

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Teori Baterai ( Accu )**

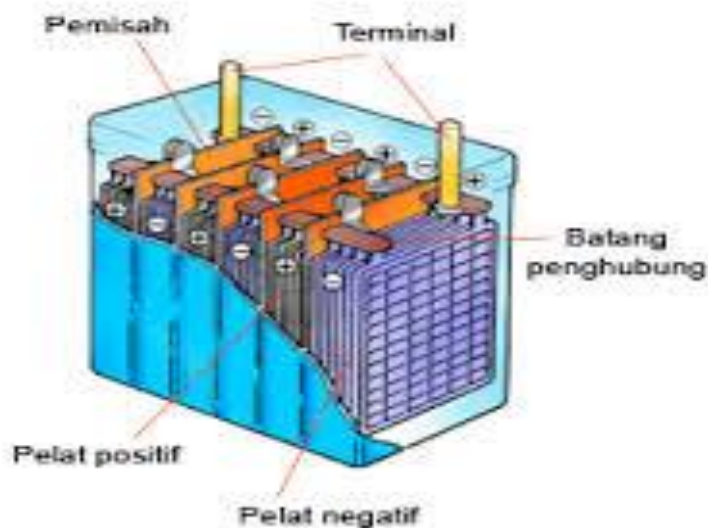
Baterai atau aki, atau bisa juga accu adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewatkan arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. ( Mochamad Idris, 1991 *Accumulator*, pemakaian dan perawatannya ).

Baterai atau aki pada mobil berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik ke sistem starter, sistem pengapian, lampu-lampu dan komponen-komponen kelistrikan lainnya. Aki / accu / baterai kapal, digunakan sebagai sumber arus untuk seluruh sistem kelistrikan pada kapal, dan juga digunakan sebagai penyimpan energi listrik saat terjadi proses pengisian. Peran baterai pada kapal sangatlah penting, baterai berfungsi untuk mensuplai arus listrik pada sistem starter agar mesin dapat dihidupkan, bayangkan apabila baterai / aki rusak atau tidak punya daya yang cukup untuk pengoperasian sistem starter. ( Drs. Sumadi Ma, Jakarta ,1979 ).

## 2.2. Jenis- jenis Baterai ( Accu )

### a. Accu Basah

Hingga saat ini *Accu* yang populer digunakan adalah *Accu* model basah yang berisi cairan asam *sulfat* ( $H_2SO_4$ ). Ciri utamanya memiliki lubang dengan penutup yang berfungsi untuk menambah air *Accu* saat ia kekurangan *Accu*bat penguapan saat terjadi reaksi kimia antara sel dan air *Accu*. Sel-selnya menggunakan bahan timbal (*Pb*). Kelemahan *Accu* jenis ini adalah pemilik harus rajin memeriksa ketinggian level air *Accu* secara rutin. Cairannya bersifat sangat korosif. Uap air *Accu* mengandung hydrogen yang cukup rentan terbakar dan meledak jika terkena percikan api. Memiliki sifat *self-discharge* paling besar dibanding *Accu* lain sehingga harus dilakukan penyetruman ulang saat ia didiamkan terlalu lama.



Gambar 4.17: Accu Basah

( Drs. Sumadi Ma Jakarta 1979 )

### b. Accu Hybrid

Pada dasarnya *Accu hybrid* tak jauh berbeda dengan *Accu* basah. Bedanya terdapat pada material komponen sel *Accu*. Pada *Accu hybrid* selnya menggunakan *low-antimonial* pada sel (+) dan kalsium pada sel(-)

). *Accu* jenis ini memiliki performa dan sifat *self-discharge* yang lebih baik dari *Accu* basah *konvensional*.

