

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SISTEM PENCISIAN BATERAI AUTOMATIS DAN
DILENGKAPI INDIKATOR KONDISI BATERAI**



Disusun Oleh :

Nama : Achmad Nafik Iqbal
NIM : 1452012

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK DIPLOMA TIGA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2017**

LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGISIAN BATERAI AUTOMATIS DAN
DILENGKAPI INDIKATOR KONDISI BATERAI**

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi syarat – syarat guna
Mencapai gelarah limadya teknik listrik diploma tiga*



Disusun oleh :

Nama : Achmad Nafik Iqbal
NIM :1452012

Diperiksa dan disetujui Diperiksa dan disetujui

Dosenpembimbing I

Ir. H. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 10118800190

Dosenpembimbing II

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP. Y. 1018800188

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Listrik D-III

Ir. Eke Nurcahyo, MT
NIP. Y. 1028700172

“RANCANG BANGUN SYSTEM BATERAI CHARGING AUTOMATIC

”

(Achmad Nafik Iqbal, 2014, 1452012, Teknik Listrik D-III)

(Dosen Pembimbing1 : Ir. Choirul Shaleh, MT)

(Dosen Pembimbing2 : Ir. M. Abdul Hamid, MT)

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.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul "*Rancang Bangun system Charging Automatic*" dapat terselesaikan.

Laporan Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelaran ilmu teknik listrik diploma tiga. Ucapan terimakasih yang sebesar - besarnya penulis sampaikan kepada Yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ir. LaluMulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Dr. Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri
3. Bapak Ir. Eko Nurcahyo, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik D-III
4. Bapak Ir. Choirul Shaleh, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Ir. M. Abdul Hamid, MT, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu dan membimbing laporan evaluasi dan analisa
5. Kedua orang tua penulis yang penulis cintai dan hormati yang telah member dukungan baik moral maupun materil
6. Semua saudara - saudara yang telah member dukungan doa dan saran.
7. Teman – teman angkatan 2014, 2015 dan 2016 yang telah member dukungan untuk cepat menyelesaikan kuliah
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan laporan tugas akhir ini.

Malang, 05 Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	3
ABSTRAK.....	3
KATA PENGANTAR.....	5
DAFTAR ISI.....	6
DAFTAR TABEL.....	4
DAFTAR GAMBAR.....	9
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Luaran Yang Diharapkan.....	2
1.6 Manfaat.....	2
1.7 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Charging.....	4
2.1.1 Jenis Charger atau Rectifier.....	5
2.1.2 Prinsip Kerja.....	5
2.1.3 Bagian – Bagian Charger.....	6
2.1.4 Komponen Pengaturan Arus (Current Limiter).....	7
2.2 Filter (Penyaring).....	8
2.3 Rangkaian Voltage Deopper.....	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.....	17
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 III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Pendahuluan.....	34
3.2 Diagram Blok Rangkaian	34
3.3 Prinsip Kerja.....	38
3.3.1. Mengisi Elektrolit Pada Baterai.....	46
3.3.2. Pemeriksaan Baterai.....	49
3.3.3. Pengisian Baterai.....	53
3.3.3.1 Pengisian Normal.....	54
3.3.3.2 Pengisian Cepat.....	58
3.4 Mikrokontroler ATMEGA 8585.....	61
3.4.1. Analog Digital Konverter.....	63
3.5 Rangkaian Digital to Analog Converter DAC 0808.....	64
3.6 Rangkaian Catu Daya Tegangan DC	65
3.7 Program.....	66

BAB IV PENGUJIAN ALAT

4.1 Pengujian Rangkaian	69
4.1.1 Pengujian Rangkaian Pengisian Baterai.....	69
4.2 Pengujian Tegangan Output	71
4.3 Pengujian Lama Waktu Pengisian Baterai	73
4.4 Pengujian Otomatis Cutt Off.....	75

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	76
---------------------	----

DAFTAR PUSTAKA.....	61
----------------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Converter atau Charger atau Rectifier.....	4
Gambar 2.2 Contoh Rangkaian Rectifier.....	6
Gambar 2.3 Penyearah Thyristor Gelombang Penuh	7
Gambar 2.4 Bentuk Gelombang Ripple.....	8
Gambar 2.5 Bentuk Gelombang Ripple.....	8
Gambar 2.6 Tegangan AC sinusioda.....	9
Gambar 2.7 Rangkaian Filter Untuk Memperbaiki Ripple	11
Gambar 2.8 Gambar Rangkaian Filter LC dan Filter C.....	12
Gambar 2.9 Rangkaian Tegangan.....	12
Gambar 2.10 Proses Pengosongan Pengisian (Discharge).....	14
Gambar 2.11 Proses Charger.....	14
Gambar 2.12 Baterai Dengan Kontruksi Pocket Plate.....	19
Gambar 2.13 Kontruksi Elektroda Tipe Pocket Plate.....	21
Gambar 2.14 Tsinteret plate electrode.....	22
Gambar 2.15 Fibrenic Kelcadium Elektrode.....	23
Gambar 2.16 Bagian – Bagian Baterai.....	25
Gambar 2.17 Bentuk Sederhana Sel Baterai.....	26
Gambar 2.18 Hubungan Baterai Secara Seri.....	29
Gambar 2.19 Hubungan Baterai Secara Paralel.....	30
Gambar 2.20 Hubungan Baterai Secara Seri Paralel.....	32
Gambar 3.1 Blok Diagram Alat.....	35
Gambar 3.2 Rangkaian AC – DC Charging Baterai.....	36
Gambar 3.3 Rangkaian Chargingn Baterai.....	37
Gambar 3.4 Gambar Baterai.....	38
Gambar 3.5 Hubung Temperatur Berat Jenis	52

1.3. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara mengurangi pemanasan berlebihan pada saat baterai di charger.
2. Bagaimana cara mengurangi berlebihan atau pemborosan energi listrik .

1.4. Batasan Masalah

Pada Tugas Akhir 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.

1.5. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari pembuatan Tugas Akhir Perencanaan *Charging Autotic* ini adalah:

1. Memperluas pengetahuan tentang Perencanaan Charging Accu.
2. Untuk perlengkapan modul praktikum.

1.7. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dan memahami pembahasan penulisan tugas akhir ini, maka sistematika penulisan disusun sebagai berikut :

- Bab I : Latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penulisan dan sistematika penulisan.
- Bab II : Tujuan pustaka
Berkaitan tentang proses prakitan yang di sesuaikan dengan tujuan pebuatan dan fungsi.
- Bab III : Perencanaan dan pembuatan, sesuai tujuan dan fungsi.
Inventariasi data dan komponen.
- Bab IV : Analisa Dan Uji Coba Alat.
-

Bab IV : Analisa Dan Uji Coba Alat.

Bab ini berisi tentang analisa dan pengujian alat yang dibuat.

Bab V : Penutup

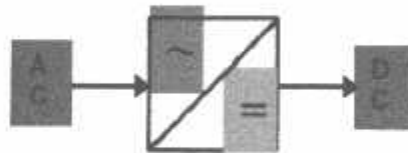
Merupakan bab terakhir yang berisi kesimpulan dan saran yang dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut tentang topik terkait.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Charging

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 x kapasitas) sedangkan untuk baterai asam adalah 0,1C (0,1 x 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:

$$= (0,2 \times 200 \text{ Ah}) + 10 \text{ A}$$

$$= 40 \text{ A} + 10 \text{ A}$$

$$= 50 \text{ Ampere}$$

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

2.1.1. Jenis *Charger* atau *Rectifier*

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*.

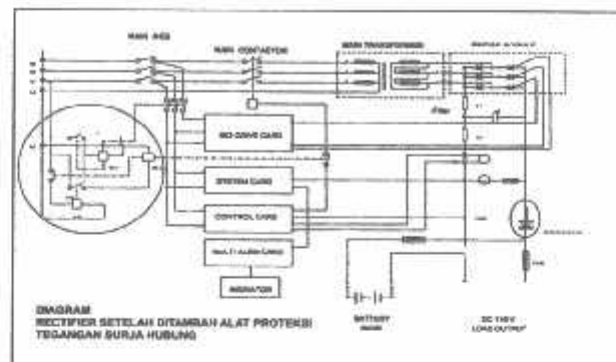
2. Rectifier 3 (Tiga) fasa

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 110V per fasa kemudian melalui rangkaian.

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 penyang (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. Pemyearah Dioda

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

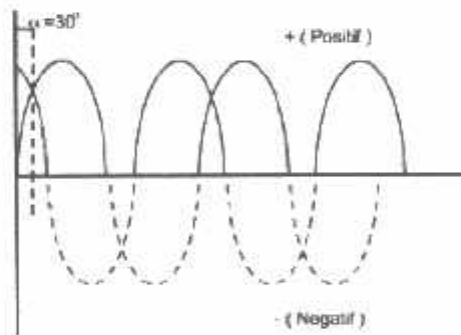
Suatu bahan semikonduktor seperti diode yang dilengkapi dengan satu terminal kontrol, Thyristor berfungsi untuk merubah arus bolak-balik menjadi arus searah.

Thyristor mempunyai 3 (tiga) terminal yaitu:

- a. Terminal positif (Anoda)
- b. Terminal negatif (Katoda)
- c. 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 penyalan 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 *overload* atau *overcharge* 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 AVR tersebut diberi indikasi tulisan "Current Limiter".

2.2 Filter (Penyaring)

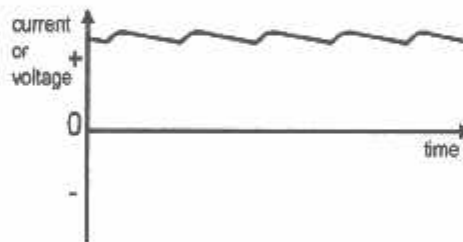
Tegangan DC yang keluar dari rangkaian penyearah masih mempunyai *ripple* atau frekuensi gelombang yang cukup tinggi, maka suatu rangkaian *filter* (penyaring) berfungsi untuk memperbaiki *ripple* tersebut agar menjadi lebih kecil sesuai dengan yang direkomendasikan $\leq 2\%$ (Standar SE.032).

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

Dibawah ini diperlihatkan rumus untuk mencari *ripple*, adalah:

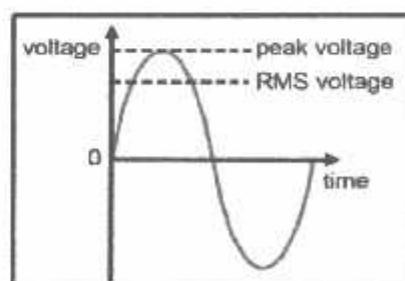
$$r = \frac{\text{Komponen AC}}{\text{Komponen DC}} \times 100\%$$

Sedangkan bentuk gelombang *ripple* adalah seperti gambar di bawah



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* (VDC). Tegangan *rms* dapat didefinisikan seperti pada persamaan (2.2).



