

2.6.2 Pemasangan Batere

Batere dibagi dalam beberapa unit atau group yang terdiri dari 2 sampai 10 set/unit dan tergantung dari ukuran sel batere tersebut.

Batere tidak boleh ditempatkan langsung dilantai, sehingga dalam melakukan pemeliharaan batere akan lebih mudah dan tidak akan terdapat kotoran dan debu diantara sel batere. Dan jangan memasang batere pada tempat yang mudah terjadi proses karatan dan banyak gas / asap / polusi serta nyala api. Penempatan batere dibagi dalam 2 (dua) macam sesuai dengan bejana (*container*) sel batere tersebut dibuat *stell container* atau *plastic container*.

a. *stell container*

Sel batere dengan bejana (*container*) terbuat dari stell ditempatkan dalam kotak/peti dari kayu dengan jarak isolasi secukupnya diantara kotak-kotak tersebut (gambar 2.16). Setiap kotak-kotak tersebut disusun menyamping secara paralel yang ditumpangkan pada suatu bangku atau kuda-kuda dari kayu dimana kaki-kakinya terletak pada isolator proselin, sehingga dengan demikian memudahkan untuk pemeriksaan batas tinggi permukaan cairan elektrolit batere dan pemeriksaan lainnya.

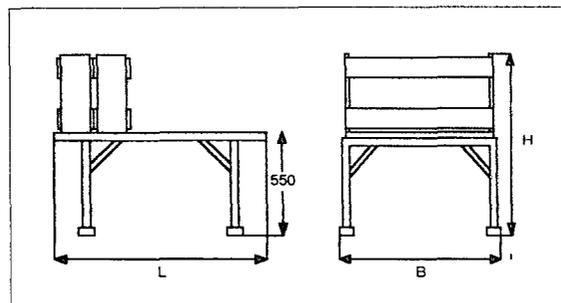
b. *Plastic container*

Sel batere dengan bejana (*container*) terbuat dari plastik biasanya dihubungkan seri bersama-sama dalam blok-blok atau unit-unit atau grup-grup dengan suatu "*plastic botonplate*". Blok-blok tersebut disusun memanjang satu baris atau lebih, atau satu tingkat atau lebih. Blok-blok diletakkan diatas papan (*shelve*) atau diatas rak-rak dan kakinya terletak pada isolator porselin (gambar

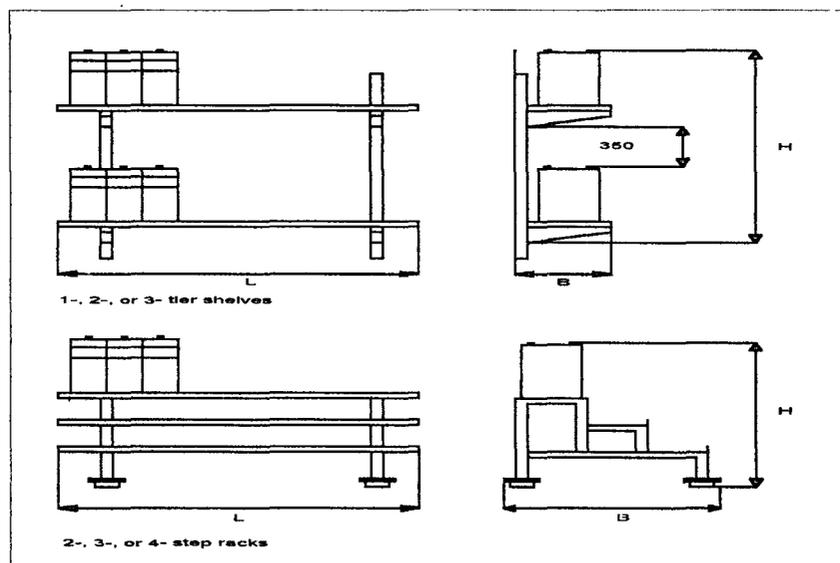
2.17) sehingga batas tinggi cairan elektrolit dapat diperiksa dengan cepat secara visual melalui dinding-dinding sel batere tersebut.

Agar supaya ventilasi cukup dan memudahkan pemeliharaan, maka harus ada ruang bebas sekurang-kurangnya 25 cm di atas bagian sel batere yang paling atas.

Batere dan pengisi - batere (*charger*) ditempatkan pada tempat yang tertutup dan masing-masing dipisahkan untuk memudahkan pemeliharaan dan perbaikan.



Gambar 2.16. Penempatan sel batere untuk steel-container



Gambar 2.17 Penempatan sel batere untuk plastic-container

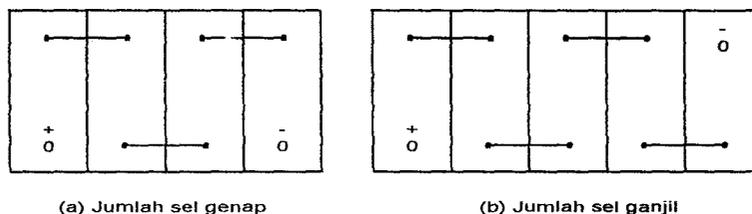
2.6.3 Terminal dan Penghubung Batere

Setelah sel-sel batere terpasang dalam kotak atau blok dengan posisi dari kutub-kutubnya sedemikian rupa sehingga memudahkan untuk menghubungkan terminal-terminal sel batere yang dihubungkan secara seri.

Setiap sel batere mempunyai dua atau lebih terminal-terminal dengan polaritas yang sama harus dihubungkan bersama-sama. Setiap sel batere dalam kotak atau blok dihubungkan dengan penghubung (*conector*) berbentuk plat dari *nickel-plated steel* atau *copper*. Sedangkan penghubung antara kotak-kotak atau blok-blok juga berbentuk plat dari *nickel-plated steel* atau dengan kabel yang terisolasi (*insulated flexible cable*). Dan ukuran kekerasan dari mur-penghubung harus disesuaikan menurut petunjuk pabrik batere tersebut.

Dalam gambar 2.18 diperlihatkan standard susunan batere genap atau ganjil. Terminal-terminal ujung sel batere secara normal digunakan sebagai terminal output batere.

Kekurangan dalam mengontak antara permukaan-permukaan penghubung (*conection*) akan menyebabkan gangguan dalam mengatur sistem pengisian batere (*charger*) dan pada hal yang sama dapat menyebabkan performance batere yang berubah-ubah oleh karena itu perlu diadakan pemeriksaan terhadap mur-penghubung batere secara rutin dengan waktu yang telah ditentukan



Gambar 2.18 Susunan terminal-terminal dalam unit batere

2.6.4 Rangkaian batere dan penyearah (*rectifies*)

Untuk memberikan arus listrik pengisian (*charging current*) pada batere diperlukan suatu sumber listrik arus searah (DC). Sumber arus searah ini didapatkan dari penyearah (*reactivier*) atau pengisi batere (*battery changer*). Alat pengisi batere ini harus dihubungkan ke batere dengan hubungan kutub-kutub yang sama.

Pada kerja rangkaian batere ini penyearah (*reactivier*), digunakan pada pemakaian normal yang dihubungkan ke beban. Sedangkan pengisi batere (*battery changer*) digunakan untuk mengisi batere dan juga mensuplai beban.

Macam kerja rangkaian batere dengan penyearah (*rectifier*), dapat dibagi dalam beberapa bagian (gambar 2.19)

1. Sistem sederhana (*simple system*)

Batere selalu dihubungkan dengan pengisi batere dalam pengisian pemeliharaan. Batere hanya sewaktu-waktu dihubungkan ke beban misalnya untuk start motor listrik (*enginee starting*). (gambar 2.19a)

2. Sistem cadangan (*standby system*)

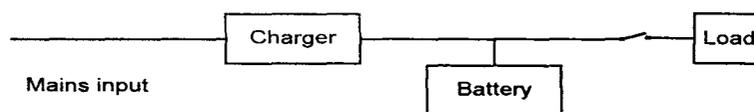
Pada operasi kerja normal beban langsung dihubungkan dengan pengisi batere dalam pengisian pemeliharaan, maka bila sumber AC terganggu, secara otomatis beban akan terhubung ke batere. (gambar 2.19b)

3. System terapung (*floating system*)

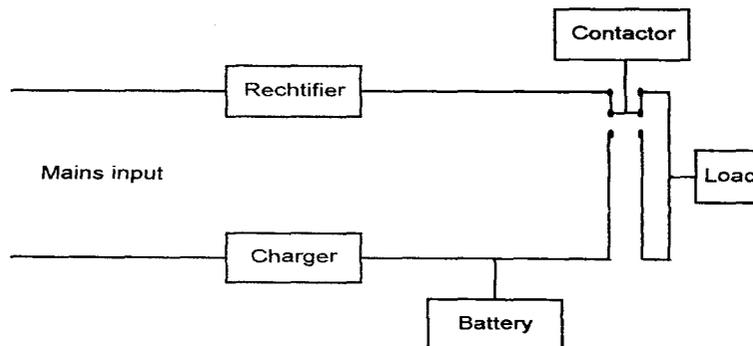
Pada operasi kerja normal beban terhubung ke pengisi batere dan batere, maka bila arus searah (DC) dari pengisi batere terganggu, beban akan langsung disupply dari batere (gambar 2.19c)

4. Sistem ganda (*duplicate system*)

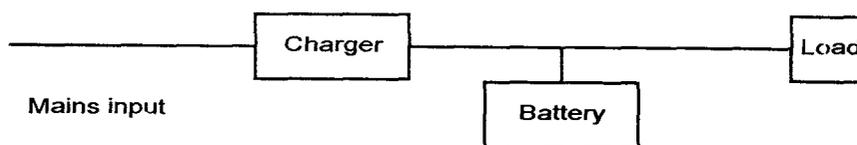
Pada sistem ganda ini terdapat 2 (dua) buah pengisi batere yang dihubungkan dengan 2 (dua) buah pengisi batere yang dihubungkan dengan 2 (dua) unit batere. Disini beban batere dapat disupply dengan menggunakan 2 (dua) unit batere atau salah satu unit batere (gambar 2.19d)



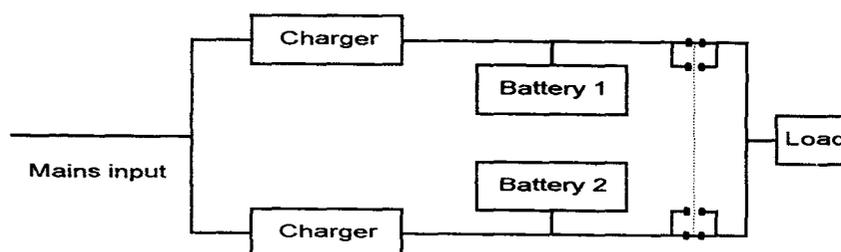
a. Sistem sederhana (Siple System)



b. Sistem cadangan (Stand by System)



c. Sistem terapung (Floating System)



d. Sistem ganda (Duplicate System)

Gambar 2.19 Metode pengisian batere

2.7 Pengisian batere

Setiap pengisian dimana tingkat pengisian tidak dapat ditentukan secara tepat, maka dianjurkan besar kapasitas batere (Ah) yang ditentukan dalam sirkit dengan efisiensi sebesar 0,75 atau 40% diatas pengisian. Bila ditulis dalam suatu persamaan sebagai berikut :

$$1,4 \times c = 1,4 \times I \times t \dots\dots\dots (2 - 8)$$

dimana : C = kapasitas batere

1,4 = koefisien pengisian

I = arus pengisian

T = waktu pengisian

Besar arus pengisian dengan arus konstan pada harga normal untuk pengisian kembali selama 7 jam. setelah suatu pengosongan sempurna didefinisikan 1/5 dari kapasitas batere (Ah) atau sama dengan :

$$I_n = 0,2 \times C \dots\dots\dots (2 - 9)$$

Dimana : I_n = arus pengisian (A)

C = kapasitas (Ah)

Sedangkan besar arus pengisian dibatasi dengan harga :

- Maximum (selama 2,8 jam)

$$I_n = 0,5 \times C \dots\dots\dots (2 - 10)$$

- Minimum (selama 14 jam)

$$I_n = 0,1 \times C \dots\dots\dots (2 - 11)$$

Sebagai contoh arus pengisian batere dengan kapsitas 100 Ah adalah sebesar $0,2 \times 100 = 20$ Ah selama 7 jam. sedangkan batasan minimum pengisian adalah $0,1 \times$

100 = 10 A. selama 14 jam, dan batas maximum pengisian adalah $0,5 \times 100 = 50$ A. selama 2,8 jam.

