

# Materi 1

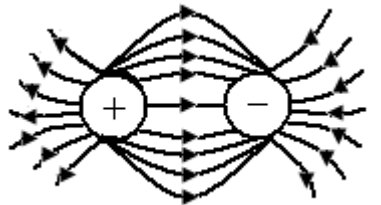
## ELEKTROSTATIKA

Sifat muatan listrik dan beberapa definisinya :

- ✘ Jika pada suatu atom jumlah atom muatan positif sama dengan jumlah muatan negatif disebut "atom netral".
- ✘ Apabila atom kekurangan elektron, atom ini bermuatan positif (Positively Charged) disebut ion positif.
- ✘ Sebaliknya atom yang kelebihan elektron disebut atom bermuatan negatif (Negatively Charged) disebut ion negatif.

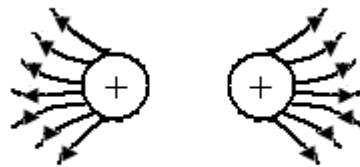
### GARIS GAYA

*Muatan berpasangan*



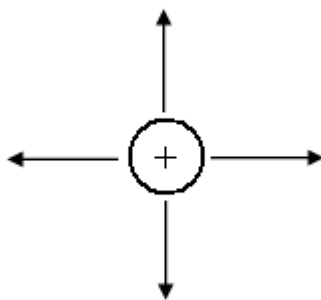
Keluar

Masuk

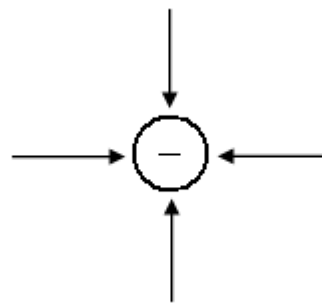


Tolak menolak

*Tanpa pasangan*



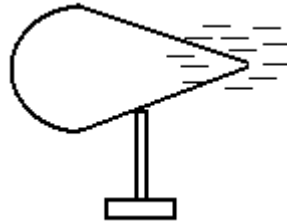
Keluar



Masuk

Jika terjadi interaksi sejenis maka muatan akan saling tolak menolak dan jika interaksi terjadi antara muatan yang tidak sejenis maka akan saling tarik menarik.

- ✘ Muatan-muatan listrik selalu ingin berkumpul pada bagian-bagian benda yang runcing atau tipis



- ✘ Muatan-muatan listrik yang terjadi menyebabkan beda potensial pada benda tersebut.



**Terjadinya muatan listrik dapat disebabkan oleh :**

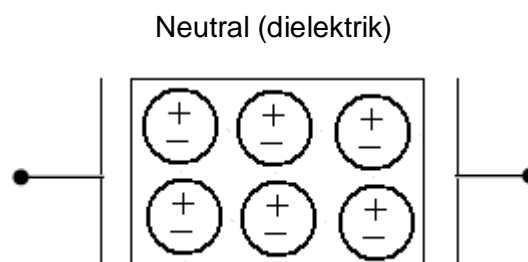
1. Karena gesekan

Contohnya :

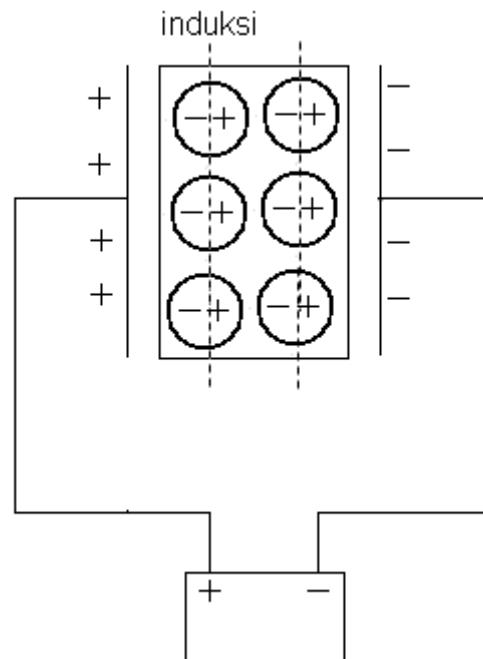
- Gelas digosok oleh bulu
- Material bergesekan dengan udara
- Material bergesekan dengan zat cair
- Awan bergesekan dengan uap air atau debu, dll

2. Karena induksi

Contohnya :

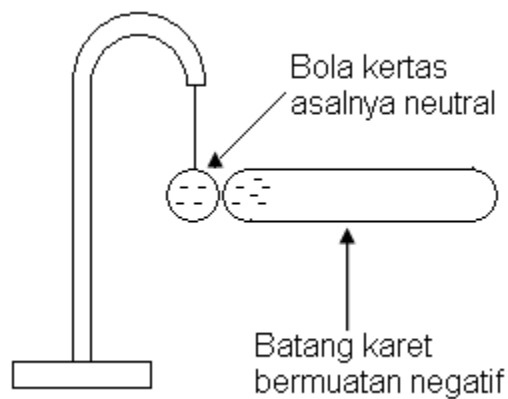


Setelah dihubungkan ke plat bermuatan



Bila sepotong benda neutral didekatkan (ditempelkan) pada benda yang bermuatan maka sebagian muatan akan berpindah ke tempat benda neutral.

Contoh lain :



- ✘ Semua benda bisa di netralkan oleh bumi
- ✘ Bumi selalu bermuatan neutral

## **PETIR**

Gesekan antara uap air dan udara atau debu dapat mengakibatkan muatan listrik yang lama-kelamaan potensial listriknya menjadi sangat besar (Mega Volt). Muatan listrik itu akan saling menetralkan dengan awan lain sehingga terjadi **petir**, atau bisa juga muatan-muatan dari awan pindah ke bumi melalui bagian bumi yang menjulang ke atas.

Petir sering terjadi pada awan **kumulus** dan **kumulunimbus**, ciri-cirinya menjulang tinggi dan gelap. Jenis awan ini bisa ditangkap oleh radar pesawat udara sehingga pilot bisa menghindarinya.

## **ELEKTROSTATIKA PADA PESAWAT**

Setiap pesawat terbang yang bergerak di udara akan mengalami gesekan dengan udara, debu, air hujan atau salju, akibatnya pada badan pesawat (fuselage) dan bagian-bagian lain seperti sayap (wing) ; ekor (emperage) akan terkumpul muatan **elektrostatika**.

Potensial pada bagian-bagian besarnya bisa tidak sama jika masing-masing bagian terisolasi akan terjadi loncatan listrik yang dikenal dengan istilah **spark (bunga api)** dan sering mengakibatkan gangguan komunikasi (radio interference) atau **noise**.

Untuk menanggulangi spark komponen-komponen pesawat diberi **bonding**, yaitu memberi metal atau kawat bertahanan rendah antara bagian-bagian pesawat.

Bagian-bagian yang perlu diberi bonding :

- Ailerons
- Flaps, dengan bagian badan dan sayap
- Rudder

Alat-alat elektronika

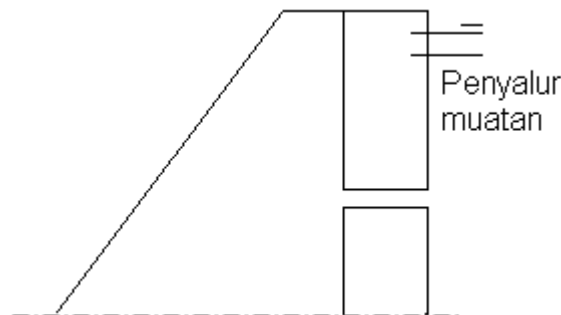
- Kabel yang dialiri arus AC, dapat menimbulkan / terjadi muatan elektrostatik.  
Supaya tidak mengganggu perlu diberi **shielding**.

Pada pesawat jet pembuangan gas panas dengan kecepatan tinggi menimbulkan elektrostatika pada "**tailpipe**".