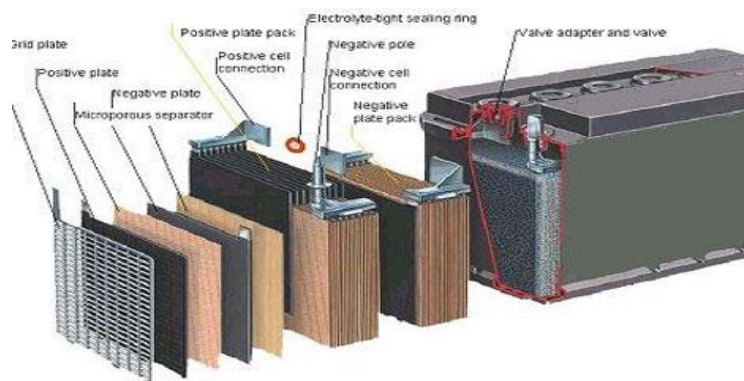


Gambar 4.18: *AccuHybrid*

( Drs. Sumadi Ma Jakarta 1979 )

c. *Accu Calcium*

Kedua selnya, baik (+) maupun (-) menggunakan material kalsium. *Accu* jenis ini memiliki kemampuan lebih baik dibanding *Accu hybrid*. Tingkat penguapannya pun lebih kecil dibanding *Accu* basah *konvensional*.



Gambar4.19: *AccuKalsium*

( Drs. Sumadi Ma, Jakarta 1979 )

d. *Accu* Bebas Perawatan / *Maintenance Free (MF)*

*Accu* jenis ini dikemas dalam desain khusus yang mampu menekan tingkat penguapan air *Accu*. Uap *Accu* yang terbentuk akan mengalami kondensasi sehingga kembali menjadi air murni yang menjaga level air *Accu* selalu pada kondisi ideal sehingga tak lagi diperlukan pengisian air *Accu*. *Accu* jenis ini biasanya terbuat dari basis jenis *Accu hybrid* maupun *Accu* kalsium.



Gambar 4.20: *Accu* Bebas Perawatan

( Drs. Sumadi Ma, Jakarta 1979 )

e. *Accu Sealed (Accu tertutup)*

*Accu* jenis ini selnya terbuat dari bahan kalsium yang disekat oleh jaring berisi bahan *elektrolit* berbentuk gel/selai. Dikemas dalam wadah tertutup rapat. *Accu* jenis ini kerap dijuluki sebagai *Accu* kering. Sifat *elektrolit*nya memiliki kecepatan penyimpanan listrik yang lebih baik. Karena sel terbuat dari bahan kalsium, *Accu* ini memiliki kemampuan penyimpanan listrik yang jauh lebih baik seperti pada *Accu* jenis kalsium pada umumnya. Pasalnya ia memiliki *self-discharge* yang sangat kecil sehingga *Accu sealed* ini masih mampu melakukan start saat didiamkan dalam waktu cukup lama. Kemasannya yang tertutup rapat membuat *Accu* jenis ini bebas ditempatkan dengan berbagai posisi tanpa khawatir tumpah. Namun karena wadahnya tertutup rapat pula *Accu* seperti ini

tidak tahan pada temperatur tinggi sehingga dibutuhkan penyekat panas tambahan jika ia diletakkan di ruang mesin.



Gambar 4.21: *Accu Seale*

( Drs. Sumadi Ma, Jakarta 1979 )

### 2.3. Komponen *Accumulator ( Accu )*

Di dalam *Accu* Kapal terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat – plat di buat dari timah atau berasal dari timah. Karena itu tipe *Accu* ini sering disebut *Accu* timah. Ruangan dalamnya dibagi menjadi beberapa sel ( biasanya 6 sel, untuk *Accu* kapal ) dan di dalam masing masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam dalam elektrolit.

#### 1. Elemen *Accu*

Antara plat – plat positif dan plat – plat negatif masing – masing dihubungkan oleh plat *strap* ( pengikat plat ) terpisah. Ikatan plat – plat positif dan negatif ini dipasangkan secara berselang – seling yang dibatasi oleh *separator* dan *fiberglass*. Jadi satu kesatuan dari plat, *separator* dan *fiberglass* disebut *elemen Accu*. Penyusunan plat – plat seperti ini tujuannya memperluas singgungan antara bahan aktif dan elektrolit , agar listrik yang dihasilkan besar. Dengan kata lain kapasitas *Accu* menjadi besar. Gaya *elektromotif* ( EMP ) yang dihasilkan satu sel

kira-kira 2,1 - 2,2 V, pada segala ukuran plat. Karena baterai mempunyai 6 sel yang dihubungkan secara seri , EMP *output* yang dihasilkan ialah kira – kira 12 Volt-13.2 Volt.



