* 3 (tiga) fasa

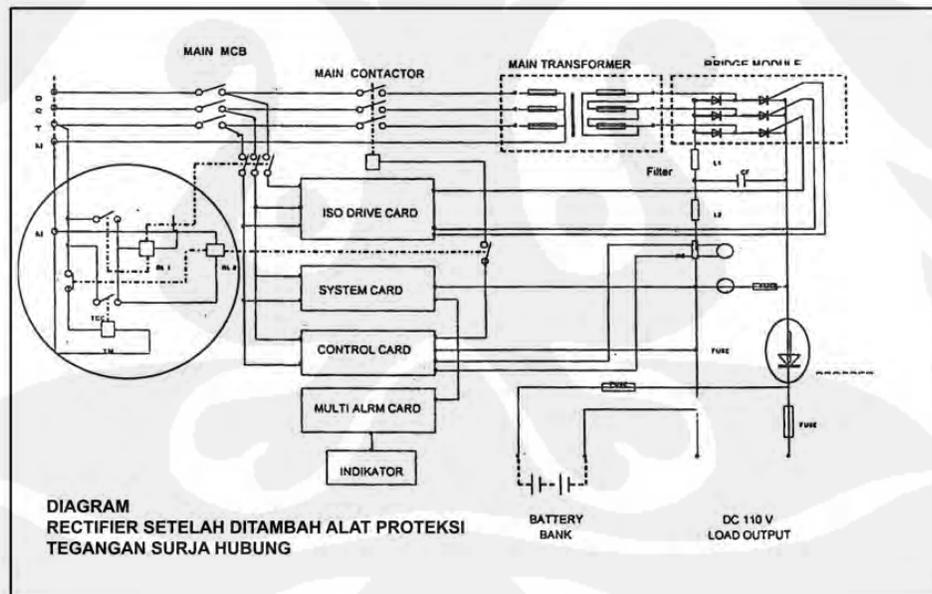
Yang dimaksud dengan *rectifier* 3 (tiga) fasa adalah *rectifier* yang rangkaian inputnya menggunakan AC suplai 3 fasa. Melalui MCB sumber AC suplai 3 fasa 380 V masuk ke dalam sisi primer trafo utama 3 fasa kemudian dari sisi sekunder trafo tersebut keluar tegangan AC 110 V per fasa kemudian melalui rangkaian

penyearah dengan *diode bridge* atau *thyristor bridge*, arus AC tersebut dirubah menjadi arus DC 110 V yang masih mengandung *ripple* lebih rendah dibanding dengan *ripple rectifier* 1 fasa akan tetapi masih diperlukan juga rangkaian *filter* untuk lebih memperkecil *ripple* tegangan input.

2.1.2 Prinsip Kerja Charger

Sumber tegangan AC baik yang 1 fasa maupun 3 fasa yang masuk melalui terminal input trafo step-down dari tegangan 380 V/220 V menjadi tegangan 110 V kemudian oleh diode penyearah/thyristor arus bolak-balik (AC) tersebut dirubah menjadi arus searah dengan *ripple* atau gelombang DC tertentu.

Kemudian untuk memperbaiki *ripple* atau gelombang DC yang terjadi diperlukan suatu rangkaian penyaring (*filter*) yang dipasang sebelum terminal *output*.



Gambar 2.2 Contoh rangkaian *rectifier*

2.1.3 Bagian-Bagian *Charger*

Charger yang digunakan pada pembangkit tenaga listrik terdiri dari beberapa peralatan antara lain adalah:

1. Trafo utama

Trafo utama yang terpasang di *rectifier* merupakan trafo *Step-Down* (penurun tegangan) dari tegangan AC 220/380 Volt menjadi AC 110 V. Besarnya kapasitas trafo tergantung dari kapasitas baterai dan beban yang terpasang di unit pembangkit yaitu paling tidak kapasitas arus *output* trafo harus lebih besar 20% dari arus pengisian baterai. Trafo yang digunakan ada yang 1 fasa ada juga yang trafo 3 fasa [1].

2. Penyearah (diode)

Diode merupakan suatu bahan semi konduktor yang berfungsi merubah arus bolak-balik menjadi arus searah. Mempunyai 2 (dua) terminal yaitu terminal positif (*anode*) dan terminal negatif (*katode*).

3. Thyristor

Suatu bahan semikonduktor seperti diode yang dilengkapi dengan satu terminal kontrol, Thyristor berfungsi untuk merubah arus bolak-balik menjadi arus searah.

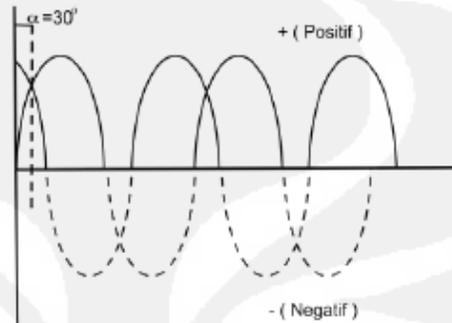
Thyristor mempunyai 3 (tiga) terminal yaitu:

- Terminal positif (*anode*)
- Terminal negatif (*katode*)
- Terminal kontrol (*gate*).

Terminal *gate* ini terletak diantara *katode* dan *anode* yang bilamana diberi *trigger* sinyal positif maka konduksi mulai terjadi antara *katode* dan *anode* melalui *gate*, sehingga arus mengalir sebanding dengan besarnya tegangan *trigger* positif yang

masuk pada terminal *gate* tersebut.

Tegangan keluaran penyearah thyristor bervariasi tergantung pada sudut penyalaan dari *thyristor* [2].



Gambar 2.3 Penyearah thyristor gelombang penuh

2.1.4 Komponen Pengaturan Arus (*Current Limiter*)

Komponen pengaturan atau seting arus biasanya dilakukan untuk membatasi arus maksimum *output rectifier* agar tidak terjadi *over load* atau *over charge* pada baterai, hal ini dapat dilakukan juga dengan mengatur-Variabel Resistor (VR) pada PCB rangkaian elektronik AVR, dengan cara memutar ke kiri atau ke kanan sesuai dengan spesifikasi baterai yang terpasang. Biasanya VR tersebut diberi indikasi tulisan "*Current Limiter*".

2.2 Filter (penyaring)

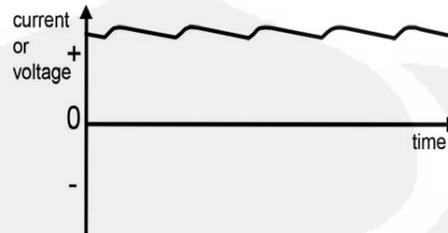
Tegangan DC yang keluar dari rangkaian penyearah masih mempunyai *ripple* atau frekuensi gelombang yang cukup tinggi, maka suatu rangkaian *filter* (penyaring) berfungsi untuk memperbaiki *ripple* tersebut agar menjadi lebih kecil sesuai dengan yang direkomendasikan $\leq 2\%$ (Standar SE.032).

Tegangan *ripple* merupakan perbandingan antara unsur tegangan *output AC* terhadap unsur tegangan *output DC*.

Di bawah ini diperlihatkan rumus untuk mencari *ripple*, adalah:

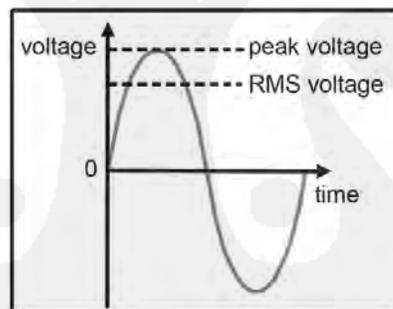
$$r = \frac{\text{komponen AC}}{\text{komponen DC}} \times 100\% \quad (2.1)$$

Sedangkan bentuk gelombang *ripple* adalah seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Bentuk gelombang *ripple*

Komponen AC adalah harga *rms* (*root mean square*) dari tegangan *output* AC (V_{rms}). Komponen DC adalah harga rata-rata tegangan *output* (V_{DC}). Tegangan *rms* dapat didefinisikan seperti pada persamaan (2.2).



Gambar 2.5 Bentuk Gelombang *Ripple*

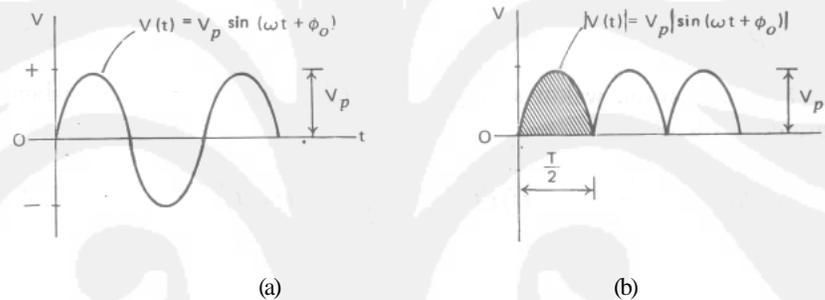
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \quad (2.2)$$

Untuk tegangan sinusoida dengan $v(t) = V_p \cos(\omega t + \Phi_0)$, dengan V_p adalah tegangan puncak (*peak voltage*) akan diperoleh.

$$\begin{aligned}
 V_{rms} &= \frac{V_p}{\sqrt{2}} \\
 &= 0,707 V_p
 \end{aligned}
 \tag{2.3}$$

Persamaan (2.3) hanya berlaku untuk bentuk gelombang sinusoida. Untuk bentuk lain persamaan tersebut tidak berlaku.

Misalnya di dalam mengukur tegangan bolak-balik dengan voltmeter analog digunakan dioda untuk membuatnya searah sehingga dihasilkan tegangan berbentuk mutlak daripada bentuk sinusoida, seperti ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 (a) Tegangan AC sinusoida (b) Nilai mutlak dari pada tegangan pada (a).

Akibatnya jarum voltmeter analog akan bergetar amat cepat pada nilai tegangan sama dengan nilai rata-rata daripada bentuk pada gambar 2.6b, yaitu yang dikenal sebagai bentuk gelombang penuh. Nilai rata-rata ini dapat diperoleh dengan menghitung luas bagian yang diarsir pada gambar 2.6b, dibagi dengan $\frac{T}{2}$, atau :

$$\begin{aligned}
 V_{rata-rata} &= \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} V_p \sin(\omega t) dt \\
 &= \frac{2}{\pi} V_p \\
 &= 0,636 V_p
 \end{aligned}
 \tag{2.4}$$

Jarum voltmeter akan bergetar pada nilai $V_{rata-rata}$ ini. Perhatikan lagi bahwa persamaan (2.4) juga hanya berlaku untuk tegangan sinusoida. Jika kita bandingkan dengan nilai rms , maka:

$$\begin{aligned} V_{rms}:V_{rata-rata} &= 0,707 V_p : 0,636 V_p \\ &= 1,11 \end{aligned} \quad (2.5)$$

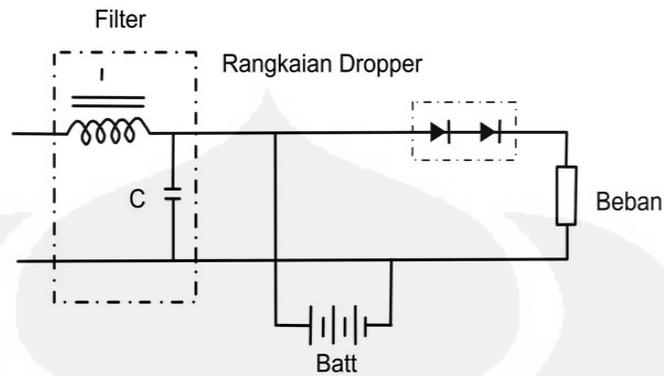
Atau untuk tegangan sinusoida berlaku.

$$V_{rata-rata} = 0,901 V_{rms} \quad (2.6)$$

Seperti dikemukakan sebelumnya, pengukuran dengan voltmeter analog akan menyebabkan jarum secara langsung menunjuk pada nilai rata-rata, yaitu $V_{rata-rata}$. Namun orang akan lebih menyukai nilai rms , dan ingin agar voltmeter menunjukkan nilai rms , sehingga pada voltmeter AC skala dibuat agar menyatakan nilai rms untuk tegangan sinusoida. Jika jarum menunjukkan 0,901 $V_{rata-rata}$, skala ditulis sebagai 1V (rms). Akibatnya, kebanyakan voltmeter dan amperemeter AC menunjukkan bacaan yang betul jika digunakan untuk mengukur tegangan AC berbentuk sinusoida saja. Untuk tegangan berbentuk lain persamaan (2.6) tidak berlaku, bacaan voltmeter akan menyebabkan kesalahan sistematis (Sutrisno. 25-27).

Tegangan *ripple* yang terlalu besar akan mengakibatkan lamanya proses pengisian baterai, sedangkan pada beban dapat menyebabkan kerusakan. Pengukuran tegangan *ripple* dilakukan pada titik *output charger* (sesudah rangkaian *filter LC*) dan titik input beban (*Output Voltage Dropper*).

Rangkaian *filter* ini bisa terdiri dari rangkaian induktif, kapasitif atau kombinasi dari keduanya.



Gambar 2.7 Rangkaian *filter* untuk memperbaiki *ripple*

Untuk rangkaian di atas besarnya *ripple* dan faktor reduksi filternya adalah sebagai berikut:

$$\text{Tegangan Ripple} = \frac{118}{(L \times C) - 1} \% \quad (2.7)$$

$$\text{Faktor reduksi filter} = \frac{1.76}{(L \times C) - 1} \quad (2.8)$$

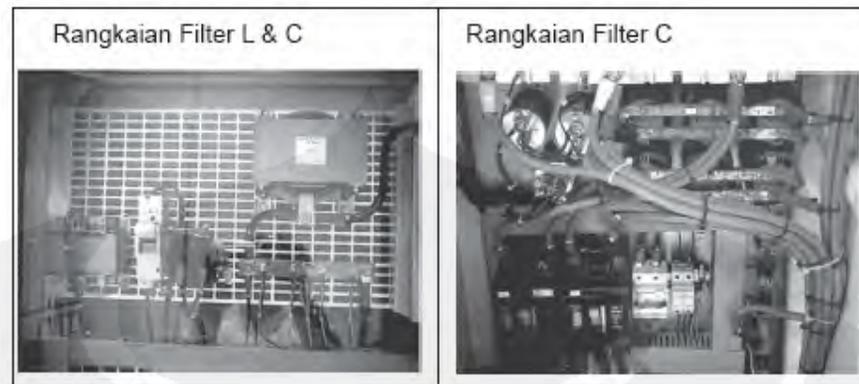
Jadi,

Ripple = Tegangan *ripple* x Faktor reduksi F Di mana,

L = Induktansi dalam Henry

C = Kapasitansi dalam mikro farad (μF)

118 dan 1,76 adalah konstanta

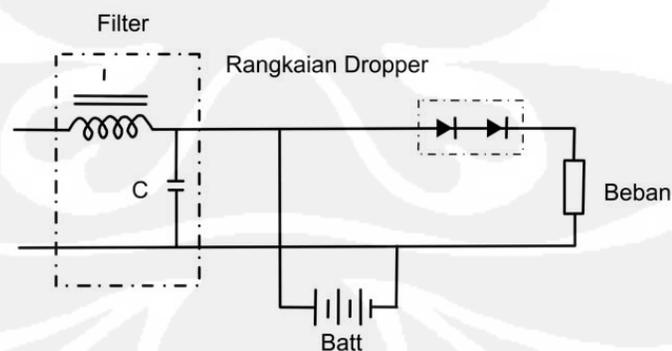


Gambar 2.8 Rangkaian *filter LC* dan *filter C*

2.3 Rangkaian *Voltage Dropper*

Pada saat *rectifier* dioperasikan secara *Boost* atau *Equalizing* untuk mengisi baterai unit pembangkit, maka tegangan *output rectifier* tersebut jauh lebih tinggi dari tegangan yang ke beban (bisa mencapai

1.7 Volt per sel baterai atau 135 Volt). Agar tegangan *output* yang menuju beban tersebut tetap stabil dan sesuai dengan yang direkomendasikan, yaitu sebesar $110V \pm 10\%$, maka diperlukan suatu rangkaian *dropper* secara seri sebelum ke terminal beban.



Gambar 2.9 Rangkaian tegangan *drop*

Rangkaian *dropper* ini terdiri dari beberapa diode silicone

atau germanium yang dirangkai secara seri sebanyak beberapa buah sesuai dengan berapa volt DC yang akan *didrop*. Sebagai contoh bila kenaikan tegangan *Equalizing* mencapai 135V sedangkan tegangan beban harus 122V, maka tegangan yang *didrop* sebesar $135V - 122V = 13V$ Dc, maka diperlukan diode sebanyak $13 : 0.8V = 16,25$ atau dibulatkan ± 17 buah. Biasanya setiap diode mampu menurunkan(*drop*) tegangan sebesar antara 0.8V – 0.9V

2.4 Pengertian Baterai

Baterai atau *akumulator* adalah sebuah sel listrik di manadidalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia *reversibel*, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.

Jenis sel baterai ini disebut juga *Storage Battery*, adalah suatu baterai yang dapat digunakan berulang kali pada keadaan sumber listrik arus bolak-balik (AC) terganggu.

Tiap sel baterai ini terdiri dari dua macam elektroda yang berlainan, yaitu elektroda positif dan elektroda negatif yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia.