Gambar 2.5 Bentuk Gelombang *Ripple*

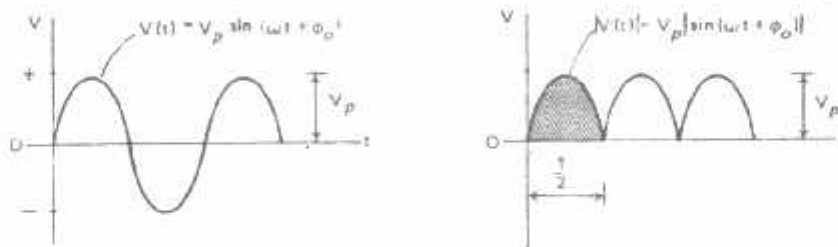
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt}$$

Untuk tegangan sinusoida dengan $v(t) = V_p \cos(\omega t + \phi_0)$, dengan V_p adalah tegangan puncak (*peak voltage*) akan di peroleh.

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

Persamaan Rumus hanya berlaku untuk bentuk gelombang sinusoida. Untuk bentuk lain persamaan tersebut tidak berlaku.

Misalnya di dalam mengukur tegangan bolak-balik dengan volt meter 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 volmeter analog akan bergetar amat cepat pada nilai tegangan sama dengan nilai rata-rata dari pada 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.

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

Jarum volt meter 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:

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

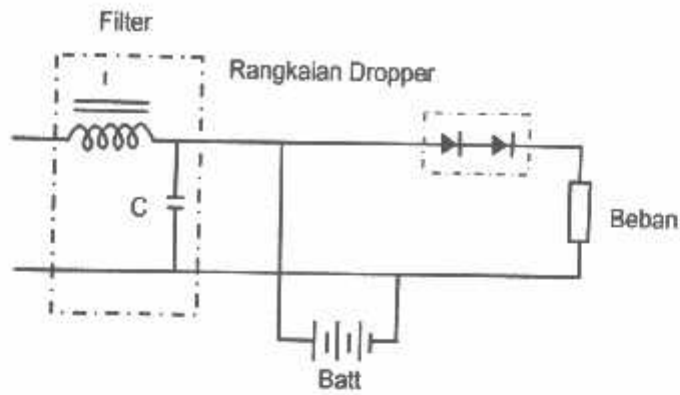
Untuk tegangan sinusoida berlaku.

$$V_{rata - rata} = 0.901 V_{rms}$$

Seperti dikemukakan sebelumnya, pengukuran dengan volt meter 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 volt meter 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 volt meter dan ampere meter AC menunjukkan bacaan yang betul jika digunakan untuk mengukur tegangan AC berbentuk sinusoida saja. Untuk tegangan berbentuk lain persamaan (2.6) tidak berlaku, bacaan volt meter akan menyebabkan kesalahan sistematik (Sutrisno. 25-27).

Tegangan r ipple 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 diatas besarnya *ripple* dan factor reduksi filternya adalah sebagai berikut:

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

$$\text{Faktor reduksi filter} = \frac{1,76}{(L \times C)^{-1}}$$

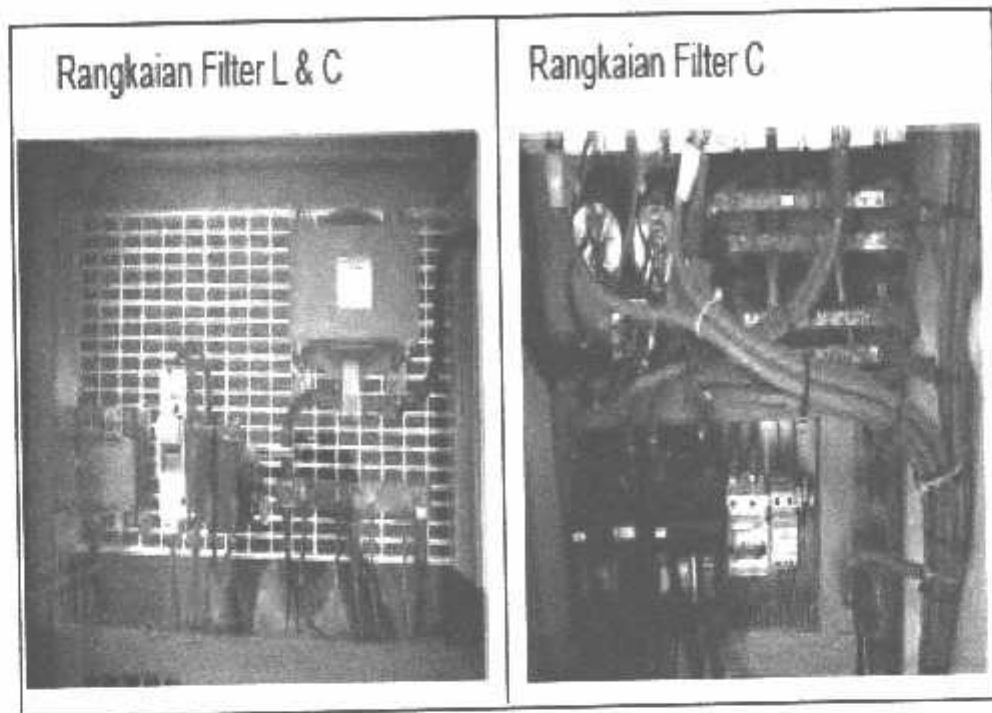
Jadi

Ripple = Tegangan ripple x factor reduksi F Dimana,

L = Induktansi dalam Henry

C = Kapasitansi dalam Micro farad (μf)

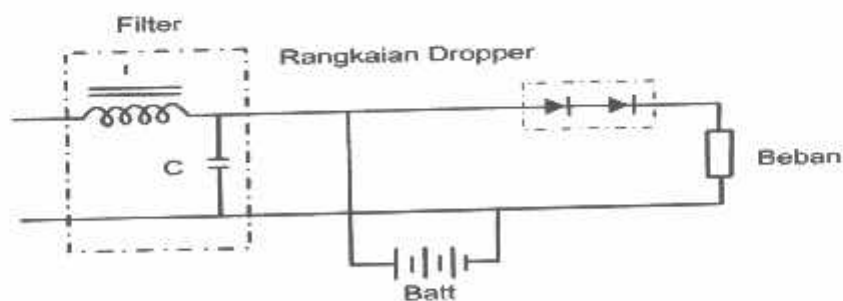
118 dan 1,76 adalah konstanta



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 kebeban (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 keterminal beban.



Gambar 2.9 Rangkaian tegangan

Rangkaian *dropper* ini terdiri dari beberapa diode silicone atau germanium yang dirangkai secara seri sebanyak beberapa buah sesuai dengan berapa volt DC yang akan di *drop*. Sebagai contoh bila kenaikan tegangan *Equalizing* mencapai 135V sedangkan tegangan beban harus 122 V, maka tegangan yang di *drop* 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 dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia *reversibel*, adalah didalam 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 melewatkan arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan didalam 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.

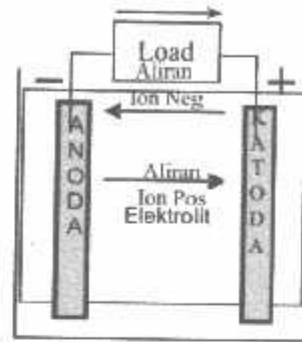
Menurut pemakaian baterai dapat digolongkan kedalam 2 jenis:

- 1 *Stationary* (tetap)
- 2 *Portable* (dapatdipindah-pindah)

2.4.1 Prinsip Kerja Baterai

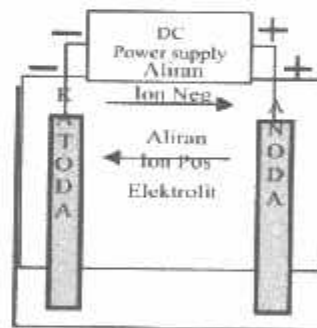
- 1 Proses *discharge* pada sel berlangsung menurut skema Gambar 2.10
Bila sel dihubungkan dengan beban maka elektron mengalir dari

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 *charger*

- 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*.

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 negative (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 ($PbSO_4$) sambil melepaskan dua elektron. Sedangkan sepasang ion hidrogen ($2H^+$) akan beraksi dengan pelat timah peroksida (PbO_2) sebagai *anoda* menjadi timah sulfat ($PbSO_4$) sambil mengambil dua electron 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

Dimana:

PbO_2 = Timah *peroksida* (kutub positif / anoda)

Pb = Timah murni (kutub negatif / katoda)

$2H_2SO_4$ = Asam sulfat (elektrolit)

$PbSO_4$ = Timah sulfat (kutub positif dan negative setelah proses pengosongan)

H_2O = Air yang terjadi setelah pengosongan.

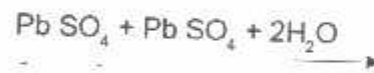
Jadi, pada proses pengosongan baterai akan terbentuk timah

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.

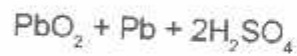
- Proses Pengisian

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 negative bersatu dengan ion negative Sulfat (SO^-) pada pelat negative untuk membentuk asam sulfat. Sedangkan ion oksigen yang bebas bersatu dengan tiap atom Pb pada pelat positif membentuk timah peroxida (PbO_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 dan 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 batera ini ckel- cadmium

Pengosongan



Pengisian

Dimana:

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

Cd = *Cadmium*(Pelatnegatifataukatoda)

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

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

- Untuk Baterai Nikler-

Iron pengosongan



Pengisian

Dimana:

2NiOOH = *Incomplate 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 (*leadacid*) dan basa (alkali). Untuk itu dibawah 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°C.
- Tegangan pengisian per sel harus sesuai dengan petunjuk operasi dan pemeliharaan dari pabrik pembuat. Sebagai contoh adalah:
 - Pengisian awal (*Initial Charge*): 2,7volt
 - Pengisian secara *Floating*: 2,18volt
 - Pengisian secara *Equalizing*: 2,25volt
 - Pengisian secara *Boosting*: 2,37volt
- Tegangan pengosongan per sel (*Discharge*): 2,0 – 1,8Volt

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

- Tegangan nominal per sel 1,2volt.

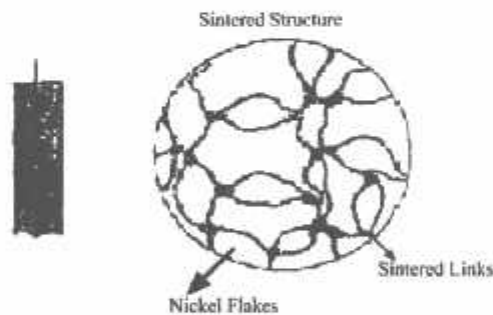
hanya bertujuan memperbaiki atau menurunkan kembali tahanan dalam (Rd) baterai namun tidak dapat memperbaiki atau mengganti bahan graphite yang hilang.

