

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sejarah Perkembangan Mobil Listrik**

Mobil listrik merupakan jenis mobil yang menggunakan listrik sebagai sumber energinya untuk bergerak. Energi disimpan pada baterai atau aki sebagai tempat penyimpanannya.

Mobil modern pertama dibuat oleh Karl Benz pada tahun 1885, namun puluhan tahun sebelumnya konsep mengenai mobil listrik sudah mulai ada. Pada abad ke 18, sudah banyak ilmuwan atau inovator dari Hungaria, Belanda dan Amerika mulai berfokus dengan konsep kendaraan bertenaga baterai dan menciptakan beberapa mobil listrik skala kecil. (Sumber : <https://www.penemu.com/>).

Akhir abad ke 18 di Amerika, mobil listrik buatan William Morrison yang dikenal sebagai ahli kimia sukses memulai debutnya pada tahun 1890. Kendaraan buatannya mampu menampung hingga enam orang penumpang dan melaju dengan kecepatan 22 km/jam.

Meskipun memiliki kecepatan yang rendah, tapi mobil listrik memiliki banyak kelebihan dibandingkan kompetitornya di awal 1900-an. Mobil listrik tidak menimbulkan getaran, mobil listrik juga tidak mengeluarkan gas buang yang berbau, dan tidak berisik bila dibandingkan dengan mobil bensin. Selain itu, mobil listrik tidak memerlukan perpindahan gigi, dimana pada mobil bensin hal inilah yang menjadi penghambat besar dalam mengemudikannya. Mobil listrik pada masa itu juga digunakan oleh orang-orang kaya yang menggunakannya sebagai mobil kota, sehingga keterbatasan jarak bukanlah hambatan besar. Kelebihan lainnya, mobil listrik juga tidak membutuhkan usaha keras untuk menyalakannya, tidak seperti mobil bensin yang membutuhkan tuas tangan untuk menyalakan mobilnya.

Mobil listrik pada masa itu dianggap sebagai mobil yang cocok untuk pengemudi wanita karena kemudahan dalam mengoperasikannya.



**Gambar 2.1** Mobil Listrik Pertama Buat William Morison (Wink, 2017)

#### A. Karakteristik Mobil Listrik Secara Umum

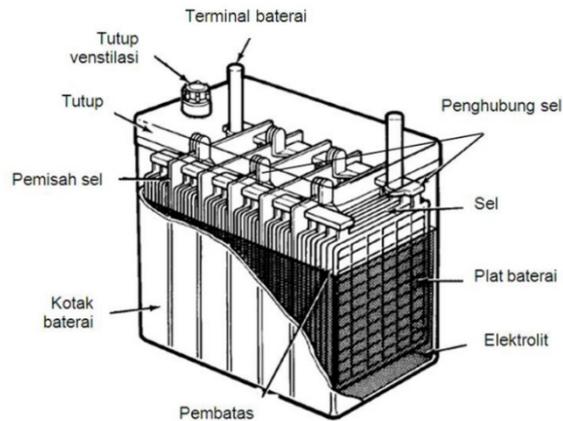
Umumnya mobil listrik terdiri dari tiga sub-sistem utama :

- Sistem penggerak motor listrik Berisi tentang pengendali mobil, konverter elektronika daya, motor listrik, dan transmisi
- Sistem baterai Berisi tentang baterai, sistem manajemen baterai, dan unit pengisian
- Sistem pembantu Berisi tentang pemanas/pendingin pompa elektronika, sensor – sensor, dan pembantu elektronika lainnya.

#### B. Prinsip Kerja Mobil Listrik

Daya Listrik yang bersumber dari listrik PLN atau Generator lewat alat pengisian (Charger) yang berperan untuk merubah arus bolak balik (AC) jadi arus searah (DC) sesuai sama dengan keperluan pengisian dari baterai lewat dua buah kabel yakni positif serta negatif untuk isi baterai. Baterai terbagi dalam 3 unit dan dipasang dengan cara koneksi seri.