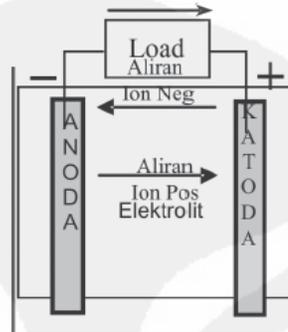
Menurut pemakaian baterai dapat digolongkan ke dalam 2 jenis:

- *Stationary* (tetap)
- *Portable* (dapat dipindah-pindah)

2.4.1 Prinsip Kerja Baterai

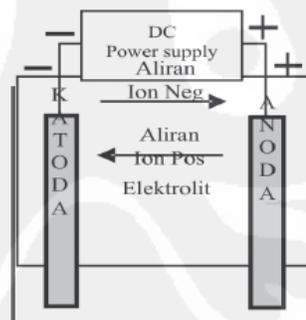
1. Proses *discharge* pada sel berlangsung menurut skema Gambar 2.10
Bila sel dihubungkan dengan beban maka elektron mengalir dari

anoda melalui beban ke *katoda*, kemudian ion-ion negatif mengalir ke *anoda* dan ion-ion positif mengalir ke *katoda*.



Gambar 2.10 Proses pengosongan pengisian (*Discharge*)

2. Pada proses pengisian menurut skema gambar 2.11. Dibawah ini adalah bila sel dihubungkan dengan power supply maka elektroda positif menjadi *anoda* dan elektroda negatif menjadi *katoda* dan proses kimia yang terjadi adalah sebagai berikut.



Gambar 2.11 Proses *charge*

- Aliran elektron menjadi terbalik, mengalir dari *anoda* melalui power suplai ke *katoda*.
- Ion-ion negatif mengalir dari *katoda* ke *anoda*
- Ion-ion positif mengalir dari *anoda* ke *katoda*

Jadi reaksi kimia pada saat pengisian (*charging*) adalah kebalikan dari saat pengosongan (*Discharging*).

2.4.2 Prinsip Kerja Baterai Asam - Timah

Bila sel baterai tidak dibebani, maka setiap molekul cairan elektrolit Asam sulfat (H_2SO_4) dalam sel tersebut pecah menjadi dua yaitu ion *hydrogen* yang bermuatan positif (2H^+) dan ion sulfat yang bermuatan negatif (SO_4)



- Proses pengosongan

Bila baterai dibebani, maka tiap ion negatif sulfat. (SO_4^-) akan bereaksi dengan pelat timah murni (Pb) sebagai *katoda* menjadi timah sulfat (Pb SO_4) sambil melepaskan dua elektron. Sedangkan sepasang ion hidrogen (2H^+) akan beraksi dengan pelat timah peroksida (Pb O_2) sebagai *anoda* menjadi timah sulfat (Pb SO_4) sambil mengambil dua elektron dan bersenyawa dengan satu atom oksigen untuk membentuk air (H_2O). Pengambilan dan pemberian elektron dalam proses kimia ini akan menyebabkan timbulnya beda potensial listrik antara kutub-kutub sel baterai.

Proses tersebut terjadi secara simultan dengan reaksinya dapat dinyatakan.



sebelum proses



setelah proses

di mana:

Pb O_2 = Timah *peroksida* (katub positif / *anoda*)

Pb = Timah murni (kutub negatif/*katoda*)

$2\text{H}_2\text{SO}_4$ = Asam sulfat (elektrolit)

Pb SO_4 = Timah sulfat (kutub positif dan negatif setelah proses pengosongan)

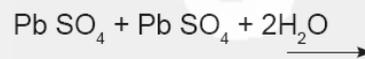
H_2O = Air yang terjadi setelah pengosongan

Jadi, pada proses pengosongan baterai akan terbentuk timah sulfat (PbSO_4) pada kutub positif dan negatif, sehingga mengurangi reaktivitas dari cairan elektrolit karena asamnya menjadi timah, sehingga tegangan baterai antara kutub-kutubnya menjadi lemah.

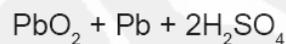
- Proses Pengisian

Proses ini adalah kebalikan dari proses pengosongan di mana arus listrik dialirkan yang arahnya berlawanan, dengan arus yang terjadi pada saat pengosongan. Pada proses ini setiap molekul air terurai dan tiap pasang ion hidrogen (2H^+) yang dekat pelat negatif bersatu dengan ion negatif Sulfat (SO_4^-) pada pelat negatif untuk membentuk asam sulfat. Sedangkan ion oksigen yang bebas bersatu dengan tiap atom Pb pada pelat positif membentuk timah peroxida (Pb O_2).

Proses reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut:



Setelah pengosongan



Setelah pengisian

2.4.3 Prinsip Kerja Baterai Alkali

Baterai Alkali menggunakan potasium Hydroxide sebagai elektrolit, selama proses pengosongan (*Discharging*) dan pengisian (*Charging*) dari sel baterai alkali secara praktis tidak ada perubahan berat jenis cairan elektrolit.

Fungsi utama cairan elektrolit pada baterai alkali adalah bertindak sebagai konduktor untuk memindahkan ion-ion hydroxida dari satu elektroda ke elektroda lainnya tergantung pada prosesnya, pengosongan atau pengisian, sedangkan selama proses pengisian dan pengosongan komposisi kimia material aktif pelat-pelat baterai akan berubah. Proses reaksi kimia saat pengosongan dan pengisian pada elektroda-elektroda sel baterai alkali sebagai berikut.

- Untuk baterai nickel-cadmium

Pengosongan



Pengisian

di mana:

2NiOOH = *Incomplete nickelic - hydroxide* (Pelat positif atau *anoda*)

Cd = *Cadmium* (Pelat negatif atau *katoda*)

2Ni (OH)_2 = *Nickelous hydroxide* (Pelat positif)

Cd (OH)_2 = *Cadmium hydroxide* (Pelat negatif)

- Untuk baterai nickle - iron

Pengosongan



Pengisian

di mana:

2NiOOH = *Incomplete nickelic - hydroxide* (pelat positif)

Fe = *Iron* (pelat negatif)

2Ni (OH)_2 = *Nickelous hydroxide* (pelat positif)

Fe (OH)_2 = *Ferrous hydroxide* (Pelat negatif)

2.4.4 Jenis-Jenis Baterai

Bahan elektrolit yang banyak dipergunakan pada baterai adalah jenis asam (*lead acid*) dan basa (alkali). Untuk itu di bawah ini akan dibahas kedua jenis bahan elektrolit tersebut.

1. Baterai Asam (*Lead Acid Storage Battery*)

Baterai asam bahan elektrolitnya adalah larutan asam belerang (*Sulfuric Acid* = H_2SO_4). Di dalam baterai asam, elektroda-elektrodanya terdiri dari pelat-pelat timah peroksida PbO_2 (*Lead Peroxide*) sebagai *anoda* (kutub positif) dan timah murni Pb (*Lead Sponge*) sebagai *katoda* (kutub negatif). Ciri-ciri umum (tergantung pabrik pembuat) sebagai berikut.

- Tegangan nominal per sel 2 Volt.
- Ukuran baterai per sel lebih besar bila dibandingkan dengan baterai alkali.
- Nilai berat jenis elektrolit sebanding dengan kapasitas baterai.
- Suhu elektrolit sangat mempengaruhi terhadap nilai berat jenis elektrolit, semakin tinggi suhu elektrolit semakin rendah berat jenisnya dan sebaliknya.
- Nilai standar berat jenis elektrolit tergantung dari pabrik pembuatnya.
- Umur baterai tergantung pada operasi dan pemeliharaan, biasanya dapat mencapai 10–15 tahun, dengan syarat suhu baterai tidak lebih dari $20^{\circ}C$.
- Tegangan pengisian per sel harus sesuai dengan petunjuk operasi dan pemeliharaan dari pabrik pembuat. Sebagai contoh adalah:
 - Pengisian awal (*Initial Charge*): 2,7 volt
 - Pengisian secara *Floating*: 2,18 volt
 - Pengisian secara *Equalizing*: 2,25 volt
 - Pengisian secara *Boosting*: 2,37 volt
- Tegangan pengosongan per sel (*Discharge*): 2,0 – 1,8 Volt

2. Baterai Alkali (*Alkaline Storage Battery*)

Baterai alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali (*Potassium Hydroxide*) yang terdiri dari:

- *Nickel-Iron Alkaline Battery (Ni-Fe battery)*
- *Nickel-Cadmium Alkaline Battery (Ni-Cd battery)*

Pada umumnya yang banyak dipergunakan di instalasi unit pembangkit adalah baterai alkali-cadmium (Ni-Cd). Ciri-ciri umum (tergantung pabrik pembuat) sebagai berikut.

- Tegangan nominal per sel 1,2 volt.
- Nilai berat jenis elektrolit tidak sebanding dengan kapasitas baterai.
- Umur baterai tergantung pada operasi dan pemeliharaan, biasanya dapat mencapai 15–20 tahun, dengan syarat suhu baterai tidak lebih dari 20° C.
- Tegangan pengisian per sel harus sesuai dengan petunjuk operasi dan pemeliharaan dari pabrik pembuat. Sebagai contoh adalah:
 - Pengisian awal (*initial charge*) = 1,6 – 1,9 volt.
 - Pengisian secara Floating = 1,40 – 1,42 volt.
 - Pengisian secara Equalizing = 1,45 volt.
 - Pengisian secara *Boosting* = 1,50 – 1,65 volt.
- Tegangan pengosongan per sel (*Discharge*) : 1 Volt (reff. Hoppeke & Nife)

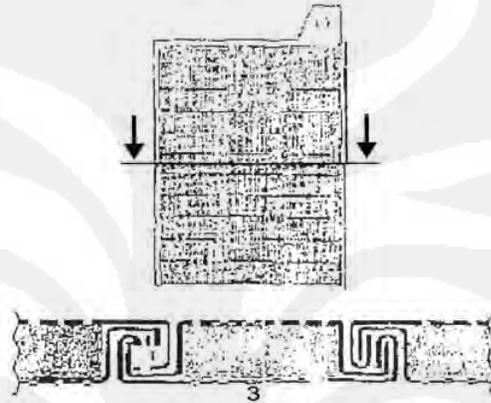
Menurut Konstruksinya baterai bisa dikelompokkan atas:

3. Konstruksi *Pocket Plate*

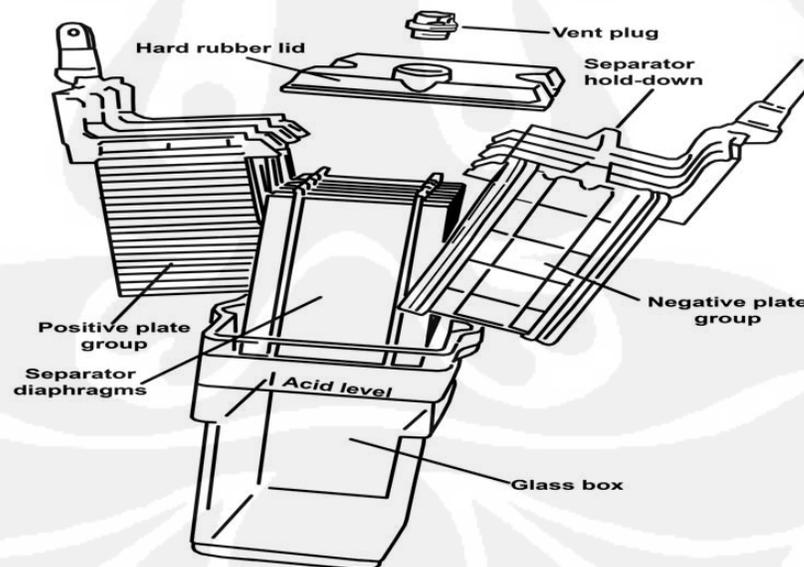
Baterai dengan konstruksi *pocket plate* merupakan jenis baterai yang banyak digunakan di PLN (sekitar 90%). Baterai Ni Cd pertama kali diperkenalkan pada tahun 1899 dan baru diproduksi

secara masal tahun 1910. Konstruksi material aktif yang pertama dibuat adalah konstruksi *pocket plate*.

Konstruksi ini dibuat dari pelat baja tipis berlubang-lubang yang disusun sedemikian rupa sehingga membentuk rongga-rongga atau kantong yang kemudian diisi dengan material aktif seperti terlihat pada gambar 2.12 di bawah ini.



Gambar 2.12 Baterai dengan konstruksi *pocket plate*



Gambar 2.13 Konstruksi elektrode tipe *pocket plate* dalam 1 rangkaian

Dari disain di atas dapat dilihat bahwa material aktif yang

akan bereaksi hanya material yang bersinggungan langsung dengan pelat baja saja, padahal material aktif tersebut mempunyai daya konduktivitas yang sangat rendah.

Untuk menambah konduktivitasnya, maka ditambahkan bahan graphite di dalam material aktif tersebut. Penambahan ini membawa masalah baru yaitu bahwa material graphite ternyata secara perlahan bereaksi dengan larutan elektrolit (KOH) kemudian membentuk senyawa baru yaitu Potassium Carbonate (K₂C₀₃) Sesuai dengan persamaan:



Senyawa ini justru menghambat daya konduktivitas antar pelat (Tahanan dalam baterai makin besar). Reaksi tersebut otomatis juga mengurangi banyaknya graphite sehingga daya konduktivitas material aktif di dalam kantong berkurang. Kejadian tersebut berakibat langsung pada performance sel baterai atau dengan kata lain menurunkan kapasitas (Ah) sel baterai.

Dalam kasus ini, penggantian elektrolit baterai (rekondisi baterai) hanya bertujuan memperbaiki atau menurunkan kembali tahanan dalam (Rd) baterai namun tidak dapat memperbaiki atau mengganti bahan graphite yang hilang.

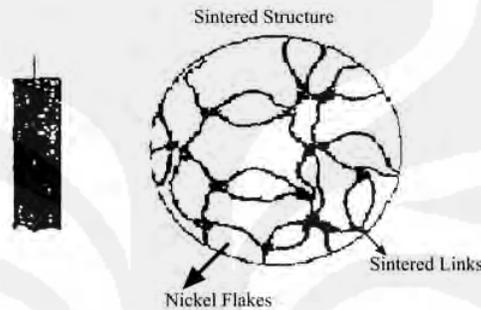
Pembentukan Potassium Carbonate (K₂C₀₃) juga dapat terjadi antara larutan elektrolit (KOH) dengan udara terbuka, namun proses pembentukannya tidak secepat proses di atas dan dalam jumlah yang relatif kecil. Perhatian terhadap pembentukan Potassium Carbonate (K₂C₀₃) karena udara luar perlu menjadi pertimbangan serius dalam masalah penyimpanan baterai yang tidak beroperasi.

4. Konstruksi Sintered Plate

Sintered Plate ini merupakan pengembangan konstruksi dari baterai Ni-Cd tipe *pocket plate*, Baterai Sintered Plate ini pertama kali diproduksi

tahun 1938. Konstruksi baterai jenis ini sangat berbeda dengan tipe *pocket plate*.

Konstruksi sintered plate dibuat dari pelat baja tipis berlubang yang dilapisi dengan serpihan nikel (*Nickel Flakes*). Kemudian pada lubang - lubang pelat tersebut diisi dengan material aktif seperti pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 *Sintered plate electrode*

Konstruksi ini menghasilkan konduktivitas yang baik antara pelat baja dengan material aktif. Namun karena pelat baja yang digunakan sangat tipis (sekitar 1.0 mm s/d 1.5 mm), maka diperlukan pelat yang sangat luas untuk menghasilkan kapasitas sel baterai yang tidak terlalu besar (dibandingkan dengan tipe *pocket plate*).

Karena lapisan Nickel Flake pada pelat baja sangat getas maka sangat mudah pecah pada saat pelat baja berubah atau memuai. Hal ini terjadi pada saat baterai mengalami proses *charging* atau *discharging*. Akibatnya baterai jenis ini tidak tahan lama dibandingkan dengan baterai jenis *pocket plate*.

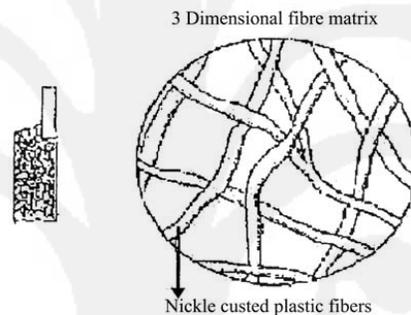
5. Konstruksi Fibre Structure

Fibre structure pertama kali diperkenalkan pada tahun 1975 dan baru diproduksi secara massal tahun 1983. Baterai jenis ini merupakan perbaikan dari tipe-tipe baterai yang terdahulu. Konstruksi baterai ini dibuat dari campuran plastik dan nikel yang memberikan keuntungan:

1. Konduktivitas antar pelat yang tinggi dengan tahanan dalam

yang rendah.

2. Pelat elektrode yang elastis sehingga tidak mudah patah/pecah.
3. Tidak memerlukan bahan tambahan (seperti graphite pada baterai jenis *Pocket Plate*).
4. Dimensi elektrode yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan tipe *Pocket Rate* untuk kapasitas baterai yang sama.
5. Pembentukan K_2CO_3 hanya terjadi karena kontaminasi dengan udara (sangat kecil) Konstruksi baterai tipe *Fibre Structured* digambarkan pada gambar 2.15 di bawah ini.