Pembentukan Potassium Carbonate (K_2CO_3) 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 (K_2CO_3) 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 *pocketed 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 *pocketed plate*).

Karena lapisan Nickel Flake pada pelat baja sangat getas maka

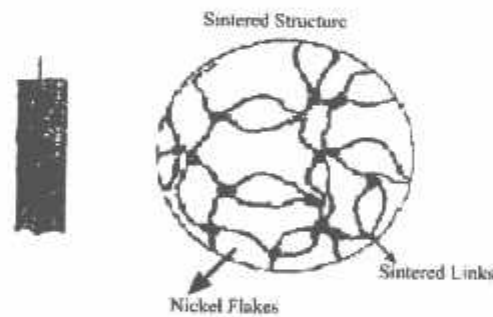
hanya bertujuan memperbaiki atau menurunkan kembali tahanan dalam (Rd) baterai namun tidak dapat memperbaiki atau mengganti bahan graphite yang hilang.

Pembentukan Potassium Carbonate (K_2CO_3) 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 (K_2CO_3) 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 *pocketed 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 *pocketed plate*).

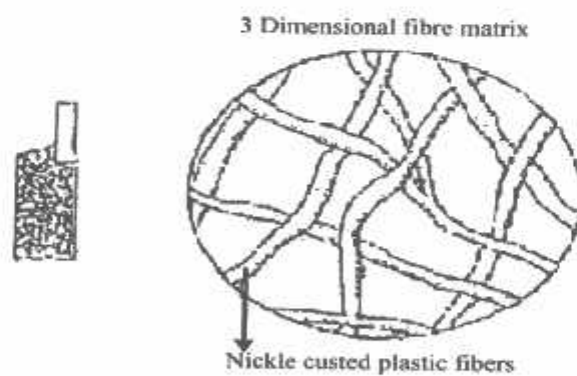
Karena lapisan Nickel Flake pada pelat baja sangat getas maka

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. Kontruksi Fibre Setruuktur

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 plastic dan nikel yang memberikan keuntungan:

- 1 Konduktivitas antar pelat yang tinggi dengan tahanan dalam yang rendah.
- 2 Pelat electrode yang elastic 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 Structure* digambarkan pada gambar 2.15 di bawah ini.



Gambar 2.15 *Fibrenic 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 7 CnA (kapasitas nominal arus) dengan waktu yang singkat ± 2 menit. Tegangan akhir per sel 0,8Volt. 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 ± 4 menit. Tipe ini biasanya digunakan di pembangkit-pembangkit untuk *start up* mesin pembangkit. Tegangan akhir per sel adalah 0,8 Volt.

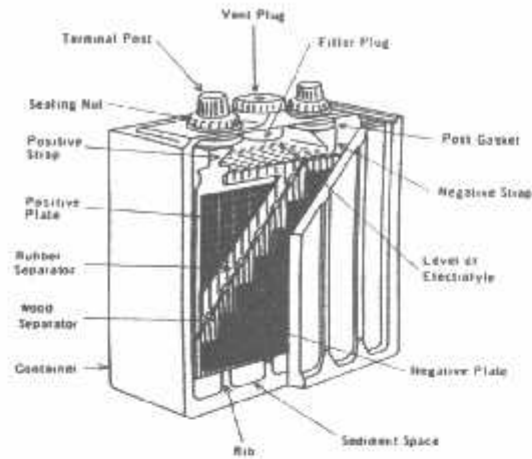
- Tipe M: *Medium Loading*

Tipe ini adalah untuk jenis pembebanan dengan arus yang tinggi yaitu antara 0,5- 3,5 CnA dengan waktu yang singkat, lama waktu pembebanan ± 40 menit, biasanya digunakan digardu-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 0,5 CnA, lama waktu pembebanan 5 jam, biasanya digunakan digardu-gardu induk. Tegangan akhir 1 Volt persel.

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*).

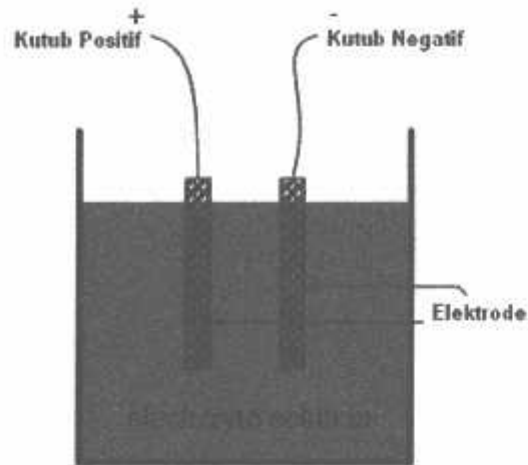
2 Elektrolit

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:

- Larutan Asam Belerang (H_2SO_4), digunakan pada baterai asam.

- 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:

- *Steel Container*

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

- *Plastic Container*

Sel baterai dengan bejana (*container*) terbuat dari plastic ditempatkan dalam rak besi yang diisolasi, hal ini untuk menghindari terjadi hubung singkat antar sel 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 perunit 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:

1. *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 parallel sehingga memudahkan

2. *Plastic Container*

Sel baterai dengan bejana (*container*) terbuat dari plastic 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 penghubungan 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 m Volt (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 ruang tegangan (*voltage drop*) sekecil mungkin. Ukuran kabel disesuaikan dengan besarnya arus yang mengalir. Dengan demikian rumus yang digunakan adalah:

$$U = \frac{0,018\Omega \times I}{A}$$

Dimana:

U = Rugi tengangan (single konduktor) dalam volt / meter

I = Arus dalam amper

A = Luas penampang dalam meter

2.4.6.3 Rangkaian Baterai

Dikarenakan tegangan baterai persel terbatas, maka perlu untuk mendapatkan solusi agar tegangan baterai dapat memenuhi atau sesuai dengan tegangan kerja peralatan yang maupun untuk menaikkan kapasitas dan juga

keandaan pemakaian dengan merangkai beberapa baterai dengan cara:

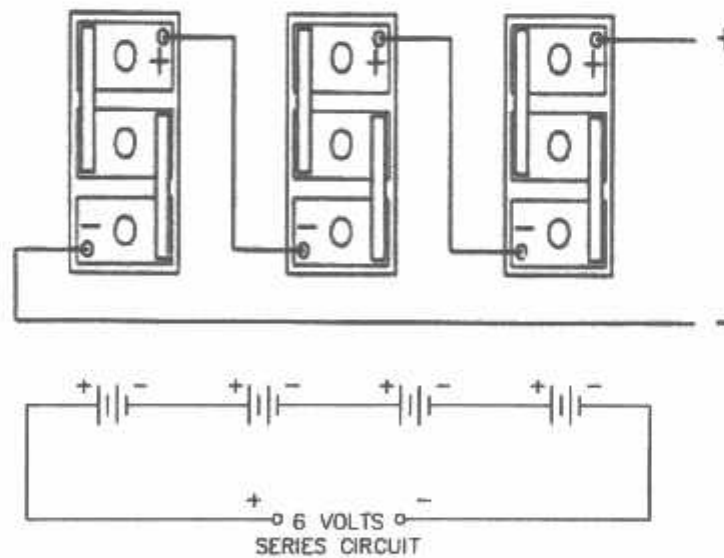
1. Hubungan Seri
2. Hubungan Paralel
3. Hubungan Kombinasi
4. Seri Paralel
5. Paralel Seri

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 beban akan terputus.

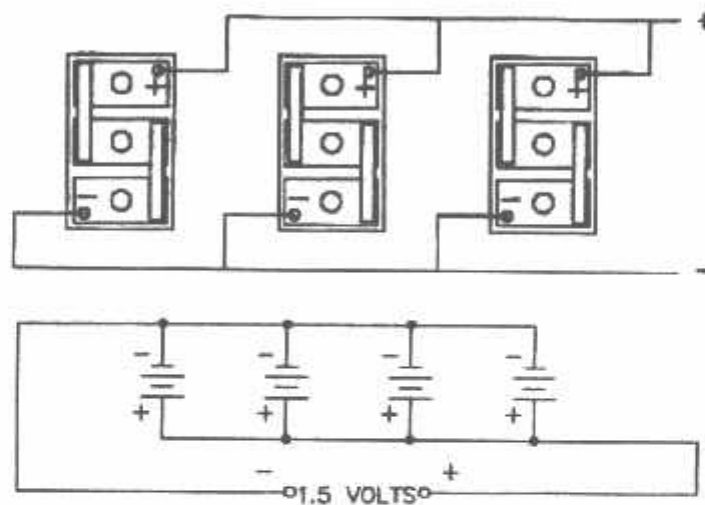


Gambar 2.18 Hubungan baterai secara seri

2 Hubung 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 system 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