2.7.1 Metode pengisian

Metode pengisian umumnya terdiri dari beberapa metode yaitu metode arus konstan (metode I), tegangan konstan (metode U), kombinasi arus konstan dan tegangan konstan (metode UI).

Penjelasan mengenai ketiga metode pengisian tersebut adalah :

1. Metode arus konstan (metode I)

Metode pengisian dengan arus konstan, adalah arus pengisian dijaga konstan selama pengisian berlangsung dan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pengisian tersebut tergantung pada besar arus pengisian. Baterai telah terisi penuh (*fully charged*), jika tegangan baterai sudah konstan.

2. Tegangan konstan (metode U)

Metode pengisian dengan tegangan konstan, adalah tegangan pada terminal-terminal baterai dijaga konstan selama pengisian berlangsung.

3. Kombinasi arus konstan dan tegangan konstan (metode UI)

Pada metode UI, adalah tegangan pada terminal-terminal baterai dijaga konstan dengan arus dibatasi selama pengisian berlangsung.

Biasanya pemeliharaan salah satu diantara metode-metode pengisian tersebut diatas tergantung dari kondisi kerjanya :

- Waktu pengisian
- Perbedaan tegangan (antara tegangan tertinggi pada akhir pengisian dan tegangan terendah pada akhir pengosongan)

- Beban yang kontinu.

2.7.2 Type-type pengisian

Ada 3 (tiga) type pengisian adalah di dalam batere yaitu Pengisian pertama pada batere baru, Pengisian cepat dan Pengisian pemeliharaan.

Penjelasan mengenai ketiga type pengisian tersebut adalah :

1. Pengisian pertama pada batere baru

Setelah pemasangan instalasi batere, maka sebelum dioperasikan batere tersebut dilakukan pengisian dengan harga tinggi (*high -rate*)

Pengisian dengan harga tinggi tersebut untuk :

a. Batere timah hitam :

Pada batere timah hitam umumnya pengisian dilakukan dengan arus konstan (metode I).

Arus pengisian terdiri dari 2 (dua) tahap:

- Tahap pertama : $I_1 = (0,07 - 0,14) \times C$ (A)
- Tahap kedua (freshening) : $I_2 =$ arus pengisian tahap kedua (A)

Dimana : $I_1 =$ Arus pengisian tahap pertama (A)

$I_2 =$ Arus pengisian tahap kedua (A)

$C =$ Kapasitas batere (Ah)

Lama pengisian pada tahap pertama antara 36 - 74 jam., atau setelah pengisian kira-kira 60 - 80% dari kapasitas batere maka akan timbul gas-gas. Gas yang timbul adalah campuran antara hydrogen dan oksigen akibat proses elektrolisa air dengan mengalirnya arus listrik pada air dalam larutan cairan elektrolit.

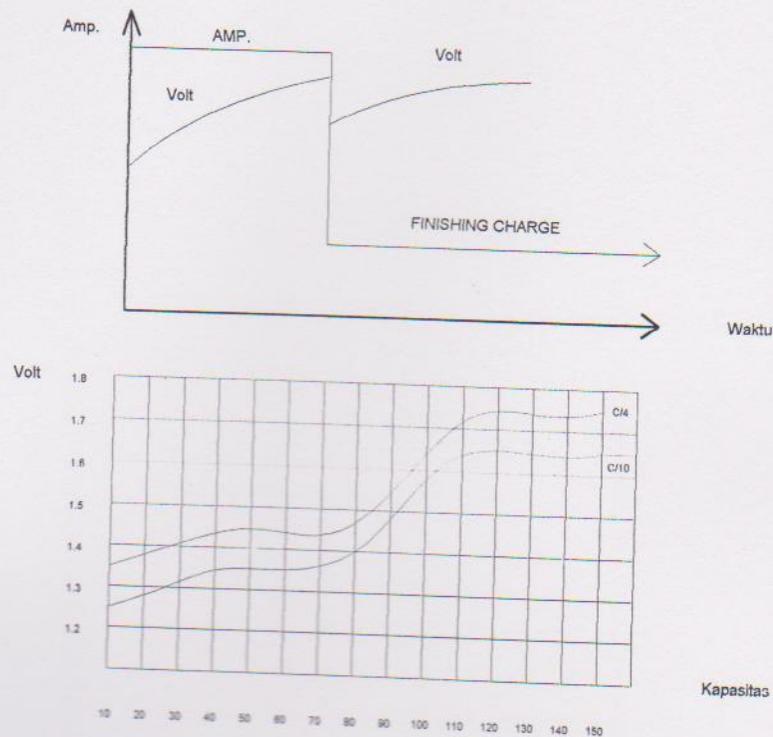
Kemudian ukur tegangan tiap-tiap sel batere, jika tegangan telah mencapai 2,3 volt, maka arus pengisian tahap pertama diturunkan ke pengisian tahap kedua (*fresening charge*), untuk menyempurnakan pengisian pada harga yang tidak membahayakan sel batere sebesar I_2 . Pengisian tahap kedua ini dihentikan setelah tegangan setiap sel batere mencapai 2,65 - 2,70 volt.

Dan temperatur cairan elektrolit maximum yang diperbolehkan selama pengisian adalah 38°C .

b. Pada batere alkali

Pada batere alkali pengisian dilakukan dengan arus konstan (metode I) sebesar $0,2 \times (A)$ selama 10 - 5 jam. setelah pengisian berlangsung sekian lama, maka akan timbul gas-gas. Jika tegangan tiap-tiap sel batere telah mencapai konstan 1,65 volt, maka pengisian dihentikan (gambar 2 . 20)

Pengisian dapat juga dilakukan dengan tegangan konstan (metode U) sebesar 1,65 volt / sel selama ± 20 jam atau dengan metode UI dengan tegangan 1,65 volt / sel selama ± 20 jam dengan arus dibatasi sebesar $0,2 \times C (A)$. Temperatur larutan alkali maximum yang diperbolehkan selama pengisian adalah 45°C



Gambar 2 . 20 Kurva pengisian dengan arus konstant pada batere alkali

2. Pengisian cepat

Pengisian secara cepat (*fast charge*) dilakukan untuk mengisi kembali batere setelah pengosongan. Hal ini diisi (*charge*) kembali sekurang-kurangnya 80% dari kapasitas batere.

Besar arus dan tegangan pengisian dengan metode I, U dan UI pada batere timah hitam dan alkali diperlihatkan pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Besar arus dan tegangan pengisian pada batere timah hitam dan batere alkali.

Batere	Batere Timah Hitam	Batere Alkali
I	$0,2 \times C$ A	$0,2 \times C$ A
U	2,35 - 2,40 V/sel	1,45 - 1,65 V/sel
UI	2,35 - 2,40 V/sel dan $0,2 \times C$ A	1,45 - 1,65 V/sel dan $0,2 \times C$ A

3. Pengisian Pemeliharaan

Pengisian pemeliharaan bertujuan untuk menjaga suatu tegangan konstan dari batere, mengatasi kerugian dalam sel batere dan menjaga selalu dalam keadaan pengisian penuh (*full charge*) adalah konstan.

Pada pengisian pemeliharaan ini dimana batere secara terus menerus tersambung ke rangkaian luar (sumber AC), alat pengisi batere (*battery charger*) dan beban.

Dan terdiri dari 2 (dua) macam pengisian yaitu, pengisian terapung (*floating charge*) dan pengisian persamaan (*equalizing charge*).

a. Pada batere timah hitam

Pada pengisian terapung (*floating charge*), besar arus dan tegangan pengisian, adalah :

- Arus konstan (metode I) = 0,5 - 1,0 mA/Ah
- Tegangan konstan (metode U) :
 - Lead - antimony = 2,15 - 2,20 V/sel
 - Lead - calcium = 2,20 - 2,25 V/sel

Pada pengisian persamaan (*equalizing charge*), besar tegangan pengisian, adalah :
2,33 V/sel

b. Pada batere alkali

Pada pengisian terapung (*floating charge*), besar arus dan tegangan pengisian, adalah :

- Arus konstan (metode I) : 0,5 - 1,0 mA/Ah
- Tegangan konstan (metode U) : 1,40 - 1,42 V/sel

- Metode UI : 0,5 - 1,0 mA/Ah
- dan
- 1,40 - 1,42 V/sel

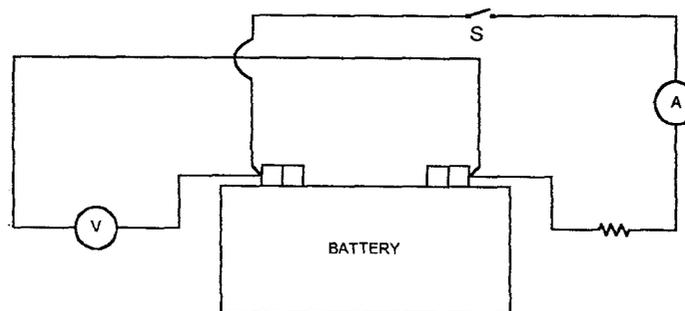
2.8 Fungsi Batere sebagai Tenaga Listrik

Salah satu peranan batere pada gardu induk adalah sebagai pencatu daya peralatan pelayanan bantu untuk itu perlu diketahui sifat-sifat dari batere yang akan digunakan sebagai pencatu daya tersebut.

2.8.1 Gaya motor listrik dan perlawanan dalam

Jika tegangan batere diukur sebelum dihubungkan dengan beban perlawanan luar menunjukkan E volt, maka sesudah batere dihubungkan dengan beban perlawanan luar menunjukkan tegangan V volt, yang lebih rendah dari pada tegangan semula.

Sebagai contoh gambar 2.21, menunjukkan sebuah batere yang dihubungkan dengan perlawanan R_1 , dengan menggunakan saklar S . Dalam rangkaian ini dipasang volt meter untuk mengukur tegangan dan ampermeter untuk mengukur arus (volt meter = V dan ampermeter = A)



Gambar 2.21 Mengukur tegangan dan arus batere

Sebelum saklar S dihubungkan, jarum voltmeter menunjukkan tegangan hubungan terbuka misalnya E volt. Setelah saklar S dihubungkan jarum amperemeter menunjukkan adanya arus yang mengalir pada beban perlawanan luar dan tegangan jepit (klem) dari batere ditunjukkan dengan jarum voltmeter, misalnya V volt. Dalam hal ini ternyata bahwa tegangan V volt lebih rendah dari E volt. Jadi dalam percobaan diatas tegangan E volt merupakan tegangan sebelum ada arus yang keluar dari batere dan tegangan ini merupakan tegangan dalam gaya motor listrik dari batere. Sedangkan V volt merupakan tegangan luar atau tegangan pada ujung-ujung batere.