Gambar 2.15 *Fibre nickel cadmium electrode*

6. Menurut Karakteristik Pembebanan

Yang dimaksud tipe baterai menurut karakteristik pembebanan adalah sebagai berikut.

- Tipe X: *Very High Loading*

Tipe ini adalah untuk jenis pembebanan dengan arus yang tinggi yaitu diatas $7C_nA$ (kapasitas nominal arus) dengan waktu yang singkat ± 2 menit. Tegangan akhir per sel 0,8 Volt. Tipe ini belum pernah digunakan di PLN.

- Tipe H: *High Loading*

Tipe ini adalah untuk jenis pembebanan dengan arus yang tinggi yaitu antara 3,5 – 7CnA dengan waktu yang singkat, lama waktu pembebanan \pm 4 menit. Tipe ini biasanya digunakan di pembangkit- pembangkit untuk *start up* mesin pembangkit. Tegangan akhir per sel adalah 0,8 Volt.

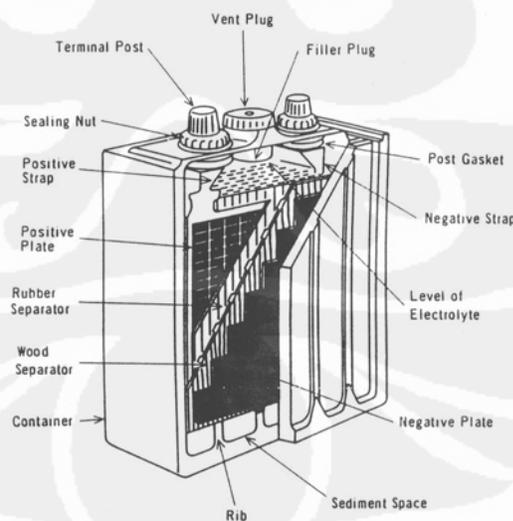
- Tipe M: *Medium Loading*

Tipe ini adalah untuk jenis pembebanan dengan arus yang tinggi yaitu antara 0,5 - 3,5CnA dengan waktu yang singkat, lama waktu pembebanan \pm 40 menit, biasanya digunakan di gardu-gardu induk. Tegangan akhir per sel adalah 0,9 Volt.

- Tipe L: *Low Loading*

Tipe ini adalah untuk jenis pembebanan dengan arus kecil yaitu sebesar 0,5CnA, lama waktu pembebanan 5 jam, biasanya digunakan di gardu-gardu induk. Tegangan akhir 1 Volt per sel.

2.4.5 Bagian-Bagian Utama Baterai



Gambar 2.16 Bagian-bagian baterai

1. Elektroda

Tiap sel baterai terdiri dari 2 (dua) macam elektroda, yaitu elektroda positif (+) dan elektroda negatif (-) yang direndam dalam suatu larutan kimia (gambar 2.17).

Elektroda-elektroda positif dan negatif terdiri dari:

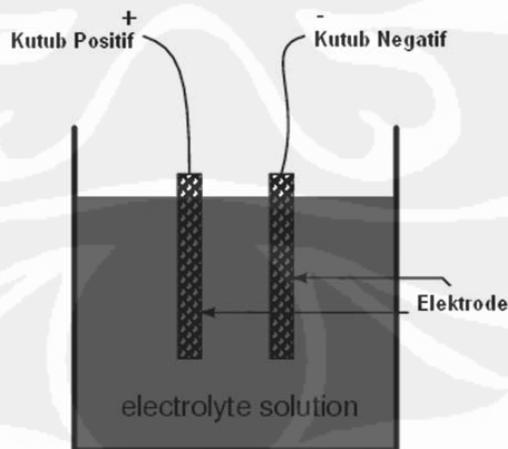
- Grid, adalah suatu rangka besi atau fiber sebagai tempat material aktif.
- Material Aktif, adalah suatu material yang bereaksi secara kimia untuk menghasilkan energi listrik pada waktu pengosongan (*Discharge*).

2. Elektrolit

Elektrolit adalah Cairan atau larutan senyawa yang dapat menghantarkan arus listrik, karena larutan tersebut dapat menghasilkan muatan listrik positif dan negatif. Bagian yang bermuatan positif disebut ion positif dan bagian yang bermuatan negatif disebut ion negatif. Makin banyak ion-ion yang dihasilkan suatu elektrolit maka makin besar daya hantar listriknya.

Jenis cairan elektrolit baterai terdiri dari 2 (dua) macam, yaitu:

1. Larutan Asam Belerang (H_2SO_4), digunakan pada baterai asam.
2. Larutan Alkali (KOH), digunakan pada baterai alkali.



Gambar 2.17 Bentuk sederhana sel baterai

3. Sel Baterai

Sesuai dengan jenis bahan bejana (*container*) yang digunakan terdiri dari 2 (dua) macam:

a. *Steel Container*

Sel baterai dengan bejana (*container*) terbuat dari *steel* ditempatkan dalam rak kayu, hal ini untuk menghindari terjadi hubung singkat antarsel baterai atau hubung tanah antara sel baterai dengan rak baterai.

b. *Plastic Container*

Sel baterai dengan bejana (*container*) terbuat dari plastik ditempatkan dalam rak besi yang diisolasi, hal ini untuk menghindari terjadi hubung singkat antarsel baterai atau hubung tanah antara sel baterai dengan rak baterai apabila terjadi kerusakan atau kebocoran elektrolit baterai.

2.4.6 Instalasi Sel Baterai

Sel baterai dibagi dalam beberapa unit atau group yang terdiri dari 2 sampai 10 sel per unit dan tergantung dari ukuran sel baterai tersebut. Baterai tidak boleh ditempatkan langsung di lantai sehingga memudahkan dalam melakukan pemeliharaan dan tidak terdapat kotoran dan debu di antara sel baterai. Baterai jangan ditempatkan pada lokasi yang mudah terjadi proses karat dan banyak mengandung gas, asap, polusi serta nyala api.

Instalasi baterai sesuai penempatannya dibagi dalam 2 (dua) macam juga, sama dengan bahan bejana yaitu:

a. *Steel Container*

Sel baterai dengan bejana (*container*) terbuat dari baja (*steel*) ditempatkan dalam rak dengan jarak isolasi secukupnya. Setiap sel baterai disusun pada rak secara paralel sehingga memudahkan

untuk melakukan pemeriksaan batas (level) tinggi permukaan elektrolit serta pemeliharaan baterai lainnya.

b. *Plastic Container*

Sel baterai dengan bejana (*container*) terbuat dari plastik biasanya dihubungkan secara seri dalam unit atau grup dengan suatu “*plastic button plate*”. Sel baterai disusun memanjang satu baris atau lebih tergantung jumlah sel baterai dan kondisi ruangan. Sel baterai ditempatkan pada *stairs rack* sehingga memudahkan dalam melaksanakan pemeliharaan, pengukuran dan pemeriksaan level elektrolit.

Agar ventilasi cukup dan memudahkan pemeliharaan maka harus ada ruang bebas pada rangkaian baterai sekurang-kurangnya 25 cm antara unit atau grup baterai lainnya serta grup atau unit baterai paling atas. Instalasi baterai dan *charger* ditempatkan pada ruangan tertutup dan dipisahkan, hal dimaksudkan untuk memudahkan pemeliharaan dan perbaikan.

2.4.6.1 Terminal dan Penghubung Baterai

Sel baterai disusun sedemikian rupa sehingga dapat memudahkan dalam menghubungkan kutub-kutub baterai yang satu dengan yang lainnya. Setiap sel baterai dihubungkan menggunakan *nickel plated steel* atau *copper*. Sedangkan penghubung antara unit atau grup baterai dapat berbentuk *nickel plated steel* atau berupa kabel yang terisolasi (*insulated flexible cable*). Khusus untuk kabel penghubung berisolasi, *drop voltage* maksimal harus sebesar 200 mVolt (Standar dari Alber Corp)

Demikian pula kekerasan atau pengencangan baut penghubung harus sesuai dengan spesifikasi pabrik pembuat baterai. Hal ini untuk menghindari *loss contact* antara kutub baterai yang dapat menyebabkan terganggunya sistem pengisian baterai serta dapat menyebabkan terganggunya performance baterai. Oleh

karena itu, perlu dilakukan pemeriksaan kekencangan baut secara periodik.

2.4.6.2 Ukuran Kabel

Bagian yang terpenting dalam pemasangan instalasi baterai adalah diperolehnya sambungan kabel yang sependek mungkin untuk mendapatkan rugi tegangan (*voltage drop*) sekecil mungkin. Ukuran kabel disesuaikan dengan besarnya arus yang mengalir. Dengan demikian rumus yang digunakan adalah:

$$U = \frac{0,018\Omega \times I}{A} \quad (2.9)$$

Di mana:

U = rugi tegangan (single conductor) dalam volt / meter

I = Arus dalam ampere

A = Luas penampang dalam meter

2.4.6.3 Rangkaian Baterai

Dikarenakan tegangan baterai per sel terbatas, maka perlu untuk mendapatkan solusi agar tegangan baterai dapat memenuhi atau sesuai dengan tegangan kerja peralatan yang maupun untuk menaikkan kapasitas dan juga keandalan pemakaian dengan merangkai beberapa baterai dengan cara:

1. Hubungan seri
2. Hubungan paralel
3. Hubungan kombinasi
4. Seri paralel
5. Paralel seri

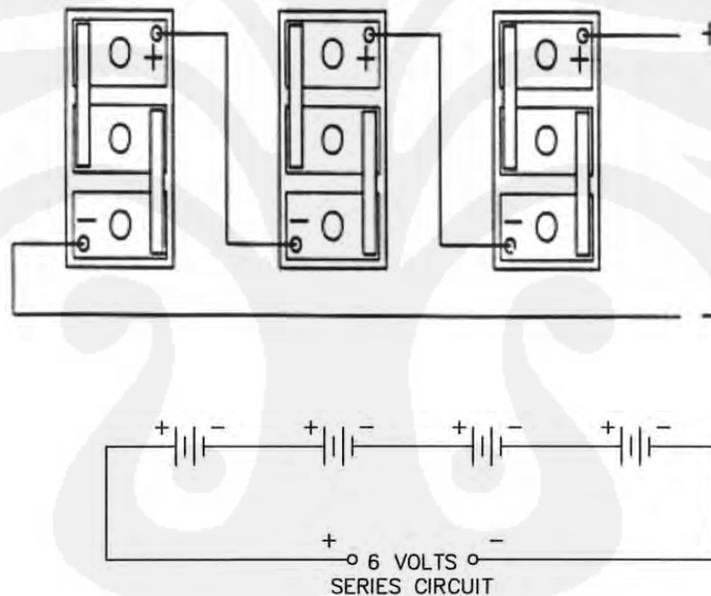
1. Hubungan seri

Koneksi baterai dengan hubungan seri ini dimaksudkan untuk

dapat menaikkan tegangan baterai sesuai dengan tegangan kerja yang dibutuhkan atau sesuai tegangan peralatan yang ada seperti ditunjukkan pada gambar 2.18.

Sebagai contoh jika kebutuhan tegangan baterai pada suatu unit pembangkit adalah 220 volt maka akan dibutuhkan baterai dengan kapasitas 2,2 volt sebanyak 104 buah dengan dihubungkan secara seri.

Kekurangan dari hubungan seri ini adalah jika terjadi gangguan atau kerusakan pada salah satu sel baterai maka suplai sumber DC ke beban akan terputus.



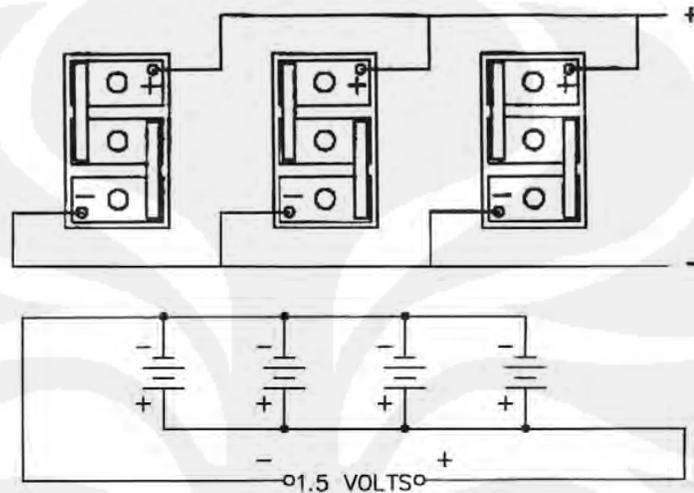
Gambar 2.18 Hubungan baterai secara seri

2. Hubungan paralel

Koneksi baterai dengan hubungan paralel ini dimaksudkan untuk dapat menaikkan kapasitas baterai atau *Ampere hour* (Ah) baterai, selain itu juga dapat memberikan keandalan beban DC pada sistem seperti ditunjukkan pada gambar 2.19.

Hal ini disebabkan jika salah satu sel baterai yang dihubungkan paralel mengalami gangguan atau kerusakan maka sel baterai yang lain

tetap akan dapat mensuplai tegangan DC ke beban, jadi tidak akan mempengaruhi suplai secara keseluruhan sistem, hanya kapasitas daya sedikit berkurang sedangkan tegangan tidak terpengaruh.



Gambar 2.19 Hubungan baterai secara paralel

3. Hubungan kombinasi

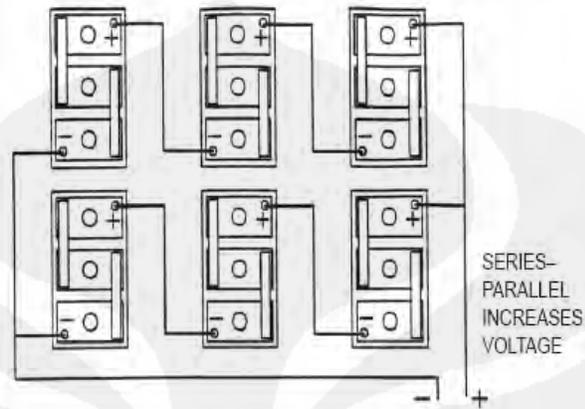
Pada hubungan kombinasi ini terbagi menjadi dua macam yaitu seri paralel dan paralel seri. Hubungan ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan ganda baik dari sisi kebutuhan akan tegangan dan arus yang sesuai maupun keandalan sistem yang lebih baik. Hal ini disebabkan karena hubungan seri akan meningkatkan tegangan sedangkan hubungan paralel akan meningkatkan arus dan keandalan sistemnya.

4. Hubungan seri paralel

Pada hubungan seri paralel seperti gambar 2.20, jika tiap baterai tegangannya 2,2 volt dan arusnya 20 ampere maka akan didapat: Tegangan di baterai adalah $= 2,2 + 2,2 + 2,2 = 6,6$ volt, sedangkan arusnya adalah $= 20 + 20 = 40$ ampere, sehingga kapasitas baterai secara keseluruhan adalah 6,6 volt dan 40 ampere.

Dari perhitungan tersebut maka yang mengalami

kenaikan signifikan adalah tegangannya.



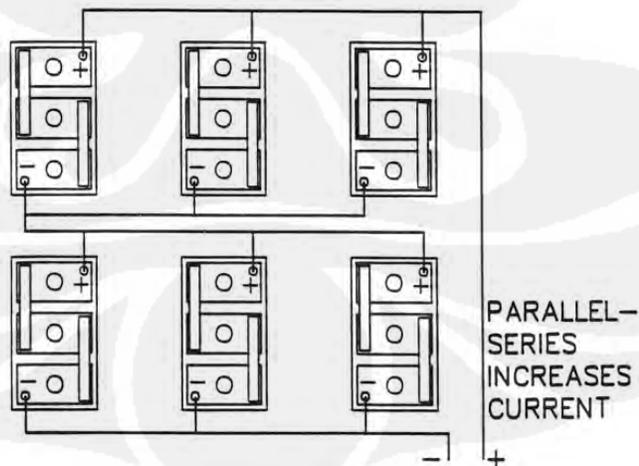
Gambar 2.20 Hubungan baterai secara seri paralel

5. Paralel seri

Pada hubungan paralel seri seperti gambar 2.21, jika tiap baterai tegangannya 2,2 volt dan arusnya 20 ampere maka akan didapat:

Tegangan di baterai adalah $= 2,2 + 2,2 = 4,4$ volt, sedangkan arusnya adalah $= 20 + 20 + 20 = 60$ ampere, sehingga kapasitas baterai secara keseluruhan adalah 4,4 volt dan 60 ampere.

Dari perhitungan tersebut maka yang mengalami kenaikan signifikan adalah tegangannya.



Gambar 2.21 Hubungan baterai secara seri paralel

2.4.7 Ventilasi Ruang Baterai

Pada pemasangan baterai di ruangan tertutup, maka perlu adanya sirkulasi udara yang cukup di ruangan baterai tersebut. Untuk harus dilengkapi dengan ventilasi atau lubang angin atau *exhaust fan*. Dalam hal ini keadaan ventilasi harus baik untuk membuang gas yang berupa campuran *hydrogen* dan *oxygen* (*eksplosif*) yang timbul akibat proses operasi baterai. Jika ingin menjaga kondisi temperatur dan kelembapan yang lebih baik maka perlu dipasang pendingin ruangan atau *Air Conditioning* (AC) dengan suhu yang sesuai standar yang berlaku.