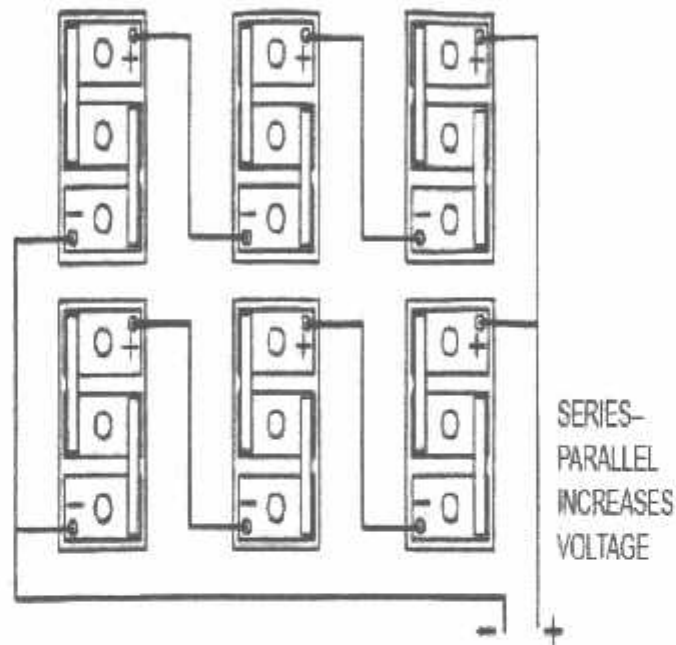
3 Hubung Kombinasi

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

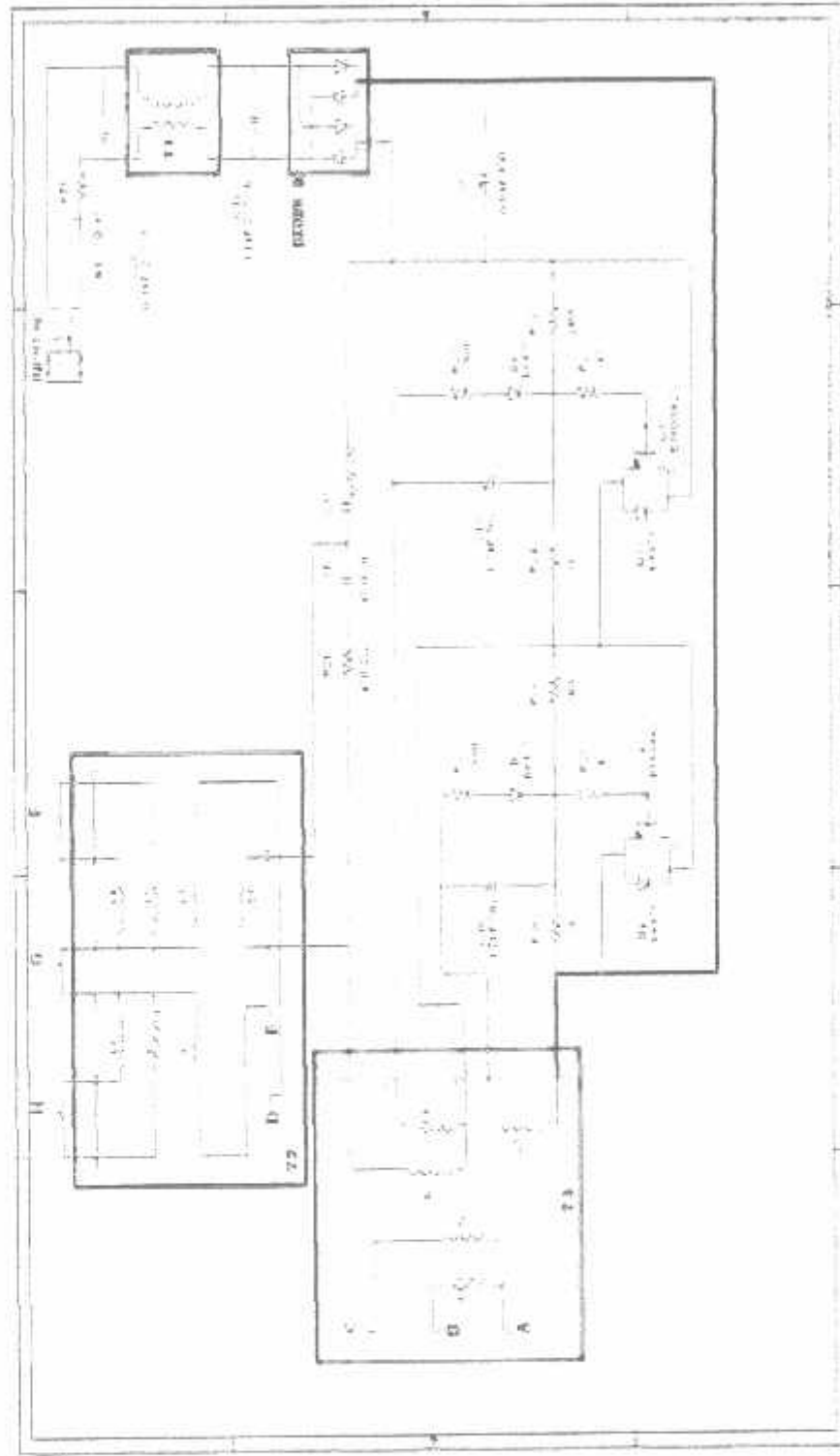
5 Paralel Seri

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

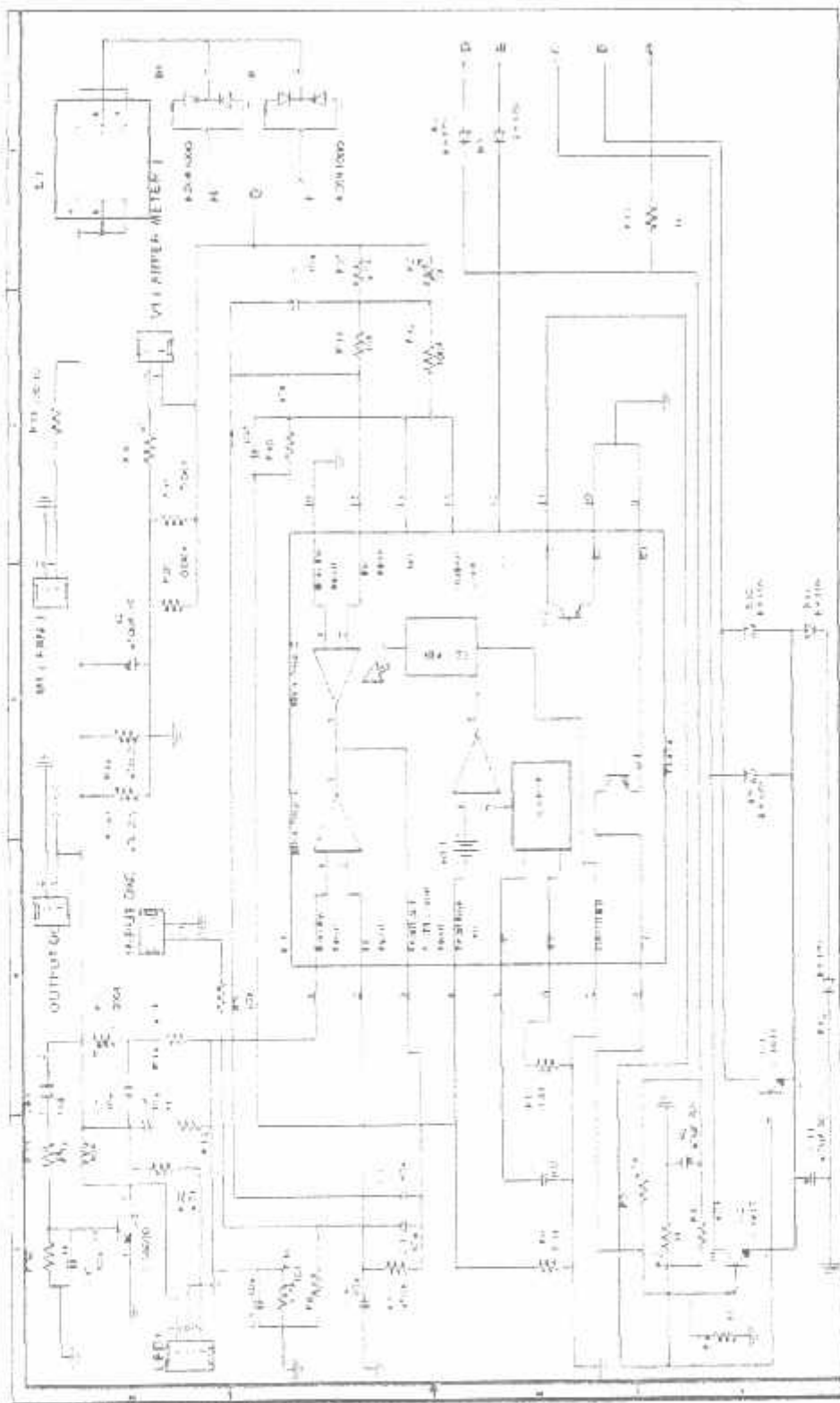
Tegangan di baterai adalah $= 2,2 + 2,2 = 4,4$ volt, sedangkan arusnya adalah $= 20 + 20 + 20 = 60$ ampere, sehingga kapasitas baterai secara keseluruhan adalah 4,4 volt dan 60 ampere.

Dari perhitungan tersebut maka yang mengalami kenaikan signifikan adalah tegangannya.

3.2 Charging Baterai



Gambar 3.2 Rangkaian AC → DC charging baterai



Gambar 3.3 Rangkaian circuit pengujian baterai

3.3. Prinsip kerja

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

Baterai *charger* 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 *charger*.



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 ditambah unsur kalsium. Sedangkan aki MF/aki kering sel positifnya masih menggunakan timbal 1,7% tetapi sel negatifnya sudah tidak menggunakan timbal melainkan kalsium sebesar 1,7%. Pada kalsium 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

1. 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 *anoffroad* biasanya menggunakan aki kering mengingat medannya yang berat. Aki ikut terguncang-guncang dan terbanting. Aki kering tahan guncangan sedangkan aki basah bahan elektrodanya mudah rapuh terkena guncangan.
2. *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.
3. Kapasitas aki yang tertulis dalam satuan Ah (*Ampere hour*), yang menyatakan kekuatan aki, seberapa lama aki tersebut dapat bertahan mensuplai arus untuk beban *load*.
4. *Cranking Ampere* yang menyatakan seberapa besar arus *start* yang dapat disuplai untuk pertama kali pada saat bebandihidupkan. 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.
5. Pemakaian dari aki itu sendiri apakah untuk kebutuhan rutin yang sering dipakai atukah cuma sebagai *back-up* saja. Aki basah, tegangan dan kapasitasnya akan menurun bila disimpan lama tanpa *recharge*, sedangkan aki kering relatif stabil bila disimpan untuk jangka waktu lama tanpa *recharge*.
6. 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 (kalsiumbaterai) yang harganya diantara keduanya.

Secara garis besar, baterai dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksinya. Berdasarkan aplikasi maka baterai dibedakan untuk *automotif*, *marine* dan *deepcycle*. *DeepCycle* itu meliputi baterai yang biasa digunakan untuk PV (*PhotoVoltaic*) dan *back - uppower*.

Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi tipe basah, gel dan AGM (*Absorbed Glass Mat*). Baterai jenis AGM biasanya juga dikenal dengan VRLA (*ValveRegulatedLeadAcid*).

Baterai kering *deepcycle* juga dirancang untuk menghasilkan tegangan yang stabil dan konsisten. Penurunan kemampuannya tidak lebih dari 1-2% per bulan tanpa perlu *discharge*. Bandingkan dengan baterai konvensional yang bisa mencapai 2% per minggu untuk *self dis charge*. Konsekuensinya untuk *charging*, pengisian arus ke dalam baterai *deepcycle* 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 *discharge* 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 bekuair yaitu 0°C.
- 2 RC (*Reserve Capacity*) menunjukkan berapa lama (dalam menit) baterai tersebut dapat menyalurkan arus sebesar 25 Asam bil tetap menjaga tegangannya di atas 10,5Volt.