Perbedaan antara E dan V volt dalam pengukuran di atas disebabkan karena arus yang dikeluarkan oleh batere dan arus melalui perlawanan didalam batere itu sendiri sebelum melalui perlawanan di luar.

Selanjutnya perlawanan dari batere itu sendiri disebut perlawanan dalam dan sebagian besar terdapat pada bahan-bahan elektrolitnya, sebagian lagi dari perlawanan batere terdapat pada plat-plat batere dan ujung-ujung sambungannya. Perlawanan dalam batere diberi tanda r.

Misal kerugian tegangan didalam batasan tersebut adalah V_b , maka:

$$V_b = E - V = I \cdot r \dots \dots \dots (2 - 12)$$

Perlawanan dalam batere :

$$r = \frac{v_b}{I} = \frac{E - V}{I} \dots \dots \dots (2 - 13)$$

Dari persamaan (2-13) dapat dikatakan bahwa perlawanan dalam batere sama dengan bilangan tegangan antara gml (E) batere dengan arus (I) yang dikeluarkan.

Tegangan klem gml dan perlawanan dalam batere dapat berubah-ubah (bertambah atau berkurang) tergantung dari arus yang dikeluarkan. Bila arus yang dikeluarkan besar maka tegangan klem akan turun dan bila aurs yang dikeluarkan semakin kecil tegangan klem semakin naik. Selain itu pengaruh suhu, berat jenis bahan elektrolit, polarisasi dan sambungan kutub yang kotor juga dapat mempengaruhi tegangan yang keluar.

2.8.2 Arus batere

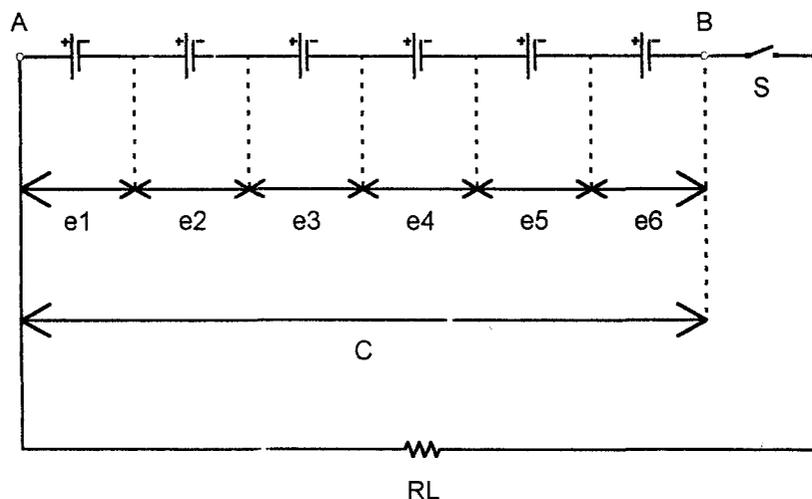
Perlawanan dalam dari batere menyebabkan arus yang dikeluarkan batere menjadi turun. Dalam gambar 2.21 kalau saklar S dihubungkan maka batere bekerja untuk saluran rangkaian dan didalam rangkaian itu terdapat perlawanan luar (R_L) dan perlawanan dalam (r). Dalam hal ini perlawanan luar (R_L) dihubungkan seri dengan perlawanan dalam batere (r), jadi besarnya arus yang mengalir melalui rangkaian listrik itu adalah :

$$I = \frac{E}{R_L + r} \dots\dots\dots (2 - 14)$$

Tenaga listrik yang dikeluarkan oleh batere sebagian merupakan kerugian tenaga yang hilang didalam batere itu sendiri dan sebagaian berguna pada beban perlawanan luar.

2.8.3 Batere dalam hubungan seri

Untuk mendapatkan tegangan klem yang lebih besar dan arus tidak berubah atau arus kecil, maka dapatlah beberapa sel-sel batere dihubungkan seri seperti pada gambar. Dalam gambar tersebut untuk batere digambarkan dengan arus garis sejajar yang berhadapan, yang satu panjang (+) dan yang lain pendek (-).



Gambar 2 . 22 Batere dalam seri

Jika masing-masing batere mempunyai gml berturut-turut e_1 , e_2 , e_3 dan seterusnya, maka jumlah batere-batere yang dihubungkan seri besarnya :

$$E = e_1 + e_2 + e_3 \dots \text{ dan seterusnya}$$

Dengan mudah dapat dikatakan bahwa jumlah tegangan atau gml dari batere-batere yang dihubungkan seri sama dengan jumlah aljabar dari tegangan batere-batere itu. Hal ini dapat ditulis dengan persamaan :

$$E = \sum e \dots \dots \dots (2 - 15)$$

Dari persamaan (2 - 15) tersebut apabila batere-batere yang dihubungkan deret sebanyak n dan masing-masing batere mempunyai gml yang sama, maka jumlah gml batere-batere tersebut :

$$E = n.e \dots \dots \dots (2 - 16)$$

Misalnya perlawanan dalam batere-batere yang dihubungkan seri sama besarnya maka jumlah perlawanan dalam batere yang dihubungkan seri sama

besarnya. Maka jumlah perlawanan dalam atau perlawanan pengganti dalam adalah :

$$R_i = n.r \dots\dots\dots (2 - 17)$$

Jika gambar 2 . 20 sesudah saklar dihubungkan akan terdapat arus yang mengalir dalam rangkaian listrik dan besarnya arus ini adalah :

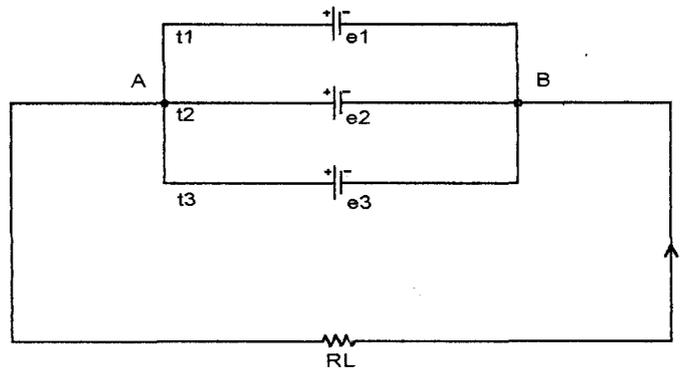
$$I = \frac{n.e}{n.r + R_L} \dots\dots\dots (2 - 18)$$

Kalau diantara batere-batere yang dihubungkan seri (derat) itu ada yang terbalik menghubungkannya yaitu kutub (+) dihubungkan kutub (-). Maka batere yang terbalik itu merupakan tegangan yang negatif. sekalipun perlawanan dalam batere-batere tetap tidak berubah yaitu sama dengan jumlah perlawanan dalam semua batere.

2.8.4 Batere dalam Hubungan Paralel

Apabila diperlukan tegangan yang tetap dengan kemampuan mengeluarkan arus yang lebih besar maka dapatlah batere-batere dihubungkan paralel (sejajar). Gambar 2 . 23 menunjukkan batere-batere (sel-sel) yang dihubungkan paralele dan dihubungkan dengan perlawanan luar. Dalam hubungan paralel ini kutub b positif (+) dihubungkan ke kutub positif (+), dan kutub negatif (-) dihubungkan ke negatif (-). Tegangan antara titik A dan titik B tetap sama dengan tegangan masing-masing cabang paralel. Jadi sama dengan hubungan paralel pada tahanan. Jika tegangan klem antara titik A dan titik B, sama dengan V, maka :

$$V = I.R_L \dots\dots\dots (2 - 19)$$



Gambar 2 . 23 : Batere dalam hubungan paralel

Gaya motor listrik (gml) dari masing-masing batere adalah $C_1 = i_1 \cdot r$

$$C_2 = i_2 \cdot r_3$$

$$C_3 = i_3 \cdot r$$

Kalau masing-masing gml batere sama besarnya, demikianpula perlawanan dalamnya maka dengan mudah diketahui bahwa :

$$E = i \cdot r \dots\dots\dots (2 - 20)$$

Misalnya banyak batere yang dihubungkan paralel itu adalah m dan perlawanan dalam batere itu sama besarnya maka perlawanan pengganti (R_t) dalam batere-batere itu adalah :

$$R_t = \frac{r}{m} \dots\dots\dots (2 - 21)$$

Tegangan jepit (klem)

$$V = I \cdot R_L = e - C \cdot R_L = e - \frac{I \cdot r}{m} \dots\dots\dots (2 - 22)$$

Jika perlawanan beban luar R_L , maka jumlah perlawanan didalam rangkaian listrik itu (gambar 2 - 22) adalah :

$$R_L = R_L + \frac{R}{L} \dots\dots\dots (2 - 23)$$

Dengan demikian maka besarnya arus yang dikeluarkan oleh batere-batere tersebut adalah :

$$I = \frac{e}{R_L + \frac{r}{m}} = \frac{m.e}{m.R_L + r} \dots\dots\dots (2 - 24)$$

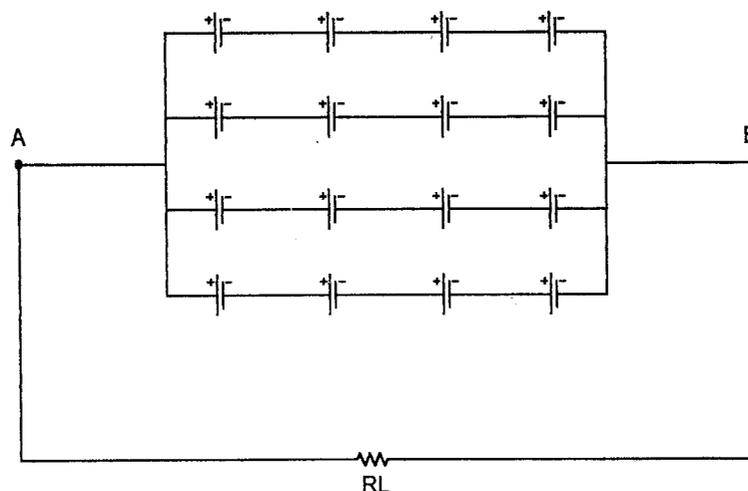
2.8.5 Batere dalam Hubungan Seri Paralel

Jika diinginkan untuk memperbesar kemampuan arus dan tegangan, maka dapatlah sejumlah batere dihubungkan seri-paralel. Dalam hubungan ini misalnya perlawanan dalam batere sama besar yaitu r dan gml masing-masing batere sama misalnya e . Dengan demikian dapatlah disusun persamaan untuk tegangan dan arus yang dikeluarkan oleh batere gambar (2 . 24) menunjukkan enambelas batere yang dihubungkan seri-paralel, yaitu empat dalam seri dan empat dalam cabang paralel, misalnya jumlah semua batere adalah n dan jumlah cabang paralel m maka dengan sendirinya banyak batere dalam seri tiap cabang paralel (X) adalah :

$$X = \frac{n}{m} \dots\dots\dots (2 - 25)$$

Jumlah perlawanan dalam tiap cabang paralel adalah :

$$R_1 = r . x \dots\dots\dots (2 - 26)$$



Gambar 2 . 24 Batere dalam hubungan seri paralel

Selanjutnya besar perlawanan pengganti dapat dihitung sebagai berikut :

$$\frac{I}{R_P} = \frac{m}{n \cdot \frac{r}{m}} = \frac{m}{n \cdot m} \dots\dots\dots (2 - 27)$$

$$R_p = \frac{n \cdot r}{m^2} = \frac{x \cdot r}{m} \dots\dots\dots (2 - 28)$$

Jumlah gml dalam batere :

$$E = x \cdot e$$

$$E = \frac{n \cdot e}{m} \dots\dots\dots (2 - 29)$$

Jumlah perlawanan dalam sirkuit listrik besarnya :

$$R_t = R_L + R_p = R_L + \frac{n \cdot r}{m^2} \dots\dots\dots (2 - 30)$$

$$I = \frac{x \cdot e}{R_L + x \cdot \frac{r}{m}} \dots\dots\dots (2 - 31)$$

2.9 Fungsi Batere Pada Gardu Induk

Didalam gardu induk batere berfungsi sebagai keperluan pelayanan bantu (*duxiliary service*), yang meliputi :