**Gambar 2.3** Bagian – Bagian *Accu*  
(Rahmad, 2015)

*Accu* merupakan sel yang banyak kita jumpai karena banyak digunakan pada sepeda motor maupun mobil. *Accu* termasuk sel sekunder, karena selain menghasilkan arus listrik, *accu* juga dapat diisi arus listrik kembali. Secara sederhana *accu* merupakan sel yang terdiri dari elektrode Pb sebagai anode dan PbO<sub>2</sub> sebagai katode dengan elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## 2.3 Jenis-jenis Baterai

### 2.3.1 Baterai basah

Baterai basah adalah media penyimpanan arus listrik ini merupakan jenis paling umum digunakan. Baterai jenis ini masih perlu diberi air baterai yang dikenal dengan sebutan *accu* zuur.

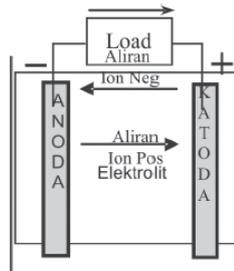
### 2.3.2 Baterai kering

Baterai kering adalah sebuah sel atau elemen sekunder dan merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Kutub positif aki menggunakan lempeng oksida dan kutub negatifnya menggunakan lempeng timbale sedangkan larutan elektrolitnya adalah larutan asam sulfat.

## 2.4 Prinsip Kerja Baterai

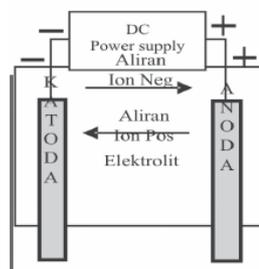
Bila sel dihubungkan dengan beban maka, negatif mengalir dari anoda melalui beban ke katoda, kemudian ion-ion negatif mengalir ke anoda dan ion-ion positif mengalir ke katoda. Arus listrik dapat mengalir disebabkan adanya negatif yang bergerak dari elektroda sel melalui reaksi ion antara molekul elektroda dengan molekul elektrolit sehingga memberikan jalan bagi negatif untuk mengalir.

1. Proses discharge pada sel berlangsung menurut skema Gambar 2.4.1. Bila sel dihubungkan dengan beban maka, negatif mengalir dari anoda melalui beban ke katoda, kemudian ion-ion negatif mengalir ke anoda dan ion-ion positif mengalir ke katoda.



**Gambar 2.4** proses *discharge* (Trifara, 2017)

2. Pada proses pengisian menurut skema gambar 2.4.2. Apabila sel dihubungkan dengan power supply maka elektroda *positif* menjadi anoda dan *elektroda negative* menjadi katoda dan proses kimia yang terjadi adalah sebagai berikut.



**Gambar 2.5** proses *charging* (Trifara, 2017)

## 2.5 Rangkaian baterai

Dikarenakan tegangan baterai per sel terbatas, maka perlu untuk mendapatkan solusi agar tegangan baterai dapat memenuhi atau sesuai dengan tegangan kerja peralatan. Maka dari itu kita perlu menaikkan kapasitas dengan cara merangkai susunan baterai. Menyusun rangkaian baterai ada 2 cara:

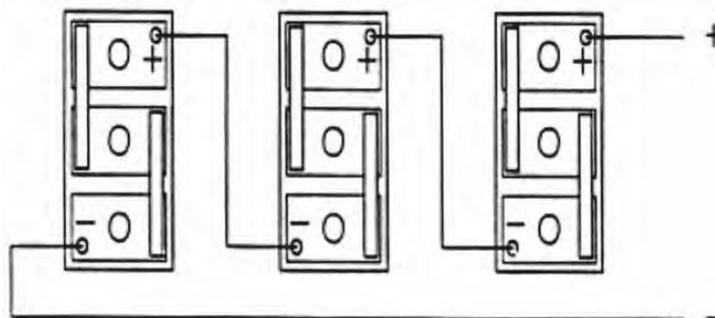
1. Hubungan seri
2. Hubungan paralel

### 1. Hubungan seri

Koneksi baterai dengan hubungan seri ini dimaksudkan untuk dapat menaikkan tegangan baterai sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5.1.

Sebagai contoh jika kebutuhan tegangan baterai pada suatu alat adalah 36 volt maka akan dibutuhkan baterai dengan kapasitas 12 volt sebanyak 3 buah dan dihubungkan secara seri.