Gambar 4.16: elemen accumulator

( Drs. Sumadi Ma, Jakarta 1979 )

## 2. Elektrolite

*Elektrolit Accu* ialah arutan asam sulfat dengan air sulingan. Berat jenis elektrolit pada *Accu* saat ini dalam keadaan penuh ialah 1,240 atau 1,260 (pada temperatur 20° C). Perbedaan ini disebabkan perbandingan antara air sulingan dengan asam *sulfat* pada masing-masing tipe berbeda. *Elektrolit* yang berat jenisnya 1,260 mengandung 65 persen air sulingan dan 35 persen asam *sulfat*, sedangkan *elektrolit* yang berat jenisnya 1,380 mengandung 63 persen air sulingan dan 37 persen asam *sulfat*. *Elektrolit Accu* adalah asam yang kuat, sehingga dapat membakar kulit, mata dan merusak pakaian. Bila elektrolit mengenai kulit atau pakaian, basuhlah segera dengan air, dan netralkan asam dengan campuran soda (*sodium bicarbonate* [NaHCO<sub>3</sub>]) dan air. Bila asam mengenai mata, bilaslah dengan air beberapa menit, kemudian hubungilah dokter.



Gambar 2.7. Elektrolit Accumulator  
( Drs. Sumadi Ma, Jakarta 1979 )

### 3. KotakBaterai

Wadah yang menampung elektrolit dan elemen *Accu* disebut kotak *Accu*. Ruangan dalamnya dibagi menjadi 6 ruangan atau sel. Pada kotak *Accu* terdapat garis tanda permukaan atas dan bawah ( *upper level* dan *lower level* ). Plat - plat posisinya ditinggikan dari dasar dan diberi penyekat, tujuannya agar tidak terjadi hubungan singkat apabila ada bahan aktif ( timah dan lain-lain ) terjatuh dari plat.



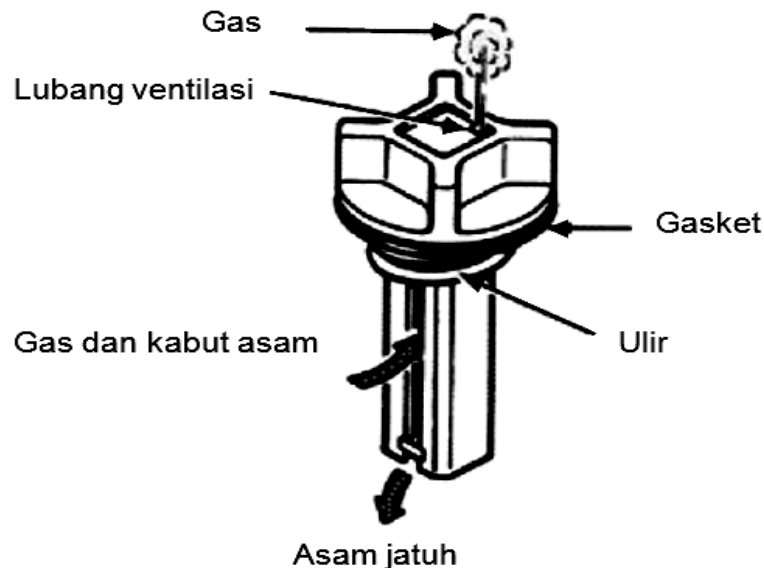
Gambar 2.8. Kotak Accumulator

( Drs. Sumadi Ma, Jakarta 1979 )

#### 4. Sumbat Ventilasi

Sumbat ventilasi adalah tutup untuk lubang pengisian elektrolit yang dibuka. Di samping itu untuk mengeluarkan gas hidrogen ( yang terbentuk saat pengisian ) dan uap asam *sulfat* di dalam *Accu* dengan cara membiarkan gas hidrogen keluar lewat lubang ventilasi sedangkan uap asam sulfat mengembun pada tepian ventilasi dan menetes kembali ke bawah.