- Kontrol, pengawasan (*security*), tanda-tanda isyarat (*signaling* dan *alarm sistem*)
- Motor-motor untuk pemutus tenaga (*circuit breaker*), pemisah (*disconnecting switch*) dan pengubah tab travo (*tap changer*)
- Rele proteksi (*rele protection*)
- Penerangan darurat (*emergency lighting*), pemanas, telekomunikasi.
- Diesel starting (*engine starting*)

BAB II

BATERE DAN FUNGSINYA SEBAGAI TENAGA LISTRIK

2.1 Pengertian Batere

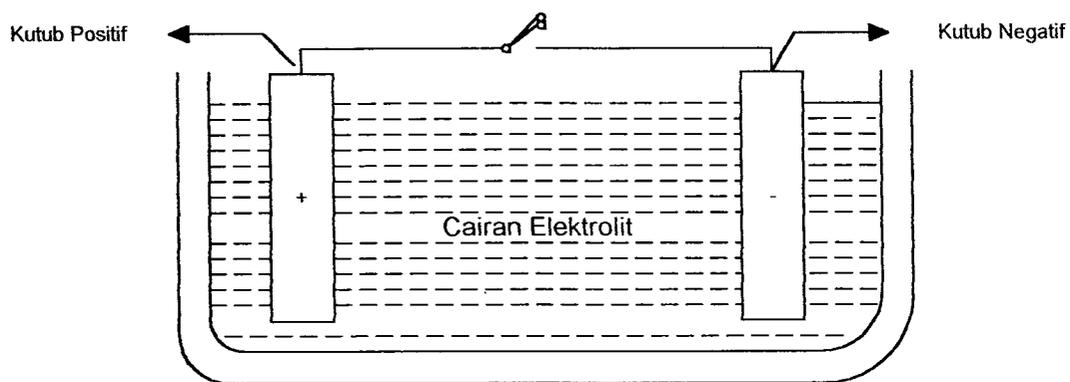
Batere atau akumulator, adalah sebuah "sel" listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses reversibel, adalah didalam batere dapat berlangsung proses pengubahaan kimia menjadi tenaga listrik (proses 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 batere ini disebut juga "*storage battery*", adalah suatu batere yang mana dapat dipakai berulang kali pada keadaan sumber listrik arus bolak-balik (AC) terganggu.

Tiap sel ini terdiri dari 2 (dua) macam elektroda yang berlainan, yaitu elektroda positif (+) dan elektroda negatif (-) yang dicelupkan kedalam larutan kimia (gambar .2.1). Elektroda-elektroda ini berupa plat-plat positif dan negatif, yang terdiri dari :

- Grid : Adalah suatu rangka besi untuk menghantarkan arus listrik dudukan dari material aktif.
- Material aktif : Adalah suatu material yang bereaksi secara kimia untuk menghasilkan energi listrik pada waktu pengosongan

(*discarged*). Material aktif dari sel batere dikembalikan kekeadaan komposisi pengisian (*charged*) dengan persenyawaan atau mengurangi proses yang dihasilkan oleh arus pengisian.



Gambar 2.1 Bentuk sederhana sel batere

2.2 Klasifikasi Batere

Batere dapat diklasifikasikan dalam dua (2) macam sebagai berikut :

1. Sesuai dengan tipe dasar pemakaian
 - a. *Stationary* (tetap).
 - b. *Portable* (dapat dipindah-pindah)
2. Sesuai dengan konstruksi, material aktif dan bahan eletrolit yang di gunakan :
 - a. Batere timah hitam (*lead-acid storage battery*).

Batere timah hitam bahan elektrolitnya adalah larutan asam belerang (*sulphuric acid* = H_2SO_4), terdiri dari :

- *Lead-antimony*.
- *Lead-calcium*.

b. **Batere alkali** (*alkaline storage battery*).

Batere alkali bahan elektroiltnya adalah larutan alkali (*potasium-hidroksida*), terdiri dari :

- *Nickel-iron alkaline battery (Ni-Fe Battery)*
- *Nickel-cadium alkaline battery (NI-Cd Battery)*.

2.3 Konstruksi dan Prinsip Kerja Batere

Berikut diterangkan mengenai konstruksi dan prinsip kerja batere menurut jenisnya.

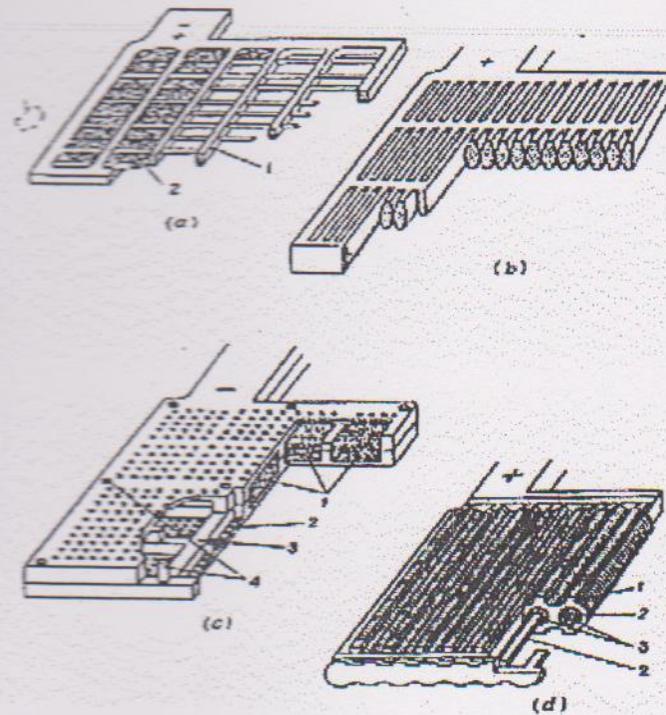
2.3.1 Konstruksi Bartere timah hitam

Di dalam batere timah hitam (*lead acid storage batery*) terdiri dari lempeng positif dan lempeng negatif yang direndam di dalam larutan asam belerang dalam air ($H_2SO_4 + H_2O$). Lempeng positif dibuat dari rangkaian timbal-antimon, ditemplei dengan masa aktif, yang dibuat dari preroksida timbal (PbO_2) yang berwarna coklat tua. Lempeng negatifnya juga dibuat dari rangka yang sama, tetapi sebagai masa aktif dipakai timbal murni (Pb) yang berbentuk spons dan kelabu warnanya.

Kedua lempeng tersebut berpetak-petak, supaya masa aktif kuat menempelnya. Kalau masa aktif lepas, kecuali mengurangi kemampuan batere, juga dapat menimbulkan hubungan singkat antara plat positif dan negatif.

Dalam batere timah hitam, konstruksi plat-plat (lempeng)-nya, terdiri dari (empat) type, sebagai berikut (Gbr. 2.2).

1. Pasted (Faure)
2. Surface (Plate)
3. Box
4. Armoured

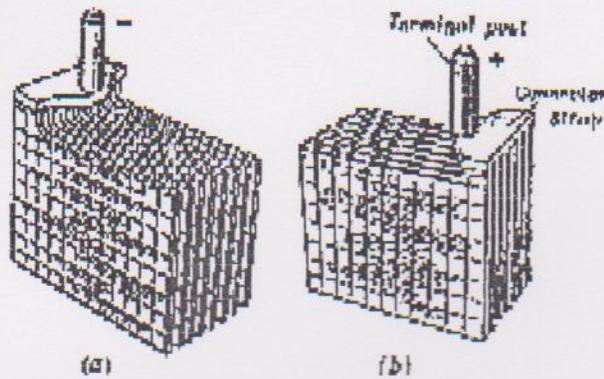


a-Pasted (Faure) Plate; 2 Grid, 2- active material; b- surface type (plate) plate, positive; c -box plate, negative; 1- active material, 2 -holes for passage of electrolyte, 3 lead box, 4-rivets; d-armoured type plate, positive : 1 Shell performance, 2- current conducting rods, 3-active material

Gambar 2.2. Bentuk Konstruksi plat-plat sel batere timah hitam

Untuk mendapatkan kemampuan mengeluarkan arus yang lebih besar, tiap sel (unsur) biasanya mempunyai banyak plat positif dihubungkan menjadi satu arah oleh sebuah penampang timbal yang diberi tiang (*post*) sebagai ujung positif

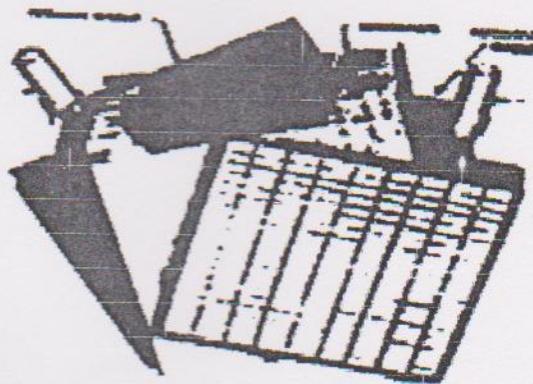
akumulator. Demikian juga dengan kelompok lempeng negatif dan ujungnya menjadi ujung negatif. (gambar 2.3.).



Kumpulan plat-plat sel batere timah hitam
a – negatif plates, b – positive plates

Gambar 2.3. Kumpulan plat positif dan plat negatif

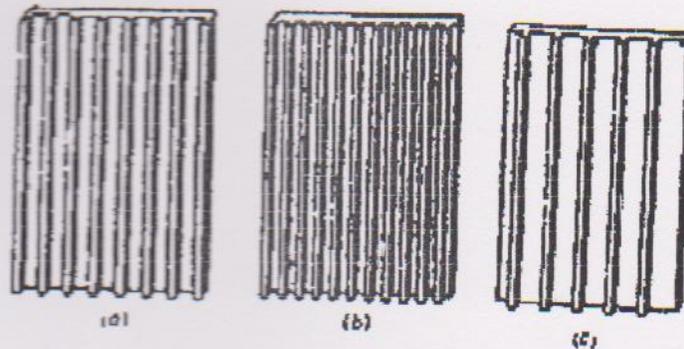
Kemudian kelompok plat-plat positif dan negatif tersebut dirapatkan satu sama lainnya dengan catatan, bahwa plat-plat positif dan negatif tersebut tidak mengadakan hubungan antara satu dengan lainnya (gambar 2.4)



Gambar 2.4. Kumpulan Plat Positif dan Plat Negatif

Karena plat-plat positif dan negatif tidak diperkenankan mengadakan hubungan satu dengan lainnya maka oleh karena itu diantaranya diberi dinding-dinding. Dinding-dinding tersebut merupakan penghalang dan disebut *separator*. Jadi separator berguna, agar kedua macam plat-plat yang berbeda tersebut tidak mengadakan hubungan satu sama lainnya.