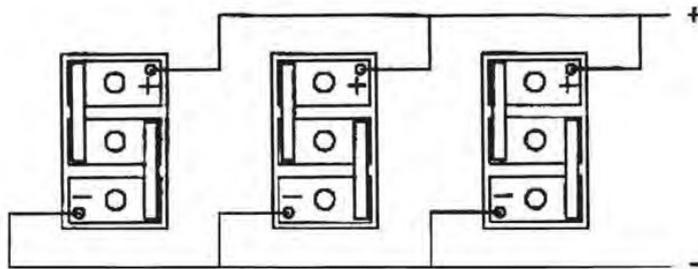
Kekurangan dari hubungan seri ini adalah jika terjadi gangguan atau kerusakan pada salah satu sel baterai maka suplai sumber DC ke beban akan terputus.



**Gambar 2.6** Hubungan baterai secara seri (Trifara, 2017)

## 2. Hubungan paralel

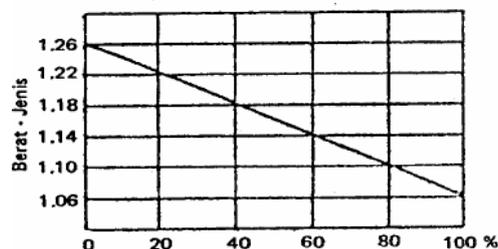
Koneksi baterai dengan hubungan paralel ini dimaksudkan untuk dapat menaikkan kapasitas baterai atau *Ampere hour* (Ah) baterai, seperti ditunjukkan pada gambar 2.7



**Gambar 2.7** Hubungan baterai secara paralel (Trifara, 2017)

## 2.6 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 2.6.1



**Gambar 2.8** grafik hubungan berat jenis dengan kapasitas baterai (Trifara, 2017)

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 2 kelompok, yaitu :

- pengisian normal
- pengisian cepat

## 2.7 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  $100 \times 10/100 = 10$  Ampere.

Untuk menentukan lamanya waktu pengisian dapat digunakan rumus seperti berikut :

$$\text{Waktu pengisian (h)} = \frac{\text{Tingkat kehilangan muatan (Ah)}}{\text{Besar arus pengisian (A)}} \times 1.2 \approx 1.5 \dots\dots\dots(2.1)$$

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:

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

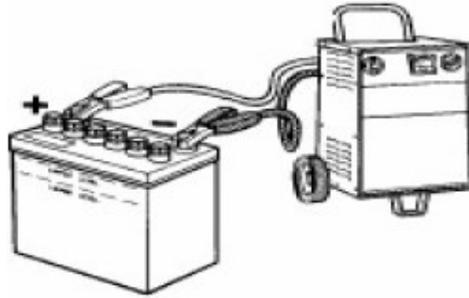
Besar arus pengisian normal adalah :  $10\% \times 100\text{Ah} = 10 \text{ Amper}$   
Waktu pengisian yang dibutuhkan adalah :  $(40 \text{ Ah}/10\text{A}) \times 1,5 = 6 \text{ jam}$ .

## 2.8 Prosedur pengisian

### a) Pengisian satu baterai

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.
3. Hubungkan baterai *charger* dengan sumber listrik 220V.
4. Pilih selektor tegangan sesuai dengan tegangan baterai, misal baterai 12V maka selektor digerakkan kearah 12V.
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 *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.

- 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.



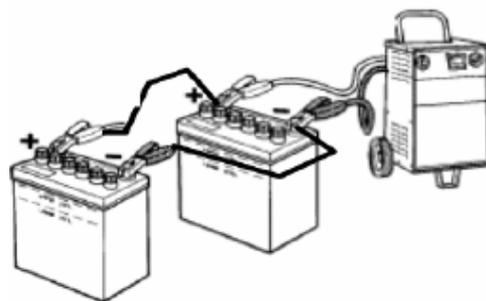
**Gambar 2.9** Pengisian satu baterai (Trifara, 2017)

b) Pengisian lebih dari satu baterai

Pengisian baterai yang lebih dari satu dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu merangkai secara paralel dan merangkai secara seri. Prosedur pengisian secara paralel adalah sebagai berikut :

- Buka sumbat baterai (*vent caps*) tempatkan sumbat pada wadah khusus agar tdat 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 menunjukkan pengisian secara paralel.
- 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 akan timbul percikan api, bila dipaksakan baterai akan rusak, pada baterai *charger* model tertentu dilengkapi dengan indikator, dimana apabila pemasangan terbalik akan muncul bunyi peringatan.