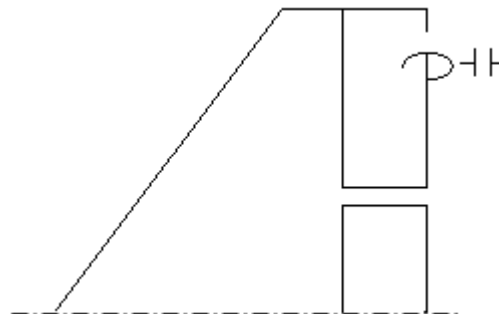
Untuk menetralkan muatan-muatan elektrostatika pada pesawat dinetralkan ke udara dengan cara disambung ke bagian runcing. Pembuangan muatan dengan cara ini disebut

"**corona discharge**" dan keluar dengan frekuensi tinggi dapat dilihat diwaktu malam dengan warna kemerahan. **Corona discharge** dapat mengakibatkan gangguan radio (komunikasi). Penanggulangannya dibagian yang runcing dipasang "**static discharge wick**", yaitu menyalurkan elektrostatis melalui wool bercampur metal. **Static discharge wick** dipasang pada :

- Wing tip kiri ; kanan
- Aileron paling luar
- Vertikal stabilizer
- Ujung elevator control surface



Pada pesawat modern (jenis jet), static discharge yang dipakai "**Nul Field Discharge**".

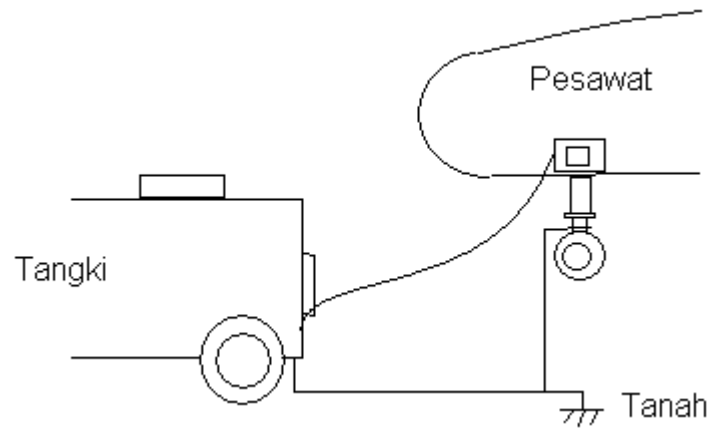


Elektrostatis bisa juga timbul pada waktu mengisi bahan bakar (**refueling**). Bahan bakar yang mengalir melalui pipa (hose) ke pesawat terbang akan mengakibatkan timbulnya muatan-muatan listrik yang akan berkumpul di bagian ujung pipa "**nozzle**". Bila diantara badan pesawat dan pipa terjadi beda potensial dapat mengakibatkan **spark**, hal ini sangat berbahaya karena dapat menimbulkan kebakaran karena spark dan dapat membakar uap bahan bakar.

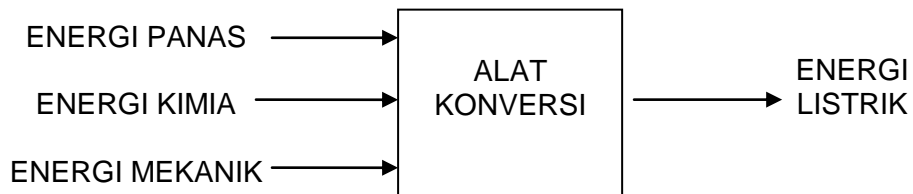
Penanggulangan dari spark :

- Badan pesawat
- Tangki bahan bakar

Bagian-bagian tersebut disambungkan ke tanah.



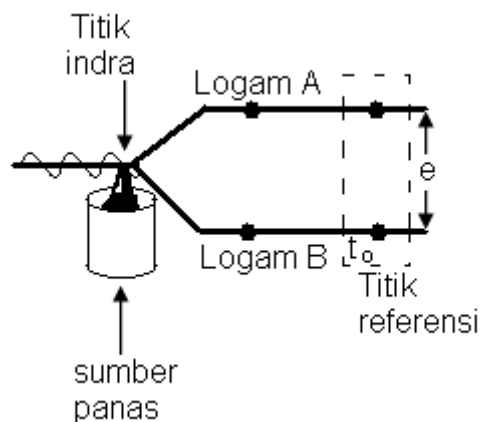
## Materi 2 SUMBER-SUMBER LISTRIK



### ENERGI PANAS

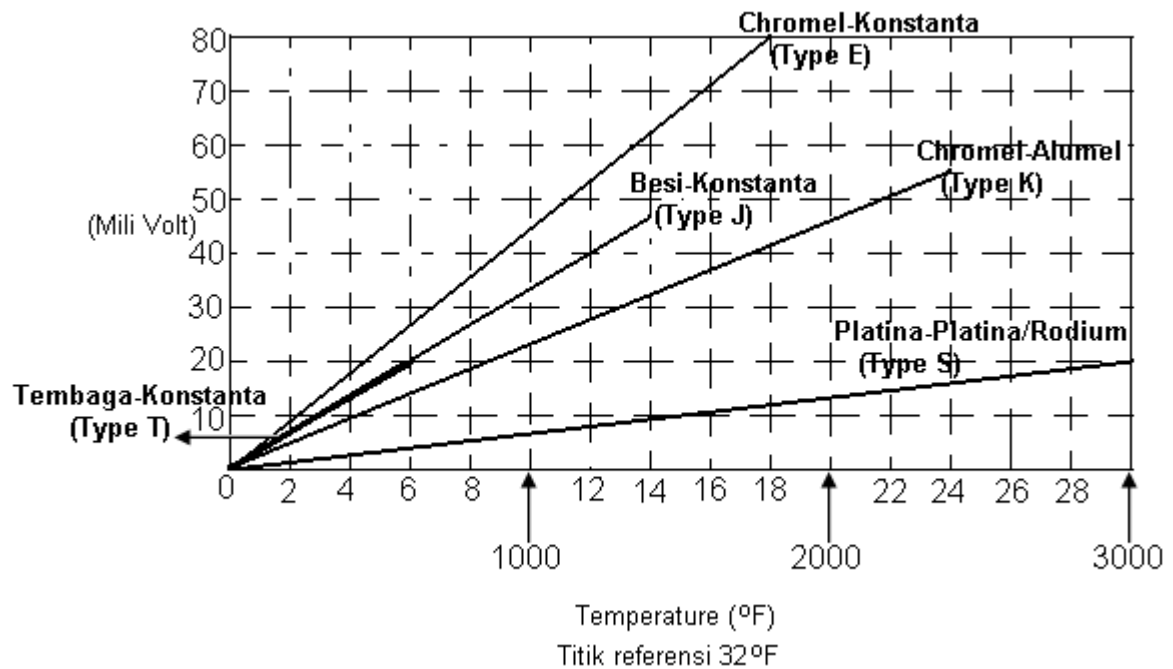
#### ✘ Thermo couple

Bila dua buah logam berbeda jenis dihubungkan bersama-sama pada satu ujung (ujung pengindra / ujung panas) dan pada ujung lain dipertahankan pada temperatur konstan (referensi) maka pada ujung referensi terdapat beda potensial (efek seebeck).



Besarnya GGL termal bergantung pada bahan kawat yang digunakan dan pada selisih temperatur antara titik indra dan titik referensi.

Pada titik referensi 32 °F dapat ditunjukkan perbedaan GGL antara dua logam yang sering digunakan pada thermo couple, sebagai berikut :



Thermo couple sering digunakan untuk kepentingan pengukuran temperatur baik cairan atau udara untuk pengukuran jarak jauh bisa digunakan sambungan / perpanjangan (*extention wires*) khusus disebut kawat kompensasi yang dibuat dari bahan yang sama dengan bahan yang dibuat pada thermo couple.

## ENERGI KIMIA

Jika dua jenis logam yang berbeda di celupkan pada elektrolit maka akan terjadi beda potensial (proses elektro kimia). Beda potensial yang terjadi diteliti oleh **Volta** yang dikenal dengan **Deret Volta** atau **Deret Nern**.