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 dipabrik pembuat baterai dengan menggunakan metode pengisian kering (*drycharging*). Yang akan kita temui dipasaran adalah bentuk baterai baru yang siap diisielektrolit dan siap terpakai. Adapun ciri-ciri yang dimiliki adalah bahwa pada setiap sellbaterai 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 (airsuling / 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 mengkoreksi hasil pengukuran adalah:

$$S_{20^{\circ}C} = S_t + 0,0007 \times (t - 20)$$

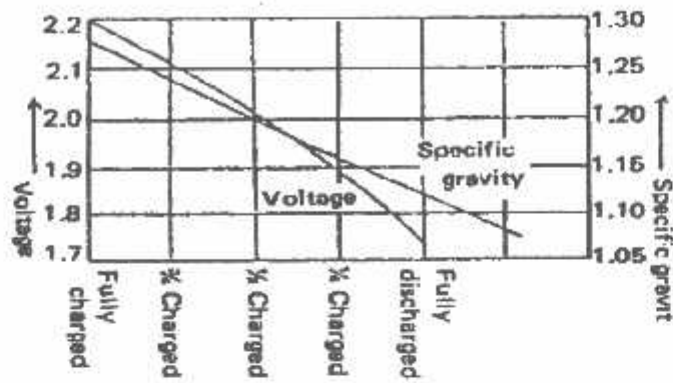
Dimana:

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

S_t = Nilai pengukuran berat jenis

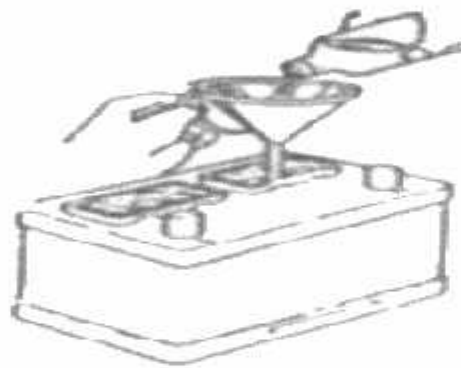
t = Temperatur elektrolit saat pengukuran

Hubungan antar 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, B_j elektrolit 1,27 – 1,28 pada temperatur 20⁰C.

berkurang, untuk menambah jumlah elektrolit yang kurang cukup dengan menambah H₂O atau terjual dengan nama Air *Accu*. Penyebab elektrolit cepat berkurang dapat disebabkan oleh *overc harging*, 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 bateraia 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 hidromenter sampai elektrolit masuk ke dalam hydrometer dan pemberat terangkat.
- 6 Tanpa mengangka thydrometer 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 temperature 0 °C, menunjukkan berat jenis 1,260.

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

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

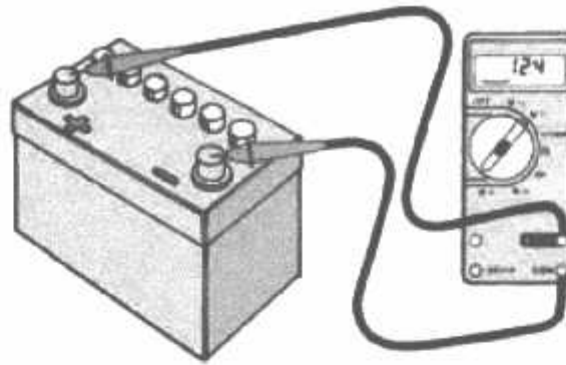
Tabel 3.1 Tindakan yang dilakukan berdasarkan hasil pengukuran berat jenis elektrolit

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 membutuh kanwaktu yang cukup lama, dan bila tidak dilakukan degan hati – hati elektrolit dapat tumpah atau menetes pada kendaraan.

- Pemeriksaan Tegangan Baterai

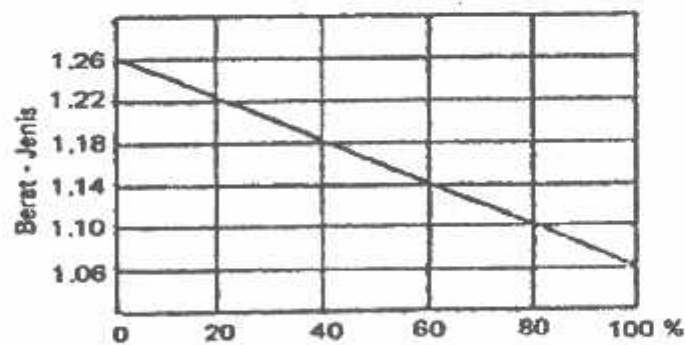
Pada setiap sell baterai menghasilkan tegangan 2,1 volt. Apabila baterai mempunyai 6 buah sel maka baterai akan menghasilkan tegangan 12,6 volt. Untuk pemeriksaan tegangan baterai dapat dilakukan dengan menggunakan volt meter. Prosedur pengukurannya adalah dengan memasang colok ukur pada terminal baterai 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 masing - masing 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 20⁰C adalah 1,18. Besarnya kehilangan muatan adalah sebesar 40%. (lihat grafik).

Pengisian baterai dapat dikelompokan 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:

$$\text{Waktu pengisian (h)} = \frac{\text{Tingkat Kchilangan Muatan (Ah)}}{\text{Besar Arus Pengisian (A)}} \times 1,2 = 1,5$$

Nilai 1,2~1.5 adalah faktor koreksi terhadap hambatan-hambatanyang ditimbulkan oleh penghantar serta perubahan temperatur 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 = $\times 1,2 \sim 1.5$. Kapasitas diketahui bahwa pada saat itu energi yang hilang dan perlu diisi sebesar 40% atau sebesar:

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

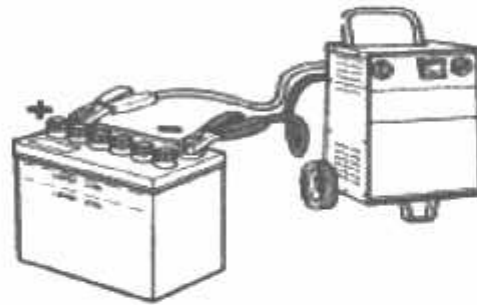
$$\text{Besar arus pengisian normal adalah} = 10\% \times 100 \text{ Ah} = 10 \text{ Amper}$$

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

- 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 indikator, dimana bila pemasangan terbalik akan muncul bunyi peringatan.



Gambar 3.10 Mengisibaterai

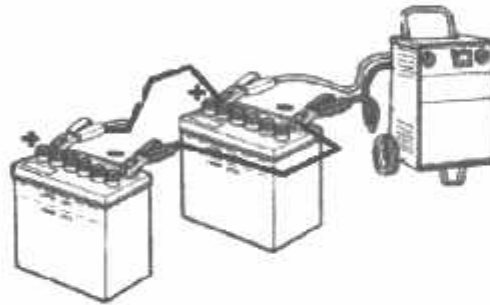
- 3) Hubungkan baterai *charger* dengan sumber listrik 220V.
- 4) Pilih selector tegangan sesuai dengan tegangan baterai, missal baterai 12 V maka selector digerakan kearah 12 V.
- 5) Hidupkan baterai *charger*, dan setel besar arus sesuai dengan kapasitas normal pengisian baterai, misal : baterai 100 Ah pengisian normal sebesar 10 A.
- 6) Bila pengisian sudah sclasai, maka matikan baterai *charger*.
- 7) Lepas klep baterai *charger* pada terminal baterai, lakukan terminal negatif dahulu, klem jangan dilepas saat baterai *charge* masih hidup, sebab akan terjadi percikan api pada terminal sat dilepas dan menimbulkan ledakan pada baterai akibat uap baterai terbakar. Uap baterai adalah gas *hydrogeny* 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.

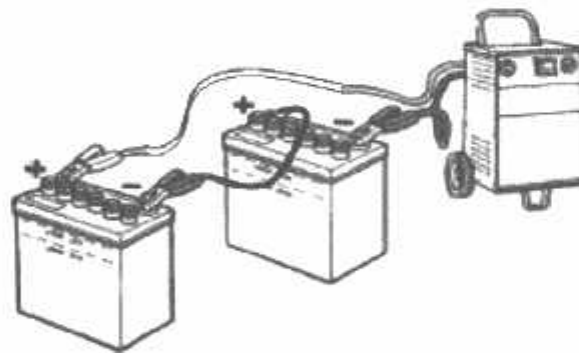


Gambar3.11 Mengisibateraidenganrangkaiannya

- 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 220V.
- 4) Pilih selector tegangan sesuai dengan tegangan baterai, missal baterai 12 V maka selector digerakan kearah 12V.

- 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 masing – masing 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 hydrogeny* yang mudah terbakar dan mudah meledak

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



Gambar3.12Mengisibateraidenganrangkaianseri

- 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 220V.
- 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 24 V.
- 4) Hidupkan baterai *charger*, dan setel besar arus sesuai dengan kapasitas baterai yang paling kecil. Misalkan besar untuk mengisi dua baterai 50Ah dibutuhkan arus pengisian sebesar $10\% \times 50 = 5 \text{ A}$., mengisi baterai 50Ah dan 40Ah. 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 klep baterai *charger* pada terminal baterai, lakukan terminal negatif dahulu, klem jangan dilepas saat baterai *charge* masi 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

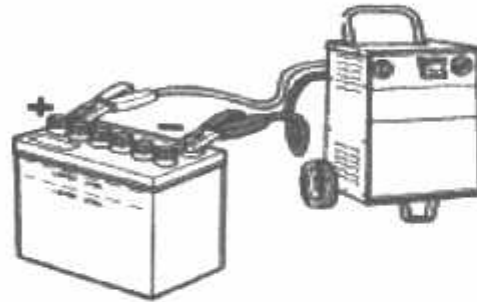
Pengisian cepat adalah pengisian dengan arus yang sangat besar. Besar pengisian tidak boleh melebihi 50% dari kapasitas baterai, dengan demikian untuk baterai 100Ah, besar arus pengisian tidak boleh melebihi 50A.

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

- 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 indikator, dimana bila pemasangan terbalik akan muncul bunyi peringatan.

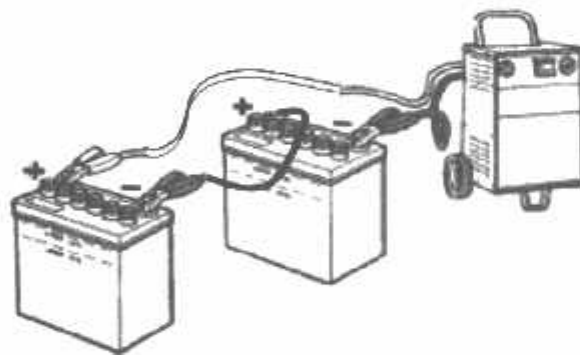


Gambar 3.10 Mengisibaterai

- 3) Hubungkan baterai *charger* dengan sumber listrik 220V.
- 4) Pilih selector tegangan sesuai dengan tegangan baterai, missal 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 klep baterai *charger* pada terminal baterai, lakukan terminal negatif dahulu, klem jangan dilepas saat baterai *charge* masih hidup, sebab akan terjadi percikan api pada terminal sat dilepas dan menimbulkan ledakan pada baterai akibat uap baterai terbakar. Uap baterai adalah gas *hydrogeny* mudah terbakar dan mudah meledak.