Sesuai dengan standar DIN 0510 maka suhu ruangan baterai untuk jenis baterai asam tidak boleh lebih dari 38°C dan untuk baterai alkaline tidak boleh lebih dari 45°C.

Sedangkan untuk ventilasi atau volume udara yang mengalir dirancang sebagai berikut:

- Untuk instalasi di darat (*land instalation*):

$$Q = 55 \times n \times I \quad (2.10)$$

- Untuk Instalasi di Laut (*Marine Instalation*):

$$Q = 110 \times n \times I \quad (2.11)$$

Di mana:

Q = Volume udara (liter/jam)

n = Jumlah sel baterai

I = Arus pengisian pada akhir pengisian atau dalam kondisi pengisian floating (Amper).

Bilamana baterai sedang dilakukan pemeriksaan atau pengujian, maka semua pintu dan jendela ruangan baterai harus terbuka.

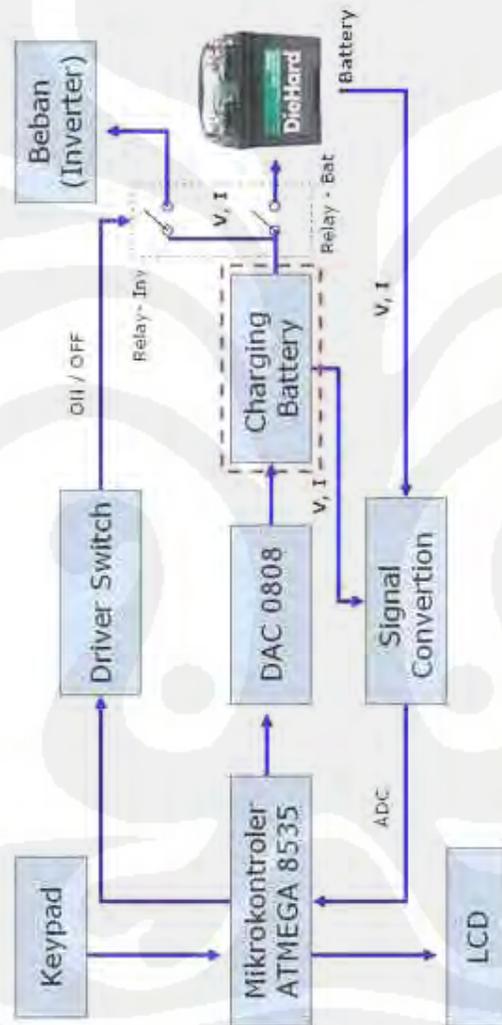
BAB III

PERANCANGAN SISTEM

Pada prinsipnya pengisian muatan baterai adalah dengan cara mengaliri baterai dengan arus listrik secara terus menerus. Pengisian dihentikan ketika tegangan baterai telah sampai pada tegangan maksimumnya (muatan penuh). Jika baterai telah mencapai tegangan maksimumnya tetapi tetap dilakukan pengisian maka akan menimbulkan kerugian yaitu pemborosan energi listrik serta akan terjadi pemanasan berlebihan pada baterai yang akan memperpendek umurnya. Untuk menghindari kerugian tersebut, maka akan lebih baik jika charger dapat bekerja secara otomatis untuk mengisi baterai jika baterai itu kosong muatannya (tegangan dibawah nilai nominalnya) serta berhenti mengisi jika baterai telah penuh.

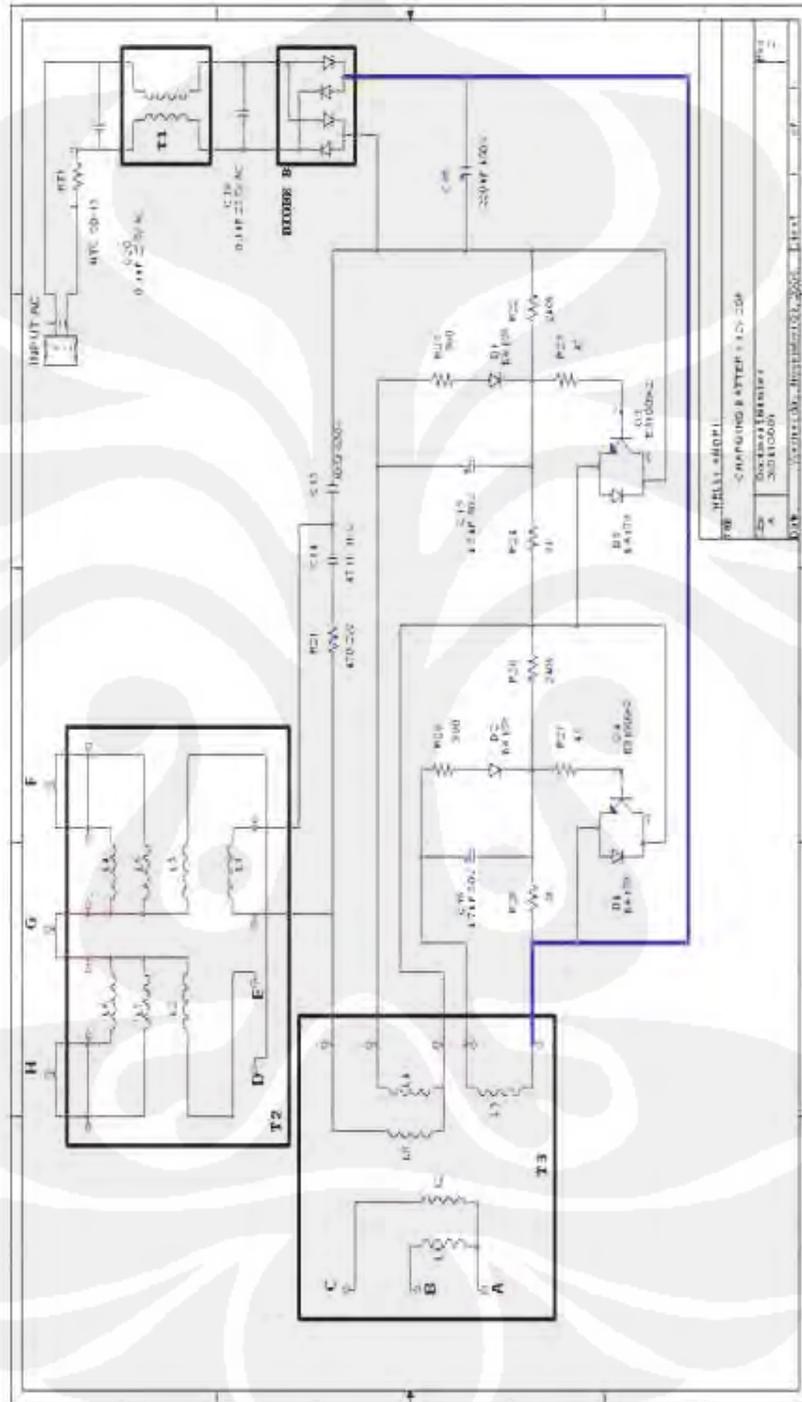
Indikator dipergunakan sebagai tampilan dari suatu masukan dan keluaran, sehingga dapat diketahui suatu alat atau suatu sistem bekerja. Indikator level tegangan ini menggunakan LCD sebagai penunjuk tegangan, indikator ini akan bekerja seiring apabila ada pengisian baterai. Indikator arus menggunakan ampermeter analog berfungsi untuk mengetahui besarnya arus yang ditimbulkan pada saat pengisian baterai. Sedangkan parameter batasan *charging* di input melalui keypad.

3.1 General Blok Diagram charging battery

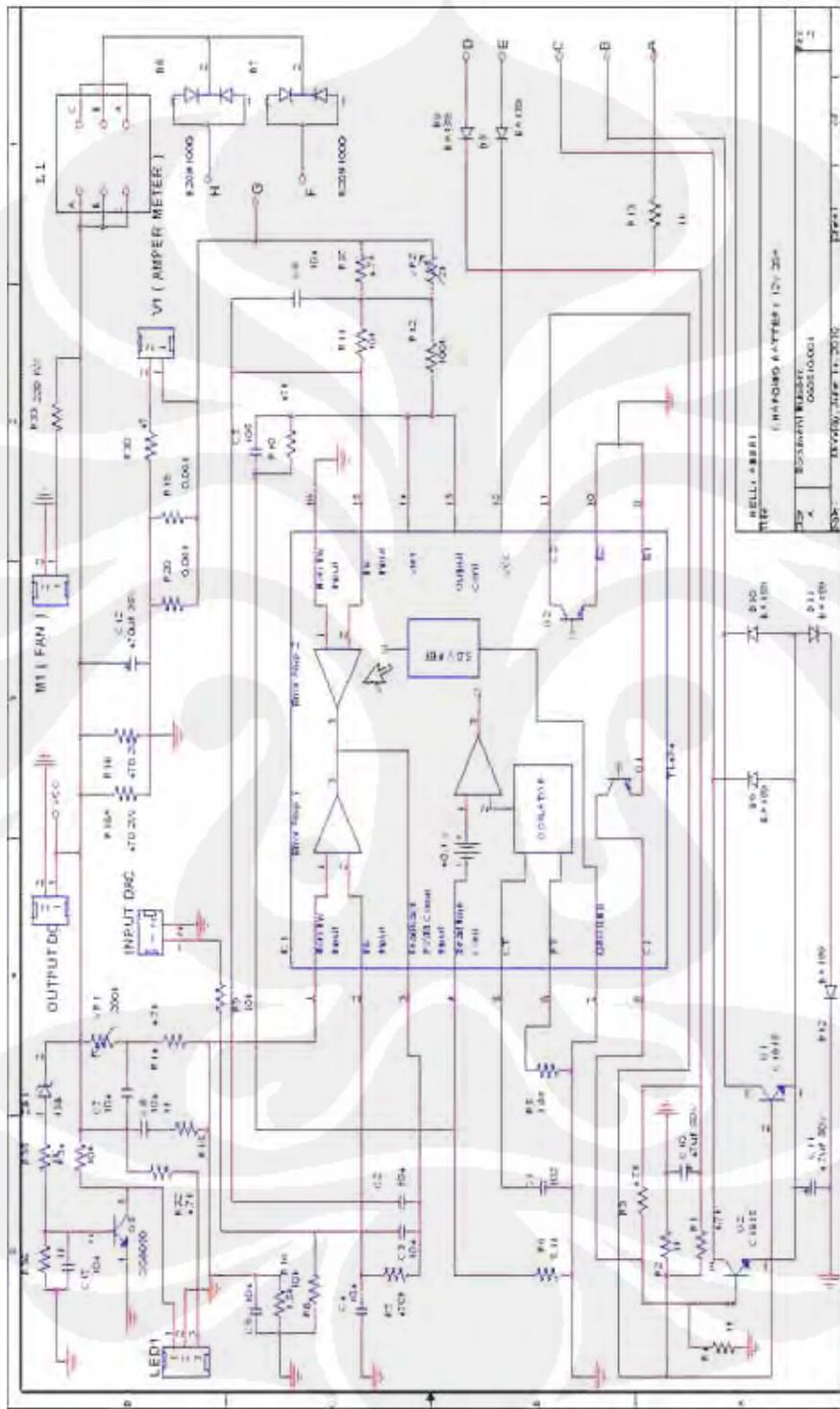


Gambar 3.1 Blok diagram

3.2 Charging Baterai



Gambar 3.2 Rangkaian AC – DC charging baterai



Gambar 3.3 Rangkaian charging baterai

3.3 Baterai *Charger*

Baterai adalah perangkat kimia untuk menyimpan tenaga listrik dari tenaga surya. Tanpa baterai, energi surya hanya dapat digunakan pada saat ada sinar matahari.

Baterai *charge* berfungsi sebagai media penyimpan dan penyedia energi listrik. Sumber listrik yang digunakan sebagai pembangkit power dalam bentuk arus searah (DC). Alat ini digunakan di dunia elektronika untuk menjalankan fungsi dari alat-alat elektronika itu sendiri. Gambar 3.4 ini adalah gambar baterai *charge*.



Gambar 3.4 Baterai

Ada beberapa jenis baterai/aki di pasaran yaitu jenis aki basah/konvensional, *hybrid* dan MF (*Maintenance Free*).

Aki basah/konvensional berarti masih menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dalam bentuk cair. Sedangkan aki MF sering disebut juga aki kering karena asam sulfatnya sudah dalam bentuk gel/selai. Dalam hal mempertimbangkan posisi peletakkannya maka aki kering tidak mempunyai kendala, lain halnya dengan aki basah.

Aki konvensional juga ada kandungan timbalnya (Pb) masih tinggi sekitar 2,5% untuk masing-masing sel positif dan negatif. Sedangkan jenis *hybrid* kandungan timbalnya sudah dikurangi menjadi masing-masing 1,7%, hanya saja sel negatifnya sudah ditambahkan unsur calcium. Sedangkan aki

MF/aki kering sel positifnya masih menggunakan timbal 1,7% tetapi sel negatifnya sudah tidak menggunakan timbal melainkan Calcium sebesar 1,7%. Pada calcium baterai asam sulfatnya (H_2SO_4) masih berbentuk cairan, hanya saja hampir tidak memerlukan perawatan karena tingkat penguapannya kecil sekali dan dikondensasi kembali. Teknologi sekarang bahkan sudah memakai bahan silver untuk campuran sel negatifnya. Ada beberapa pertimbangan dalam memilih aki.

- Tata letak, apakah posisi tegak, miring atau terbalik. Bila pertimbangannya untuk segala posisi maka aki kering adalah pilihan utama karena cairan air aki tidak akan tumpah. Kendaraan *off road* biasanya menggunakan aki kering mengingat medannya yang berat. Aki ikut terguncang-guncang dan terbanting. Aki kering tahan guncangan sedangkan aki basah bahan elektodanya mudah rapuh terkena guncangan.
- *Voltase* / tegangan, di pasaran yang mudah ditemui adalah yang bertegangan 6V, 12V, dan 24V. Ada juga yang *multipole* yang mempunyai beberapa titik tegangan. Yang *custom* juga ada, biasanya dipakai untuk keperluan industri.
- Kapasitas aki yang tertulis dalam satuan Ah (*Ampere hour*), yang menyatakan kekuatan aki, seberapa lama aki tersebut dapat bertahan mensuplai arus untuk beban / *load*.
- *Cranking Ampere* yang menyatakan seberapa besar arus *start* yang dapat disuplai untuk pertama kali pada saat beban dihidupkan. Aki kering biasanya mempunyai cranking ampere yang lebih kecil dibandingkan aki basah, akan tetapi suplai tegangan dan arusnya relatif stabil dan konsisten. Itu sebabnya perangkat audio mobil banyak menggunakan aki kering.
- Pemakaian dari aki itu sendiri apakah untuk kebutuhan rutin yang sering dipakai ataukah cuma sebagai *back-up* saja. Aki basah, tegangan dan kapasitasnya akan menurun bila disimpan lama tanpa *recharge*,

sedangkan aki kering relatif stabil bila di simpan untuk jangka waktu lama tanpa *recharge*.

- Harga karena aki kering mempunyai banyak keunggulan maka harganya pun jauh lebih mahal daripada aki basah. Untuk menjembatani rentang harga yang jauh maka produsen aki juga memproduksi jenis aki kalsium (calsium baterai) yang harganya diantara keduanya.

Secara garis besar, baterai dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksinya. Berdasarkan aplikasi maka baterai dibedakan untuk *automotif*, *marine* dan *deep cycle*. *Deep Cycle* itu meliputi baterai yang biasa digunakan untuk PV (*Photo Voltaic*) dan *back-up power*.

Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi tipe basah, gel dan AGM (*Absorbed Glass Mat*). Baterai jenis AGM biasanya juga dikenal dgn VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*).

Baterai kering *deep cycle* juga dirancang untuk menghasilkan tegangan yang stabil dan konsisten. Penurunan kemampuannya tidak lebih dari 1-2% per bulan tanpa perlu *dicharge*. Bandingkan dengan baterai konvensional yang bisa mencapai 2% per minggu untuk *self discharge*. Konsekuensinya untuk *charging*, pengisian arus ke dalam baterai *deep cycle* harus lebih kecil dibandingkan baterai konvensional sehingga butuh waktu yang lebih lama untuk mengisi muatannya. Antara tipe gel dan AGM hampir mirip hanya saja baterai AGM mempunyai semua kelebihan yang dimiliki tipe gel tanpa memiliki kekurangannya. Kekurangan tipe Gel adalah pada waktu *dicharge* maka tegangannya harus 20% lebih rendah dari baterai tipe AGM ataupun basah. Bila *overcharged* maka akan timbul rongga di dalam gelnya yg sulit diperbaiki sehingga berkurang kapasitas muatannya.

Karena tidak ada cairan yang dapat membeku maupun mengembang, membuat baterai *deep cycle* tahan terhadap cuaca ekstrim yang membekukan. Itulah sebabnya mengapa pada cuaca dingin yang ekstrim, kendaraan yang menggunakan baterai konvensional tidak dapat *distart* alias mogok. Ada 2 rating untuk baterai yaitu CCA dan RC.

1. CCA (*Cold Cranking Ampere*) menunjukkan seberapa besar arus yang dapat dikeluarkan serentak selama 30 detik pada titik beku air yaitu 0°C.
2. RC (*Reserve Capacity*) menunjukkan berapa lama (dalam menit) baterai tersebut dapat menyalurkan arus sebesar 25A sambil tetap menjaga tegangannya di atas 10,5 Volt.

