



---

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian UPS (Uninterruptible Power Supply)

UPS (Uninterruptible Power Supply) merupakan suatu alat yang menjamin kesinambungan catu daya pada beban tanpa terputus. UPS dirancang khusus untuk mengurangi serta menghilangkan gangguan – gangguan yang timbul oleh sumber listrik. Sistem UPS bekerja secara terus menerus untuk memberikan sumber listrik yang bersih dan teratur pada beban. Pada saat tegangan bolak-balik (AC) yang masuk pada UPS dari sumber listrik maupun sumber listrik lainnya terputus, UPS tetap akan berfungsi memberikan tegangan dan frekuensi yang sudah di stabilkan ke beban. Bila sumber listrik dari PLN terputus, maka secara otomatis beban tetap disuplai dari sumber battery melalui inverter tanpa terjadi pemutusan daya sedikitpun pada keluaran. Pada saat yang bersamaan, UPS memberikan tanda baik secara audio maupun visual kepada operator untuk memberitahukan bahwa sumber sekarang sedang dipakai dari baterai.

Oleh karena kapasitas baterai terbatas tentunya UPS tidak bisa menggantikan fungsi listrik PLN secara penuh, umumnya pada kondisi full baterai UPS hanya bisa menggantikan fungsi PLN selama 10 – 20 menit saja dan itu waktu yang cukup untuk mematikan peralatan atau menghidupkan sumber listrik cadangan generator listrik.

Jadi secara umum UPS dapat diartikan sebagai suatu perangkat yang secara otomatis menggunakan backup baterai sebagai catu daya alternative, sehingga suplay daya listrik ke beban/peralatan yang terpasang tidak terganggu, sambil menunggu sumber listrik cadangan ( Genset) atau sumber listrik utama normal kembali.

### 2.2 Fungsi utama UPS :

Fungsi utama UPS adalah untuk melindungi kebutuhan daya listrik ke beban, dimana tidak dapat memberi toleransi adanya gangguan dan ketidakstabilan tegangan sekecil apapun. Daya listrik yang berkekuaitas dan berkesinambungan adalah hal yang sangat diutamakan dalam dunia industri.



---

Gangguan listrik sekecil apapun akan mengganggu rantai proses kegiatan industri dan ini bisa mengakibatkan kerugian financial.

Selain dipergunakan untuk memecahkan masalah masalah seperti kontinuitas sumber catu daya, UPS juga dipergunakan sebagai alat untuk memperbaiki mutu catu daya (Power Quality). Mutu catu daya yang baik sangat dibutuhkan sebagai sumber tenaga listrik bagi peralatan peralatan elektronika, karena pesatnya perkembangan teknologi menyebabkan trend pemakaian beban beralih ke beban non linier sehingga dengan kurang baiknya mutu daya listrik akan menyebabkan rusaknya peralatan elektronika seperti peralatan Pemancar, peralatan studio, computer control dan lain lain.

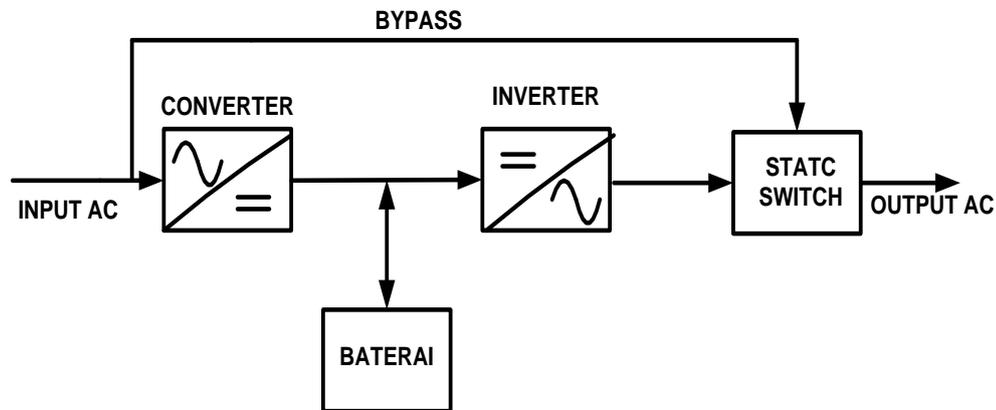
UPS juga berfungsi sebagai Voltage stabilizer agar supaya tegangan output tetap stabil. Suplai listrik yang kontinu dan stabil sangat diperlukan untuk menjamin kinerja peralatan

Berikut ini beberapa fungsi UPS :

1. Menstabilkan tegangan yang masuk supaya dapat mengantisipasi perubahan tegangan yang naik turun.
2. Sebagai backup power listrik sementara jika terjadi listrik padam ataupun gangguan lainnya.
3. Sebagai pengaman perangkat dari gangguan listrik seperti, Blackout, spike, sag, surges, noise dan sebagainya.
4. Sebagai pengaman dari sambaran petir.