- 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 masing – masing baterai.
- 7) Bila pengisian sudah selesai, matikan baterai *charger*.
- 8) Lepas klep 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 *hydrogeny* yang mudah terbakar dan mudah meledak

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



Gambar3.12Mengisibateraidenganrangkaianseri

- 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 220V.
- 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 24 V.
- 4) Hidupkan baterai *charger*, dan setel besar arus sesuai dengan kapasitas baterai yang paling kecil. Misalkan besar untuk mengisi dua baterai 50Ah dibutuhkan arus pengisian sebesar $10\% \times 50 = 5 \text{ A.}$, mengisi baterai 50Ah dan 40Ah. 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* masi 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 100Ah, besar arus pengisian tidak boleh melebihi 50A.

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 diatas kendaraan yang perlu diingat adalah melepaskan bel 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:

$$\text{Arus pengisian (A)} = \frac{\text{Tingkat Kehilangan Muatan (AH)}}{1 + \text{Waktu Pengisian (h)}}$$

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 30 Amper. Maka besar arus pengisian yang harus diisikan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Arus Pengisian (A)} &= \frac{30 \text{ (AH)}}{1 + 0,5 \text{ (h)}} \\ &= 30 \text{ A} \end{aligned}$$

Arus pengisian = 30 Amper

Pengisian baterai yang baik akan ditandai dengan munculnya gelembung - gelembung udara dari dalam sel baterai. Frekuensi gelembung

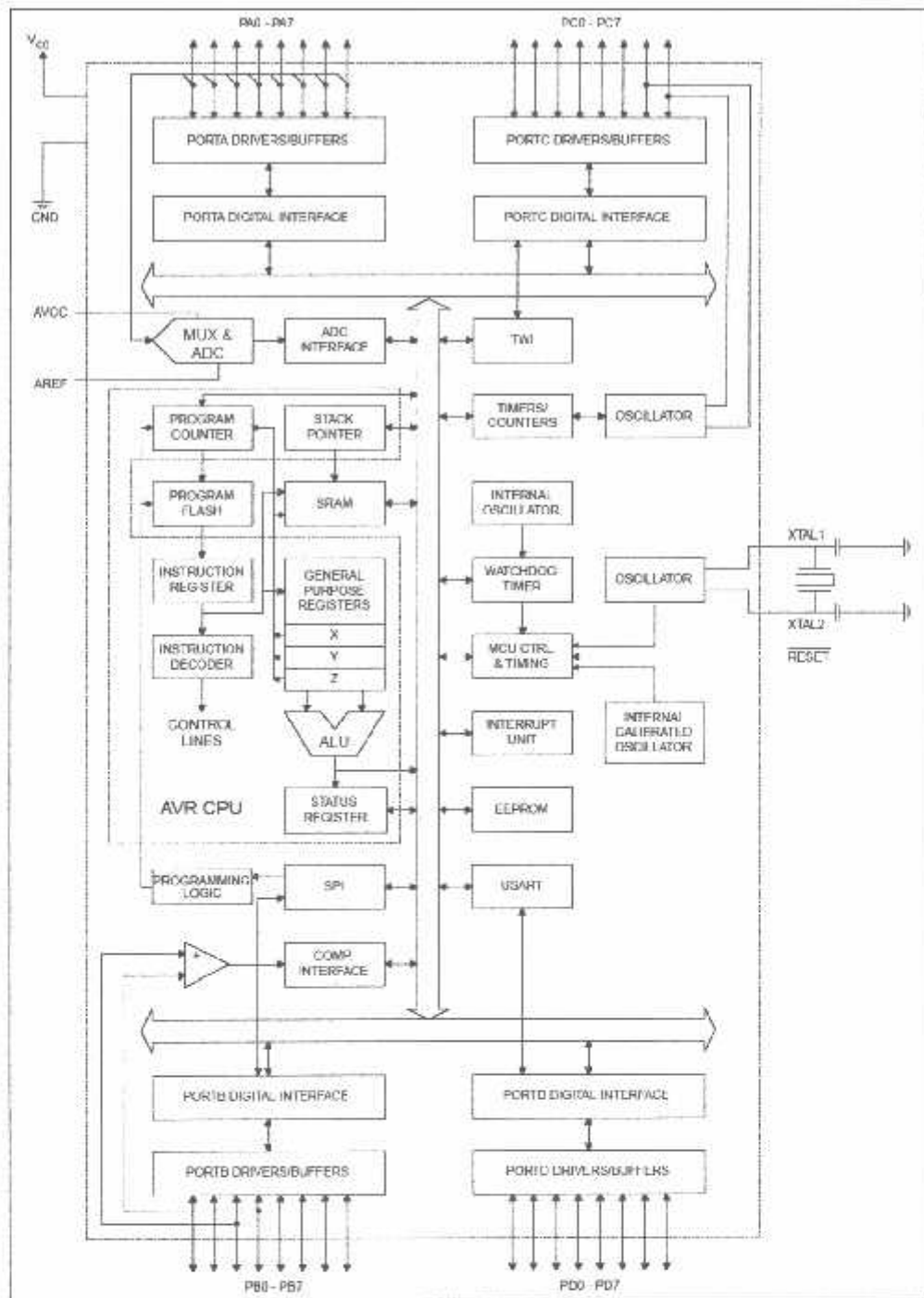
udara tersebut bergantung pada besar kecil arus pengisian. Disamping itu berat jenis elektrolit juga akan berubah sesuai dengan kenaikan tegangan pada baterai.

3.4. Mikrokontroler ATMEGA 8535

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 *Over voltage*, dan mencapai kecepatan 1MIPS per MHz.

Mikrokontroler ATMEGA 8583 disini digunakan untuk mengatur naik dan turunnya tegangan dan menampilkan keluaran tegangan dan arus pada LCD. Dalam rangkaian mikrokontroler ini harus dilengkapi dengan sumber *Over voltage* dan rangkaian reset yang sering disebut dengan sistem minimum mikrokontroler. Sumber *Over voltage* diperoleh dengan memasang penghasil detak yaitu berupa kristal dengan frekuensi 11,0592 MHz dan dua buah kapasitor sebesar 33 pF yang dihubungkan dengan pin XTAL 1 dan XTAL 2 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 ATMEGA 8535 dapat ditunjukkan pada blok diagram gambar 3.13.

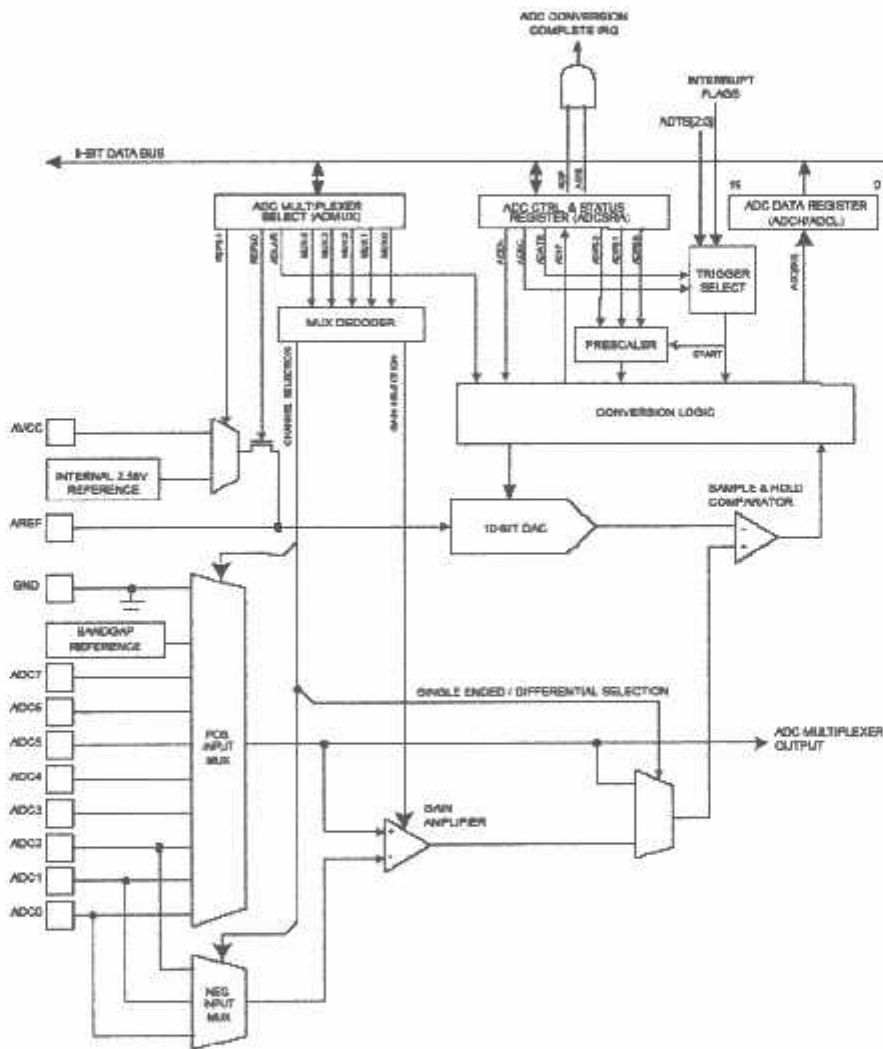


Gambar 3.13 Diagram blok ATMEGA 8535

3.4.1. Analog Digital Converter

ATMEGA8535 memiliki fitur sebuah ADC *Successive Approximation* 10 bit. ADC terhubung dengan sebuah analog *multiplexer 8 - channel* yang dapat dihubungkan dengan 8 *input* tegangan *single-ended* pada pin Port A. *Input* tegangan *single-ended* mengacu pada 0V (GND).

ADC terdiri dari sebuah rangkaian *Sample and Hold* yang memastikan tegangan *input* pada ADC ditahan pada level konstan selama konversi. Diagram blok dari ADC ini ditunjukkan pada gambar 3.14 dibawah ini.



Gambar 3.14 Diagram blok *Analog-to-Digital Converter*

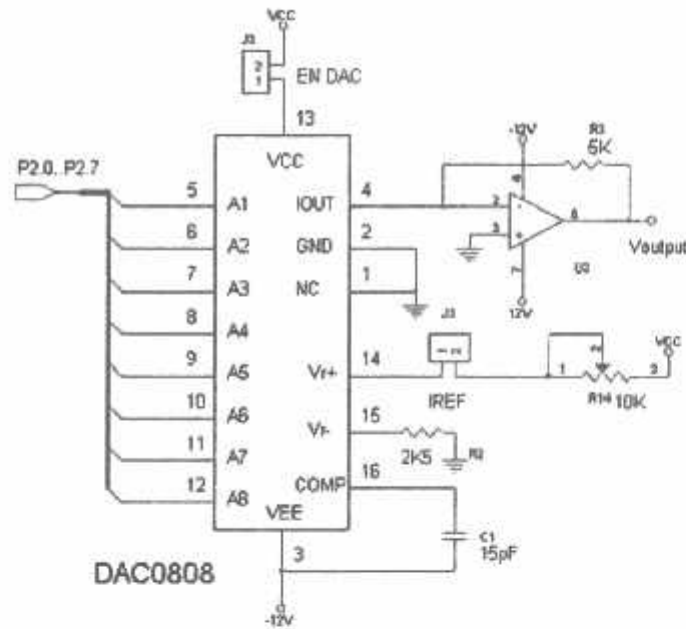
Keuntungan sistem kontrol dengan menggunakan mikrokontroler dibandingkan dengan sistem yang lain yaitu:

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. DAC0808 akan mengubah setiap konfigurasi logika pada masukannya kedalam tegangan analog pada keluarannya dengan perbandingan tertentu.