Gambar 2.9. Sumbat Ventilasi  
( Drs. Sumadi Ma, Jakarta 1979 )

#### 2.4. Prinsip Kerja Baterai (*Accu*)

Baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian/*cas/charge* energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/*discharge* energi kimia diubah menjadi energi listrik. Baterai (dalam hal ini adalah baterai kapal), terdiri dari sel-sel dimana tiap sel memiliki tegangan sebesar 2 V, artinya *Accu* pada permesinan yang memiliki tegangan 12 V terdiri dari 6 sel yang dipasang secara seri ( $12\text{ V} = 6 \times 2\text{ V}$ ) sedangkan *Accu* yang memiliki tegangan 6 V memiliki 3 sel yang dipasang secara seri ( $6\text{ V} = 3 \times 2\text{ V}$ ).

Antara satu sel dengan sel lainnya dipisahkan oleh dinding penyekat yang terdapat dalam bak baterai, artinya tiap ruang pada sel tidak berhubungan karena itu cairan *elektrolit* pada tiap sel juga tidak berhubungan (dinding pemisah antar sel tidak boleh ada yang bocor/merembes). Di dalam satu sel terdapat susunan pelat pelat yaitu beberapa pelat untuk kutub positif (antar pelat dipisahkan oleh kayu, *ebonit* atau plastik, tergantung teknologi yang digunakan) dan beberapa pelat untuk kutub negatif. Bahan aktif dari plat positif terbuat dari oksida timah coklat ( $PbO_2$ ) sedangkan bahan aktif dari plat negatif ialah timah ( $Pb$ ) berpori

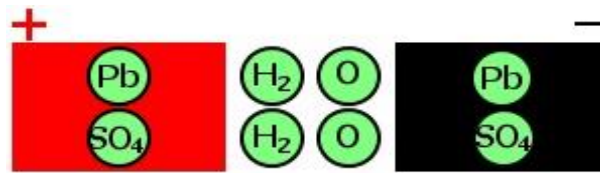
(seperti bunga karang). Pelat-pelat tersebut terendam oleh cairan *elektrolit* yaitu asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Saat baterai mengeluarkan arus.

Pada saat baterai dalam keadaan discharge maka hampir semua asam melekat pada pelat-pelat dalam sel sehingga cairan elektrolit konsentrasinya sangat rendah dan terdiri dari air ( $H_2O$ ), akibatnya berat jenis cairan menurun menjadi sekitar 1,1 kg/dm<sup>3</sup> dan ini mendekati berat jenis air yang 1 kg/dm<sup>3</sup>. Sedangkan baterai yang masih berkapasitas penuh berat jenisnya sekitar 1,285 kg/dm<sup>3</sup>. Dengan perbedaan berat jenis inilah kapasitas baterai bisa diketahui apakah masih penuh atau sudah berkurang yaitu dengan menggunakan alat *hidrometer*.

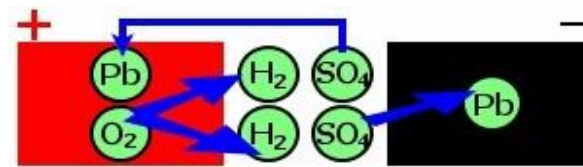
*Hidrometer* ini merupakan salah satu alat yang wajib ada di bengkel *Accu* (bengkel yang menyediakan jasa setrum / cas *Accu*). Selain itu pada saat baterai dalam keadaan *discharge* maka persenaian *elektrolit* terdiri dari air ( $H_2O$ ) dimana air ini bisa membeku, bak baterai pecah dan pelat – pelat menjadi rusak.