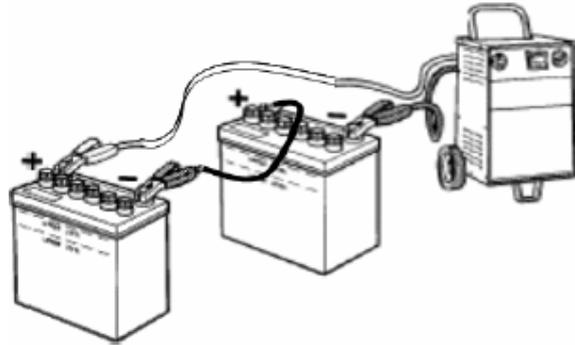
3. Hubungkan baterai *charger* dengan sumber listrik 220V.
4. Pilih selektor tegangan sesuai dengan tegangan baterai, misal baterai 12 V maka selektor digunakan kearah 12 V.
5. Hidupkan baterai *charger*, dan setel besar arus sesuai dengan kapasitas baterai. Besar arus merupakan jumlah arus yang dibutuhkan untuk baterai 1 dan baterai 2. Misalnya untuk mengisi 2 baterai 50 Ah dibutuhkan arus pengisian sebesar  $10\% \times (2 \times 50) = 10$  A., mengisi baterai 50 Ah dan 40 Ah maka diperlukan arus sebesar  $10\% \times (40+50) = 9$  A.
6. Setel waktu yang diperlukan untuk pengisian (untuk baterai *charging* yang dilengkapi timer), bila tidak ada 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 *hydrogen* yang mudah terbakar dan mudah meledak.



**Gambar 2.10** Mengisi baterai dengan rangkaian parallel (Trifara, 2017)

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

1. Hubungkan kabel positif baterai 1 dengan terminal negatif baterai 2 kemudian hubungkan klem *charger* negatif ke terminal negatif baterai 1 dan hubungkan klem *charger* positif ke terminal positif baterai 2.
2. Hubungkan *charger* dengan sumber listrik 220 V.
3. Pilih selektor tegangan sesuai dengan total tegangan baterai, misal 2 baterai 12 V dirangkai seri maka tegangan menjadi 24V maka selektor diarahkan ke 24 V.
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  $10\% \times 50 = 5$  A, mengisi baterai 50 Ah dan 40 Ah. Maka diperlukan arus sebesar  $10\% \times 40 \text{ Ah} = 4 \text{ A}$ .
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 matikan *charger*.
7. 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.



**Gambar 2.11** Mengisi baterai dengan rangkaian seri (Trifara, 2017)

## 2.9 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 :

$$\text{Arus pengisian (A)} = \frac{\text{Tingkat kehilangan muatan}}{1 + \text{waktu pengisian}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Waktu pengisian yang tersedia 0,5 - 1 jam

Contoh:

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

Diketahui tingkat kehilangan muatan pada baterai adalah sebesar 30% yaitu 30 Ampere. 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 Ampere

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.

## 2.10 Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandeng magnet berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator adalah alat yang digunakan untuk mengubah tegangan bolak balik

(AC) dari suatu nilai tertentu ke nilai yang kita inginkan terdiri dari kumparan primer dan sekunder.

Transformator digunakan pada peralatan listrik terutama yang memerlukan perubahan atau penyesuaian besarnya tegangan bolak-balik. Misal radio memerlukan tegangan 12V padahal listrik dari PLN sebesar 220V, maka diperlukan transformator untuk mengubah tegangan listrik bolak-balik 220V menjadi tegangan listrik bolak-balik 12V dapat dilihat pada gambar 2.12.