Separator dibuat dari bahan kayu, karet yang keras, viber dan adakalanya pula dibuat dari bahan gelas yang diberi lubang-lubang atau berliang renik. (gambar 2.5)



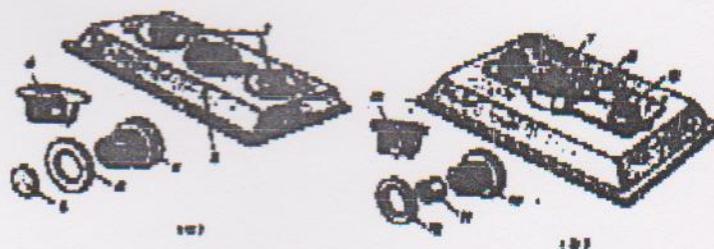
Gambar 2.5. Pemisah antara Lempeng (*Separators*)

Plat-plat positif dan negatif tersebut ditempatkan dalam sebuah bejana (*container*) yang terbuat dari pada bahan karet yang sangat keras (*hard-rubber*), plastik atau dari bahan ebonit.

Dibagian tiap-tiap sel terdapat penyangga (*support rib*) yang berfungsi sebagai tempat duduk plat-plat positif dan negatif. Diantara penyangga-penyangga terdapat ruangan untuk tempat kotoran-kotoran dari masa-masa aktif yang gugur. Bilamana ruangan ini ditiadakan, maka masa-masa aktif yang gugur dapat

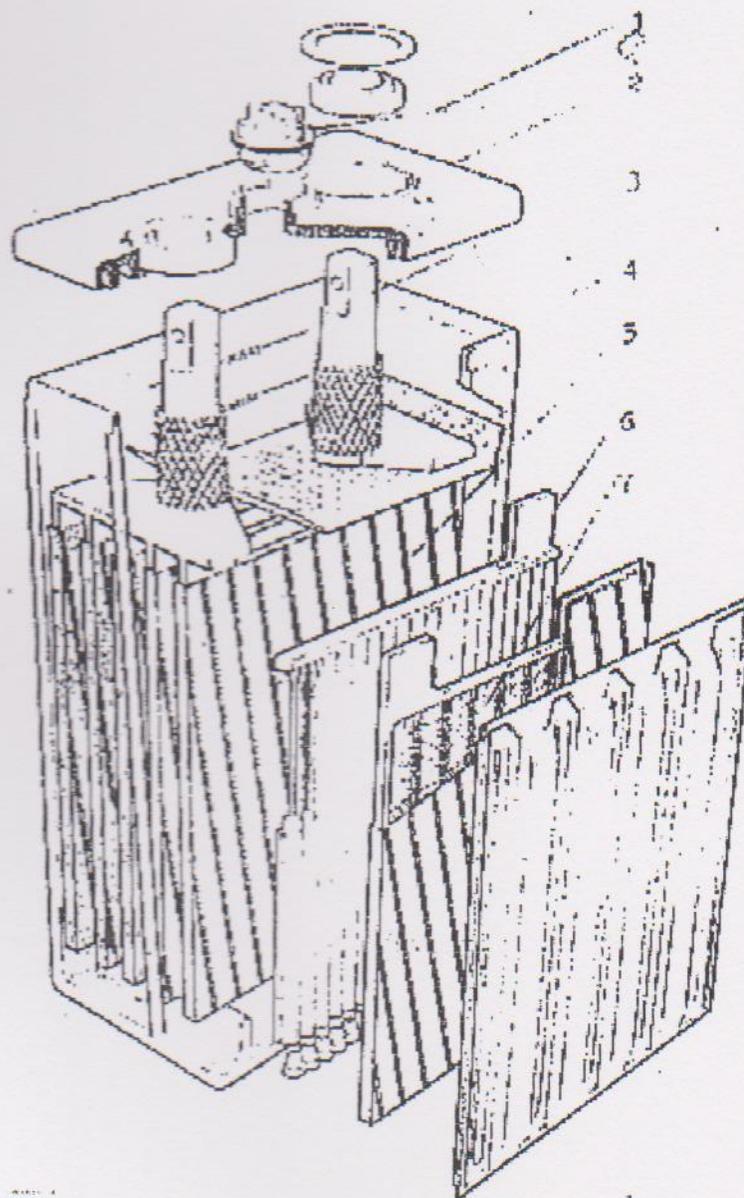
mengadakan hubungan-singkat antara plat-plat positif dan negatif, yang memungkinkan batere tersebut kehilangan sama sekali tenaga listrik yang disimpannya.

Kumpulan plat-plat positif dan negatif didalam bejana ini tertutup dengan penutup (*cover*) yang terbuat dari ebonit yang berbentuk persegi panjang (gambar 2.6). Tutup ini mempunyai tiga lubang. Lubang diujung kanan dan kiri untuk tempat tiang-tiang positif dan negatif. lubang tengah untuk jalan menuangkan elektrolit (*filling-hole*) untuk tempat pengisian cairan elektrolit sehingga tiap-tiap plat selalu terjamin terendam didalam cairan elektrolit asam-sulfat. Dan juga dilengkapi lubang kecil (*vent*), yang berfungsi agar gas-gas dari cairan elektrolit asam-sulfat yang mendidih dapat keluar dengan sempurna.



Gambar 2.6. Konstruksi Tutup Sel Batere

Pada gambar 2.7 diperlihatkan gambar detail sel batere timah hitam dengan bejana dari plastik.



- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Vent plugs | 5. High Porosity separators |
| 2. Easy Slean cell lids | 6. Rugged positive plates |
| 3. Low resistance connectors | 7. Tough, pasted negative plates. |
| 4. Clear-View Plastic Containers. | |

Gambar 2.7. Konstruksi sel batere timah hitam dengan *Container* dari Plastik

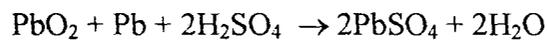
2.3.2 Prinsip Kerja Batere Timah Hitam

Didalam batere dikenal dua prinsip kerja yaitu pengosongan dan pengisian

1. Pengosongan

Apabila batere dihubungkan dengan rangkaian luar, akan mengeluarkan arus. Di dalam batere (atau di dalam sel-sel) terjadi proses kimiawi. Asam belerang (H_2SO_4) pecah menjadi ion-ion H_2^{++} yang bermuatan positif (++) dan memberikan muatannya kepada lempeng positif. dan ion-ion SO_4^- yang bermuatan negatif (--) memberikan muatannya kepada lempeng negatif, lihat gambar 2.8.

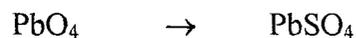
Ion-ion H_2^+ bersenyawa dengan O_2 dari plat positif mejadi air (H_2O) dan memberikan muatan positifnya kepada lempeng positif. Ion-ion SO_4^- yang ketinggalan di lempeng positif, menjadi PbSO_4 dan memberikan muatan negatifnya kepada lempeng positif. jadi reaksi kimia ketika batere membuang :



- Pada anoda (plat positif)



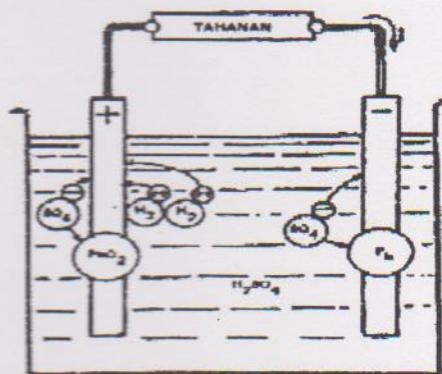
- Pada katoda (plat negatif)



Plat negatif tadi menerima muatan negatif, dan lempeng positif, menerima muatan positif (dari ion-ion H_2^+) lebih besar daripada muatan negatif yang diterima dari ion SO_4^- . Sehingga ada tegangan antara lempeng positif dan lempeng negatif dan arus mengalir dari lempeng positif melalui tahanan luar.

Beberapa hal yang perlu dicatat selama pengosongan yaitu :

1. Kedua katoda dan anoda menjadi $PbSO_4$.
2. Karena pembantuan air (H_2O) maka berat jenis elektrolit berkurang.
3. Tegangan batere berkurang
4. Batere memberikan energi



Gambar 2.8. Proses Pengosongan Batere

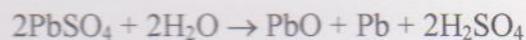
2. Pengisian

Untuk mengisi batere akumulator, kita hubungkan kutub positif batere kepada kutub positif sumber arus searah dan kutub negatifnya kepada kutub negatif sumber. Sebagai sumber arus searah untuk mengisi batere dapat dipakai :

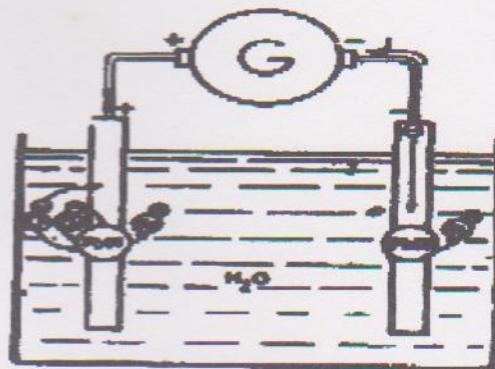
1. Dinamo (*Generator*) arus searah.
2. Penyearah (*Adaptor*) yang mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah.
3. Jala-jala arus searah

Tegangan sumber harus lebih tinggi dari pada tegangan batere yang diisi, sehingga arus mengalir ke dalam batere. Besar arus pengisian pada umumnya ditentukan oleh pabrik pembuat batere. Lebih kecil arus pengisian, lebih baik. Arus-arus pengisian kebalikan arah arus pembuangan (pengosongan).

Ketika mengisi batere timah hitam (timbal), lihat gambar 2.9 arus mengalir dari jepit positif sumber arus ke plat positif lewat elektrolit ke plat negatif kemudian ke penjepit negatif sumber arus, jadi positif sumber arus menarik elektron dari ion-ion O^- dari H_2O (H_2O pecah menjadi ion H_2^{++} dan O^-) dan O bersenyawa dengan Pb dari $PbSO_4$ di plat positif ini menjadi H_2SO_4 . Kadar asam belerang dan berat jenis elektrolit naik. Jepit negatif sumber arus memberi elektron kepada plat negatif, yang bercampur dengan ion Pb^{++} dari $PbSO_4$, menjadi atom Pb , dan SO_4 nya bersenyawa dengan H_2 menjadi H_2SO_4 reaksi kimiawi ini keseluruhan dapat ditulis sebagai berikut :



Reaksi ini kebalikan dari reaksi waktu pembuangan.



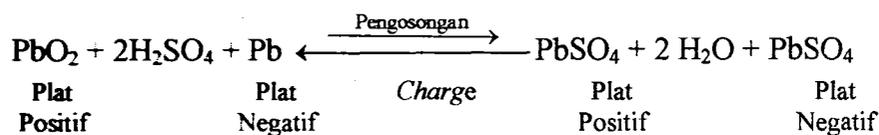
Gambar 2.9. Proses Pengisian Batere

Kita lihat bahwa selama pengisian air berkurang dan asam belerang bertambah, kadar asam belerang naik terus sampai semua *sulfat timbal* ($PbSO_4$) berubah menjadi massa aktif dan berat jenis elektrolit sama dengan semula, batere telah penuh.