### 2.3 Anatomi UPS

UPS terdiri dari **Converter** atau Rectifier sebagai penyearah tegangan AC menjadi tegangan DC, **Baterai**, dan **Inverter** pengubah arus tegangan DC menjadi AC kembali. Baterai pada UPS berguna sebagai catu daya alternative yang diubah menjadi tegangan AC melalui inverter.



Gambar 2.1 Blok diagram UPS

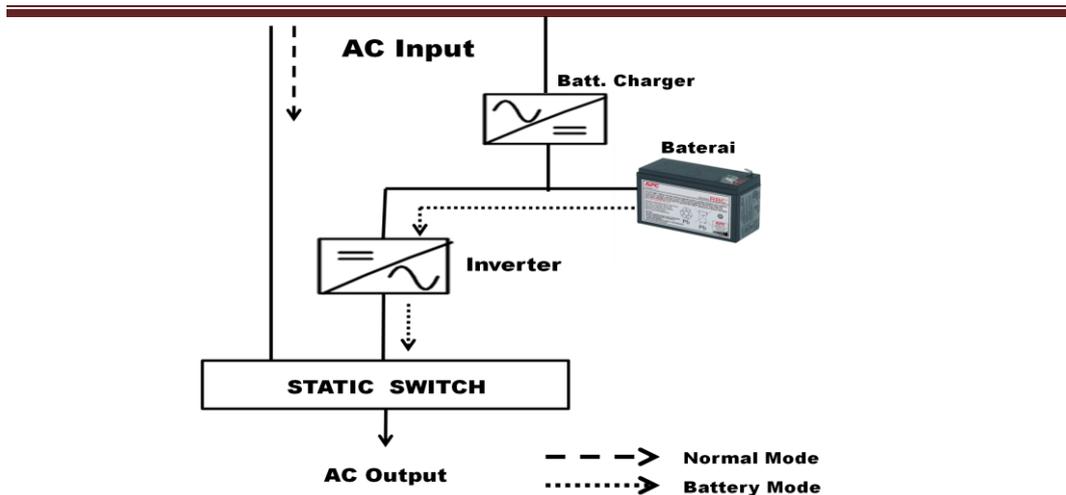
Untuk bisa menjalankan fungsinya UPS menggunakan energi yang besumber dari baterai kering yang kemudian di ubah ketegangan AC dengan menggunakan rangkaian inverter, karena kapasitas baterai terbatas UPS tidak dapat menggantikan suplai listrik secara penuh. Umumnya UPS hanya dapat dioperasikan antara 10 – 20 menit saja dan waktu tersebut cukup untuk mematikan perangkat atau menghidupkan Generator listrik cadangan.

#### 2.4 Topologi UPS berdasarkan cara kerjanya:

- a) Off line UPS atau Stanby UPS.
- b) Line Interaktive UPS
- c) On Line UPS

##### 2.4.1 Off Line UPS (Standby UPS)

UPS Standby umumnya berukuran kecil (sampai 2 kVA) dan biasanya dipakai untuk keperluan perangkat PC. Off-Line UPS yang menjadi primary sourceny adalah listrik PLN dan baterai sebagai secondary sourceny, jika terjadi gangguan pada listrik sumber utama maka listrik ke beban akan disuplay dari baterai melalui inverter yang akan merubah tegangan DC menjadi tegangan AC.