Baterai yang menerima arus adalah baterai yang sedang disetrum / dicas atau sedang diisi dengan arus listrik DC, dimana kutub positif baterai dihubungkan dengan arus listrik positif dan kutub negatif dihubungkan dengan arus listrik negatif. Tegangan yang dialiri biasanya sama dengan tegangan total yang dimiliki baterai, artinya baterai 12 V dialiri tegangan 12 V DC, baterai 6 V dialiri tegangan 6 V DC, dan dua baterai 12 V yang dihubungkan secara seri dialiri tegangan 24 V DC (baterai yang dihubungkan seri total tegangannya adalah jumlah dari masing-masing tegangan baterai:  $Voltase1 + Voltase2 = Voltase\ total$ ).

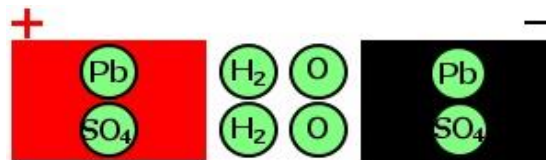
Hal ini bisa ditemukan di bengkel *Accu* atau di kapal dimana ada beberapa baterai yang dihubungkan secara seri dan semuanya di setrum sekaligus. Berapa kuat arus (*ampere*) yang harus dialiri bergantung juga dari kapasitas yang dimiliki baterai tersebut. ( Mochamad Idris, Semarang, 1991 )



Gambar 2.10 Ilusi baterai terisi penuh  
( Drs. Sumadi Ma, Jakarta, 1979 )

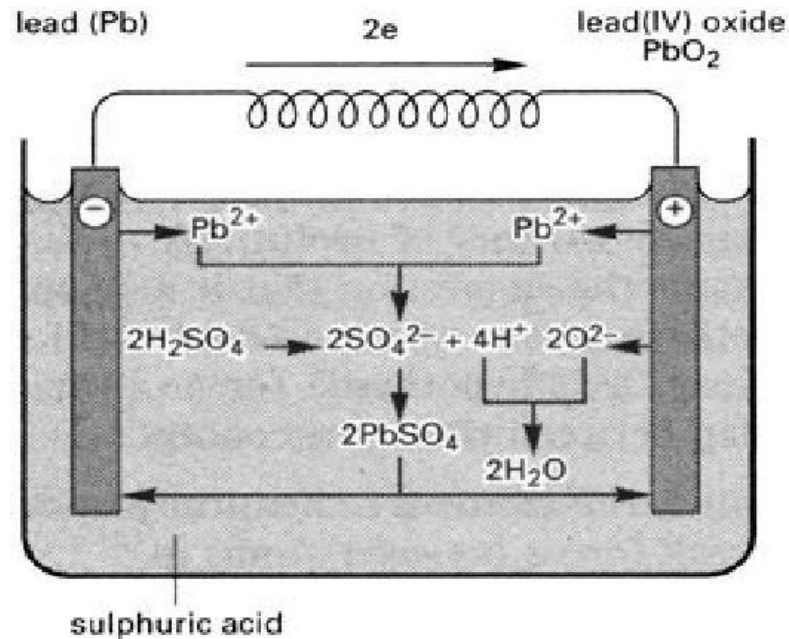


Gambar 2.11 Ilusi baterai saat mengeluarkan arus  
( Drs. Sumadi Ma, Jakarta, 1979 )



Gambar 2.12 Ilusi baterai dalam keadaan tak terisi  
( Drs. Sumadi Ma, Jakarta, 1979 )

*Accumuluator* adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian/*cas/charge* energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/*discharge* energi kimia diubah menjadi energi listrik. Baterai (dalam hal ini adalah *Accu*; *Accu* mobil/motor) terdiri dari sel-sel dimana tiap sel memiliki tegangan sebesar 2 V, artinya *Accu* mobil dan *Accu* motor yang memiliki tegangan 12 V terdiri dari 6 sel yang dipasang secara seri ( $12\text{ V} = 6 \times 2\text{ V}$ ) sedangkan *Accu* yang memiliki tegangan 6 V memiliki 3 sel yang dipasang secara seri ( $6\text{ V} = 3 \times 2\text{ V}$ ). Antara satu sel dengan sel lainnya dipisahkan oleh dinding penyekat yang terdapat dalam bak baterai, artinya tiap ruang pada sel tidak berhubungan karena itu cairan *elektrolit* pada tiap sel juga tidak berhubungan (dinding pemisah antar sel tidak boleh ada yang bocor/merembes).