Beberapa hal yang perlu dicatat selama pengisian :

1. Anoda kembali menjadi PbO_2 dan katoda kembali menjadi Pb
2. Karena pengurangan air berat jenis elektrolit bertambah.
3. Tegangan batere meningkat
4. Batere menyerap energi

Jadi di dalam batere terjadi reaksi kimia *reversible*, yaitu mengubah-energi listrik menjadi energi kimia dan mengubah energi kimia menjadi energi listrik, yang mana reaksi kimianya adalah sebagai berikut :



2.3.3 Konstuksi Batere Alkali

Batere alkali didefinisikan menjadi dua golongan yaitu; Batere *alkali nickel cadium* (Ni-Cd) dan *Nickel Iron* (Ni-Fe). Elektode-elktrode batere tersebut terdiri dari plat positif dan plat negatif. Material aktif yang digunakan plat positif adalah $Ni(OH)_2$ / *Nikel Droxide* dan bisanya ditambahkan *barium hydroxida* untuk menambah koefisien penggunaan (*Coeficient Utilazation*) sehingga umur plaat-plat ini menjadi lebih lama.

Sedangkan untuk plat negatif, material aktif yang digunakan adalah :

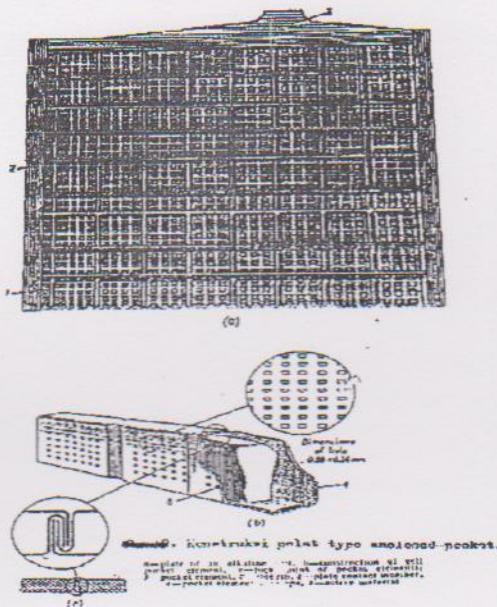
- Pada Batere *Alkali Nickel Cadium* terbuat dari campuran *Cadium Hidroxida* (Cd) dan *Iron Oxida* (Fe)
- Pada Batere *Alkali Nickel Iron* terbuat dari *Metallic Iron Sponge* (Fe)

Cairan elektrolit yang digunakan untuk batere ini adalah larutan *alkali* (KOH), yang berat jenisnya pada suhu $20^{\circ}C$ ($68^{\circ}F$) antara $1,80 - 0,020 \text{ gr/cm}^3$.

Konstruksi plat batere terdiri dari dua type yaitu sebagai berikut :

1. *Enclosed-Pocket (vented)*

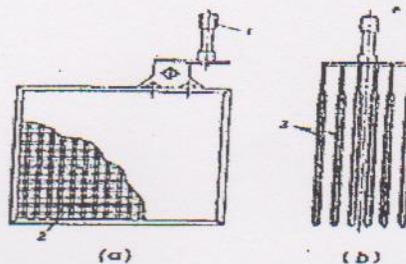
Material-material aktif pada type ini terbungkus oleh suatu rangka baja (*stell*) yang dilapisi nickel (*Nickel Plated*) dan rangka tersebut berlubang-lubang.



Gambar 2.10. Konstruksi plat type *enclosed pocet*

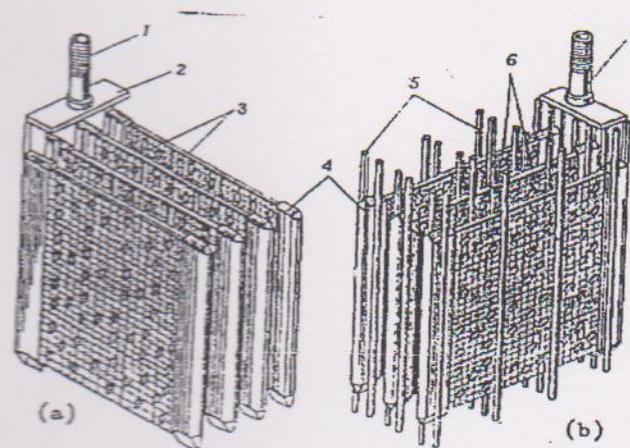
2. *Open Pocket (Sealed)*

Material-material aktif pada type ini tidak terbungkus seperti halnya pada type *enclosed - pocket*, material aktifnya berhubungan langsung. Bahan plat-plat type ini berupa metal-ceramik, foil atau preased metal.



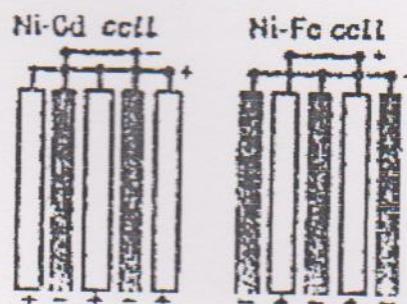
Gambar 2.11. Konstruksi Plat Type Open-Pocket

Umumnya pada batere *Alkali Nickel Cadmium* jumlah plat positif lebih banyak 1 keping plat dari plat negatif. Plat positif lebih banyak menempati ruangan dan lebih rapat dari plat negatif.



Gambar 2.12. Kumpulan Plat-Plat Sel Batere Nickel-Cadmium

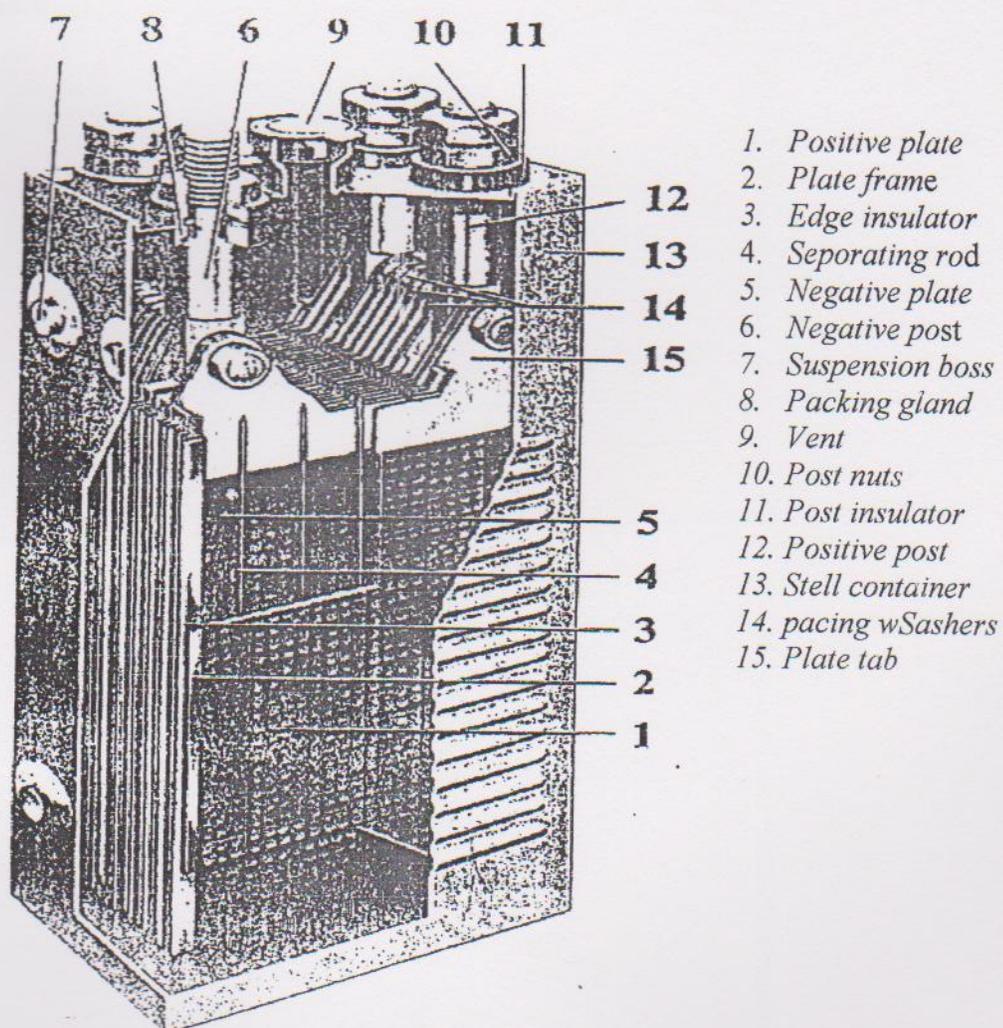
Sedangkan pada Batere *Alkali Nickel Iron*, plat positif kurang 1 keping plat dari plat negatifnya seperti halnya pada batere timah hitam (timbal). Gambar 2.13. memperlihatkan perbedaan susunan plat-plat positif dan negatif pada sel Batere *Alkali Nicke-Cadmium* dan *Nickel-Iron*.



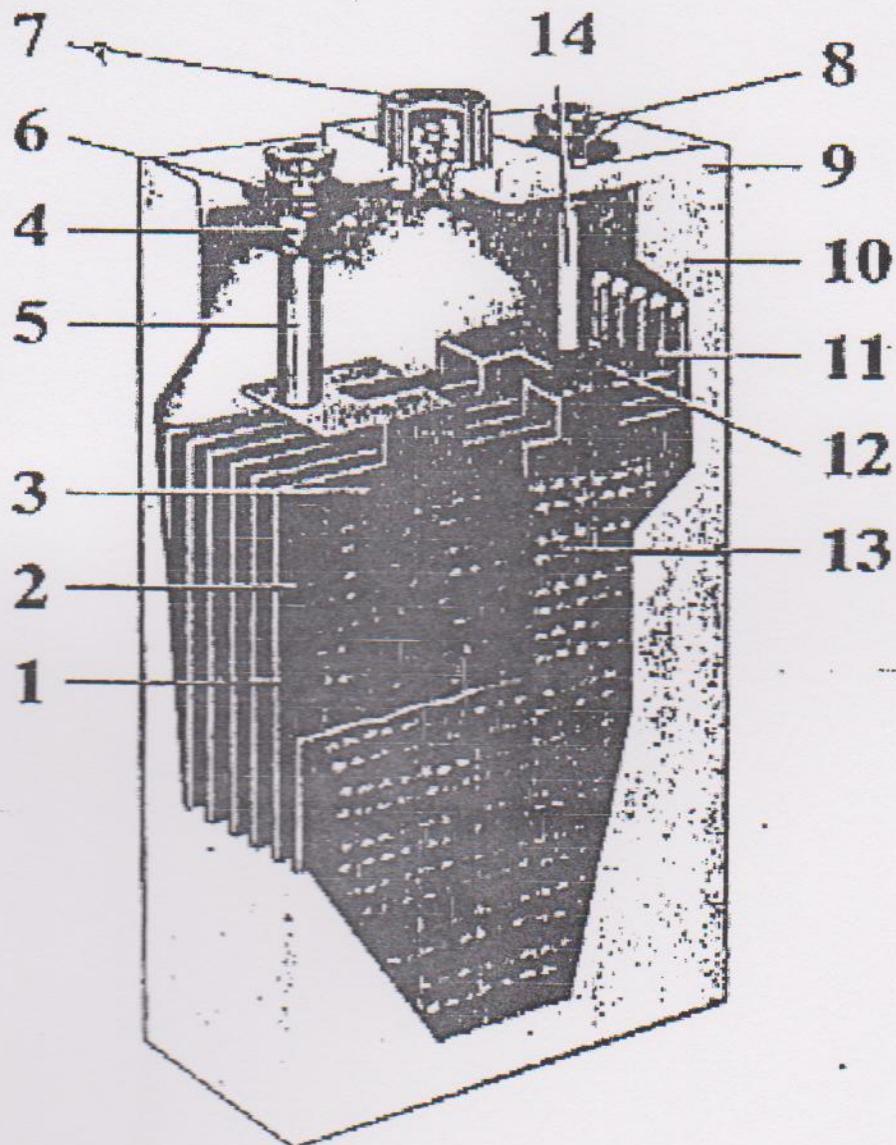
Gambar 2.13. Susunan Plat-Plat positif dan negatif pada sel Batere *Alkali Nickel-Cadmium* dan *Nickel-Iron*.