Baterai *deep cycle* mempunyai 2-3 kali lipat nilai RC dibandingkan baterai konvensional. Umur baterai AGM rata-rata antara 5-8 tahun.

3.3.1 Mengisi Elektrolit Pada Baterai

Baterai baru yang diperjual belikan dipasaran umumnya masih dalam keadaan kosong atau belum terisi elektrolit. *Charging* atau pengisian baterai agar siap pakai telah dilaksanakan di pabrik pembuat baterai dengan menggunakan metode pengisian kering (*dry charging*). Yang akan kita temui dipasaran adalah bentuk baterai baru yang siap diisi elektrolit dan siap terpakai. Adapun ciri-ciri yang dimiliki adalah bahwa pada setiap sell baterai dalam kondisi vakum dan ditutup seal dengan sangat rapat.

Pada saat akan menggunakan baterai baru, perlu dilakukan pengisian elektrolit baterai khususnya pada baterai yang menggunakan elektrolit atau dikenal dengan baterai basah. Elektrolit baterai adalah campuran dari 64% air distilasi (air suling / H₂O) dan 36% asam sulfat (SO₄). Dikalangan bengkel, elektrolit ini dikenal dengan sebutan air zuur, dengan berat jenis 1,270 pada temperatur 20 °C atau 68 °F saat baterai dalam kondisi penuh. Agar mendapatkan baterai yang benar-benar siap pakai, tentu saja diperlukan pengecekan terlebih dahulu berat jenis air zuur yang akan diisikan dengan menggunakan *Hidrometer* atau *Refractometer*, berat jenis elektrolit baterai dapat ditentukan.

Yang perlu diperhatikan dalam mengukur berat jenis elektrolit adalah temperatur air zuur pada saat pengecekan. Berat jenis elektrolit baterai berkaitan dengan perubahan temperatur. Berat jenis elektrolit berubah sebesar 0,0007 setiap perubahan 1 °C. Rumus untuk mengoreksi hasil pengukuran adalah:

$$S_{20^{\circ}C} = St + 0.0007 x (t - 20) \quad (3.1)$$

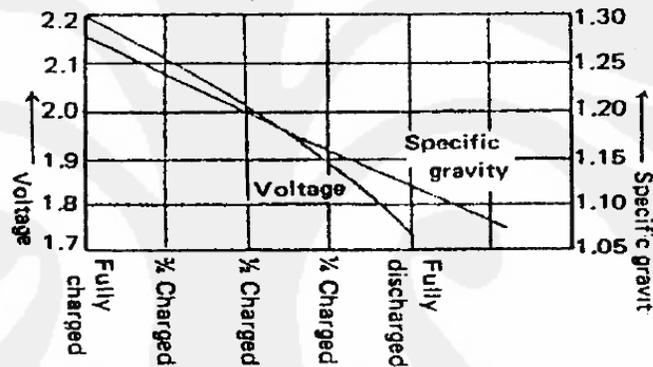
Dimana

$S_{20^{\circ}C}$ = Berat jenis pada temperature 20 °C

St = Nilai pengukuran berat jenis

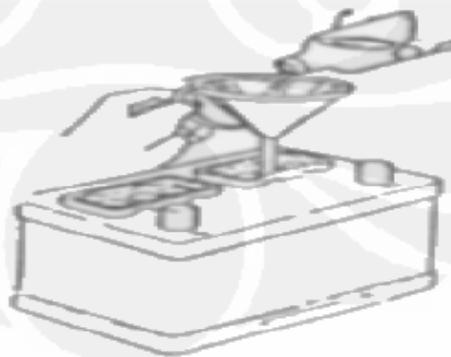
t = Temperatur elektrolit saat pengukuran

Hubungan antara temperatur dan berat jenis elektrolit pada baterai diperlihatkan pada gambar 3.5 :



Gambar 3.5 Hubungan temperatur dengan berat jenis

Dari hasil pengukuran akan diperoleh data kondisi elektrolit, bila berat jenis elektrolit lebih dari 1.280 maka tambahkan air suling agar berat jenis berkurang dari 1.280.



Gambar 3.6 Mengisi elektrolit pada baterai

Prosedur pengisian elektrolit pada baterai baru adalah dengan langkah-langkah seperti berikut ini :

1. Tempatkan baterai pada posisi yang aman, jauhkan dari sumber bahaya api.
2. Bersihkan permukaan baterai.
3. Persiapkan *accu zuur*. Pastikan berat jenis *accu zuur* sesuai. BJ elektrolit 1,27 – 1,28 pada temperatur 20⁰C.
4. Lepas seal perapat pada lubang ventilasi baterai.
5. Masukkan *accu zuur* ke tiap-tiap sel baterai hingga permukaan *accu zuur* berada pada level antara *low* dan *max*.
6. Pastikan tidak ada cairan elektrolit yang tumpah.
7. Periksa kembali tinggi permukaan elektrolit pada baterai. Tiap-tiap sel harus mempunyai elektrolit dengan kapasitas yang sama.
8. Tutup semua sel dengan tutupnya masing-masing.
9. Bersihkan kembali permukaan atas baterai.
10. Tempatkan baterai pada tempat yang aman.
11. Apabila kulit atau pakaian terkena air zuur, segera basuh dengan air biasa atau air sabun sebagai langkah pertolongan pertama.

Agar mendapatkan baterai yang benar-benar siap pakai, baterai perlu didiamkan beberapa saat (15 – 30 menit) sebelum digunakan. Hal ini berguna untuk memberi waktu pada baterai agar elektrolit dapat benar-benar merendam plat-plat didalam sel baterai. Langkah berikut sebelum pemasangan baterai pada kendaraan adalah dengan melakukan pengecekan tegangan baterai. Tegangan minimal yang diijinkan adalah 12 volt. Apabila kurang dari 12 volt beri waktu beberapa saat (± 15 menit) dan lakukan pengukuran ulang. Bila perlu dapat juga dilakukan pengukuran tegangan pada masing-masing sel. Pengecekan ini dapat membantu menentukan sel mana pada baterai yang mempunyai tegangan kurang. Spesifikasi tegangan pada masing-masing sel adalah 2,1 volt.

Baterai baru yang siap diaktifkan membutuhkan pengisian elektrolit atau air zuur dan tidak membutuhkan *charge* atau pengisian arus listrik karena umumnya telah dilakukan pengisian dengan teknik *dry charge*. Untuk itu yang perlu diperhatikan adalah berat jenis elektrolit yang akan diisikan haruslah sesuai. Spesifikasi berat jenis air zuur berkisar antara 1,26 sampai 1,28 pada temperatur 20 °C. Alat ukur berat jenis elektrolit baterai adalah menggunakan Hidrometer atau Refractometer. Berat jenis elektrolit berubah sebesar 0,0007 setiap perubahan 1 °C. Untuk itu pengukuran temperatur ruang perlu mendapatkan perhatian agar perhitunga berat jenis baterai diperoleh dengan tepat.

3.3.2 Pemeriksaan Baterai

Baterai harus diperiksa secara periodik dan diuji kemampuannya. Terdapat 3 kelompok pemeriksaan baterai yang sering dilakukan, yaitu: Pemeriksaan Visual, Pemeriksaan elektrolit, Pemeriksaan tegangan.

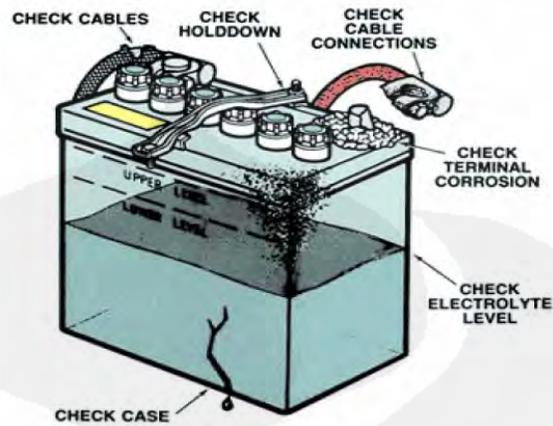
- Pemeriksaan Visual Baterai

Baterai harus diperiksa secara periodik dan diuji kemampuannya. Terdapat 3 kelompok pemeriksaan baterai yang sering dilakukan, yaitu: Pemeriksaan Visual, Pemeriksaan elektrolit, Pemeriksaan tegangan

Bagian-bagian dari baterai yang perlu mendapatkan pemeriksaan visual meliputi :

1. Kotak baterai

Kotak baterai sering mengalami kerusakan yang dapat diidentifikasi secara visual, jenis kerusakan kotak baterai antara lain: kotak retak akibat benturan, mengembang akibat *over charging* , bocor akibat keretakan atau mengembang



Gambar 3.7 Pemeriksaan bagian baterai secara visual

2. Sel- sel baterai

Sel baterai sering mengalami gangguan yaitu sell yang mengembang akibat *over charging* maupun mengkristal dan sel yang rontok karena getaran, kualitas yang kurang baik maupun usia baterai.

3. Terminal baterai dan konektor kabel

Terminal baterai dan konektor merupakan bagian baterai yang sering mengalami kerusakan, bentuk kerusakan paling banyak adalah korosi yang disebabkan oleh uap elektrolit baterai maupun panas akibat kenektor kendor atau kotor.

4. Jumlah elektrolit

Jumlah elektrolit perlu diperiksa secara periodik. Bila pengisian berlebihan (*over charging*) maka elektrolit cepat berkurang karena penguapan berlebihan. Pemeriksaan jumlah elektrolit dapat dilakukan dengan cepat karena kotak dibuat dari *plastic transparent*. Jumlah elektrolit harus berada diantara garis *Upper Level* dan *Lower Level*.

5. Kabel Baterai

Kabel baterai dialiri arus yang sangat besar, saat mesin *dstarter* besar arus dapat mencapai 250 – 500 A, tergantung dari daya motor *starter*, dengan arus sebesar itu kabel akan panas. Panas pada kabel menyebabkan sifat elastis kabel menurun, isolator muda pecah dan terkupas, hal ini terjadi terutama pada isolator dekat dengan terminal baterai.

6. Pemegang Baterai

Pemegang baterai harus dapat mengikat baterai dengan kuat agar guncangan baterai dapat dihindari, sehingga usia baterai dapat lebih lama. Gangguan pada pemegang baterai antara lain kendur akibat mur pengikat karat untuk itu lindungi mur dengan mengoleskan vaselin/ grease.

- Pemeriksaan Elektrolit

Jumlah elektrolit baterai harus selalu dikontrol, jumlah yang baik adalah diantara tanda batas *Upper Level* dengan *Lower Level*. Jumlah elektrolit yang kurang menyebabkan sel baterai cepat rusak, sedang jumlah elektrolit berlebihan menyebabkan tumpahnya elektrolit saat baterai panas akibat pengisian atau pengosongan berlebihan. Akibat proses penguapan saat pengisian memungkinkan jumlah elektrolit berkurang, untuk menambah jumlah elektrolit yang kurang cukup dengan menambah H₂O atau terjual dengan nama *Air Accu*. Penyebab elektrolit cepat berkurang dapat disebabkan oleh *over charging*, oleh karena bila berkurangnya elektrolit tidak wajar maka periksa dan setel arus pengisian. Keretakan baterai dapat pula menyebabkan elektrolit cepat berkurang, selain itu cairan elektrolit dapat mengenai bagian kendaraan, karena cairan bersifat korosif maka bagian kendaraan yang terkena elektrolit akan korosi. Langkah melakukan pengukuran elektrolit baterai adalah:

1. Lepas terminal baterai negatif.
2. Lepas sumbat baterai dan tempatkan dalam wadah agar tidak tercecer.
3. Masukkan thermometer pada lubang baterai.
4. Masukkan ujung hydrometer ke dalam lubang baterai.
5. Pompa hidrometer sampai elektrolit masuk ke dalam hydrometer dan pemberat terangkat.
6. Tanpa mengangkat hydrometer baca berat jenis elektrolit baterai dan baca temperature elektrolit baterai.
7. Catat hasil pembacaan, lakukan hal yang sama untuk sel baterai yang lain.

Rumus untuk mengkoreksi hasil pengukuran adalah sesuai dengan persamaan (3.1):

Contoh:

Tentukan berat jenis baterai bila hasil pengukuran pada temperatur 0°C, menunjukkan berat jenis 1,260.

$$\begin{aligned}
 S_{20\text{ }^{\circ}\text{C}} &= S_t + 0,0007 \times t - 20) && (3.2) \\
 &= 1,260 + 0,0007 \times (0 - 20) \\
 &= 1,260 - 0,0014 \\
 &= 1,246
 \end{aligned}$$

Tindakan yang harus dilakukan terkait hasil pengukuran elektrolit adalah sebagai berikut pada tabel 3.1:

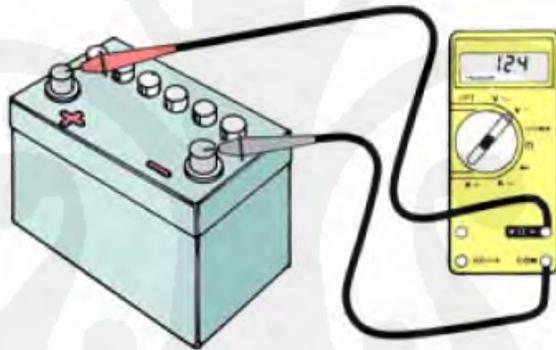
Tabel 3.1 Tindakan yang dilakukan berdasarkan hasil pengukuran berat jenis elektrolit

HASIL PENGUKURAN	TINDAKAN
1.280 Atau lebih	Tambahkan air suling agar berat jenis berkurang
1.220 – 1.270	Tidak Perlu Tindakan
1.210 atau kurang	Lakukan pengisian penuh, ukur berat jenis. Bila masih dibawah 1.210 ganti baterai.
Perbedaan antar sel kurang dari 0.040	Tidak perlu tindakan
Perbedaan berat jenis antar sel 0.040 atau lebih	Lakukan pengisian penuh, ukur berat jenis. Bila berat jenis antar sel melebihi 0.030, setel berat jenis. Bila tidak bisa dilakukan, ganti baterai

Terdapat beberapa produsen baterai menggunakan indicator berat jenis baterai yang menjadi satu kesatuan dengan sumbat baterai, atau dipasang satu indikator tersendiri. Adanya indicator berat jenis baterai membuat perawatan lebih mudah, karena saat perawatan pemeriksaan berat jenis membutuhkan waktu yang cukup lama, dan bila tidak dilakukan dengan hati-hati elektrolit dapat tumpah/ menetes pada kendaraan.

- Pemeriksaan tegangan baterai

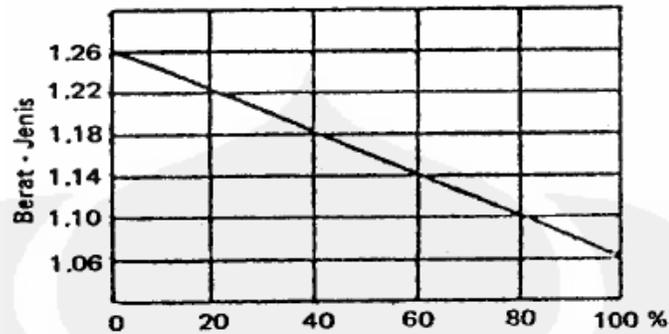
Pada setiap sell baterai menghasilkan tegangan 2,1 volt. Apabila baterai mempunyai 6 buah sel maka baterai akan menghasilkan tegangan 12,6 volt. Untuk pemeriksaan tegangan baterai dapat dilakukan dengan menggunakan volt meter. Prosedur pengukurannya adalah dengan memasang colok ukur pada terminal baterai dan avometer akan menunjukkan tegangan baterai. Disamping itu dapat juga dilakukan pengukuran tegangan pada masing-masing sel dengan menggunakan sell tester. Pada sel tester akan terbaca tegangan pada asingmasing sel sehingga dapat diketahui sel mana yang rusak apabila terjadi kerusakan pada sel baterai.



Gambar 3.8 Mengukur tegangan baterai

3.3.3 Pengisian Baterai

Dari pemeriksaan berat jenis elektrolit baterai dapat diketahui kondisi penyimpanan arus listrik pada baterai. Apabila berat jenis baterai berkurang maka perlu dilakukan pengisian ulang pada baterai yaitu dengan melakukan proses *Charging* . Penentuan besar arus dan lama waktu yang dibutuhkan untuk pengisian baterai dapat diketahui melalui data hasil pengukuran berat jenis elektrolit. Hubungan berat jenis dan kapasitas ditunjukkan pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Grafik hubungan berat jenis dengan kapasitas baterai

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui prosentase kondisi baterai atau tingkat kehilangan listrik. Dengan demikian dapat diketahui bahwa perubahan berat jenis elektrolit mempengaruhi kapasitas baterai.

Contoh :

Sebuah baterai berkapasitas 50 Ah dengan berat jenis terkoreksi pada suhu 20°C adalah 1,18. Besarnya kehilangan muatan adalah sebesar 40%. (lihat grafik).