Gambar4.8: Cara kerja *Accumulator*.

( Drs. Sumadi Ma, Jakarta, 1979 )

Baterai yang menerima arus adalah baterai yang sedang disetrum/dicas alias sedang diisi dengan cara dialirkan listrik DC, dimana kutub positif baterai dihubungkan dengan arus listrik *positif* dan kutub negatif dihubungkan dengan arus listrik negatif. Tegangan yang dialiri biasanya sama dengan tegangan total yang dimiliki baterai, artinya baterai 12 V dialiri tegangan 12 V DC, baterai 6 V dialiri tegangan 6 V DC, dan dua baterai 12 V yang dihubungkan secara seri dialiri tegangan 24 V DC (baterai yang duhubungkan seri total tegangannya adalah jumlah dari masing-maing tegangan baterai:  $Voltase1 + Voltase2 = Voltasetotal$ ). Hal ini bisa ditemukan di bengkel *Accu* dimana ada beberapa baterai yang dihubungkan secara seri dan semuanya disetrum sekaligus. Berapa kuat arus (*ampere*) yang harus dialiri bergantung juga dari kapasitas yang dimiliki baterai tersebut (penjelasan tentang ini bisa ditemukan di bagian bawah).

Konsekuensinya, proses penerimaan arus ini berlawanan dengan proses pengeluaran arus, yaitu :

1. Oksigen( $O$ ) dalam air ( $H_2O$ ) terlepas karena bereaksi/bersenyawa/bergabung dengan timah ( $Pb$ ) pada pelat positif dan secara perlahan-lahan kembali menjadi oksida timah colat ( $PbO_2$ )
2. Asam ( $SO_4$ ) yang menempel pada kedua pelat (pelat positif maupun negatif) terlepas dan bergabung dengan hidrogen ( $H$ ) pada air ( $H_2O$ ) di dalam cairan *elektrolit* dan kembali terbentuk menjadi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) sebagai cairan *elektrolit*.

Akibat berat jenis cairan *elektrolit* bertambah menjadi sekitar 1,285 (pada baterai yang terisi penuh).

#### 2.4. Metode Pengisian Baterai ( *Accu* )

Pengisian perawatan (*maintenance charging*) digunakan untuk mengimbangi kehilangan isi (*self discharge*), dilakukan dengan arus rendah sebesar 1/1000 dari kapasitas baterai. Ini biasa dilakukan pada baterai tak terpakai untuk melawan proses pensulfatan. Bila baterai memiliki kapasitas 45 Ah maka besarnya arus pengisian perawatan adalah 45 mA (*mili Ampere*).

- a. Pengisian lambat (*slow charging*) adalah suatu pengisian yang lebih normal. Arus pengisian harus sebesar 1/10 dari kapasitas baterai. Bila baterai memiliki kapasitas 45 Ah maka besarnya arus pengisian lambat adalah 4,5 A. Waktu pengisian ini bergantung pada kapasitas baterai, keadaan baterai pada permulaan pengisian, dan besarnya arus pengisian. Pengisian harus sampai gasnya mulai menguap dan berat jenis *elektrolit* tidak bertambah walaupun pengisian terus dilakukan sampai 2 - 3 jam kemudian.
- b. Pengisian cepat (*fast charging*) dilakukan pada arus yang besar yaitu mencapai 60 - 100 A pada waktu yang singkat kira-kira 1 jam dimana baterai akan terisi sebesar tiga per empatnya. Fungsi pengisian cepat adalah memberikan baterai suatu pengisian yang memungkinkannya dapat menstarter motor yang selanjutnya generator

memberikan pengisian ke baterai.