Gambar 2.2 UPS Off – Line

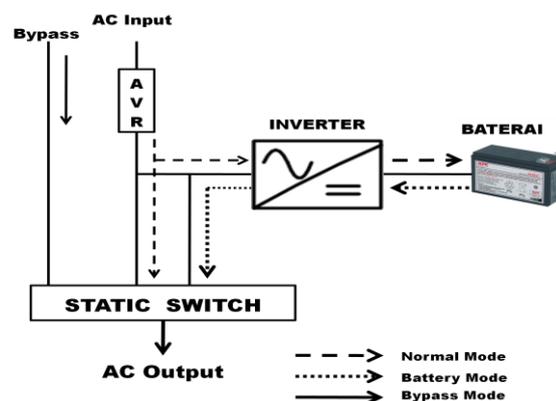
Topologi UPS off-line menjadikan tegangan PLN/jala-jala sebagai sumber tegangan primer(utama), sementara baterai sebagai sumber tegangan skunder(kedua). Prinsip kerjanya, pada saat PLN sebagai sumber tegangan utama normal, maka saklar transfer (transfer switch) akan meneruskan arus listrik dari PLN menuju peralatan, sementara blok rangkaian rectifier akan menyalakan baterai charger untuk mengisi baterai – posisi stand-by.

Ketika sumber tegangan utama atau bermasalah atau padam maka saklar static transfer secara otomatis yang diatur oleh rangkaian logic controler akan berpindah mengambil tegangan dari inverter yang mengubah tegangan DC dari baterai menjadi tegangan AC agar bisa menghidupkan peralatan elektronik dari sumber tegangan kedua yaitu baterai(garis putus-putus pada gambar) – posisi backup.

Kelemahan dari topologi ini adalah memiliki waktu transfer atau jeda ketika ada pemadaman listrik sekitar 2-4 ms, akan tetapi untuk komputer kehilangan beberapa millidetik tidak akan menyebabkan komputer mati karena pada power supply komputer terdapat kapasitor yang cukup besar dengan kandungan energi yang memadai. Disisi lain memiliki keunggulan baterai lebih awet karena sebagai sumber tegangan skunder, hanya dipakai pada saat sumber tegangan utama mengalami masalah atau pemadaman PLN.

## 2.4.2 Line – Interaktif UPS

Dalam topologi UPS line interactive, baterai dan inverter DC ke AC selalu terhubung ke jalur output UPS yang menuju ke komputer. Inverter didesain bisa bekerja secara terbalik, yaitu pada saat tegangan input AC jala-jala normal, inverter akan mengalirkan arus untuk mengisi baterai. Dan ketika input AC jala-jala terputus atau ada masalah, maka saklar transfer akan terputus dan arus mengalir dari baterai ke output UPS kemudian ke komputer/peralatan.



Gambar 2.3. UPS Line-Interactive

Pada dasarnya **Line Interaktif UPS** prinsip kerjanya sama dengan **Off line UPS** dimana dalam keadaan normal arus listrik mengalir langsung ke beban tanpa melalui Inverter. UPS Line Interactive diberi alat tambahan berupa AVR (Automatic Voltage regulator) yang berfungsi mengatur tegangan abnormal tanpa beralih ke baterai. Ini merupakan regulator tegangan tambahan yang bekerja dengan cara menyesuaikan tap trafo oleh tegangan input yang tidak stabil.

Dalam kondisi normal yang menjadi primary sourceny adalah listrik PLN yang melalui AVR untuk mengkoreksi tegangan abnormal tanpa beralih baterai. AVR akan mendeteksi ketika tegangan meliwati ambang batas terendah atau tertinggi, lalu secara otomatis AVR akan melakukan penyeimbangan tegangan untuk meningkatkan atau menurunkan tegangan agar berada dalam rentang yang sesuai. Saat terputusnya aliran listrik dari sumber utama, sistem UPS Line-interactive akan melakukan transfer daya listrik ke daya baterai dan memerlukan



---

waktu sekitar 2 – 4 milidetik, waktu yang cukup cepat untuk menjaga agar peralatan yang mendapat suplay dari UPS tidak terganggu.