Potensial standard Redoks pada temperatur 25°C terhadap elektron Hydrogen, sebagai berikut :

$\text{Au} \longrightarrow \text{Au}^{+3} + 3\text{e}$	+1,498 volt
$\text{O}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} \longrightarrow 2 \text{H}_3\text{O}$	+1,229 volt
$\text{Pt} \longrightarrow \text{Pt}^{+2} + 2\text{e}$	+1,22 volt
$\text{Pd} \longrightarrow \text{Pd}^{+2} + 2\text{e}$	+0,987 ....
$\text{Ag} \longrightarrow \text{Ag}^{+2} + 2\text{e}$	+0,799
$2\text{Hg} \longrightarrow \text{Hg}^{+2} + 2\text{e}$	+0,788
$\text{O}_3 + 2 \text{H}_3\text{O}_2 + 4\text{e} \longrightarrow 4 \text{OH}$	+0,401
$\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}^{+2} + 2\text{e}$	+0,337
$\text{Sn}^{+4} + 2\text{e} \longrightarrow \text{Sn}^{+2}$	+0,15
$2 \text{H}^+ + 2\text{e} \longrightarrow \text{H}_2$	0,00



$\text{Pb} \longrightarrow \text{Pb}^{+2} + 2\text{e}$	-0,126 volt
$\text{Sn} \longrightarrow \text{Sn}^{+2} + 2\text{e}$	-0,136 volt
$\text{Ni} \longrightarrow \text{Ni}^{+2} + 2\text{e}$	-0,250 volt
$\text{Co} \longrightarrow \text{Co}^{+2} + 2\text{e}$	-0,277 ....
$\text{Cd} \longrightarrow \text{Cd}^{+2} + 2\text{e}$	-0,403
$\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{+2} + 2\text{e}$	-0,440
$\text{Cr} \longrightarrow \text{Cr}^{+3} + 3\text{e}$	-0,744
$\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{+2} + 2\text{e}$	-0,763
$\text{Al} \longrightarrow \text{Al}^{+3} + 3\text{e}$	-1,662
$\text{Mg} \longrightarrow \text{Mg}^{+2} + 2\text{e}$	-2,363
$\text{Na} \longrightarrow \text{Na}^{+} + \text{e}$	-2,714
$\text{K} \longrightarrow \text{K}^{+} + \text{e}$	-2,925

Konversi energi kimia menjadi energi listrik terdapat dua jenis / golongan, yaitu :

(a) Primary cell / sel primer

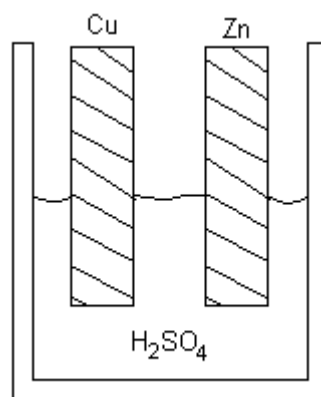
- Voltaic cell
- Leclance cell
- Standard cell

(b) Secondary cell / sel sekunder

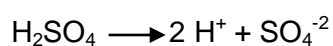
## SEL PRIMER

### 1. VOLTAIC CELL

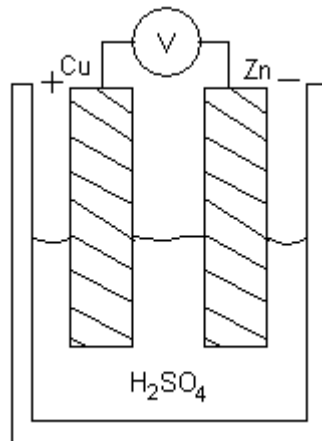
- Elektroda terbuat dari **Tembaga** (Cu) atau **Seng** (Zn).
- Larutan / elektrolit yaitu **Asam Sulfat** ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).



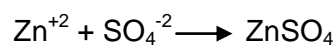
Pada saat elektroda di celupkan ke elektrolit terjadi reaksi kimia pada elektrolit.



Pada elektrolit Cu terjadi  $\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}^{+2} + 2\text{e}$  (melepaskan elektron ke larutan)



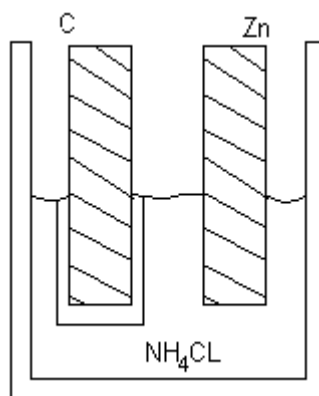
Pada elektroda Zn melepaskan ion ke larutan sehingga



Dalam hal ini karena Zn melepaskan ion positif ke larutan maka Zn akan menjadi elektroda **negatif** ; sebaliknya karena Cu melepaskan elektron ke larutan maka elektroda Cu menjadi elektroda **positif**.

Hydrogen dari hasil reaksi akan menempel di elektroda Cu sehingga mengakibatkan polarisasi dan mengotori elektroda Cu.

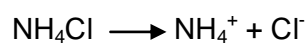
## 2. ELEMEN LECLANCHE



Carbon / araf dilapisi oleh  $\text{MnO}_2$  untuk menghindari terjadinya polarisasi.

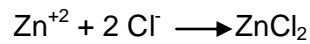
- Elektroda terbuat dari **C** (Carbon) sebagai elektroda positif dan **Zn** sebagai elektroda negatif.
- Elektrolit terbuat dari  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Pada elektrolit terjadi ionisasi

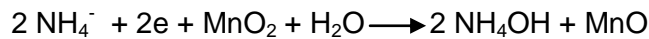


Jika elektroda disambungkan maka akan terjadi :

Ion  $\text{Cl}^-$  akan menuju ion positif dari  $\text{Zn}^{+2}$  sehingga terjadi reaksi :



$\text{NH}_4^+$  akan menuju Carbon (C) dan menerima elektron dari elektroda C dan terjadi reaksi :



Selama terjadi reaksi dalam cell tersebut akan membentuk :

$\text{ZnCl}_2$             didekat elektroda Zn

$\text{NH}_4\text{OH}$             didekat elektroda C

$\text{MnO}_2$             berubah menjadi MnO

Perbedaan potensial kira-kira 1,4 sampai dengan 1,5 volt pada umumnya ditemui dalam bentuk elemen kering (dry cell).

## SEL SEKUNDER

Pada sel sekunder setelah dipakai dapat diisi kembali (charge). Elektroda-elektroda pada sel sekunder dapat dikembalikan ke keadaan semula.

Jika sel sekunder dikumpulkan lebih dari satu membentuk rangkaian seri disebut **battery** atau **accumulator**.

Jenis-jenis sel sekunder adalah :

- Lead Acid Battery
- Nickle Cadmium Battery

Lead Acid Battery dibandingkan Ni Cad adalah :

- Perbedaan voltage lebih besar
- Konstruksi mudah retak

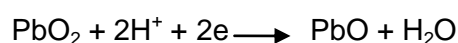
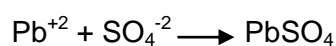
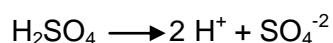
## LEAD ACID BATTERY

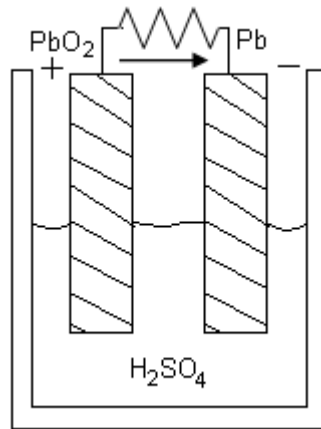
Terdiri dari elektroda :

- Elektroda positif  $\text{PbO}_2$
- Elektroda negatif Pb

Elektrolit terbuat dari campuran  $\text{H}_2\text{SO}_4$  di tambahkan dengan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Selama proses berlangsung terjadi reaksi sebagai berikut :



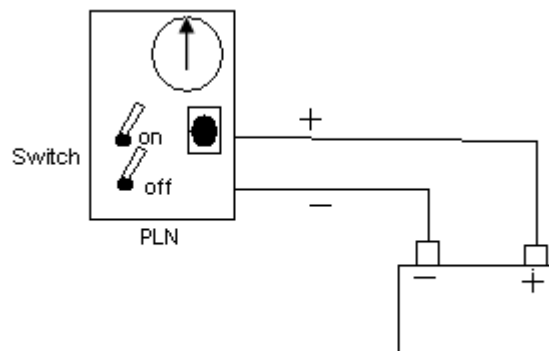


Selama discharge kedua plat akan dilapisi oleh  $\text{PbSO}_4$ , sedang didalam elektrolit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  akan berkurang menjadi  $\text{H}_2\text{O}$  (air).

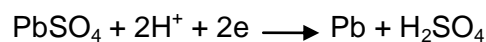
Perbedaan voltage antara elektroda positif dan elektroda negative sekitar 2,0 s/d 2,1 volt dan konstan pada beda potensial 2,0 volt.

Biasanya lempengan dibentuk luas agar kapasitas baterry menjadi besar dan untuk menguatkan electron supaya tidak terlalu lunak dipasang grid terbuat dari 10 % antimony dan 90 % Pb.

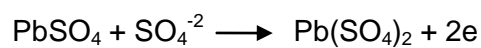
### PENGISIAN (CHARGING)



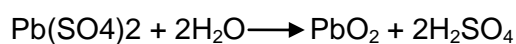
Pada plat negatif



Pada plat positif



Dan



Battery baru atau isi penuh elektrolitnya mempunyai perbandingan.

30% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan 70% air dan mempunyai berat jenis 1,300 x berat jenis air. Untuk mengukur accu masih penuh atau kosong (terpakai) digunakan alat **hydrometer**. Alat ini bekerja menggunakan prinsip Archimedes dimana tabung kaca rapat terhadap udara akan terapung di dalam elektrolit tinggi rendahnya apungan dipengaruhi oleh berat jenis elektrolit.

Battery penuh akan menunjukkan 1,300 – 1,275

Battery setengah penuh akan menunjukkan 1,275 – 1,250

Battery kosong akan menunjukkan 1,250 – 1,200

Dan kondisi ini dipengaruhi oleh temperatur sehingga ada faktor koreksi.

Berat jenis yang normal pada temperatur 70<sup>0</sup> - 90<sup>0</sup>F, sebagai berikut :

Temperatur Elektrolit (°F)	Koreksi
120	+16
110	+12
100	+8
90	Tidak ada koreksi
80	Tidak ada koreksi
70	Tidak ada koreksi
60	-8
50	-12
40	-16
30	-20
20	-24
10	-28
0	-32
-10	-36
-20	-40
-30	-44

Perubahan kimia pada Lead Acid Battery selama charge dan discharge

	Charge state	Chemical charge	Discharge
Positive plate	PbSO <sub>4</sub> PbO <sub>2</sub>	Losses O <sub>2</sub> Gain SO <sub>4</sub>	PbSO <sub>4</sub>
Negative plate	Pb	Gain SO <sub>4</sub>	PbSO <sub>4</sub>
Electrolyte	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Losses SO <sub>4</sub> Gain O <sub>2</sub>	PbSO <sub>4</sub>

### Materi 3

## SUMBER-SUMBER TENAGA LISTRIK DI PESAWAT

Battery (di Pesawat) → untuk keadaan darurat.

GPU (Ground Power Unit) →

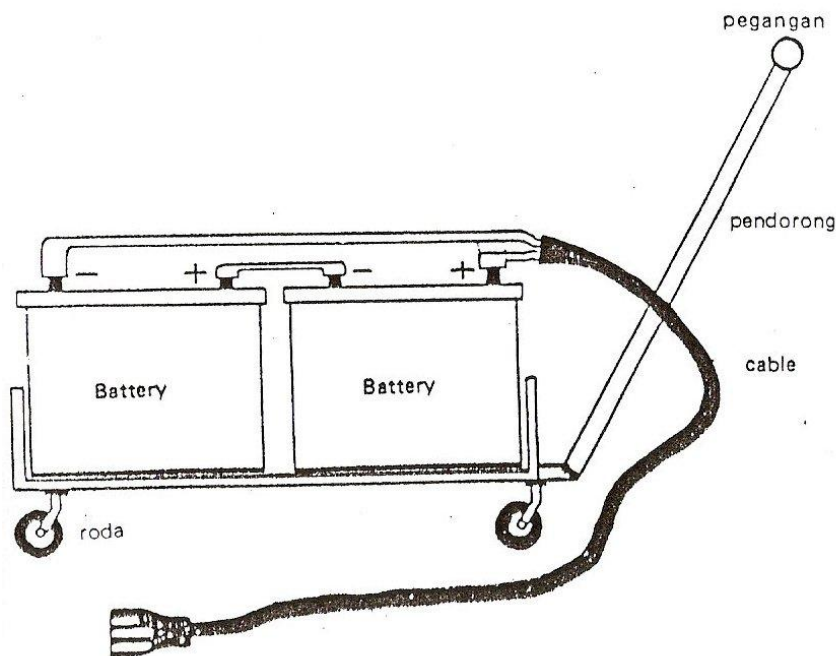
- Kondisi di darat
- Untuk Start (menghidupkan mesin bagi pesawat yang startnya menggunakan motor listrik
- Pengetesan lampu penerangan
- Perawatan system yang dilakukan di darat.

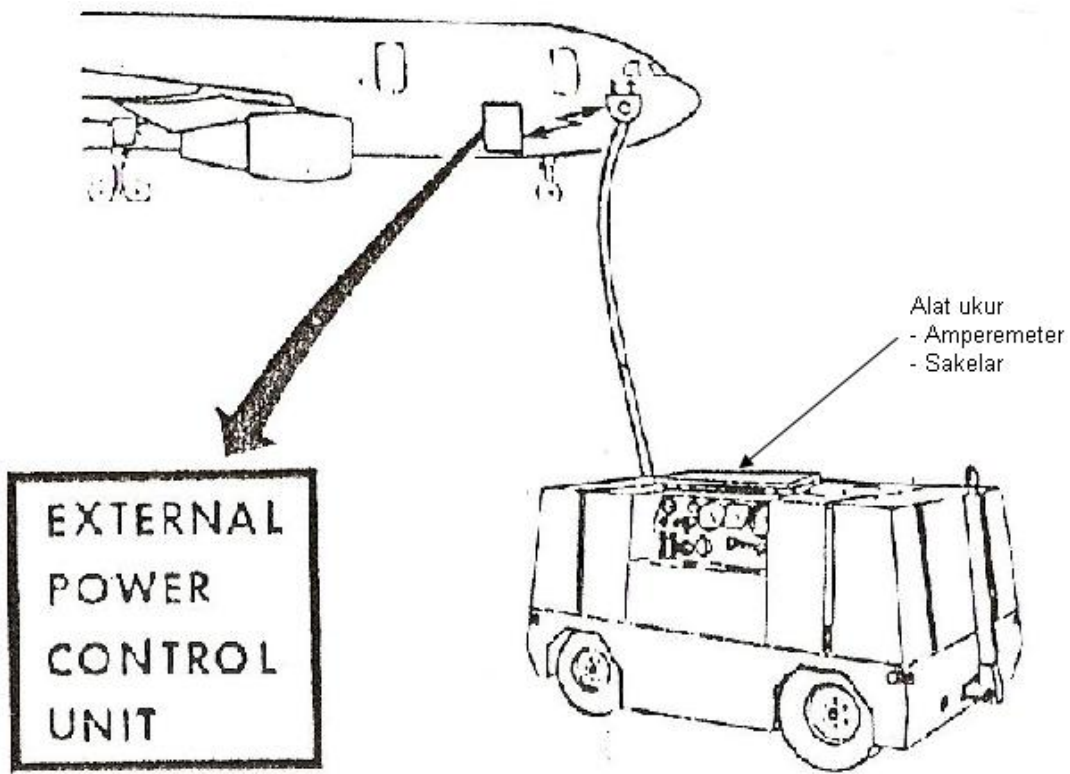
APU (Auxilliary Power Unit) → Tenaga listrik bantu yang letaknya dipesawat

Jenis GPU, ada dua :

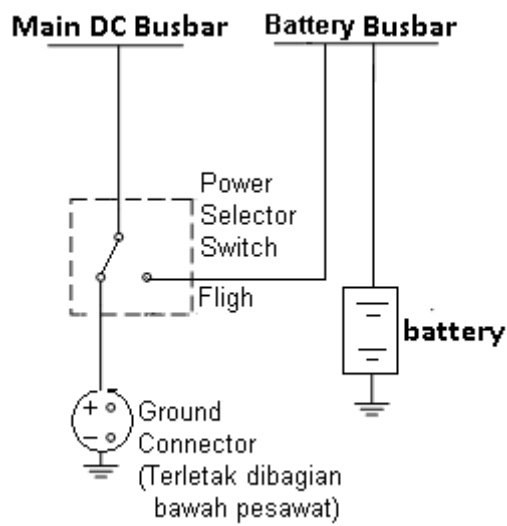
1. DC, dari battery atau mesin DC
2. AC, dari Gen Set

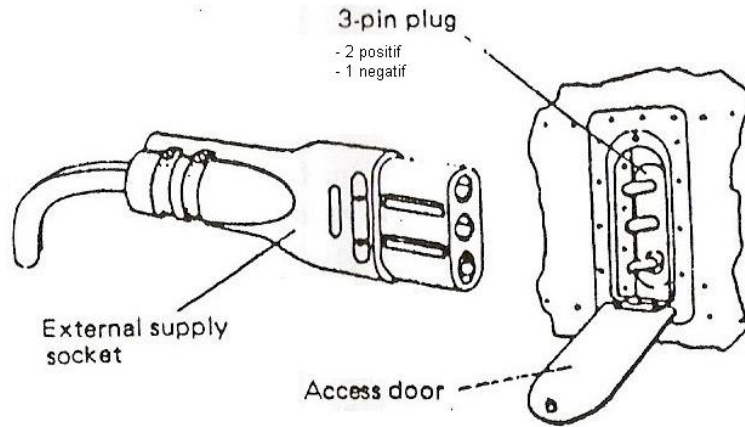
Berikut Seri dua buah Battery GPU untuk pesawat kecil