Pengisian baterai dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu:

- Pengisian Normal
- Pengisian Cepat

3.3.3.1 Pengisian Normal

Pengisian normal adalah pengisian dengan besar arus yang normal, besar arus pengisian normal sebesar 10 % dari kapasitas baterai. Contoh baterai 100 AH maka besar arus pengisian $100 \times 10/100 = 10$ Amper.

Untuk menentukan lamanya waktu pengisian dapat digunakan rumus seperti berikut :

$$\text{Waktu pengisian (h)} = \frac{\text{Tingkat kehilangan muatan (Ah)}}{\text{Besar arus pengisian (A)}} \times 1.2 \approx 1.5 \quad (3.3)$$

Nilai 1,2 ~ 1.5 adalah faktor koreksi terhadap hambatan-hambatan yang ditimbulkan oleh penghantar serta perubahan temperature akibat pengisian.

Contoh:

Hasil pengukuran baterai dengan kapasitas 100 Ah menunjukkan berat jenis 1,18 pada temperature 20 °C. Apabila data ini dibandingkan dengan grafik hubungan berat jenis dengan Tingkat kehilangan muatan (Ah), Besar arus pengisian, waktu pengisian = x 1,2 ~1.5. Kapasitas diketahui bahwa pada saat itu energi yang hilang dan perlu diisi sebesar 40 %. atau sebesar:

$$100 \times 40\% = 40 \text{ Ah.}$$

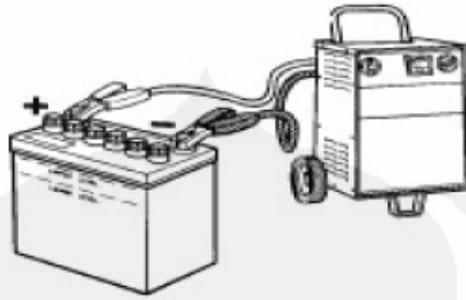
Besar arus pengisian normal adalah : $10\% \times 100\text{Ah} = 10 \text{ Amper}$

Waktu pengisian yang dibutuhkan adalah : $(40 \text{ Ah}/10\text{A}) \times 1,5 = 6 \text{ jam.}$

- Prosedur pengisian

Pengisian dengan satu baterai (gambar 3.10).

1. Buka sumbat baterai tempatkan sumbat pada wadah khusus agar tidak tercecer. Pelepasan sumbat ini dengan tujuan untuk sirkulasi uap yang dihasilkan elektrolit saat pengisian, dan menghindari tekanan pada sel baterai akibat gas yang dihasilkan.
2. Hubungkan kabel positif baterai dengan klem positif baterai *charger* dan terminal negatif dengan klem negatif. Hati-hati jangan sampai terbalik, bila terbalik akan timbul percikan api, bila dipaksa baterai akan rusak, pada baterai *charger model* tertentu dilengkapi dengan indicator, dimana bila pemasangan terbalik akan muncul bunyi peringatan.



Gambar 3.10 Mengisi baterai

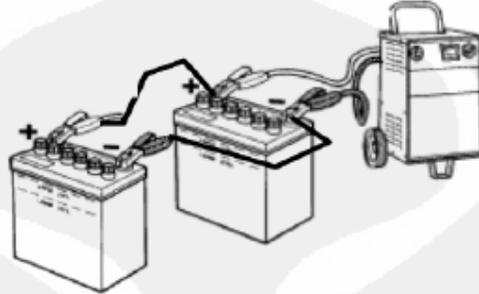
3. Hubungkan baterai *charger* dengan sumber listrik 220 V.
4. Pilih selector tegangan sesuai dengan tegangan baterai, misal baterai 12 V maka selector digerakan kearah 12 V.
5. Hidupkan baterai *charger*, dan setel besar arus sesuai dengan kapasitas normal pengisian baterai, misal : baterai 100 Ah pengisian normal sebesar 10 A.
6. Bila pengisian sudah selesai, maka matikan baterai *charger*.
7. Lepas klem baterai *charger* pada terminal baterai, lakukan terminal negatif dahulu, klem jangan dilepas saat baterai *charge* masih hidup, sebab akan terjadi percikan api pada terminal saat dilepas dan menimbulkan ledakan pada baterai akibat uap baterai terbakar. Uap baterai adalah gas *hydrogen* yang mudah terbakar dan mudah meledak.
8. Pasang papan peringatan pada daerah yang digunakan untuk pengisian. Ventilasi pada ruang pengisian harus cukup, untuk menghindari meningkatnya konsentrasi *hydrogen* pada ruangan, sehingga potensi menimbulkan ledakan atau kebakaran.

Pengisian lebih dari satu baterai

Pengisian baterai yang lebih dari satu buah dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu merangkai secara paralel dan merangkai secara seri. Prosedur pengisian secara paralel adalah seperti berikut :

1. Buka sumbat baterai (*vent caps*) tempatkan sumbat pada wadah khusus agar tidak tercecer. Pelepasan sumbat ini dengan tujuan untuk sirkulasi uap yang dihasilkan elektrolit saat pengisian, dan menghindari tekanan

pada sel baterai akibat gas yang dihasilkan. Gambar 3.11 menunjukkan pengisian secara paralel.

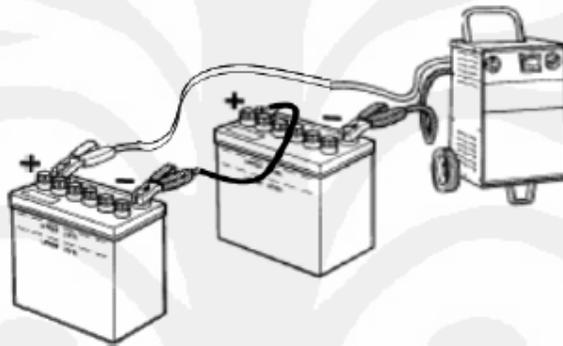


Gambar 3.11 Mengisi baterai dengan rangkaian paralel

2. Hubungkan kabel positif baterai 1 dengan terminal positif baterai 2 kemudian hubungkan dengan klem positif baterai *charger*. Demikian pula untuk terminal negatif. Hati-hati jangan sampai terbalik, bila terbalik akan timbul percikan api, bila dipaksa baterai akan rusak, pada baterai *charger model* tertentu dilengkapi dengan indicator, dimana bila pemasangan terbalik akan muncul bunyi peringatan.
3. Hubungkan baterai *charger* dengan sumber listrik 220 V.
4. Pilih selector tegangan sesuai dengan tegangan baterai, misal baterai 12 V maka selector digerakan kearah 12 V.
5. Hidupkan baterai *charger*, dan setel besar arus sesuai dengan kapasitas baterai. Besar arus merupakan jumlah arus yang dibutuhkan untuk baterai 1 dan baterai 2. Misalnya untuk mengisi dua baterai 50 Ah dibutuhkan arus pengisian sebesar $10\% \times (2 \times 50) = 10 \text{ A}$., mengisi baterai 50 Ah dan 40 Ah maka diperlukan arus sebesar $10\% \times (40+50) = 9 \text{ A}$.
6. Setel waktu yang diperlukan untuk pengisian (untuk baterai *charging* yang dilengkapi *timer*), bila tidak dilengkapi maka catat waktu mulai proses pengisian. Waktu yang diperlukan sesuai dari hasil pengukuran berat jenis elektrolit masingmasing baterai.
7. Bila pengisian sudah selesai, matikan baterai *charger*.

8. Lepas klem baterai *charger* pada terminal baterai, lakukan terminal negatif dahulu, klem jangan dilepas saat baterai *charger* masih hidup, sebab akan terjadi percikan api pada terminal saat dilepas dan menimbulkan ledakan pada baterai. Akibat uap baterai terbakar. Uap baterai adalah gas *hydrogen* yang mudah terbakar dan mudah meledak.

Untuk melakukan pengisian rangkaian seri 2 baterai adalah dengan prosedur seperti gambar 3.12 :



Gambar 3.12 Mengisi baterai dengan rangkaian seri

1. Hubungkan kabel positif baterai 1 dengan terminal positif baterai 2 kemudian hubungkan dengan klem positif baterai *charger*. Demikian pula untuk terminal negatif. Hati-hati jangan sampai terbalik, bila terbalik akan timbul percikan api, bila dipaksa baterai akan rusak, pada baterai *charger model* tertentu dilengkapi dengan indikator, dimana bila pemasangan terbalik akan muncul bunyi peringatan.
2. Hubungkan baterai *charger* dengan sumber listrik 220 V.
3. Pilih selector tegangan sesuai dengan total tegangan baterai, misal 2 baterai 12 V dirangkai seri maka tegangan menjadi 24 V maka selector digerakan kearah 24V.
4. Hidupkan baterai *charger*, dan setel besar arus sesuai dengan kapasitas baterai yang paling kecil. Misalkan besar untuk mengisi dua baterai 50 Ah dibutuhkan arus pengisian sebesar $10\% \times 50 = 5 \text{ A.}$, mengisi baterai

50 Ah dan 40 Ah. Maka diperlukan arus sebesar yang digunakan $10\% \times 40 \text{ Ah} = 4 \text{ A}$.

5. Setel waktu yang diperlukan untuk pengisian (untuk *baterai charging* yang dilengkapi *timer*), bila tidak dilengkapi maka catat waktu mulai proses pengisian. Waktu yang diperlukan sesuai dari hasil pengukuran berat jenis elektrolit masing-masing baterai.
6. Bila pengisian sudah selesai, maka mematikan baterai *charger*.
7. Lepas klem baterai *charger* pada terminal baterai, lakukan terminal negatif dahulu, klem jangan dilepas saat baterai *charge* masih hidup, sebab akan terjadi percikan api pada terminal saat dilepas dan menimbulkan ledakan pada baterai akibat uap baterai terbakar. Uap baterai adalah gas *hydrogen* yang mudah terbakar dan mudah meledak.

3.3.3.2 Pengisian Cepat

Pengisian cepat adalah pengisian dengan arus yang sangat besar. Besar pengisian tidak boleh melebihi 50% dari kapasitas baterai, dengan demikian untuk baterai 100 Ah, besar arus pengisian tidak boleh melebihi 50 A.

Prosedur pengisian cepat sebenarnya sama dengan pengisian normal, yang berbeda adalah besar arus pengisian yang diatur sangat besar. Selain itu juga faktor resiko yang jauh lebih besar, sehingga harus dilakukan dengan ekstra hati-hati. Contoh saat pengisian normal sumbat baterai tidak dilepas tidak menimbulkan masalah yang serius sebab temperatur pengisian relatif rendah sehingga uap elektrolit sangat kecil, berbeda dengan pengisian cepat dimana arus yang besar menyebabkan temperature elektrolit sangat tinggi sehingga penguapan sangat besar, bila sumbat tidak dilepas kotak baterai dapat melengkung akibat tekanan gas dalam sel baterai yang tidak mampu keluar akibat lubang ventilasi kurang.

Pengisian cepat sering dilakukan untuk membantu kendaraan yang mogok atau sedang dalam proses perbaikan, sehingga baterai tidak diturunkan dari kendaraan. Pada kasus pengisian cepat di atas kendaraan yang perlu diingat adalah melepas kabel baterai negatif sebelum melakukan pengisian, hal ini disebabkan saat pengisian cepat tegangan dari baterai

charging lebih besar dari pengisian normal, kondisi ini berpotensi merusak komponen elektronik dan diode pada alternator.

Untuk menentukan besarnya arus pengisian pada pengisian cepat dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Arus pengisian (A)} = \frac{\text{Tingkat kehilangan muatan (Ah)}}{1 + \text{waktu pengisian (h)}} \quad (3.4)$$

Waktu pengisian yang tersedia 0,5 – 1 jam

Contoh :

Sebuah baterai 100Ah membutuhkan pengisian cepat dengan berat jenis terkoreksi pada suhu 20⁰C adalah 1,20. Waktu pengisian yang tersedia 0,5 jam.

Diketahui tingkat kehilangan muatan pada baterai adalah sebesar 30% yaitu 30Amper. Maka besar arus pengisian yang harus diisikan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Arus pengisian (A)} &= \frac{30(Ah)}{1 + 0.5(h)} \\ &= 30 A \end{aligned}$$

Arus pengisian = 30 Amper.

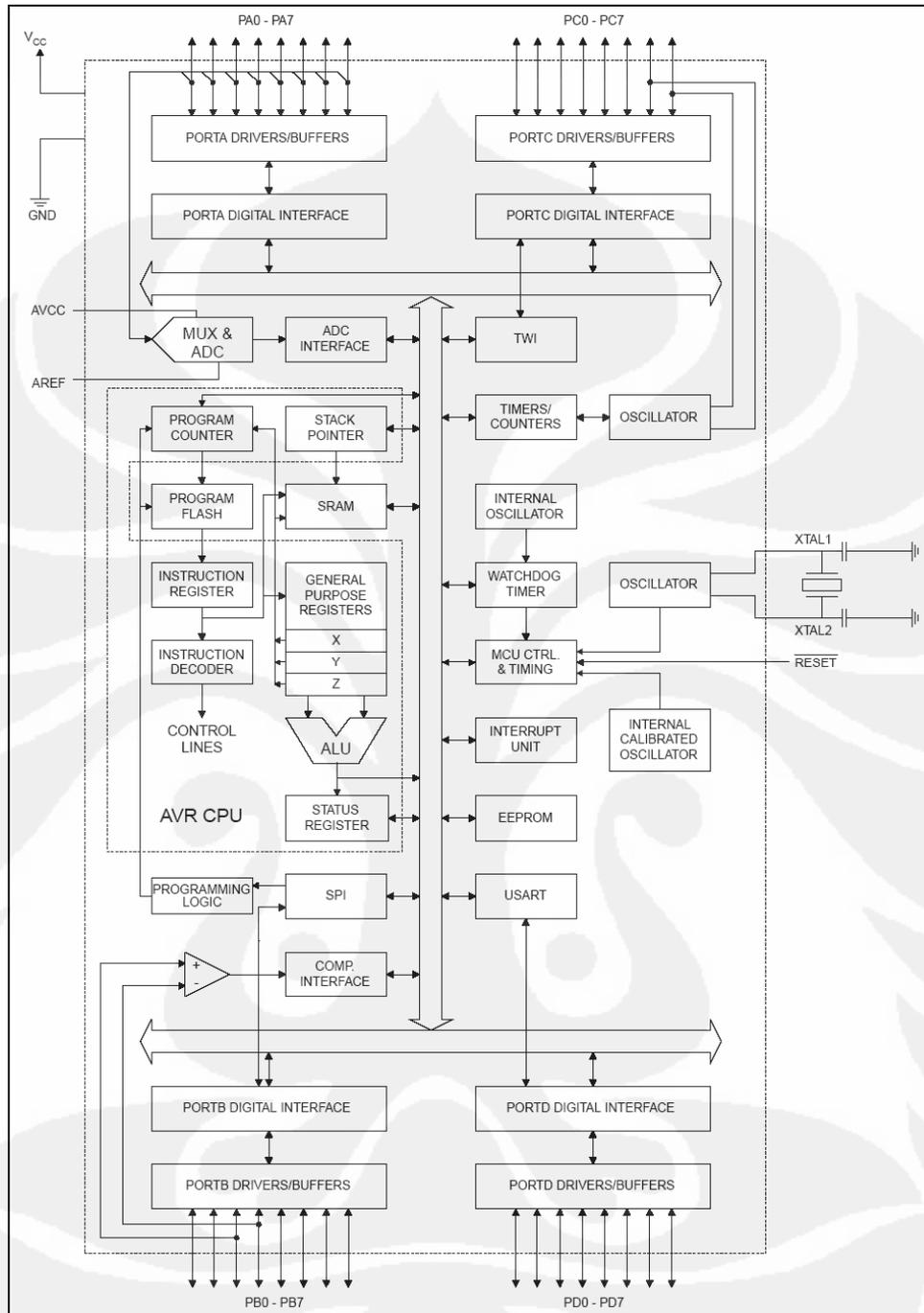
Pengisian baterai yang baik akan ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung udara dari dalam sel baterai. Frekuensi gelembung udara tersebut bergantung pada besar kecil arus pengisian. Disamping itu berat jenis elektrolit juga akan berubah sesuai dengan kenaikan tegangan pada baterai.

3.4 Mikrokontroler ATMEGA8535

ATMEGA8535 adalah keluarga mikrokontroler CMOS 8-bit yang berdaya rendah yang berdasar pada AVR, yaitu arsitektur RISC yang lebih dikembangkan. ATMEGA8535 dapat mengeksekusi instruksi hanya dalam sebuah siklus *Overvoltage*, dan mencapai kecepatan 1 MIPS per MHz.

Mikrokontroler ATMEGA8583 disini digunakan untuk mengatur naik dan turunya tegangan dan penampikan keluaran tegangan dan arus pada LCD. Dalam rangkaian mikrokontroler ini harus dilengkapi dengan sumber *Overvoltage* dan rangkaian reset yang sering disebut dengan sistem minimum mikrokontroler. Sumber *Overvoltage* diperoleh dengan memasang penghasil detak yaitu berupa kristal dengan frekuensi 11,0592 MHz dan dua buah kapasitor sebesar 33 pF yang dihubungkan dengan pin XTAL1 dan XTAL2 dari mikrokontroler ATmega 8583.