Bentuk dan ukuran *Nickel Cadium* adalah sama dengan *Batere Alkali Nickel Iron* perbedaannya adalah material aktifnya.

Diantara plat positif dan negatif disisipkan *separator*. Kemudian ditempatkan dalam sebuah bejana (*container*). Plat-plat ini dalam bejana tertutup dengan penutup (*cover*) ditengah-tengah penutup ini terdapat lubang (*filling hole*) untuk tempat pengisian *elektrolit* dan dilengkapi pula dengan lubang kecil (*vent*) untuk keluarannya gas-gas dari cairan elektrolit.



Gambar 2.14a
Konstruksi sel batere *alkali nickel-cadium* dengan container dari *stainless steel*.



- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1. Plate frame | 8. Post nuts |
| 2. Negative plate | 9. Cover |
| 3. Plate tab | 10. Plastic Container |
| 4. Packing gland cup | 11. Separating ribs |
| 5. Negative post | 12. Plate group strap |
| 6. Polarity marking washer | 13. positive plate |
| 7. Vent plug | 14. Positive post |

Gambar 2.14b. Konstruksi sel batere *alkali-nickel-cadmium* dengan container dari plastik

2.3.4 Prinsip Kerja Batere Alkali

Komposisi material aktif plat negatif Batere *Alkali Nickel Iron* adalah berbeda dengan *Batere Alkali Nickel Cadium*, sedangkan material aktif plat positif kedua macam batere alkali adalah sama komposisi. Komposisi kimia material aktif plat Batere *Alkali Nickel Cadium* dan *Nickel Iron* diperlihatkan pada tabel 2.1. Selama pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) dari sel batere secara praktis tidak ada perubahan berat jenis elektrolitnya. Fungsi utama cairan elektrolit pada batere adalah bertindak sebagai konduktor. Untuk memindahkan ion-ion *hidroxide* dari suatu *elektrode* ke *elektrode* lainnya tergantung pada prosesnya (pengisian atau pengosongan).

Tabel 2 . 1 Komposisi Kimia Material Aktif Batere Alkali

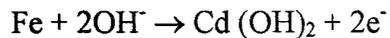
Plat	Kondisi	Kondisi Material Aktif Plat-Plat Batere	
		Nickel Cadium	Nickel Iron
Negatif	Setelah pengisian (<i>Charged</i>)	Metalic Cadium Cd	Sponge Iron Fe
	Setelah pengosongan (<i>Discharged</i>)	Cadmium Hidroxide Cd (OH) ₂	Ferrous Hidroxide Fe (OH) ₂
Positif	Setelah pengisian (<i>Charged</i>)	Nickelic-hidroxide Ni (OH) ₃	Nickelic-hidroxide Ni (OH) ₃
	Setelah pengosongan (<i>Discharged</i>)	Nickelous-hidroxide Ni (OH) ₂	Nickelous-hidroxide Ni (OH) ₂

Bilamana sel batere alkali dalam proses pengosongan maka pada plat positif *nickelic hidroxide* Ni (OH)₃ pertama kali mengalami perubahan menjadi *incomplate nickelic hidroxide* Ni OOH dan bila ditulis dalam reaksi kimia adalah sebagai berikut:

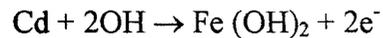


Sedangkan pada plat negatifnya pada waktu pengosongan adalah :

- *Nickel Iron* (Ni – Fe):

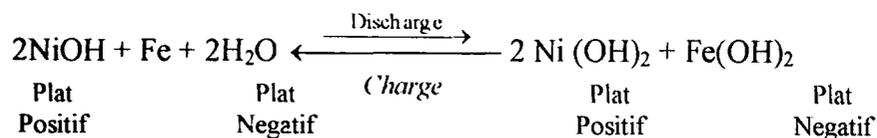


- *Nickel Cadmium* (Ni – Cd) :

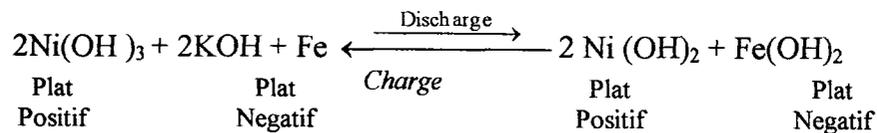


Persamaan kimia baik pada waktu pengisian maupun pengosongan penulisannya dapat juga digabungkan antara keduanya pengosongan dan pengisian, yaitu :

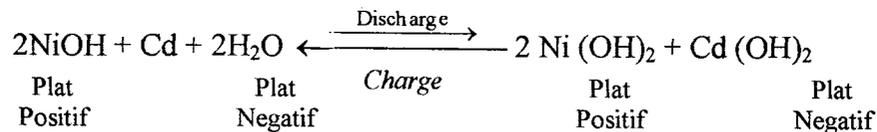
- *Pada Nickel Iron* (Ni – Fe)



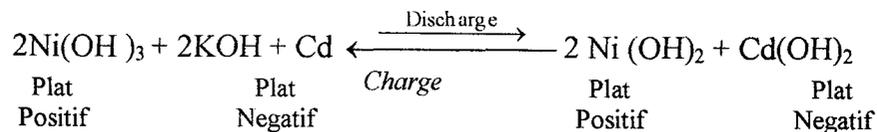
Atau



- *Nickel Cadmium* (Ni – Cd)



Atau



2.4 Cairan Elektrolit Batere

Cairan elektrolit dari suatu batere adalah berbeda untuk tiap jenis batere begitu pula cara mencampurnya.

2.4.1 Jenis Elektrolit

Cairan elektrolit adalah senyawa dalam air yang dapat menghantarkan arus listrik karena larutan tersebut didalam air dapat menghasilkan bagian-bagian-yang bermuatan listrik positif dan negatif. bagian yang bermuatan positif disebut ion positif dan bagian yang bermuatan negatif disebut ion negatif. Semakin banyak ion yang dihasilkan oleh suatu elektrolit, maka semakin besar daya hantar listriknya.

Jenis cairan elektrolit batere terdiri dari dua macam, yaitu Larutan asam belerang (H_2SO_4), larutan alkali (KOH).

2.4.1.1 Larutan asam belerang

Larutan asam belerang adalah larutan yang digunakan oleh batere timah-hitam. Larutan H_2SO_4 ini dalam air dapat menghasilkan ion-ion. Larutan asam belerang (H_2SO_4) adalah elektrolit ion hidrogen ($2H^+$) dan ion sulfat (SO_4), dan asam belerang ini mudah terionisasi atau disebut elektrolit kuat. Berat jenis elektrolit yang diperbolehkan untuk pengisian kedalam sel batere adalah $1,190 \text{ gr/cm}^3$ pada suhu 15°C atau 59°F .

2.4.1.2 Larutan alkali

Elektrolit yang digunakan pada batere alkali adalah KOH (*Potasium Hidroxida*) yang berbentuk kristal keras dan berwarna putih, dimana bahan ini dapat larut dengan cepat didalam air murni.

Cairan elektrolit ini dapat ditambahkan *litium hidroxida* yang berfungsi untuk mencegah suatu perubahan atau struktur material-material aktif pada pelat-pelat positif pada kondisi temperatur tinggi dengan demikian mengurangi pemeliharaan dari karakteristik kapasitas batere. Dan pada umumnya sel batere untuk "*Heavy Duty*" lebih banyak ditambah *litium hidroxida*. Berat jenis cairan elektrolit dalam sel batere terisi penuh (*full charged*) adalah $1,180 \pm 0,0020$ gr/cm³ pada temperatur 20°C, dan dapat dikatakan 19% - 21% adalah berat KOH.

Elektrolit *potasium hidroxida* (KOH) yang digunakan pada batere alkali terdiri dari beberapa type, sebagai contoh :

- Batere alkali merk NIFE (*alkali nickel iron*) menggunakan type : A, B₅, B₁₂, B₂₀ dan B₅₀.
- Batere alkali merk NICAD (*alkali nickel cadium*) menggunakan type E.3 dan B.

Penggunaan-penggunaan type tersebut diperlihatkan pada tabel 2 . 2 dibawah ini :

Tabel 2 . 2 Type elektrolit batere alkali

Type	Digunakan untuk
A, B ₂₀ dan B ₅₀	Pengisian sel batere baru untuk pengisian pertama (sel batere yang masih kosong)
A, B ₅ dan B ₁₂ R, 3 dan 8	Pengisian penggantian atau penambahan elektrolit Pengisian sel-sel batere baru atau pengisian pertama, dan dapat juga digunakan untuk pengisian penggantian dan penambahan elektrolit
8	Pengisian batere cadangan atau pengisian di gudang

2.4.2 Cara mencampur elektrolit

Ada beberapa ketentuan yang harus dipenuhi dalam mencampur bahan elektrolit menurut dari jenis bahan yang akan digunakan.

2.4.2.1 Larutan Asam Belerang

Pertama-tama sediakan air yang telah diinosasi (*air - destilata*) dalam suatu bejana dari kaca atau plastik yang bersih, kemudian masukan asam belerang (H_2SO_4) dengan berat jenis tertentu kedalam bejana tersebut pelan-pelan. Selanjutnya aduk larutan asam belerang dan air batere dengan menggunakan tongkat dari plastik atau dengan kayu yang bersih setelah pencampuran, usahakan berat jenis elektrolit menjadi $1,190 \text{ gr/cm}^3$ pada temperatur 15°C (59°F) pada tabel 2 . 3 dan tabel 2 . 4 diperlihatkan perbandingan asam belerang dan air batere (pada batas maksimum) pada kondisi terisi penuh (*fully charge*) harga nominalnya adalah $\pm 210 \text{ gr/cm}^3$ pada temperatur 15°C (59°F), dan dalam batas $1,205 - 1,215 \text{ gr/cm}^3$ pada temperatur 15°C (59°F).

Tabel 2.3 Perbandingan antara air murni dan asam belerang dengan berat jenis $1,850 \text{ gr/cm}$ untuk memperoleh 1 liter elektron.

Berat jenis elektrolit pada temperatur 15°C (gr / cm^3)	Banyaknya air murni (Liter atau kg)	Banyaknya asam belerang pada temperatur 15°C	
		liter	Kg
1,210	0,836	0,204	0,374
1,220	0,826	0,215	0,394
1,230	0,814	0,227	0,416
1,240	0,808	0,237	0,432
1,250	0,798	0,248	0,452
1,255	0,793	0,253	0,462
1,270	0,780	0,268	0,490
1,280	0,768	0,280	0,512
1,300	0,748	0,302	0,542
1,320	0,738	0,313	0,572
1,340	0,704	0,347	0,636

Tabel 2.4 Perbandingan antara air murni dan asam belerang dengan berat jenis 1,400 gr/cm untuk memperoleh 1 liter elektron.