### Rangkaian Dasar GPU

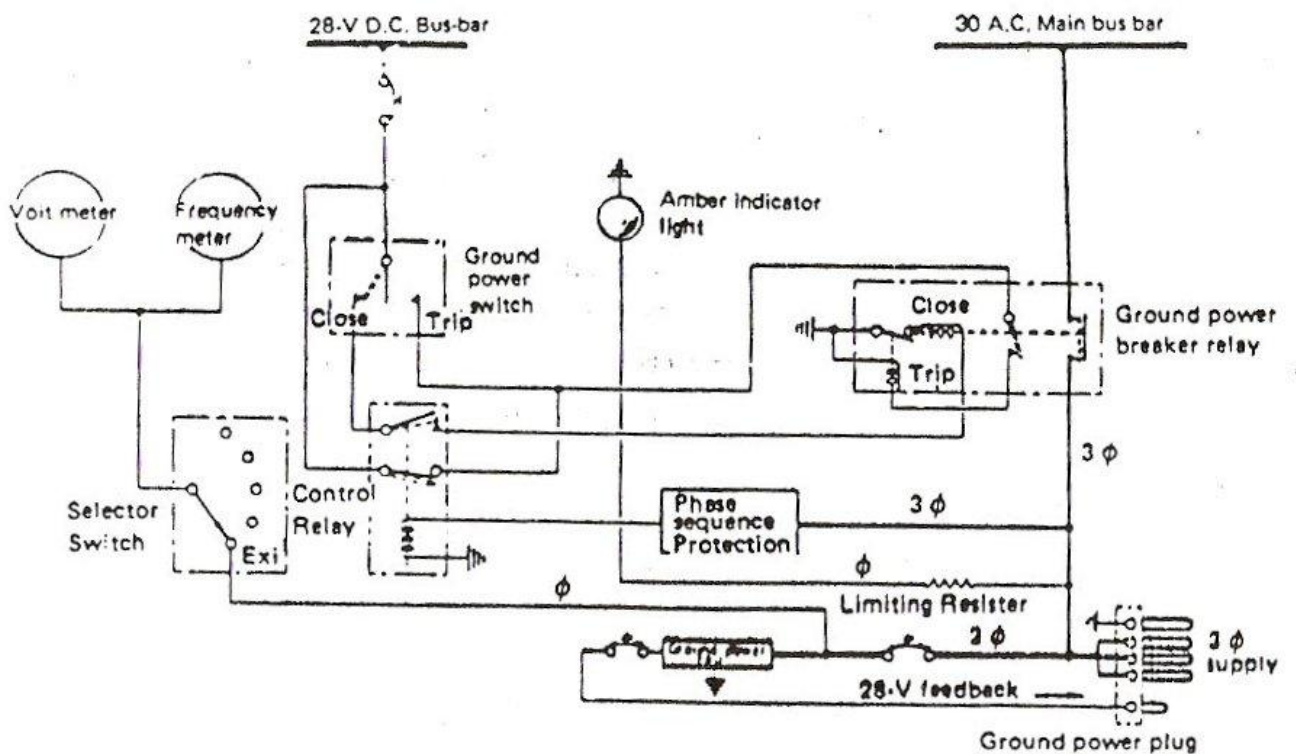




### Sistem Listrik Arus Bolak Balik

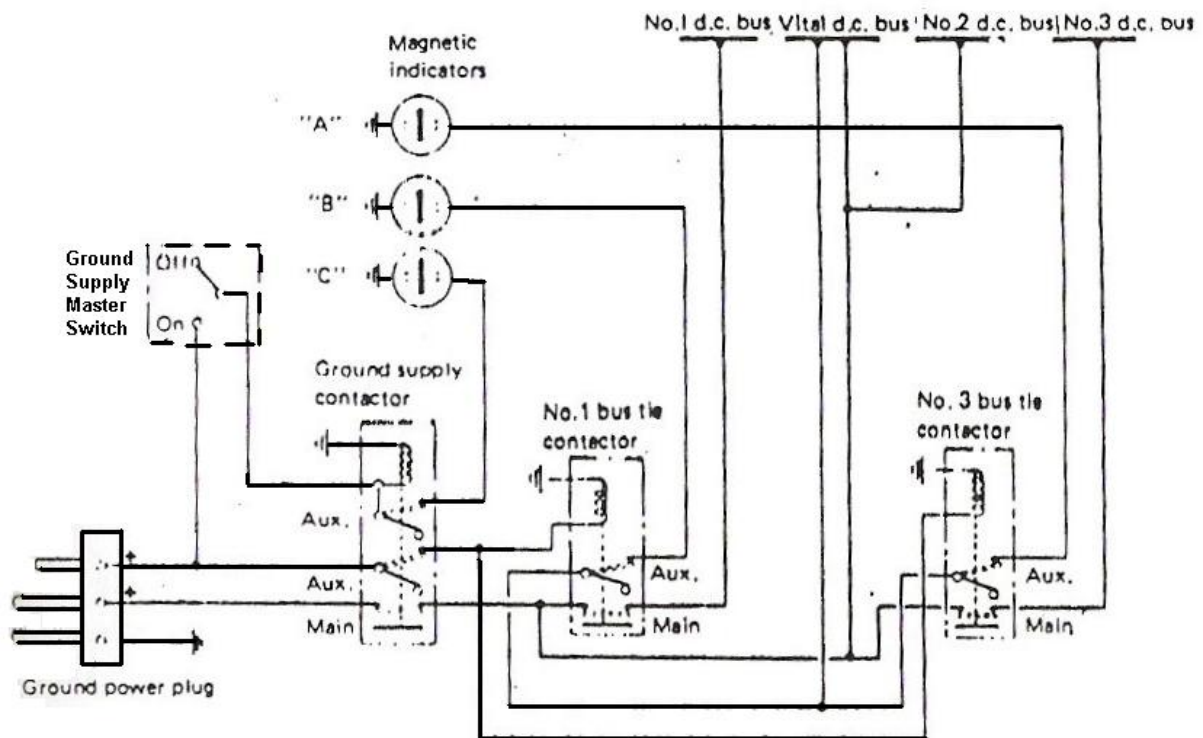
Sumber AC yang digunakan bisa 1 fasa atau 3 fasa dengan tegangan 115 volt dengan frekuensi 400 Hz.

Pin pluk yang digunakan seperti pada gambar di bawah ini :

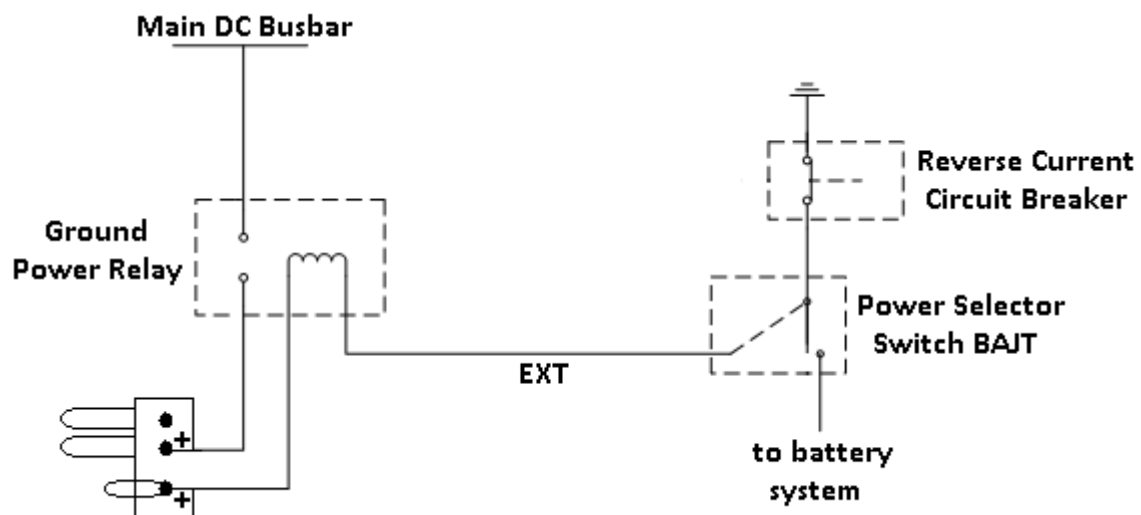




## Sistem GPU dengan Multi Busbar



## Rangkaian Tiga Pin Pluk dalam Pesawat Terbang



Jika soket dihubungkan yang akan terhubung 2 soket yang lebih panjang pada saat itu GPU belum tersambung ke Busbar karena walaupun dua pin telah terhubung tetapi **Ground Power Relay belum menutup**, jika soket dimasukkan terus maka pin yang pendek berhubungan dan arus mengalir menuju sakelar (power switch selector) yang sebelumnya telah diarahkan ke posisi EXT dan menuju ke ground atau negative maka relay akan menutup dan sumber arus besar mengalir dari sumber arus darat ke busbar utama tanpa