**Gambar 2.12** Transformator (Putra, 2017)

### 2.11 Prinsip Kerja Transformator

Transformator adalah alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan bolak-balik (AC). transformator terdiri dari dua komponen pokok yaitu: kumparan pertama (primer) yang bertindak sebagai input, kumparan kedua (sekunder) yang bertindak sebagai luaran, dan inti besi yang berfungsi untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan. Transformator bekerja ketika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer akan menimbulkan medan magnet yang berubah-ubah. Transformator penurunan adalah transformator yang tegangan sekundernya lebih rendah daripada tegangan primernya:

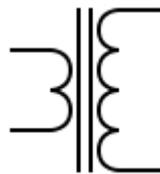
$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots(2.3)$$

- Keterangan:**  $V_p$  = Tegangan primer (V)  
 $V_s$  = Tegangan sekunder (V)  
 $N_p$  = Jumlah lilitan primer  
 $N_s$  = Jumlah lilitan sekunder  
 $I_p$  = Arus primer (A)  
 $I_s$  = Arus sekunder (A)

## 2.12 Jenis-jenis Transformator

### 2.12.1 Transformator Step - Up

Transformator step-up adalah transformator yang memiliki lilitan sekunder lebih banyak daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penaik tegangan. Transformator ini biasa ditemui pada pembangkit tenaga listrik sebagai penaik tegangan yang dihasilkan generator menjadi tegangan tinggi yang digunakan dalam transmisi jarak jauh dapat dilihat pada Gambar



**Gambar 2.13** Simbol Transformator Step-Up (Putra, 2017)

### 2.12.2 Transformator Step - Down

Transformator step-down adalah transformator yang memiliki lilitan sekunder lebih sedikit daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penurun tegangan. Transformator jenis ini sangat mudah ditemui, terutama dalam adaptor AC-DC dapat dilihat pada Gambar

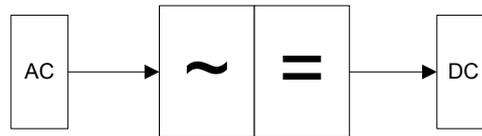


**Gambar 2.14** Simbol Transformator Step-Down (Putra, 2017)

## 2.13 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 2.15** 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:

$$\square 0,2 \times 200\text{Ah} \square \square 10 A$$

$$\square 40A \square 10A$$

$$\square 50 \text{ Ampere}$$

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).

#### 2.14 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.

### 2.15 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*.

## 2.16 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.

### 2. Penyearah (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 terminal yaitu:

- terminal positif (anoda)
- terminal negatif (katoda)
- 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*.

### 2.17 Komponen Pengatur Arus

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".

### 2.18 Filter (penyaring)

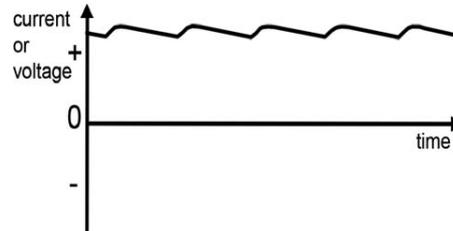
Tegangan DC yang keluar dari rangkaian penyearah masih mempunyai *ripple* atau frekuensi gelombang yang cukup tinggi, maka suatu rangkaian *filter* (penyaring) berfungsi untuk memperbaiki *ripple* tersebut agar menjadi lebih kecil sesuai dengan yang direkomendasikan  $\leq 2\%$  (Standar SE.032).

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

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

$$r = \frac{\text{komponenAC}}{\text{komponenDC}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Sedangkan bentuk gelombang *ripple* adalah seperti pada gambar



**Gambar 2.16** bentuk gelombang *ripple* (Sandi, 2014)

Komponen AC adalah harga *rms* (*root mean square*) dari tegangan *output* AC ( $V_{rms}$ ). Komponen DC adalah harga rata-rata tegangan *output* ( $V_{DC}$ ).

## 2.19 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut dengan single chip microcomputer (Chamim, 2010).

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur Input/Output (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

Meskipun kecepatan pengolahan data dan kapasitas memori pada mikrokontroler jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan komputer personal, namun kemampuan mikrokontroler sudah cukup untuk dapat digunakan pada banyak aplikasi terutama karena ukurannya yang kompak. Mikrokontroler sering digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak memerlukan kemampuan komputasi yang tinggi.

Sistem yang menggunakan mikrokontroler sering disebut sebagai embedded system atau dedicated system. Embedded system adalah sistem

pengendali yang tertanam pada suatu produk, sedangkan dedicated system adalah sistem pengendali yang dimaksudkan hanya untuk suatu fungsi tertentu. Sebagai contoh, printer adalah suatu embedded system karena di dalamnya terdapat mikrokontroler sebagai pengendali dan juga dedicated system karena fungsi pengendali tersebut berfungsi hanya untuk menerima data dan mencetaknya. Hal ini berbeda dengan suatu PC yang dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, sehingga mikroprosesor pada PC sering disebut sebagai general purpose microprocessor (mikroprosesor serba guna). Pada PC berbagai macam software yang disimpan pada media penyimpanan dapat dijalankan, tidak seperti mikrokontroler hanya terdapat satu software aplikasi.