Berat jenis elektrolit pada temperatur 15°C (gr / cm ³)	Banyaknya air murni (Liter atau kg)	Banyaknya asam belerang pada temperatur 15°C	
		liter	Kg
1,1000	0,785	0,225	0,315
1,110	0,761	0,249	0,349
1,120	0,739	0,272	0,381
1,200	0,546	0,407	0,654
1,230	0,470	0,543	0,760
1,240	0,445	0,568	0,796
1,250	0,418	0,596	0,832
1,260	0,392	0,620	0,868
1,270	0,364	0,647	0,906
1,280	0,339	0,672	0,941
1,290	0,313	0,698	0,977
1,300	0,284	0,726	0,016
1,310	0,256	0,753	0,054
1,320	0,227	0,781	0,093
1,330	0,199	0,808	0,031
1,340	0,171	0,835	0,169

2.4.2.2 Larutan alkali

Pertama-tama sediakan air batere atau air murni yang telah diionisasi (*air destilata*) dalam suatu bejana dari kaca atau plastik yang bersih seperti halnya pada larutan asam belerang (H₂SO₄) kemudian masukkan potasium hidroxide (KOH) kering ke dalam bejana tersebut pelan-pelan. Selanjutnya aduk campuran potasium hidroxide kering dan air batere tersebut dengan sempurna menggunakan tongkat dari plastik, baja atau dengan kayu yang bersih. Pada tabel 2.5 ditunjukkan perbandingan detrolit kering (potasium hidioxide) dan air batere pada temperatur 20°C (68°F)

Tabel 2 . 5 Perbandingan elektrolit kering dan air batere pada batere alkali.

Type	Elektrolit kering	Air batere	Berat jenis
A: B5 : B12 dan B20	1 kg	3,5 liter	$1,180 \pm 0,010 \text{ gr/cm}^3$
B50	1 kg	3,5 liter	$1,180 \pm 0,010 \text{ gr/cm}^3$
'R' dan 'B'	1 kg	3,5 liter	$1,180 \pm 0,010 \text{ gr/cm}^3$
'8'	1 kg	3,5 liter	$1,180 \pm 0,010 \text{ gr/cm}^3$

Tabel 2 . 6 Koreksi pembacaan berat jenis elektrolit.

Berat jenis elektrolit (gr / cm ³) pada temperatur			
9° C (48 ° F)	20° C (68 ° F)	31° C (88 ° F)	42° C (108 ° F)
1,205	1,200	1,195	1,190
1,195	1,190	1,185	1,180
1,185	1,180	1,175	1,170
1,175	1,170	1,165	1,160
1,165	1,160	1,155	1,150
1,150	1,145	1,140	1,135

2.4.3 Pengukuran Berat Jenis Elektrolit

Untuk mengukur berat jenis elektrolit digunakan alat ukur *hydrometer*. *Hydrometer* ini terdiri dari sebuah silinder gelas kaca, dimana pada bagian atas gelas terdapat pipa karet (selang karet) yang berfungsi untuk menghisap cairan elektrolit. Didalam silinder diisi sebuah Areometer apung, umumnya terdiri dari 2 macam :

- Areometer yang bertuliskan angka-angka (penunjukkan berat jenis secara langsung) dalam satuan gr/cm^3 .

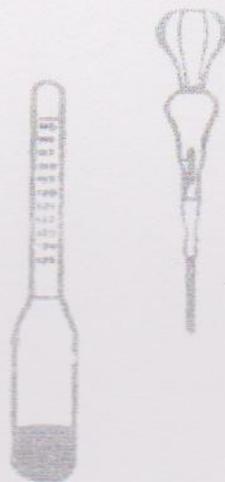
- Areometer yang dilengkapi hanya dengan warna-warna yang berarti :

Merah : batere tidak mempunyai tenaga listrik yang besar atau sudah mati.

Biru : batere mempunyai tenaga listrik $\pm 50\%$

Kuning : full charge

Batere mempunyai tenaga listrik 90 – 100%



Gambar 2.15 Hydrometer

Untuk koreksi pembacaan berat jenis elektrolit batere dengan hydrometer terhadap kenaikan atau penurunan temperatur dengan ketentuan sebagai berikut :

a. Pada batere timah hitam:

- Untuk kenaikan temperatur setiap $1,5^{\circ}\text{C}$ diatas temperatur $1,5^{\circ}\text{C}$ maka ditambahkan 1 point yaitu 0,0001 terhadap pembacaan.
- Untuk turunnya temperatur setiap $1,5^{\circ}\text{C}$ dibawah temperatur $1,5^{\circ}\text{C}$, maka dikurangi 1 point / 0,001 terhadap pembacaan.

Koreksi pembacaan tersebut bila dirumuskan maka sebagai berikut :

$$B_j(s) = B_j(hs) + \frac{(t_s - 15)}{1,5} \times 0,001 \dots\dots\dots (2-1)$$

Dimana : $B_j(s)$ = harga berat jenis larutan asam belerang sebenarnya

$B_j(hs)$ = pembacaan pengukuran berat jenis larutan asam
belerang pada hydrometer (gr/cm^3)

t_s = temperatur larutan asam belerang ($^{\circ}\text{C}$)

b. Pada batere alkali

Untuk kenaikan temperatur setiap 2°C diatas temperatur $1,5^{\circ}\text{C}$ maka dikurangi 1 poin yaitu 0,001 terhadap pembacaan.

Koreksi pembacaan tersebut bila dirumuskan adalah sebagai berikut :

$$B_j(s) = B_j(hs) + \frac{(t_s - 15)}{2} \times 0,001 \dots\dots\dots (2-2)$$

Dimana : $B_j(s)$ = harga berat jenis larutan asam belerang sebenarnya

$B_j(hs)$ = pembacaan pengukuran berat jenis larutan asam
belerang pada hydrometer (gr/cm^3)

t_s = temperatur larutan asam belerang ($^{\circ}\text{C}$)

2.5 Karakteristik batere

Ada beberapa hal yang mempengaruhi karakteristik dari suatu batere yaitu tegangan, kapasitas, pengosongan sendiri dan efisiensi.

2.5.1 Tegangan

Besar tegangan dari suatu sel batere ditentukan oleh material plat-plat positif dan negatif, cairan elktrolit dan sistem elektro kimia (*electron chemical*) yang digunakan oleh ukuran dan banyaknya plat-plat dalam suatu sel batere pada tabel 2.7 diperlihatkan besar tegangan nominal sel batere berdasarkan jenis batere.

Tabel 2 . 7 Besar tegangan nominal sel batere berdasarkan jenis batere.

Jenis batere	Tegangan per sel
Timah hitam : - lead-antimony	2,0 volt
- lead-calcium	2,0 volt
Alkali : - nickel-cadium (Ni-Cd)	1,2 volt
- nickel-Iron (Ni-Fe)	1,2 volt

Pada sel batere timah hitam, besar tegangan sel batere bervariasi dengan berat jenisnya, semakin tinggi harga berat jenis elektrolit dalam batere maka semakin besar tegangannya.

Besar tegangan sel-batere timah hitam dalam keadaan sel batere "open circuit" pada temperatur 25°C (22°F), dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$V_{pc} = B_j + 0,84 \dots\dots\dots (2-3)$$

Dimana : V_{pc} = tegangan sel batere (volt)

B_j = berat jenis cairan elektrolit (gr/cm^3)

2.5.2 Kapasitas

Kapasitas suatu batere, adalah menyatakan besar arus listrik (ampere) batere yang dapat disuplai / dialirkan kesuatu rangkaian luar atau beban dalam jangka waktu (jam) tertentu, untuk memberikan tegangan tertentu. Kapasitas suatu batere (Ah) dinyatakan sebagai berikut :

$$C = I \times t \dots\dots\dots (2 - 4)$$

Dimana C = Kapasitas batere (Ah)

I = besar arus yang mengalir (A)

T = waktu (jam)

Pada batere alkali nickel-cadium (Ni-cd), umumnya kapasitas batere dinyatakan dalam C_5 atau C_{10} .

C_5 atau C_{10} menyatakan kapasitas batere dalam Ah yang tersedia selama 5 jam (untuk C_5) atau 10 jam (untuk C_{10}) sedangkan pada batere timah-hitam umumnya kapasitas batere (Ah) yang tersedia adalah selama 8 jam dan 10 jam.

Kapasitas suatu batere juga ditentukan oleh banyak faktor seperti :

1. Harga pengosongan (*discharge-rate*)

Semakin besar arus pengosongan (*discharge*) akan mengakibatkan turunnya tegangan sel – batere, sehingga membatasi kapasitas sel-batere tersebut.

2. Temperatur

Proses reaksi kimia akan bertambah besar pada temperatur yang tinggi. Juga tahanan dalam sel batere dan berat jenis dari elektrolit akan berkurang sehingga rugi tegangan dalam sel-batere akan kecil dan kerugian daya juga berkurang. Oleh karena itu bila temperatur batere naik, maka kapasitas batere akan bertambah, tetapi umur dari batere tersebut akan berkurang.

3. Berat Jenis

Berat jenis elektrolit akan mempengaruhi kapasitas suatu batere, semakin tinggi berat jenis elektrolit maka elektrolit akan mempunyai tahanan listrik yang rendah, sehingga tegangan terminal sel-batere dapat dipastikan lebih baik.

Dengan berubahnya berat jenis dari sel batere akan memberikan pengaruh terhadap batere tersebut sebagai berikut :

Berat Jenis Tinggi	Berat jenis rendah
<ul style="list-style-type: none"> - Kapasitas bertambah besar - Umur lebih pendek - Arus pengosongan sesaat lebih sedikit perubahan dalam operasi secara terapung (<i>floating</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Kapasitas berkurang - Umur lebih panjang - Arus pengosongan sesaat lebih kecil

2.5.3 Pengosongan sendiri (*self – discharge*)

Terjadinya pengosongan sendiri pada suatu sel batere adalah merupakan suatu kerugian kapasitas batere, oleh karena adanya reaksi-reaksi pada plat-plat positif dan negatif. Besarnya harga pengosongan sendiri terutama tergantung dari teperatur elektrolit, semakin tinggi temperatur suatu elektrolit semakin tinggi pula harga pengosongan sendirinya.

2.5.4 Efisiensi

Efisiensi suatu batere didefinisikan sebagai prosentase (%) ratio dari kapasitas disuply batere pada pengosongan (*discharge*) terhadap kapasitas (Ah) pengisian (*Charge*), yang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{cd}{cc} \times 100\% \quad \eta = \frac{I_d \times t_d}{I_c \times 100\%} \times 100\% \dots\dots\dots (2 - 5)$$

dimana : η = efisiensi kapasitas batere (%)

cc, cd = waktu pengisian, pengosongan (Ah)

I_c, I_d = arus rata-rata pada pengisian, pengosongan (A)

2.6 Instalasi Batere

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melaksanakan pemasangan suatu instalasi batere adalah sebagai berikut :

2.6.1 Ventilasi

Bilamana pemasangan suatu batere dilakukan dalam ruangan tertutup, untuk menjamin sirkulasi udara yang cukup, ruangan haruslah dilengkapi dengan kipas angin (*exhaust-fan*)

Keadaan ventilasi disekeliling ruangan harus normal untuk mengeluarkan gas-gas yang berupa campuran hydrogen dan oxigen yang terjadi selama pengisian. Dan suhu ruangan batere tidak boleh lebih dari 38°C untuk batere timah hitam dan 45°C untuk batere alkali.

Ventilasi atau volume udara yang mengalir dapat dirancang sebagai berikut :

- Untuk instalasi didaratan (*land instalation*):

$$Q = 55 \times n \times I \dots\dots\dots (2 - 6)$$

- Untuk instalasi dilautan (*marine instalation*):

$$Q = 110 \times n \times I \dots\dots\dots (2 - 7)$$

Dimana : Q = volume udara (liter/jam)

n = jumlah sel batere

I = arus pengisian pada akhir pengisian atau dalam keadaan pengisian terapung (*float - charging*), $I = 0,01 \times C$

(c = kapasitas nominal batere)

Bilamana batere sedang dilakukan pemeriksaan, maka semua pintu dan jendela ruangan batere harus dibuka.