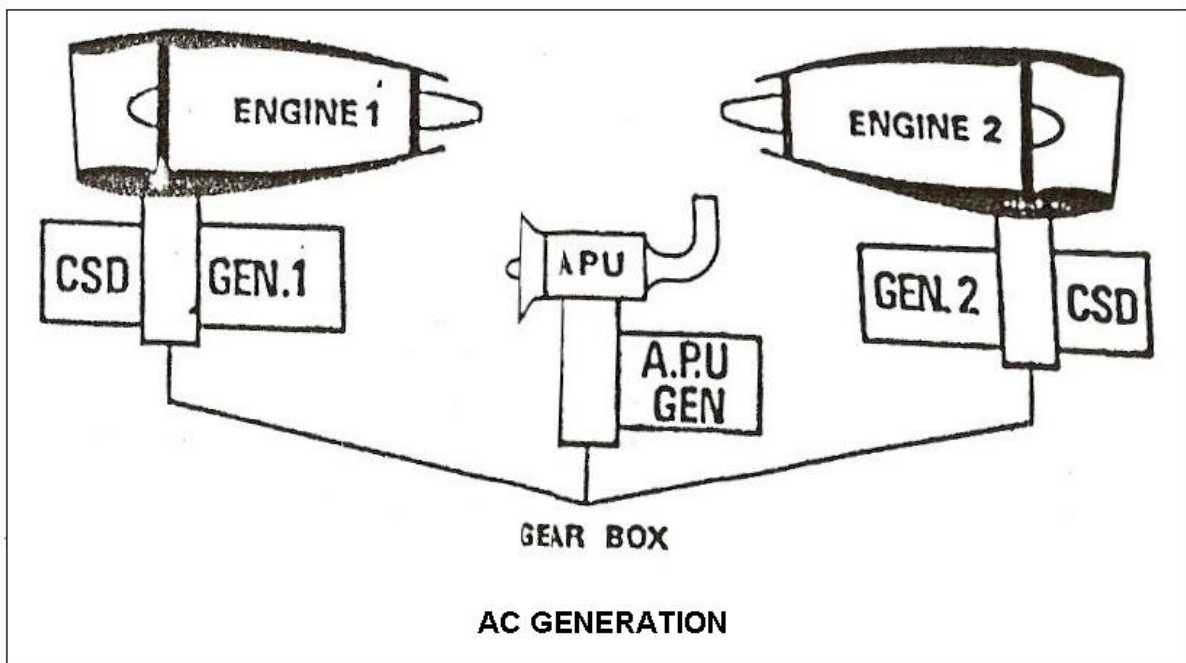
terjadi percikan bunga api pada soket dan pin karena pada saat arus mengalir soket telah terhubung dengan baik.

Apa yang terjadi pada proses pelepasan socket ?

### Sumber Tenaga Bantu Listrik Terbang (APU)

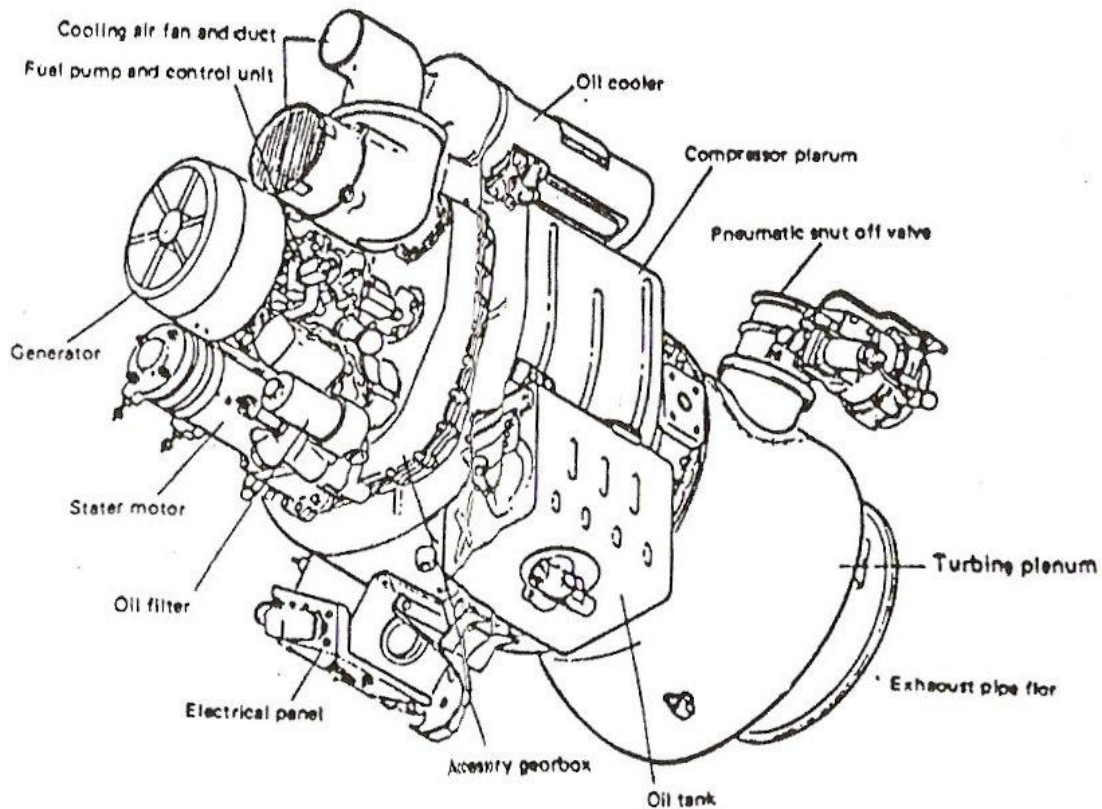
Pesawat – pesawat yang besar kebutuhan sumber tenaga bantu, tidak diambilkan dari luar atau dari darat melainkan dari dalam pesawat terbang sendiri. Tenaga bantu tersebut merupakan satu unit yang terdiri dari mesin penggerak (motor piston atau motor turbin gas), generator dan biasanya dilengkapi dengan kompresor untuk keperluan sistem pendingin dan pengaturan tekanan udara di dalam kabin pesawat terbang. Sumber tenaga bantu terbang atau *auxiliary power unit* disingkat APU terletak di bagian belakang/ekor dari pesawat tersebut.

Berikut skema posisi APU :



Skema diatas menunjukkan tempat dari APU. Beberapa pesawat yang besar menggunakan APU sebagai tenaga cadangan bila generator utama mengalami kerusakan, jadi APU merupakan sumber tenaga yang harus dapat melayani di darat dan selama penerbangan bila dalam keadaan darurat.

Konstruksi *Auxiliary Power Unit (APU)* dan bagian- bagiannya :



Selain menghasilkan tenaga listrik APU juga dilengkapi dengan kompresor yang menghasilkan udara bertekanan tinggi, yang digunakan untuk start mesin pesawat. Karena itu pada mesin pesawat yang besar biasanya untuk start tidak menggunakan motor listrik melainkan memakai mesin turbin tersendiri yang diputar oleh udara yang bertekanan, yang berasal dari kompresor yang berada di APU.

## Materi 4

### BATTERY

Sel dan battery sejak lama telah menjadi sesuatu yang penting dalam sistem perindustrian. Pentingnya battery dan sel meningkat karena dua trend utama. Pertama peningkatan jumlah dan aneka ragam perangkat portable. Kedua tidak terhentinya perkembangan rangkaian dan perangkat.