## 2.5. Metode *Charging*

Terdapat bermacam-macam metode *charging* yang bisa digunakan untuk rangkaian *charging*. Metode tersebut berbeda dalam cara pemberian energi listrik dari satu daya ke *Accumulator* atau *battery*. Metode-metode tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

### 1. *Constant voltage*

Pada dasarnya adalah berupa DC *power supply* biasa. Terdiri dari *transformator step down* dengan rangkaian penyearah untuk memberikan tegangan DC yang digunakan untuk mengisi *battery*. Metode seperti ini sering digunakan pada pengisi daya pada *Accu* mobil murah. Selain itu, *batteryLithium-Ion* juga menggunakan metode *constant voltage* walaupun sering ditambahkan rangkaian yang kompleks untuk melindungi *battery* dan penggunaannya.

### 2. *Constant current*

Metode *constant current* memvariasikan nilai tegangan sehingga didapatkan besarnya arus yang konstan. Metode ini biasanya digunakan untuk mengisi daya pada nikel-cadmium dan nikel-metal hibrida atau biasa disebut baterai.

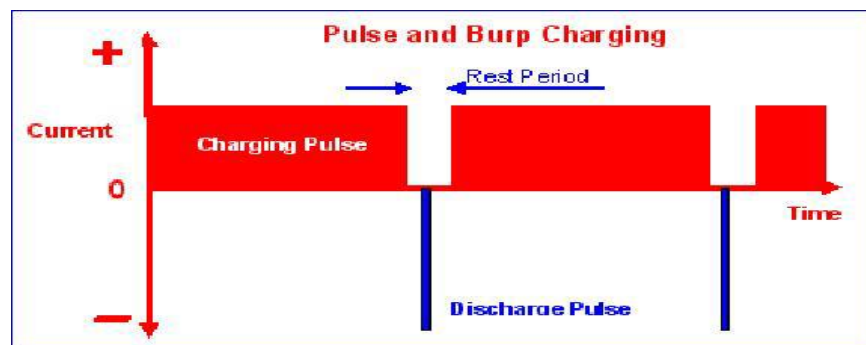
### 3. *Taper current*

Metode *taper current* mengisi daya *battery* dari sumber tegangan konstan. Arus akan berkurang seiring dengan terbentuknya ggl (gaya gerak listrik) pada tegangan sel. Ada bahaya serius yaitu kerusakan sel jika pengisian dilakukan berlebihan. Untuk menghindari hal ini, laju pengisian dan durasi pengisian diberi batas

### 4. *Pulsed charged*

Metode ini bekerja dengan mengirimkan arus listrik berbentuk

pulsa pada baterai. Tingkat pengisian (berdasarkan rata-rata arus) dapat tepat dikendalikan dengan memvariasikan lebarpulsa, biasanya sekitar satu detik. Selama proses pengisian, terdapat jeda kosong kira-kira sebesar 20 sampai 30 milidetik. Jeda ini diberikan untuk memungkinkan terjadinya reaksi kimia pada baterai untuk menstabilkan elektroda. Waktu jeda tersebut juga dapat menghindarkan proses pengisian dari efektif yang tidak diinginkan seperti timbulnya gelembung gas, timbulnya kristal dan passivasi.



Gambar4.9: Pulsa Arus Pada Metode *PulsedCharged* dan *BurpCharging*

( Drs. Sumadi Ma, Jakarta, 1979 )

##### 5. *Burp Charging*

Metode ini merupakan kebalikan dari metode *pulsedcharged*. Pengisian terjadi dengan menggunakan pulsa negatif pada baterai.

##### 6. *Trickle charge*

Metode ini dirancang untuk mengimbangi debit daripada baterai. Tingkat pengisian disesuaikan dengan frekuensi debit baterai yang akan diisi. Metode ini tidak cocok untuk beberapa jenis baterai yang rentan akan kerusakan akibat pengisian yang berlebihan, misalnya *NiMh* dan *Lithium*.