Pada mobil listrik ini, mikrokontroler akan digunakan untuk mengatur motor dan sensor. Adapun bentuk dari mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut.



**Gambar 2.17** Mikrokontroler (Dendi, 2010)

## **2.20 LCD**

Display LCD 16x2 berfungsi sebagai penampil karakter. LCD mempunyai kemampuan untuk menampilkan tidak hanya angka, huruf abjad, kata-kata tapi juga simbol-simbol. Jenis dan ukuran LCD bermacam-macam, antara lain 2x16, 2x20, 2x40. LCD mempunyai dua bagian penting yaitu backlight yang berguna jika digunakan pada malam hari dan kontras yang berfungsi untuk mempertajam tampilan.

Konfigurasi pin dari LCD ditunjukkan pada gambar memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Terdapat 16x2 karakter huruf yang bisa ditampilkan.
2. Setiap huruf terdiri dari 5x7 dot-matrix cursor.
3. Terdapat 192 macam karakter.
4. Terdapat 80x8 bit display RAM (maksimal 80 karakter).
5. Memiliki kemampuan penulisan dengan 8 bit maupun dengan 4 bit.
6. Diangun dengan osilator lokal.
7. Satu sumber tegangan 5 volt.
8. Otomatis reset saat tegangan dihidupkan.
9. Bekerja pada suhu 0 c sampai 55 c



**Gambar 2.18** LCD 16x2 (Dendi, 2010)

LCD yang digunakan pada alat ini mempunyai lebar display 2 baris 16 kolom atau biasa disebut sebagai LCD character 16x2, dengan 16 pin konektor, yang didefinisikan sebagai berikut.

Fungsi dari masing masing pin pada LCD adalah pin pertama dan kedua merupakan pin untuk tegangan supply sebesar 5 volt, untuk pin ketiga harus ditambahkan resistor variabel 4K7 atau 5K ke pin ini sebagai pengatur kontras tampilan yang diinginkan.

Pin keempat berfungsi untuk memasukkan input command atau input data, jika ingin memasukkan input command maka pin 4 diberikan logic low (0), dan jika ingin memasukkan input data maka pin 4 diberikan logic high (1).

Fungsi pin ke lima untuk read atau write, jika digunakan untuk membaca karakter data atau status informasi dari register (read) maka harus diberi masukan high (1), begitu pula sebaliknya untuk menuliskan karakter data (write) maka harus diberi masukan low (0). pada pin ini dapat dihubungkan ke ground bila tidak diinginkan pembacaan dari LCD dan hanya dapat digunakan untuk mentransfer data ke LCD.

Pin keenam berfungsi sebagai enable, yaitu sebagai pengatur transfer command atau karakter data ke dalam LCD. Untuk menulis ke dalam LCD data ditransfer waktu terjadi perubahan dari high ke low, untuk membaca dari LCD dapat dilakukan ketika terjadi transisi perubahan dari low ke high

Pin-pin dari nomor 7 sampai 14 merupakan data 8 bit yang dapat ditransfer dalam 2 waktu yaitu 1 kali 8 bit atau 2 kali 4 bit, pin-pin ini akan langsung terhubung ke pin mikrokontroler sebagai input/output. Untuk pin nomor 15-16 berfungsi sebagai backlight.