Pada dasarnya keluaran dari DAC0808 adalah arus, oleh karena itu setelah IC DAC0808, diperlukan ICLM741 yang berfungsi sebagai *op-amp*. Sehingga keluaran dari LM741 sudah berupa tegangan yang mana tegangan tersebut dapat digunakan sebagai tegangan masukan referensi ada *charging*. Pada peralatan ini rangkaian DAC0808 terhubung mikrokontroler. Rangkaian DAC0808 selengkapnya dapat dilihat pada gambar 3.15 dibawah ini.

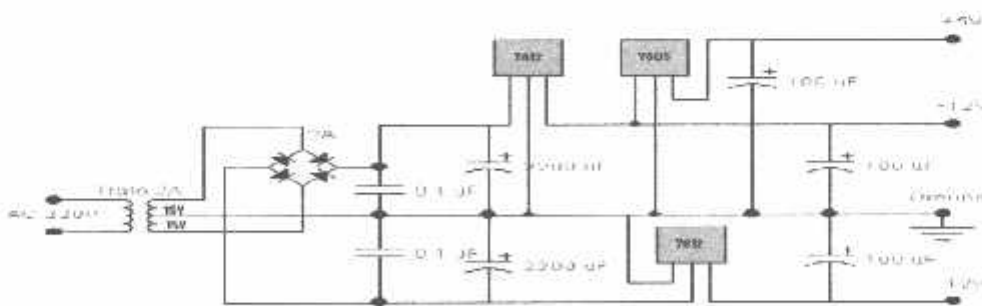


Gambar 3.15 Rangkaian DAC 0808

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, DAC0808, dan juga untuk mencatu LCD. Catudaya +12V digunakan sebagai V ref dari rangkaian DAC0808 dan untuk tegangan -12V digunakan untuk Vee dari rangkaian DAC 0808.

Perancangan sumber tegangan +5V digunakan regulator 7805, untuk tegangan +12V 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 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  
Relay-inv =1
```

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

```
Locate 1 , 1 : Lcd "MasukanVmax"      'masukan nilai V max  
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  
Wait1  
  
Locate 2 , 1 : Lcd "Masukan Vmin"    'masukan nilai Vmin  
Call Scan_keypad  
Vmin1 = Jumlah_str  
Vmin = Jumlah  
Locate 3 , 1 : Lcd "Vmin="          ;Vmin1  
Wait1  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "Vmax="          ;Vmax1  
Locate 2 , 1 : Lcd "Vmin="          ;Vmin1  
Wait1  
  
Locate 3 , 1 : Lcd "Masukan Imax"    'masukan nilai Imax  
CallScan_keypad  
Imax1 = Jumlah_str  
Imax = Jumlah  
Locate 4 , 1 : Lcd "Imax="          ;Imax1  
Wait1  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "Vmax="          ;Vmax1  
Locate 2 , 1 : Lcd "Vmin="          ;Vmin1  
Locate 3 , 1 : Lcd "Imax="          ;Imax1  
Wait
```

3.7 Program

Dalam proses awal, pada kondisi *setandbay* dimana belum adanya masukan parameter (V_{max} , V_{min} , dan I_{max}). Relay baterai dalam kondisi OFF dan relay *inverter* ON.

```
Relay-bat =0  
Relay-inv =1
```

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

```
Locate 1 , 1 : Lcd "MasukanVmax"      'masukan nilai V max  
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  
Wait1  
  
Locate 2 , 1 : Lcd "Masukan Vmin"    'masukan nilai Vmin  
Call Scan_keypad  
Vmin1 = Jumlah_str  
Vmin = Jumlah  
Locate 3 , 1 : Lcd "Vmin="           ;Vmin1  
Wait1  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "Vmax="           ;Vmax1  
Locate 2 , 1 : Lcd "Vmin="           ;Vmin1  
Wait1  
  
Locate 3 , 1 : Lcd "Masukan Imax"    'masukan nilai Imax  
CallScan_keypad  
Imax1 = Jumlah_str  
Imax = Jumlah  
Locate 4 , 1 : Lcd "Imax="           ;Imax1  
Wait1  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "Vmax="           ;Vmax1  
Locate 2 , 1 : Lcd "Vmin="           ;Vmin1  
Locate 3 , 1 : Lcd "Imax="           ;Imax1  
Wait
```

Cek tegangan baterai, lakukan proses sampling sebanyak 50 kali.

Cek_batre:

```
For Index = 1 To 50A
(index) = Geta dc (1)
V bat = Vbat + A (index)
Next Index
Vbat = Vbat *0.004887585
Vbat = Vbat /50
Vbat = Vbat *2.401 Return
```

Bandungkan 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
Go sub Cek_batre
Cls
Wait ms 500
Locate 1 ,5
Lcd "Full Battery"
Wait ms100
Lower line
Lcd " V Battery = "
Lcd Fusing (v bat , "#.##") ;"V"
Wait ms 500
```

Jika tegangan baterai lebih kecil dari Vmax dan lebih kecil dari V min lakukan proses *charging* dengan mengaktifkan relay baterai dan menonaktifkan relay *inverter*.

```
Elseif Vbat <= V max And Kondisi = 1 Then

'keadaan battery charging
Relay_bat = 1
Relay_inv = 0
GosubCharging
Elseif V bat<=V min Then
```

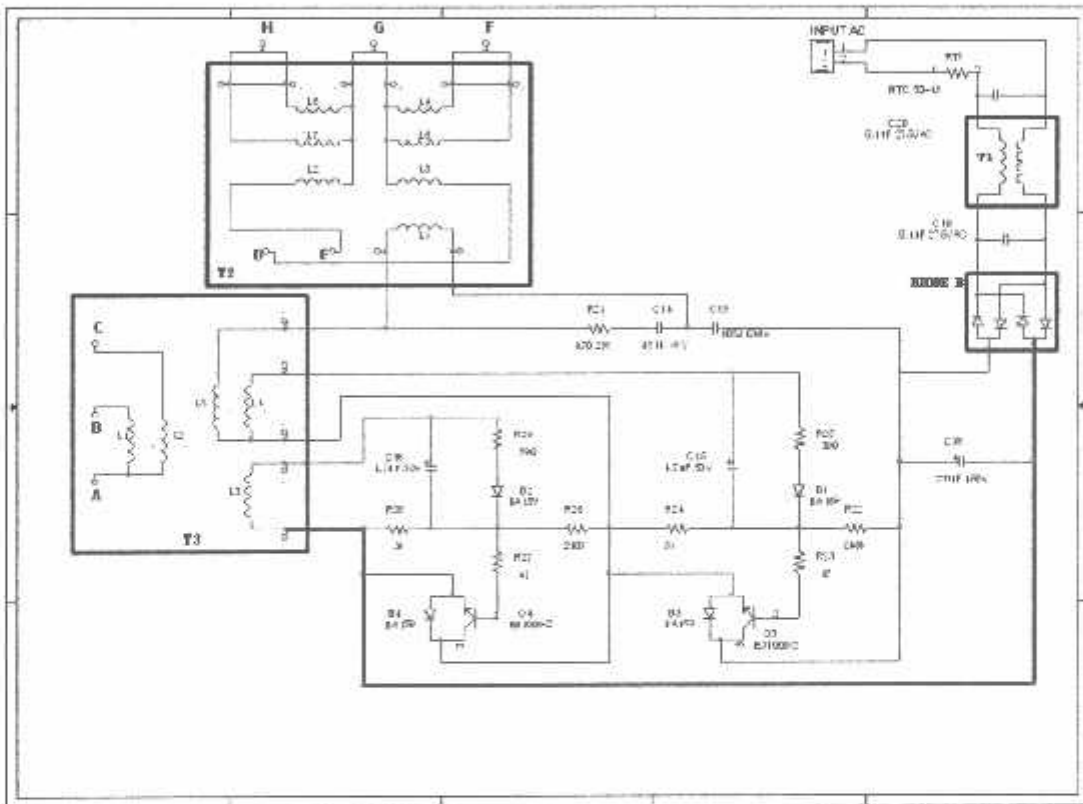
```
'keadaan battery mau charging
Kondisi = 1
Else
'keadaan battery sampai V min
Dac = 170
Portd = Dac Gosub
Cek_batre
Wait ms 500
Locate 1 ,5
Lcd "WaitCharging"
Wait ms 100
Lower line
Lcd " V Battery = "
Lcd Fusing (v hat , "#.##") ;"V"
Third line
Lcd " V Minimal = "
Lcd Fusing (v min , "#.##") ;"V"
Wait ms 500
```

BAB IV PENGUJIAN ALAT

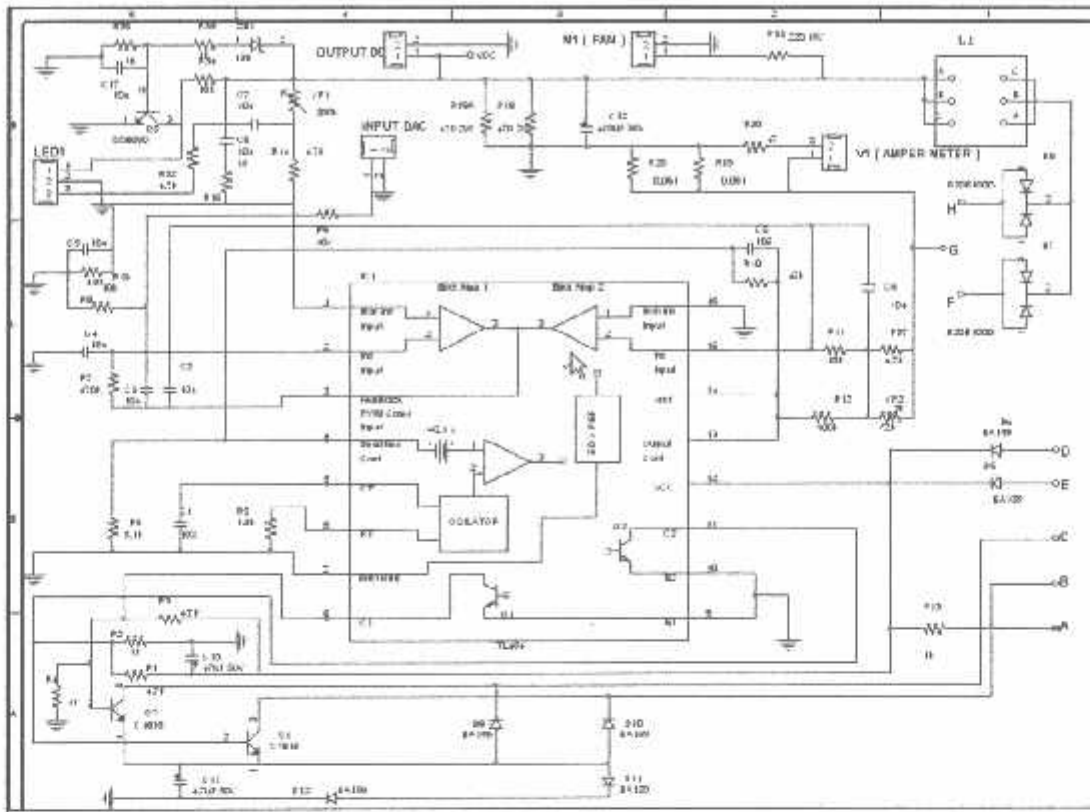
4.1 Pengujian Rangkaian

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–17V 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.