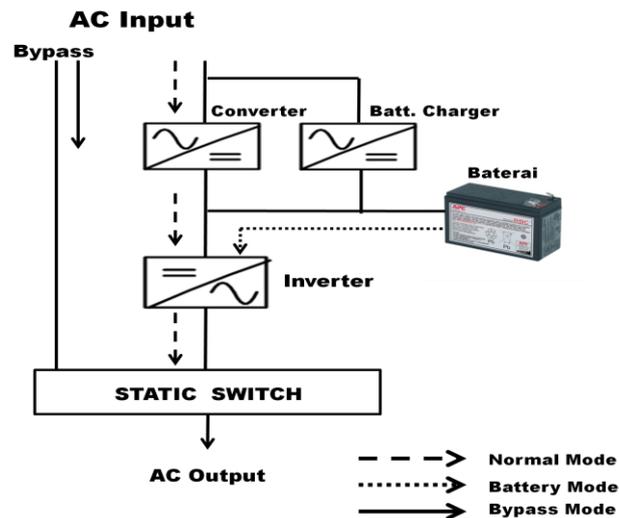
Topologi ini sangat efisien dan memiliki keandalan yang tinggi sekaligus memberikan perlindungan tegangan yang baik. UPS line interactive banyak digunakan untuk kantor-kantor, server web, laboratorium, atau usaha kecil, dsb.

### 2.4.3 On-Line UPS

Pada topologi UPS online menggunakan metode konversi ganda (Double Conversion). Pertama tegangan AC input diubah menjadi DC pada blok rectifier untuk disimpan kedalam baterai dan juga diteruskan ke Inverter. Tegangan DC ini kemudian diubah menjadi tegangan AC di blok inverter dan diberikan ke beban peralatan.

Berbeda dengan dua UPS lainnya, UPS On-Line Rectifier dan Inverter akan menghantar secara terus-menerus. Pada saat input tegangan jala-jala normal, blok rectifier akan bekerja dan menghasilkan arus DC yang langsung menuju inverter. Oleh karena itu, sistem UPS online juga dikenal sebagai UPS konversi ganda. Untuk mencegah baterai mengalami over-charge karena listrik menghantar secara terus-menerus pada saat sumber tegangan normal, maka untuk itu sistem charger baterai UPS online dilengkapi dengan auto-cut-off yang akan menghentikan proses charging jika baterai sudah penuh.

Ketika ada masalah atau pemadaman pada sumber tegangan utama atau jala-jala, maka blok penyearah off tidak bekerja sehingga suplai arus menuju baterai terhenti. Pada saat yang sama tegangan listrik DC yang sudah tersimpan dalam baterai (sebagai sumber tegangan primer) secara otomatis terhubung ke inverter tanpa melewati metode pensaklaran sehingga tidak memiliki waktu transfer. Namun dalam kondisi ada **gangguan** pada unit **inverter**, maka **transfer switch** otomatis akan berpindah ke sumber tegangan skunder emergensi bypass dan memerlukan waktu transfer sekitar 4 ms, begitu juga sebaliknya jika inverter sudah berfungsi normal transfer switch akan memindahkan ke sumber tegangan primer (inverter).



Gambar 2.4 UPS On-line

UPS online adalah jenis yang paling banyak digunakan karena diakui paling baik dan handal dari pada jenis UPS lainnya, terutama tidak memiliki waktu transfer sehingga tidak ada jeda ketika ada masalah pada PLN/jala-jala. Kekurangan UPS Online terutama lebih boros listrik dan panas karena sistem inverter berjalan pada semua kondisi, baik sedang posisi backup maupun posisi normal.

## 2.5 Komponen Utama UPS

- Perangkat Rectifier
- Perangkat Inverter
- Perangkat Static Switch & Control Logic
- Komponen Battery dan perlengkapan lainnya

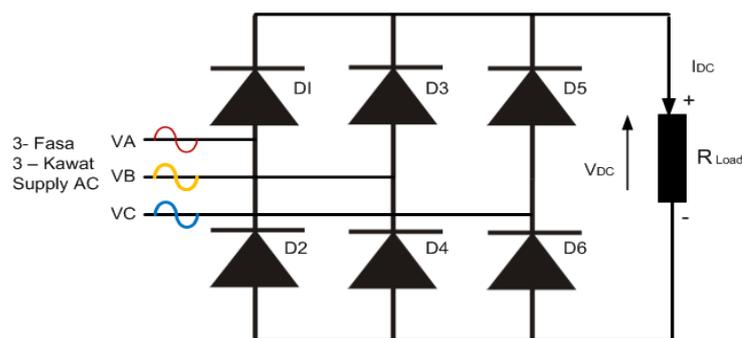
### 2.5.1 Converter ( Penyearah )

Converter berfungsi sebagai penyearah arus bolak balik AC menjadi arus searah DC. Dalam kondisi normal Converter memasok arus searah DC ke Inverter, selain itu juga sebagai charger untuk menjaga kondisi baterai selalu dalam keadaan penuh.