## **2.21 Arduino Uno**

Uno Arduino adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328 Board ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset (Adriansyah, 2013). Pada mobil listrik ini, Arduino digunakan untuk mengontrol sensor. Adapun bentuk dari arduino uno dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut.



dari tegangan asli. Bentuk modul sensor tegangan seperti ditunjukkan pada gambar 1 berikut :



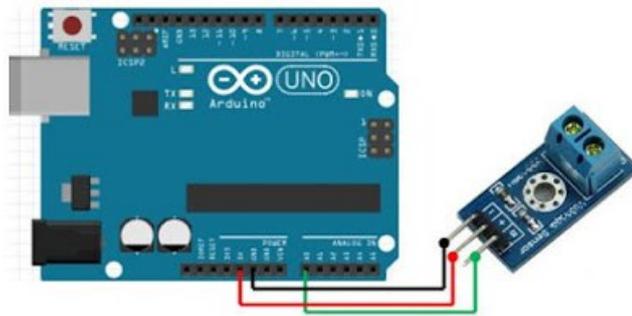
**Gambar 2.20** Modul sensor tegangan (Saptaji, 2016)

Fitur-fitur dan kelebihanya:

- Variasi Tegangan masukan: DC 0 - 25 V
- Deteksi tegangan dengan jangkauan: DC 0.02445 V - 25 V
- Tegangan resolusi analog: 0,00489 V
- Tegangan DC masukan antarmuka: terminal positif dengan VCC, negatif dengan GND
- Output Interface: "+" Koneksi 5 / 3.3V, "-" terhubung GND, "s" terhubung Arduino pin A0
- DC antarmuka masukan: red terminal positif dengan VCC, negatif dengan GND

## **2.26 Rangkaian koneksi Aduino dengan Sensor Tegangan**

Cara merangkai modul sensor tegangan yang di koneksi dengan arduino yaitu kabel merah dihubungkan dengan sumber tegangan 5V, kabel hitam dihubungkan dengan ground (GND) dan kabel hijau dihungkan dengan analog read 0 (A0) pada arduino. Untuk lebih jelasnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 berikut ini :



**Gambar 2.21** Rangkaian koneksi arduino dengan modul sensor tegangan

### 2.27 Source Code Sensor tegangan untuk Arduino

Contoh memprogram arduino untuk dapat menjalankan sensor tegangan dengan tegangan maksimum 25V. Memasukkan rumus kalibrasinya persamaan (1.1), kedalam program seperti berikut:

```
#include <Wire.h>
int Volt1;
int Volt;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Voltage: ");
}
void loop()
{
  Volt1=analogRead(0);
  Volt=((Volt1*0.00489)*5);
  Serial.print(Volt);
  Serial.println("V");
}
```

```
delay(1000);  
}
```

## **2.28 Sensor Arus**

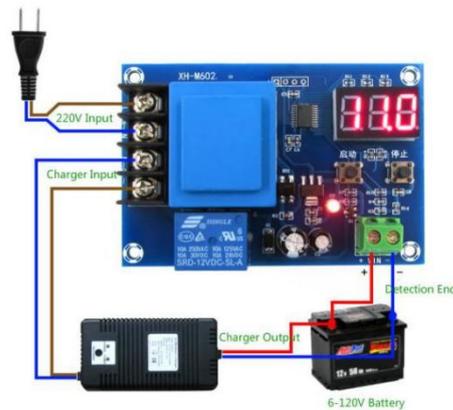
Sensor arus adalah suatu alat yang mengukur jumlah arus pada alat elektronik. Sensor arus biasanya terdiri dari rangkaian elektronik yang mengubah jumlah arus menjadi satuan listrik. Sensor arus yang biasa digunakan adalah chip ACS712. sensor arus bekerja dengan membaca arus yang melalui tembaga yang di dalamnya menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh IC dan diubah menjadi tegangan proporsional.

## **2.29 Overcharging**

Bila tegangan dan arus terlalu besar sering disebut dengan istilah overcharging, overcharging akan menimbulkan beberapa masalah pada baterai. Rusaknya baterai karena overcharging disebabkan karena saat tegangan terus dialirkan baterai akan melepaskan gas yang berlebihan dan dapat menyebabkan baterai mendidihkan electrolyte dan menambah risiko berkurangnya umur baterai serta meledaknya baterai karena gas hidrogen.

## **2.30 Auto Cut Off**

Auto Cut Off adalah suatu pengaman pada sebuah charger dimana yang bekerja apabila baterai yang discharge sudah penuh muatannya. Apabila baterai sudah penuh maka akan memutus arus sendiri sehingga tidak terjadi overcharging pada baterai.