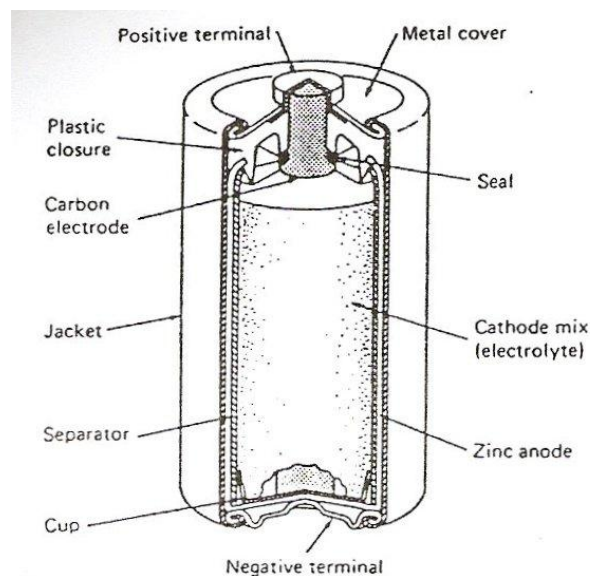
Pada sel elektrokimia, sebuah battery dapat dihubungkan seri, parallel maupun kombinasi seri dan parallel. Sel terdiri dari dua bagian yaitu sel primer dan sel sekunder.

Berikut jenis –jenis battery :

#### 1. Carbon Zinc Cell (Battery)

Battery berfungsi untuk penyimpanan daya listrik sementara. Battery mengalirkan arus searah (DC) dan memiliki banyak tipe. Battery dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu battery basah dan battery kering atau dapat diisi ulang dan tak dapat diisi ulang.

Battery disebut juga elemen kering. Pada elemen kering, elektroda positif (kutub positif) berupa batang karbon dan pembungkus terbuat dari seng yang merupakan elektroda negatif (kutub negatif). Adapun susunan sebuah battery jenis Carbon Zinc Cell sebagai berikut :



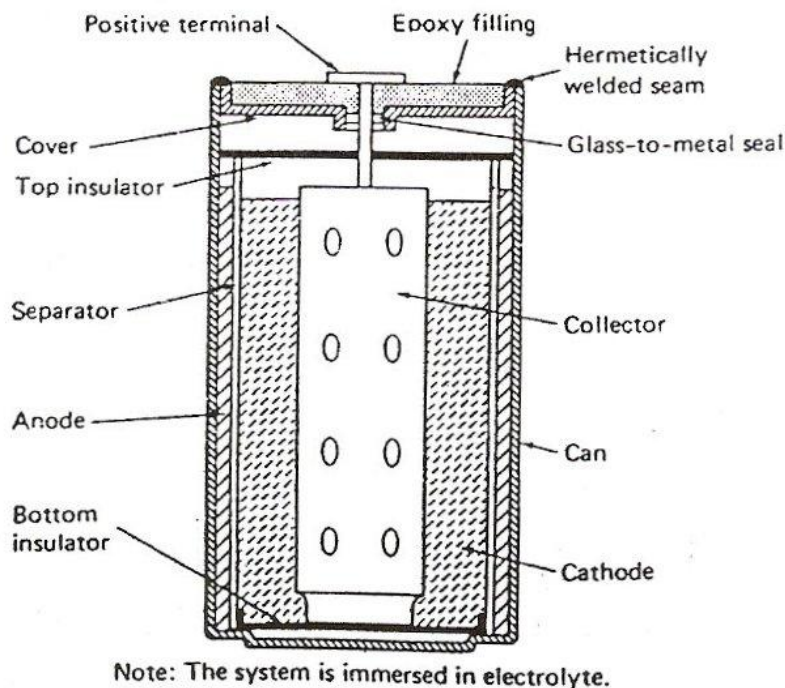
Battery jenis ini tidak dapat bertahan lama, tidak bisa melebihi 1 tahun.

## 2. Alkaline Cell

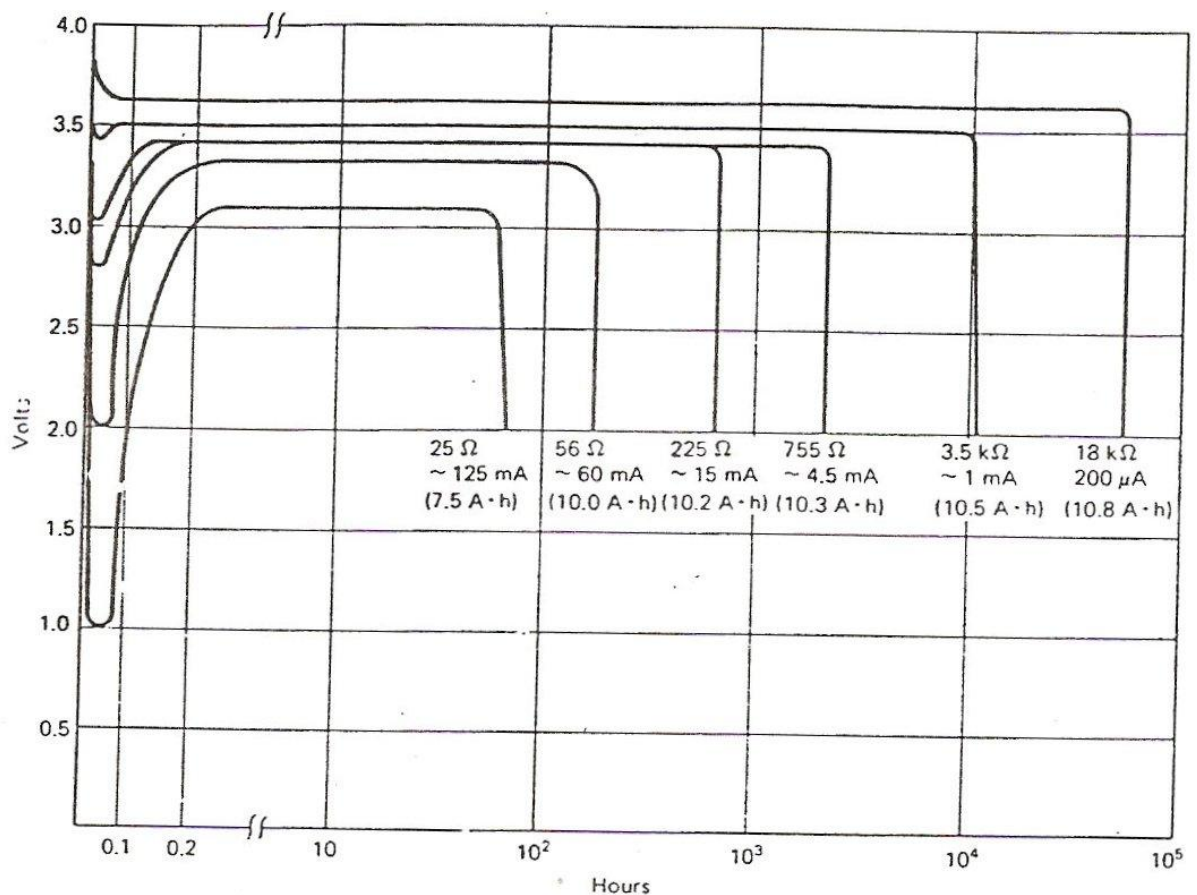
Battery Alkaline mempunyai konstruksi luar dalam yang mengalami peningkatan yang amat pesat dari konstruksi battery carbon-zinc cell. Ini juga merupakan tipe primer dan tidak dapat di *recharged*. Batang seng yang berada di tengah battery berfungsi sebagai anoda, dan elektrolit dari battery alkaline adalah *Pottasium Hydroxide* dan *Zinc Oxide*. Elektroda positifnya adalah *cylindrical manganese dioxide*, bagian ini melakukan polarisasi lebih cepat karena tempat permukaan silinder lebih besar. Hasilnya battery alkaline dapat lebih baik digunakan untuk aplikasi arus tinggi. Biasanya battery alkaline dapat bertahan hingga 3 tahun.