Sedangkan rangkaian reset berfungsi untuk mereset program yang sudah di-*download* pada mikrokontroler tersebut. Reset tersebut diperoleh dengan prinsip menghubungkan pin reset mikrokontroler (pin 9) dengan logika 1 atau 5 V. Pin reset tidak langsung dihubungkan dengan tegangan masukan 5 V, namun ditambah dengan kapasitor sebesar 10 μ F dan resistor 10 k Ω . Dalam sistem minimum ini rangkaian reset ditambah dengan *push-button switch* agar pemakai dapat melakukan reset secara manual. Rangkaian keseluruhan dari sistem minimum ATMEGA8535 dapat ditunjukkan pada blok diagram gambar 3.13.



Gambar 3.13 Diagram blok ATMEGA8535

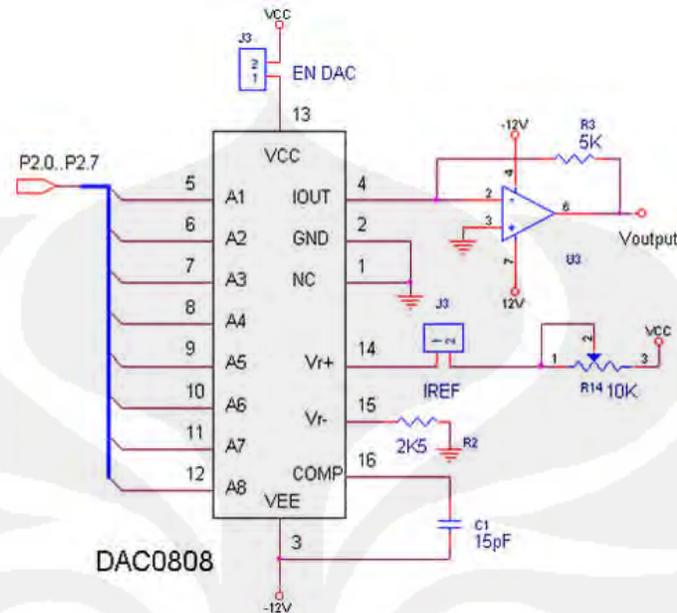
Keuntungan sistem kontrol dengan menggunakan mikrokontroler dibandingkan dengan sistem yang lain yaitu :

1. Sistem minimumnya dapat dibuat sendiri sesuai dengan keinginan dan kebutuhan;
2. Aplikasinya sangat luas luas seperti pengontrolan temperatur dan RH pada suatu ruangan, sistem tiket dalam permainan, atau telemetri yang digunakan pada pengukuran jarak jauh;
3. Diproduksi masal sehingga harganya murah;
4. Andal dan tidak memerlukan perawatan khusus.

3.5 Rangkaian *Digital to Analog Converter* (DAC) 0808

DAC 0808 adalah suatu rangkaian pengubah informasi dari data digital menjadi data analog. Rangkaian ini diperlukan pada saat suatu rangkaian digital digunakan sebagai alat kontrol pada suatu sistem rangkaian yang mengoperasikan parameter tegangan atau arus dalam analog. DAC 0808 akan mengubah setiap konfigurasi logika pada masukannya ke dalam tegangan analog pada keluarannya dengan perbandingan tertentu.

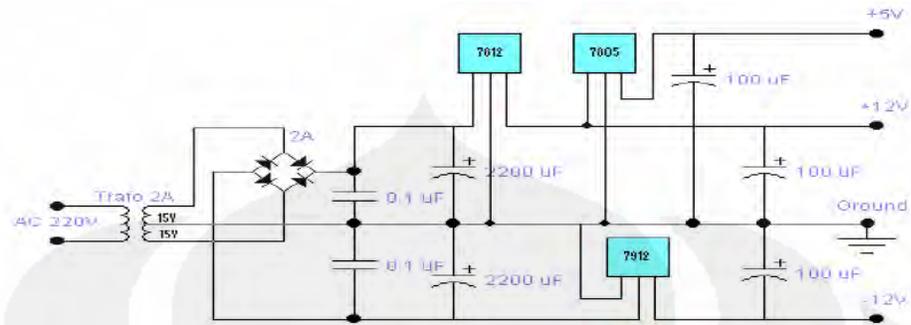
Pada dasarnya keluaran dari DAC 0808 adalah arus, oleh karena itu setelah IC DAC 0808, diperlukan IC LM741 yang berfungsi sebagai *op-amp*. Sehingga keluaran dari LM741 sudah berupa tegangan yang mana tegangan tersebut dapat digunakan sebagai tegangan masukan referensi pada *charging*. Pada peralatan ini rangkaian DAC 0808 terhubung mikrokontroler. Rangkaian DAC 0808 selengkapnya dapat dilihat pada gambar 3.15 di bawah ini.



Gambar 3.15 Rangkaian DAC 0808

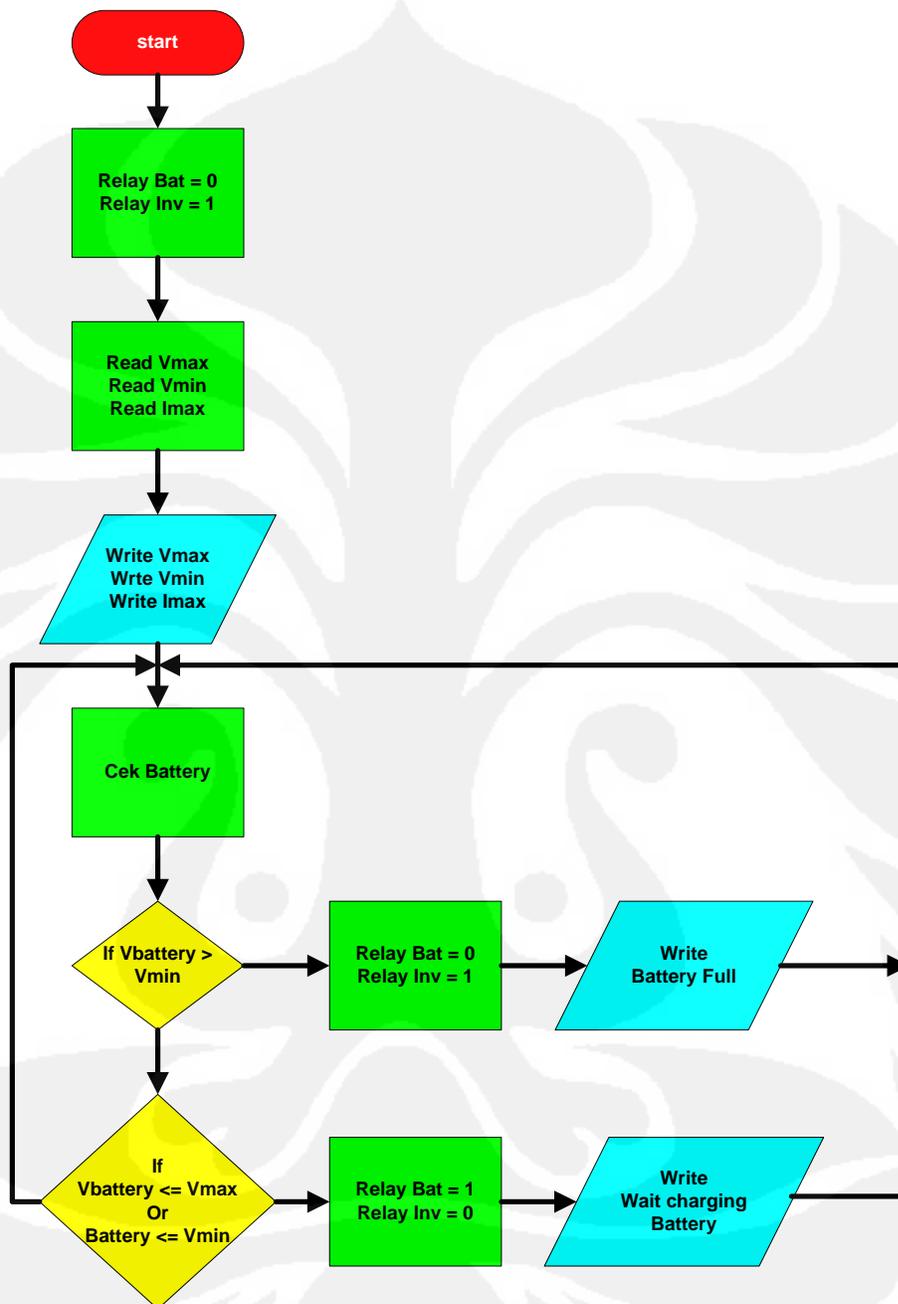
3.6 Rangkaian Catu Daya Tegangan Rendah DC

Rangkaian catu daya tegangan rendah DC yang dibuat adalah +5V, +12V dan -12V. Tegangan +5V digunakan untuk mencatu tegangan mikrokontroler, DAC 0808, dan juga untuk mencatu LCD. Catu daya +12V digunakan sebagai Vref dari rangkaian DAC 0808 dan untuk tegangan -12V digunakan untuk Vee dari rangkaian DAC 0808. Perancangan sumber tegangan +5 V digunakan regulator 7805, untuk tegangan +12 V digunakan regulator 7812 sedangkan untuk -12V menggunakan regulator 7912. Sebagai penyearah digunakan diode 2A dan kapasitor *filter* 2200uF sebagai *output*. Rangkaian catu daya tegangan rendah DC seperti ditunjukkan pada gambar 3.16 sebagai berikut.



Gambar 3.16 Rangkaian catu daya tegangan rendah DC

3.7 Flowchart Program



Gambar 3.17 Flowchart program

Dalam proses awal , pada kondisi *setandbay* dimana belum adanya masukan parameter (Vmax, Vmin, dan Imax). Relay baterai dalam kondisi OFF dan relay *inverter* ON.

```
Relay-bat =0
Relayinv =1
```

Kemudian akan dilakukan pembacaan dari inputan *keyboard* sebagai parameter baterai akan *charging* dan tampilkan pada LCD.

```
Locate 1 , 1 : Lcd "Masukan Vmax"      'masukan nilai Vmax
Call Scan_keypad
Vmax1 = Jumlah_str
Vmax = Jumlah + 0.004
Locate 2 , 1 : Lcd "Vmax= " ; Vmax1
Wait 1
Cls
Locate 1 , 1 : Lcd "Vmax= " ; Vmax1
Wait 1

Locate 2 , 1 : Lcd "Masukan Vmin"      'masukan nilai Vmin
Call Scan_keypad
Vmin1 = Jumlah_str
Vmin = Jumlah
Locate 3 , 1 : Lcd "Vmin= " ; Vmin1
Wait 1
Cls
Locate 1 , 1 : Lcd "Vmax= " ; Vmax1
Locate 2 , 1 : Lcd "Vmin= " ; Vmin1
Wait 1

Locate 3 , 1 : Lcd "Masukan Imax"      'masukan nilai Imax
Call Scan_keypad
Imax1 = Jumlah_str
Imax = Jumlah
Locate 4 , 1 : Lcd "Imax= " ; Imax1
Wait 1
Cls
Locate 1 , 1 : Lcd "Vmax= " ; Vmax1
Locate 2 , 1 : Lcd "Vmin= " ; Vmin1
Locate 3 , 1 : Lcd "Imax= " ; Imax1
Wait 1
```

Cek tegangan baterai, lakukan proses sampling sebanyak 50 kali.

```
Cek_batre:

For Index = 1 To 50
A(index) = Getadc(1)
Vbat = Vbat + A(index)
Next Index
Vbat = Vbat * 0.004887585
```

```
Vbat = Vbat / 50
Vbat = Vbat * 2.401
Return
```

Bandingkan apakah nilai tegangan baterai lebih besar dari nilai V_{max} , jika benar aktifkan relay *inverter*. Sehingga tidak terjadi proses *charging* karena baterai *full*.

```
If Vbat > Vmax Then 'keadaan battery full
    Waktu = 0

    Kondisi = 0
    Relay_bat = 0
    Relay_inv = 1
    Dac = 170
    Portd = Dac
    Gosub Cek_batre
    Cls
    Waitms 500
    Locate 1 , 5
    Lcd "Full Battery"
    Waitms 100
    Lowerline
    Lcd " V Battery = "
    Lcd Fusing(vbat , "#.##") ; "V"
    Waitms 500
```

Jika tegangan baterai lebih kecil dari V_{max} dan lebih kecil dari V_{min} lakukan proses *charging* dengan mengaktifkan relay baterai dan menonaktifkan relay *inverter*.

```
Elseif Vbat <= Vmax And Kondisi = 1 Then
'keadaan battery charging
    Relay_bat = 1
    Relay_inv = 0
    Gosub Charging
Elseif Vbat <= Vmin Then 'keadaan battery mau charging
    Kondisi = 1
Else 'keadaan battery sampai Vmin
    Dac = 170
    Portd = Dac
    Gosub Cek_batre
    Waitms 500
    Locate 1 , 5
    Lcd "Wait Charging"
    Waitms 100
    Lowerline
    Lcd " V Battery = "
    Lcd Fusing(vbat , "#.##") ; "V"
```

```
Thirdline  
Lcd " V Minimal = "  
Lcd Fusing(vmin , "#.##") ; "V"  
Waitms 500
```

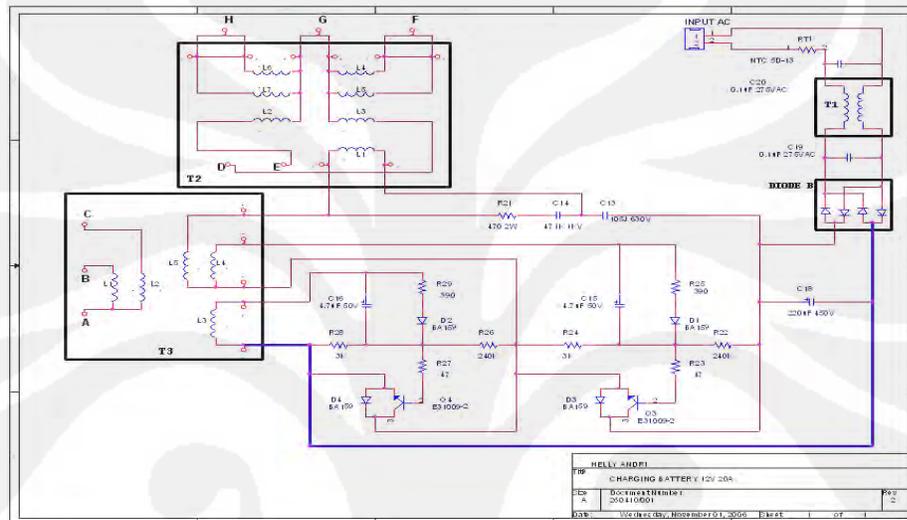


BAB IV PENGUJIAN

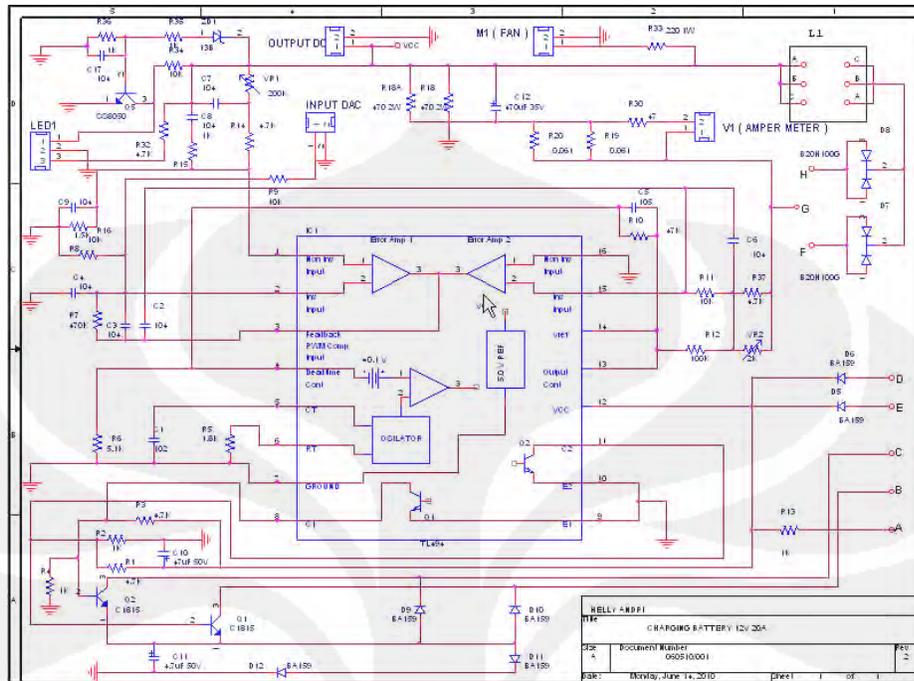
4.1 Pengujian Rangkaian

4.1.1 Pengujian Rangkaian Pengisi Baterai

Pengujian ini dilakukan tanpa menggunakan rangkaian pengontrol. Rangkaian yang dipakai adalah rangkaian pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.