**Gambar 2.22** modul auto cutoff pada charger (Saptaji, 2016)

Modul auto cut off ini bekerja sebagai pemutus arus apabila tegangan baterai sudah sampa pada tegangan yang diinginkan. Awalnya modul ini diberi input tegangan dari sumber sebesar 220V AC kemudian kabel fasa dari input tadi tersambung ke relay dan dilanjutkan kembali ke input dari charger. Relay disini berfungsi sebagai switch pemutus arus. Modul ini juga dilengkapi voltmeter untuk menampilkan tegangan baterai. Dislay itu juga berfungsi untuk menampilkan tegangan berapa yang mau kita jadikan tegangan rendah dari baterai maupun tegangan tinggi dari baterai atau tegangan penuh baterai. Modul ini terdapat 2 push button yang mana berfungsi sebagai pengatur berapa tegangan rendah dan berapa tegangan tinggi baterai. Apabila tegangan baterai yang terbaca sudah sesuai yang diinginkan atau kondisi penuh maka switch pada relay tersebut akan terbuka dan menyebabkan arus tidak lagi mengalir atau terputus.

### 2.31 Daya Listrik

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi

cahaya sedangkan Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi.

Sedangkan berdasarkan konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya adalah Jumlah Energi Listrik yang digunakan tiap detik. Berdasarkan definisi tersebut, perumusan daya listrik adalah seperti dibawah ini :

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung Daya Listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.5)$$

*Atau*

$$P = I^2R \dots\dots\dots(2.6)$$

$$P = V^2/R \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

P = Daya Listrik dengan satuan Watt (W)

V = Tegangan Listrik dengan Satuan Volt (V)

I = Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)

R = Hambatan dengan satuan Ohm ( $\Omega$ )

### 2.32 Cara Menghitung Lama Pemakaian Aki

Seperti yang kita tahu bahwa energi listrik yang tersimpan dalam sebuah aki bisa diisi ulang atau dicas apabila sudah habis. Yang jadi pertanyaan, sebenarnya berapa lama waktu aki dapat dipakai untuk mensuplay listrik sebuah beban? Berikut cara menghitung lama waktu pemakaian aki lengkap beserta rumusnya.

**Rumus Dasar yang Digunakan :**

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.8)$$

$$V = P/I \dots\dots\dots(2.9)$$

$$I = P/V \dots\dots\dots(2.10)$$

**Keterangan :**

- I = Kuat Arus (Ampere)
- P = Daya (Watt)
- V = Tegangan (Volt)

**Contoh :**

- Beban 50 Watt
- Aki yang digunakan 12 V/50 Ah

**Perhitungan :**

$$I = 50 \text{ W}/12 \text{ V} = 4,167 \text{ Ampere}$$

$$\text{Waktu pemakaian} = 50 \text{ Ah}/4,167 \text{ A} = 11,99 \text{ jam} - \text{dieffisiensi Aki } 20 \% (2,398 \text{ jam})$$

$$= 11,99 \text{ jam} - 2,398 \text{ jam}$$

$$= 9,592 \text{ Jam} ( 9 \text{ Jam}, 35 \text{ Menit}, 31,2 \text{ Detik} )$$

**Kesimpulan :**

Jadi sebuah aki 12 V/50 Ah jika digunakan untuk mensuplay energi listrik dalam sebuah beban dengan daya 50 Watt mampu bertahan selama 9 Jam, 35 Menit, 31,2 Detik. Dengan begitu lama waktu pemakaian atau daya tahan aki tergantung dari besarnya Ampere aki dan berapa watt beban.

### 2.33 Rumus Lama Waktu Pengisian Aki

Untuk rumus mudahnya adalah :

Besar Ah<Ampere hour> accu/battery/ aki dibagi Besar Arus Charger <Ampere>  
= Jam

#### **Contoh pertama :**

Jika anda memiliki battery/ aki/ accumulator 12V 100Ah dan anda memiliki inverter charger sebesar 12V 10Ampere maka rumus mudahnya adalah 100Ah dibagi 10Ah sama dengan 10 jam

#### **Contoh kedua :**

Jika anda memiliki battery/ accumulator/ aki 12V 70Ah dan anda memiliki inverter charger sebesar 12V 10Ampere maka rumus mudahnya adalah 70Ah dibagi 10Ah sama dengan 7 jam

Rumus diatas berlaku untuk battery yang benar benar baru

Sedangkan untuk battery atau aki atau accumulator yang sudah pernah terpakai maka kurang dari waktu tersebut.