## 3. Lithium Cell

Battery Lithium tersedia dalam beberapa tipe. Kontruksi dari battery lithium terdiri dari sel *lithium thionyl chloride* yang menghasilkan kerapatan energi terbesar diantara sumber primer lainnya. Kerapatannya mencapai 420Wh/Kg dan 800mW/cm<sup>3</sup>. Berikut kontruksi dari battery Lithium :

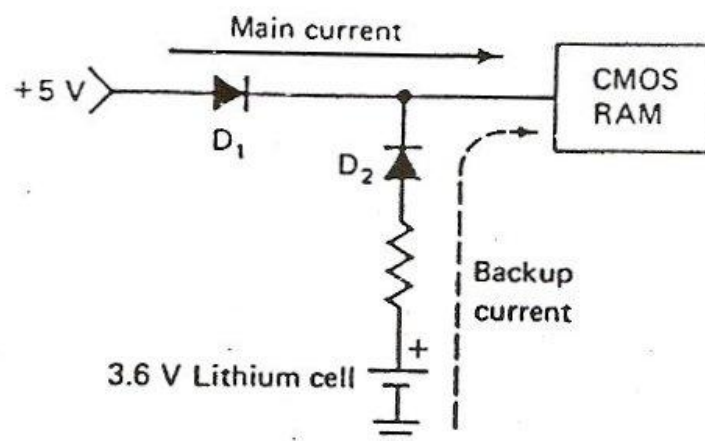


Berikut karakteristik pelepasan untuk lithium thionyl chloride cell :



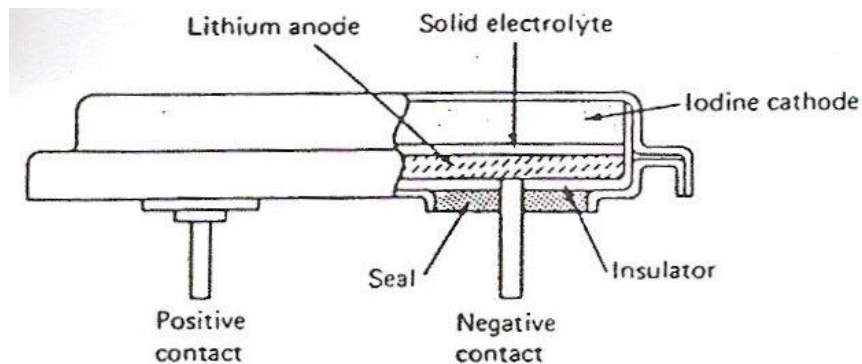
Typical discharge 25°C after 1 year storage

Berikut menunjukkan jenis rangkaian back-up untuk memory chip atau *Complementary Metallic Oxide Semiconductor Random Access Memory (CMOS RAM)*.

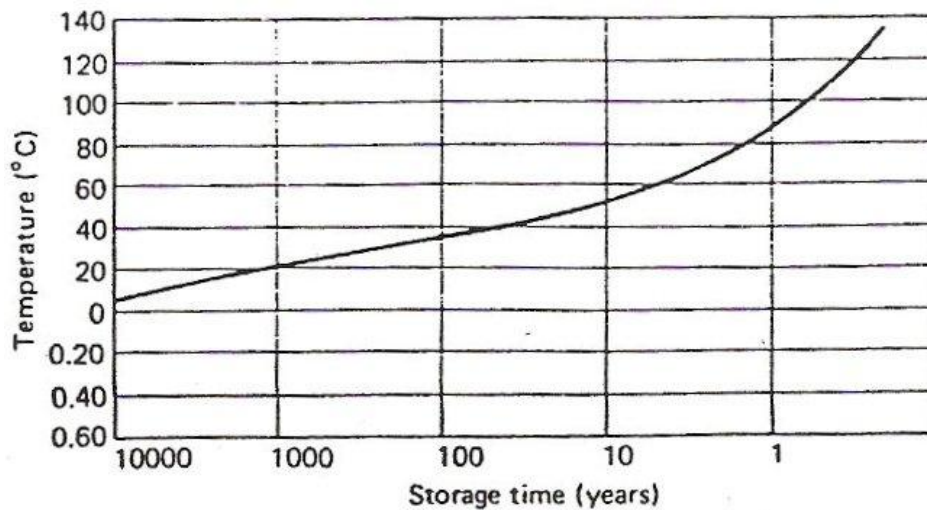


Variasi lain adalah *Lithium Iodine Cell*. Jenis ini menggunakan lithium sebagai anoda dan iodine sebagai katoda.

Berikut konstruksinya :



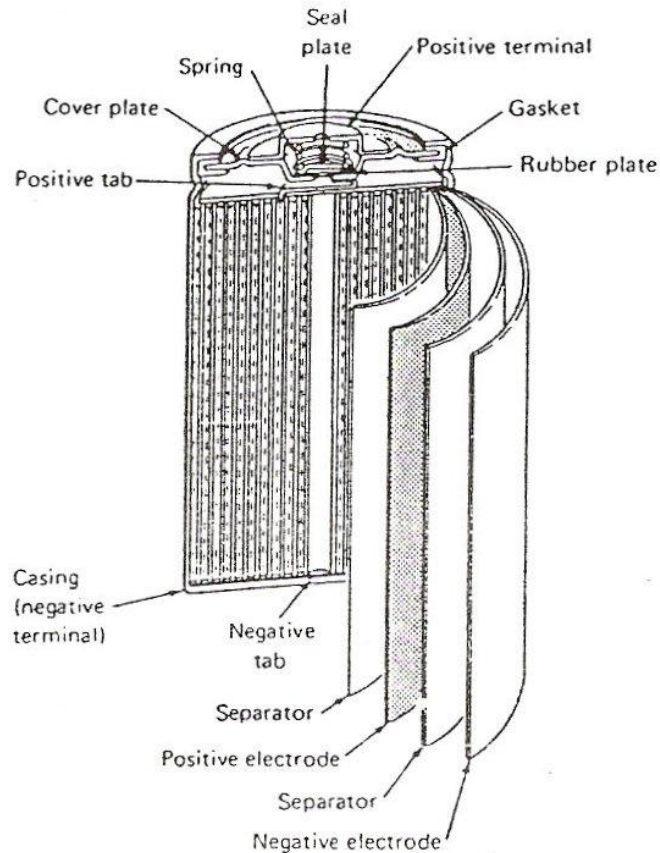
dan gambar berikut akan menunjukkan daya tahan sebuah lithium iodine cell dalam kurun waktu 100 tahun pada temperatur ruangan.



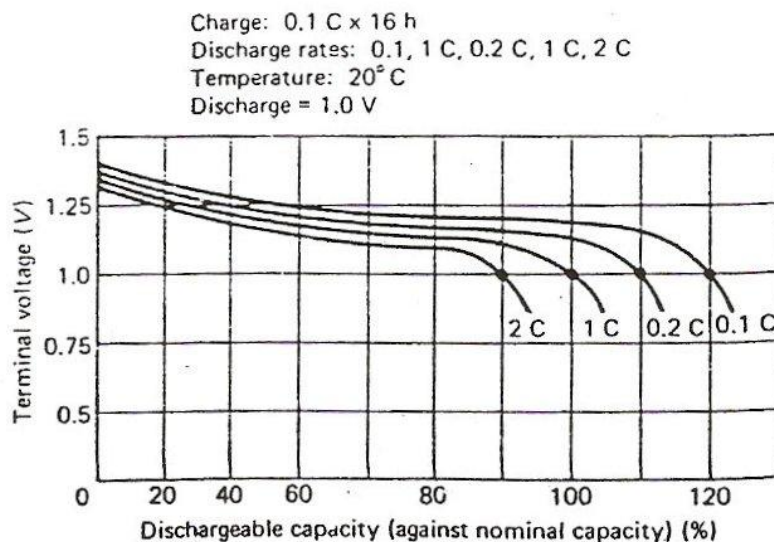
Sel primer lain yang digunakan dalam industri adalah *lithium manganese dioxide*, *mercury* dan *silver oxide cells*.

#### 4. Nickel Cadmium Cell

Salah satu jenis sel sekunder adalah *Nickel- Cadmium Cell* atau Battery Ni-Cad. Battery ini menggunakan *potassium hydroxide* sebagai elektrolit, *cadmium* dan *iron oxide* sebagai elektroda negatif, dan *nickel hydroxide* dan *grafit* sebagai elektroda positif. Kontruksi dari Battery Ni-Cad adalah :



Battery Ni-Cad menghasilkan 1,25 V per sel yang berakhir pada 90% proses siklus pelepasan. Gambar selanjutnya akan menunjukkan kapasitas pelepasan dari 90% hingga 120 %.





Tegangan cutoff yang biasa digunakan adalah 1 V. Battery ini rata-rata biasanya dapat melakukan hingga 500 siklus pengisian - pelepasan.

## **5. Gel Cell**

*Gelled electrolyte cells* merupakan jenis tertutup untuk Lead Acid Cell yang digunakan pada mobil otomatis. Battery ini menghasilkan output 2,2 V per sel dan tegangan cutoffnya 1,75 V per sel. Battery ini melakukan seluruh proses pelepasan tanpa bahaya dan rugi dari kerusakan seharusnya.

Gel cell sama seperti Ni-Cad, mempunyai resistansi dalam rendah dan tidak bisa mengalami hubung singkat sehingga dapat digunakan pada aplikasi arus tinggi meskipun pada situasi ini dapat menahan muatan jatuh.