Gambar 4.1 Rangkaian AC – DC *charging* baterai



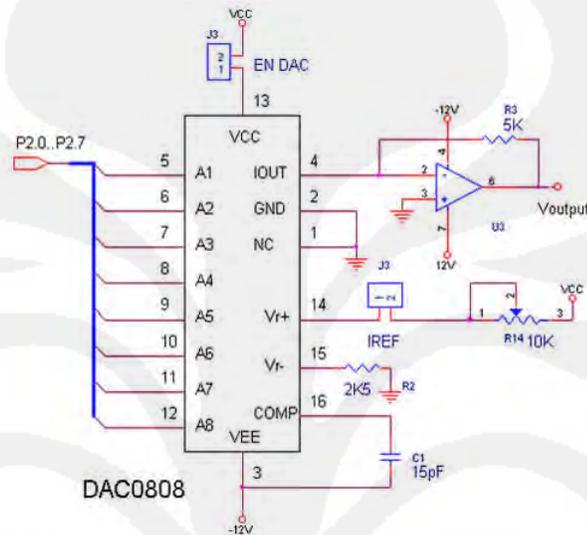
Gambar 4.2 Rangkaian pengisi baterai

Rangkaian pengisi baterai ini memerlukan suplay tegangan AC 220V. *Output* tegangan yang dihasilkan antara 6V – 17 V dengan mengatur tegangan ke R9 (resistor). Tegangan kerja pada titik tersebut adalah antara 2.6V – 5V. Berikut ini tabel 4.1 menunjukkan pengaturan tegangan ke R9 dengan membatasi V_{out} maksimal 12V dengan cara mentuning VR1.

Tabel 4.1 Range tegangan kerja ke R9 dengan membatasi V_{out} 12V

No	Tegangan ke R9 atau V_{out} DAC (V)	V_{out} Rangkaian charging (V)
1	5	12
2	4.15	10
3	3.73	9
4	3.10	7.5
5	2.6	6

Dari melihat hasil pengujian perubahan tegangan ke R9, maka dapat dianalisa bahwa kita dapat mengontrol tegangan *output charging* secara otomatis dengan menggunakan rangkaian DAC0808 seperti pada gambar 4.3.



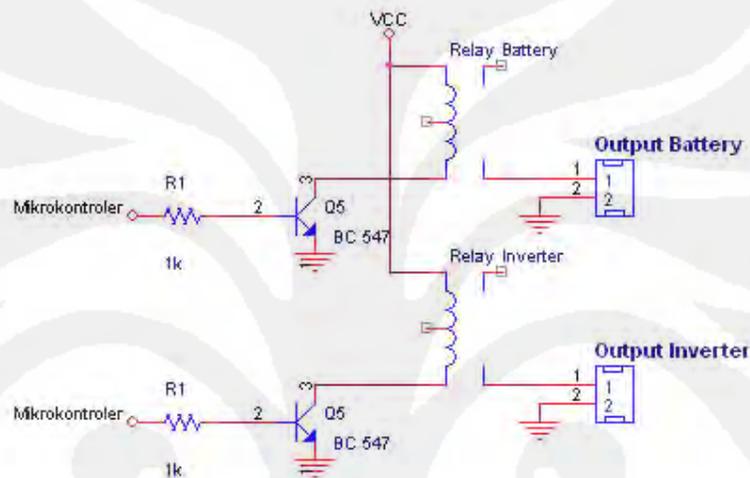
Gambar 4.3 Rangkaian DAC0808

4.1.2 Pengujian Rangkaian *Switch*

Rangkaian *switch* ini menggunakan dua buah relay. Relay baterai digunakan untuk mengontrol proses pengisian atau pemutusan pengisian ketika baterai telah terisi penuh. Sedangkan relay *inverter* akan aktif ketika tidak terjadi proses pengisian baterai. Pada gambar 4.4 merupakan rangkaian *switch* yang digunakan. Dalam pengujian, ketika alat dijalankan maka relay *inverter* akan ON dan relay baterai akan OFF karena belum ada perintah inputan parameter pengisian baterai. Ketika terjadi proses charging maka relay *inverter* akan OFF dan relay baterai akan ON, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Kondisi relay *inverter* dan relay baterai

No	Proses	Relay Inverter	Relay Baterai
1	<i>Standbay</i>	ON	OFF
2	<i>Charging</i>	OFF	ON
3	<i>Discharging</i>	ON	OFF

Gambar 4.4 Rangkaian *switch*

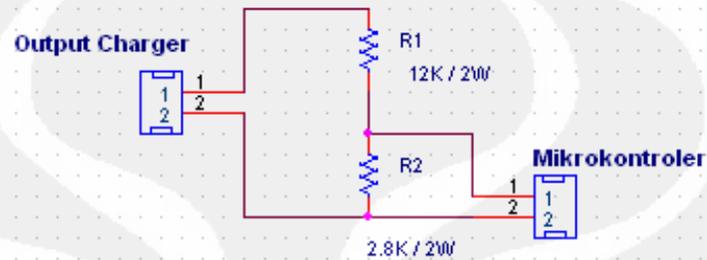
4.1.3 Pengujian Rangkaian Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan ini digunakan untuk membaca kondisi tegangan baterai seperti pada gambar 4.5. rangkaian ini dipasang karena tegangan yang dapat di baca oleh mikrokontroler maksimal 5V. Jadi dengan pembandi ini ketika diperoleh tegangan baterai maksimal maka oleh mikrokontroler akan terbaca 5V.

$$5V = \frac{8.2K}{12K + 8.2K} \times V_{\text{output}} \quad (4.1)$$

Ketika proses *charging*, kondisi baterai dapat terbaca oleh mikrokontroller. Sehingga *charging* akan berhenti mencharge saat baterai

terbaca sama dengan nilai V_{max} , dan ketika baterai terbaca sama dengan nilai V_{min} maka *charging* akan mencharge kembali.

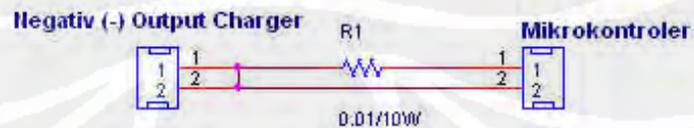


Gambar 4.5 Rangkaian pembagi tegangan

Untuk membaca dan mengontrol batas arus yang dikeluarkan *charging* digunakan rangkaian seperti terlihat pada gambar 4.6. Resistor yang digunakan adalah resistor dengan nilai 0.1Ω 10 watt agar arus yang dilewatkan tidak terbebani. Misal kita ingin mengisi baterai 2A dengan baterai 12V maka secara perhitungan.

$$\begin{aligned} V_{output} &= 0.1\Omega \times I \\ V_{output} &= 0.1\Omega \times 2A \\ &= 0.2V \end{aligned} \tag{4.2}$$

Maka mikrokontroler akan menjaga tegangan pada nilai 0.2V, sehingga arus yang dilewatkan hanya 2A dan akan membuat baterai tidak rusak.



Gambar 4.6 Rangkaian pembatas arus

4.2 Pengujian Lama Waktu Pengisian Baterai (*Charging*)

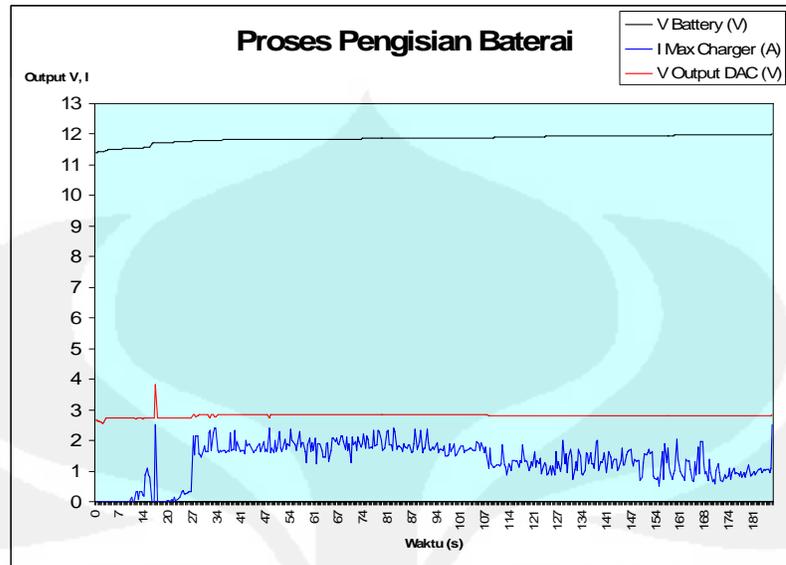
Pengujian lama waktu pengisian baterai dilakukan pada saat baterai kosong dengan menggunakan baterai 12V 7AH. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai hingga penuh dengan basar arus 2A dan melihat berapa basar tegangan yang dioutputkan oleh DAC. Pada tabel 4.3 adalah data pengujian pengisian baterai.



Gambar 4.7 Proses pengisian baterai

Tabel 4.3 Data pengujian pengisian baterai

V Battery (V)	I Max Charger (A)	Time (s)	V Output DAC (V)
11.77799415	0.32528515	26.73995772	2.725490196
11.78760052	2.13264104	27.13319239	2.823529412
11.79464626	1.52602609	27.52642706	2.823529412
11.79605579	2.15239222	27.91966173	2.784313725
11.79956913	2.14238759	28.31289641	2.803921569
11.80168438	1.56515535	28.70613108	2.823529412
11.80285931	1.54558596	29.09936575	2.823529412
11.80825424	1.44764301	29.49260042	2.823529412
11.80825901	1.66298327	29.8858351	2.823529412
11.80920028	1.82940062	30.27906977	2.823529412
11.80966568	1.64335664	30.67230444	2.823529412
11.8108406	1.63362917	31.06553911	2.823529412
11.81130886	2.26963755	31.45877378	2.764705882
11.81130981	2.318685	31.85200846	2.745098039
11.8117857	1.67282518	32.24524313	2.823529412
11.81248283	2.26953204	32.6384778	2.823529412
11.81294918	2.39684635	33.03171247	2.764705882
11.81435775	2.38706107	33.42494715	2.764705882
11.81436538	1.68262001	33.81818182	2.823529412
11.81459617	1.60426553	34.21141649	2.823529412
11.81459808	1.68256279	34.60465116	2.823529412
11.81506634	1.64345202	34.99788584	2.823529412
11.81670665	1.66290698	35.39112051	2.823529412
11.81741237	1.69229027	35.78435518	2.823529412
11.81858539	1.61389705	36.17758985	2.823529412
11.8188219	1.69221338	36.57082452	2.823529412
11.81905269	1.65306505	36.9640592	2.823529412
11.81976318	2.25988145	37.35729387	2.823529412
11.82117367	1.67288299	37.75052854	2.823529412
11.82139969	1.71182152	38.14376321	2.823529412
11.82304382	2.31845553	38.53699789	2.823529412
11.82352066	1.66305061	38.93023256	2.823529412
11.82352066	1.95662137	39.32346723	2.823529412
11.8239851	1.74117561	39.7167019	2.823529412
11.82445526	1.65323731	40.10993658	2.823529412
11.82445526	1.6629934	40.50317125	2.823529412
11.82445526	1.69235703	40.89640592	2.823529412
11.82656574	1.56513628	41.28964059	2.823529412
11.82704162	1.98596592	41.68287526	2.823529412
11.82704925	1.82958241	42.07610994	2.823529412
11.82751274	1.87835271	42.46934461	2.823529412
11.82845688	1.82970639	42.86257928	2.823529412
11.8286829	1.73158166	43.25581395	2.823529412
11.82891846	1.59464356	43.64904863	2.823529412



Gambar 4.8 Grafik hasil proses pengisian baterai

4.3 Pengujian Pengosongan Baterai (*Discharging*)

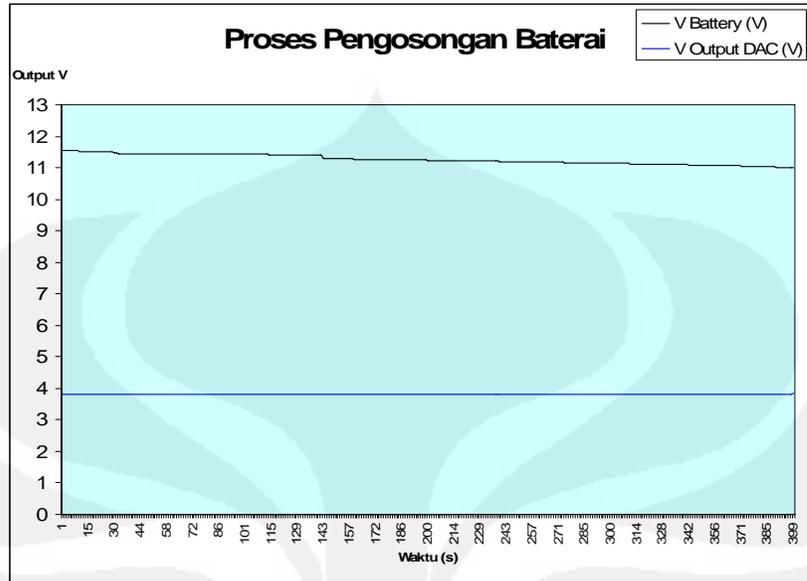
Pengujian lama waktu pengosongan baterai dilakukan pada saat baterai penuh dengan menggunakan baterai 12V 7AH. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan baterai hingga 11V dan melihat berapa besar tegangan yang dioutputkan oleh DAC. Pada tabel 4.4 adalah data pengujian pengosongan baterai.



Gambar 4.9 Proses pengosongan baterai

Tabel 4.4 Data pengujian pengosongan baterai

V Battery (V)	V Output DAC (V)	Time (s)
11.53524971	3.823529412	1.183976261
11.53337192	3.823529412	2.367952522
11.53313732	3.823529412	3.551928783
11.53290367	3.823529412	4.735905045
11.53219986	3.823529412	5.919881306
11.53079033	3.823529412	7.103857567
11.53008556	3.823529412	8.287833828
11.52961445	3.823529412	9.471810089
11.52891159	3.823529412	10.65578635
11.52867794	3.823529412	11.83976261
11.52867794	3.823529412	13.02373887
11.52867794	3.823529412	14.20771513
11.5270338	3.823529412	15.39169139
11.5265646	3.823529412	16.57566766
11.5265646	3.823529412	17.75964392
11.52515411	3.823529412	18.94362018
11.52374649	3.823529412	20.12759644
11.52280903	3.823529412	21.3115727
11.52257347	3.823529412	22.49554896
11.52210236	3.823529412	23.67952522
11.52139949	3.823529412	24.86350148
11.52116298	3.823529412	26.04747774
11.52069568	3.823529412	27.23145401
11.51975727	3.823529412	28.41543027
11.46201896	3.823529412	29.59940653
11.45754623	3.823529412	30.78338279
11.4530859	3.823529412	31.96735905
11.45284938	3.823529412	33.15133531
11.45284938	3.823529412	34.33531157
11.45261574	3.823529412	35.51928783
11.45120811	3.823529412	36.70326409
11.45097255	3.823529412	37.88724036
11.45026588	3.823529412	39.07121662
11.44932842	3.823529412	40.25519288
11.44791984	3.823529412	41.43916914
11.44791984	3.823529412	42.6231454
11.44768524	3.823529412	43.80712166



Gambar 4.10 Grafik hasil proses pengosongan baterai

Dari grafik dapat dilihat bagaimana DAC menjaga konstan tegangan yang dikeluarkan, sehingga *Voutput charger* tetap 12V untuk mensuplay *inverter*.

BAB 5

KESIMPULAN

- 1 Pengisian dihentikan ketika tegangan baterai telah sampai pada tegangan maksimumnya (muatan penuh). Jika baterai telah mencapai tegangan maksimumnya maka akan secara otomatis dihentikan pengisian.
- 2 Secara otomatis akan *dicharging* ketika baterai mencapai tegangan minimal yang telah ditentukan, sehingga baterai tidak benar-benar kosong dan akan memperpanjang umur baterai
- 3 Arus yang dialirkan ke baterai saat proses *charging* akan selalu dijaga konstant sehingga baterai tidak cepat rusak dan akan berumur lama.
- 4 Alat ini sangat fleksibel dalam pemakaiannya karena tegangan dan arus yang diberikan sesuai dengan parameter yang kita berikan, sehingga keamanan terhadap baterai sangat terjamin.

DAFTAR ACUAN

- [1] <http://bse.ictcenter-llg.net>.Maret 2010,“02 Transmisi Tng Jilid 1 bab 1.pdf ”:
Bagian-bagian *charger*. (Bab 1. 42)
- [2] Sudirman S., dan Sri Kurniati A: Analisis Perbandingan Penggunaan Tipe
Penyalan Kontrol Jarak Sama dan Sudut Sama pada Penyearah Terkendali
Tiga Phasa. (Vol 11. 71-72)

DAFTAR PUSTAKA

Daniel W. Hart (1997). "Introduction To Power Electronics", London

Heryanto, Ary dan Wisnu, Adi. (2008). Pemrograman Bahasa C Untuk Mikrokontroler ATMEGA8535. Yogyakarta: Andi

<http://en.wikipedia.or/wiki/baterai>, maret 2010

<http://bse.ictcenter-llg.net>. Maret 2010

Kurniati Sri A dan Sudirman S. (2007): Analisis Perbandingan Penggunaan Tipe Penyalan Kontrol Jarak Sama dan Sudut Sama pada Penyearah Terkendali Tiga Fasa. Universitas Cendana

Purnomo, Wahyu (2010). " Pengisi Baterai Otomatis Dengan Menggunakan Solar Cell ". Universitas Gunadarma

Sutrisno (1986). "Elektronika: Teori dasar dan penerapannya, Jilid 1". Bandung: ITB

Tim Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. 2004. Merawat Baterai. Yogyakarta

www.alldatasheets.com, Maret 2010

www.batteryuniversity.com