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

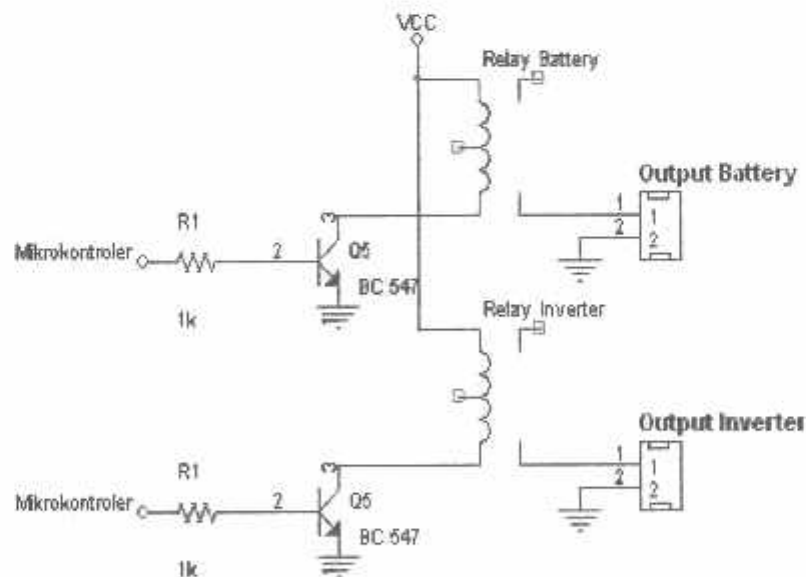
Tabel 4.1 Range tegangan kerja ke R9 dengan membatasi V_{out} 12V

4.2 Pengujian tegangan output

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

No	Proses	Relay Inverte	Relay Batera
1	<i>Standbay</i>	ON	OFF
2	<i>Charging</i>	OFF	ON
3	<i>Discharging</i>	ON	OFF

Tabel 4.2 Kondisi relay *inverter* dan relay baterai



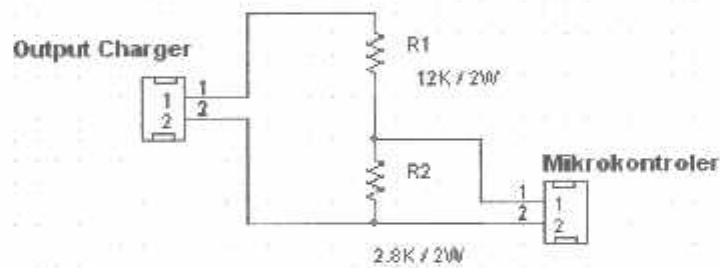
Gambar 4.4 Rangkaian *switch*

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 perbandingan ini ketika diperoleh tegangan baterai maksimal maka oleh mikrokontroler akan terbaca 5V.

$$5V = \frac{8.2K}{12K+8.2K} \times V \text{ Output}$$

Ketika proses *charging*, kondisi baterai dapat terbaca oleh mikrokontroler. 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 mencharger kembali.



Gambar 4.5 Rangkaian pembagi tegangan

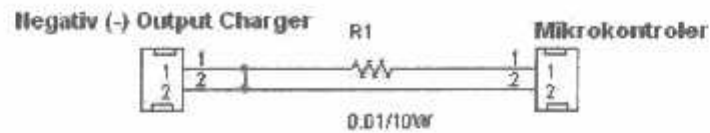
Untuk membaca dan mengontrol batasan arus yang dikeluarkan *charging* digunakan rangkaian seperti terlihat pada gambar 4.6. Resistor yang digunakan adalah resistor dengan nilai 0.1Ω 10 watt agar arus yang dilewatkan tidak terbebani. Misal kita ingin mengisi baterai 2A dengan baterai 12V maka secara perhitungan.

$$V \text{ Output} = 0,1 \Omega$$

$$V \text{ Output} = 0,1 \times 2A$$

$$= 0,2 V$$

Maka mikrokontroler akan menjaga tegangan pada nilai 0.2V, sehingga arus yang dilewatkan hanya 2 A 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 tabc 14.3 adalah data pengujian pengisian baterai.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian Alat *Charging Accu* yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

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 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 Penyalaan Kontrol Jarak Sama dan Sudut Sama pada Penyearah Terkendali Tiga Phasa. Universitas Cendana

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

Sutrisno (1986). "Elektronika: Tcori 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

LAMPIRAN



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK


Jl. (PERSERO) MALANG
NK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax: (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Kiri 2 Telp. (0341) 417336 Fax: (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Achmad Nafik Iqbal
N.I.M : 1452012
Program Studi : Teknik Listrik D-III
Judul : **Rancang Bangun Charger Otomatis dan Indikator Kapasitas
Batrei**


Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Tugas Akhir jenjang Diploma Tiga (D-III)
pada:

Hari : Sabtu
Tanggal : 05 Agustus 2017
Dengan Nilai : 78,5 (B+) 


Panitia Ujian Tugas Akhir



Ketua Majelis Penguji



Ir. Eko Nurcahyo, MT
NIP. Y. 1028700172

Sekretaris Majelis Penguji



Lauhil Mahfudz Hayusman, ST., MT
NIP. P. 1031400472

Anggota Penguji

Dosen Penguji I


Ir. Taufik Hidayat, MT
NIP. Y. 1018700151

Dosen Penguji II


Lauhil Mahfudz Hayusman, ST., MT
NIP. P. 1031400472





LEMBAR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir jenjang Diploma III, Program Studi Teknik Listrik Jenjang Diploma, maka perlu adanya perbaikan Tugas Akhir mahasiswa/i dibawah ini :

Nama : Achmad Nafik Iqbal
N.I.M : 1452012
Jurusan/Prodi : Teknik Listrik D-III
Masa Bimbingan : Semester Genap 2016-2017
JUDUL : Rancang Bangun Sistem Pengisian Baterai Otomatis Dan Indikator Pengisian Baterai

NO	Penguji	Tanggal	Materi Perbaikan	Paraf
1.	Penguji I	05/8/2017	Alat Disempurnakan Untuk Baterai Kapasitas 100 Ah	
2.	Penguji II	05/8/2017	Daftar isi, Abstrak, Kata Pengantar, Daftar Gambar, Daftar Gambar, Bab 1 Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Dan Batasan Masalah, Perbaiki Landasan Teori, Pengujian Dan Kesimpulan	

Disetujui :

Dosen Penguji I

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP. Y. 10118700151

Dosen Penguji II

Lauhil Mahfudz Hayusman ST, MT
NIP. P. 1031400472

Mengetahui :

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 10118800190

Dosen Pembimbing II

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP. Y. 1018800188



FORMULIR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Dalam melaksanakan Ujian Tugas Akhir Jenjang Diploma Tiga Fakultas Teknologi Industri Program Studi Teknik Listrik D-III, maka perlu adanya perbaikan Tugas Akhir untuk Mahasiswa:

Nama : Achmad Nafik Iqbal
NIM : 1452012
Program Studi : Teknik Listrik D-III

Adapun perbaikan-perbaikan tersebut meliputi antara lain:

- 1. Daftar Isi, Abstrak, kata pengantar, Daftar gambar, Daftar tabel.
- 2. Bab 1 latar belakang, Rumusan masalah, tujuan dan batasan masalah.
- 3. Batasan masalah
- 4. Alat disempurnakan untuk baterai/Aki sesuai dengan ≥ 100 Ah.
- 5. Perbaiki Landasan teori, Pengujian, dan kesimpulan.

Malang, 5 Agustus 2017
Dosen Penguji,

(LAUHLI MAHENDRI H)



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

(PERSERO) Malang
 CIBINAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 6514
 Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

IA : Achmad Nafik 1981
 1 : 1952012
 JSAN : Teknik Listrik D-III
 A BIMBINGAN : Semester Genap 2016-2017
 JL : Rancang Bangun system charging Baterai Automatic

O	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	10 Mei 2017	Revisi Laporan 1	
2.	12 Mei 2017	Revisi Laporan Bab 1	
3.	16 Mei 2017	Revisi Laporan bab 2	
4.	1 Juni 2017	Revisi Laporan bab 2 tabel 2.1	
5.	5 Juni 2017	Revisi Laporan bab 3	
6.	10 Agustus 2017	revisi Laporan bab 3 gambar 3.2,2	
7.	20 Agustus 2017	Perancangan gambar 3,2,2	
8.	1 September 2017	pengolahan bab 1,2,3	
9.	9 September 2017	pengujian alat	
10.	19 September 2017	Pengujian alat	

Malang,
 Dosen Pembimbing,

(Khoirul Saleh)



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

(PERSERO) Malang
 NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax.(0341) 553015 Malang 6514
 Kampus II : Jl. Raya Karangjo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

1A : Achmad Nafik (961)
 1 : 1452012
 JSAN : Teknik Listrik D-III
 1A BIMBINGAN : Semester Genap 2016-2017
 JL : Rancang Bangun System Charging Baterai Automatic

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	11 Mei 2017	Melengkapi Tab IV	
2.	16 Mei 2017	melengkapi Tabel 4.1 dan Apa kegunaanya	
3.	20 Juli 2017	revisi bab I dan II	
4.	30 Agustus 2017	Pengujian alat	
5.	31 Agustus 2017	Revisi Laporan bab IV	
6.	31 ^{September} Agustus 2017	Revisi alat	
7.	30 ³ Septem 2017	melengkapi komponen alat	
8.	5 Septem 2017	Alat tidak jalan semestinya	
9.	6 SEP 2017	Pengujian alat	
10.	7 ssp 2017	revisi tabel bab 4.1	

Malang,
 Dosen Pembimbing,

(M. Abdul Hamid)