### Penyearah 3 Phase gelombang penuh

Rangkaian penyearah 3-fasa gelombang penuh yang tak terkendali menggunakan enam buah dioda, dua per fasa dengan cara yang mirip dengan penyearah fasa tunggal. Penyearah 3-fasa gelombang penuh diperoleh dengan menggunakan dua rangkaian penyearah setengah gelombang. Keuntungannya di sini adalah bahwa rangkaian menghasilkan output riak yang lebih rendah daripada penyearah 3-fasa setengah-gelombang sebelumnya karena memiliki frekuensi enam kali bentuk gelombang AC input.

Penyearah gelombang penuh dapat diumpankan dari supply delta 3-kawat 3-fasa yang seimbang karena tidak diperlukan kabel netral (N) keempat



#### Penyearah 2.5 Penyearah 3 -Fasa Gelombang Penuh Tak Terkendali

Seperti sebelumnya, mengasumsikan rotasi fasa Merah-Kuning-Biru ( $V_A - V_B - V_C$ ) dan fasa merah ( $V_A$ ) dimulai pada  $0^\circ$ . Setiap fasa menghubungkan antara sepasang dioda seperti yang ditunjukkan. Satu dioda pasangan konduktor daya sisi positif (+) beban, sedangkan dioda lainnya daya sisi negatif (-) beban.

Dioda  $D_1$   $D_3$   $D_2$  dan  $D_4$  membentuk jaringan penyearah jembatan antara fasa A dan B, demikian pula dioda  $D_3$   $D_5$   $D_4$  dan  $D_6$  antara fasa B dan C dan  $D_5$   $D_1$   $D_6$  dan  $D_2$  antara fasa C dan A.

Jadi dioda  $D_1$   $D_3$  dan  $D_5$  mengumpankan rel positif dan bergantung pada yang mana yang memiliki tegangan lebih positif pada terminal anoda-nya. Demikian juga, dioda  $D_2$   $D_4$  dan  $D_6$  mengumpankan rel negatif dan dioda mana pun yang memiliki tegangan lebih negatif pada terminal katoda konduksi.



Kemudian kita dapat melihat bahwa untuk penyearah tiga 3-fasa, dioda menjalankan pasangan yang cocok memberikan pola konduksi untuk arus beban:  $D_{1-2}$   $D_{1-6}$   $D_{3-6}$   $D_{3-4}$   $D_{5-4}$   $D_{5-2}$  dan  $D_{1-2}$  seperti yang ditunjukkan.

Penyearah gelombang penuh dapat diumpankan dari supply delta 3-kawat 3-fasa yang seimbang karena tidak diperlukan kabel netral (N) keempat.

Jadi nilai rata-rata DC dari gelombang tegangan output dari penyearah 3-fasa gelombang penuh diberikan sebagai:

Tegangan puncak line-to-line ( $V_{L-L(PEAK)}$ ) adalah:

$$V_{L-L(PEAK)} = V_{L-L(RMS)} \times \sqrt{2}$$

Karena power supply adalah 3-fasa, fasa ke tegangan netral ( $V_{P-N}$ ) adalah:

$$V_S = V_{L-L(PEAK)} \div \sqrt{3}$$

$$V_S = \left[ \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \right] \times V_{L-L(RMS)}$$

Tegangan output DC rata-rata dari penyearah gelombang penuh 3-fasa diberikan sebagai:

$$V_{dc} = \left[ \frac{3\sqrt{3}}{\pi} \right] \times V_S$$

$$V_{dc} = 1.654 \times V_S$$

Nilai tegangan RMS line-to-line yang diberikan tegangan output DC rata-rata adalah:

$$V_{DC} = \left[ \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \right] \times V_{L-L(RMS)}$$

$$V_{DC} = 1.351 \times V_{L-L(RMS)}$$

Penyearah gelombang penuh dapat juga diumpankan dari supply 4-kawat 3-fasa dengan kabel netral (N)

Nilai Tegangan output DC rata-rata dari penyearah gelombang penuh 3-fasa dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_{L-N RMS} = V_{L-L(RMS)} : \sqrt{3}$$

$$V_m = V_{L-N RMS} \times \sqrt{2}$$

$$V_{dc} = \left[ \frac{3\sqrt{3}}{\pi} \right] \times V_m$$

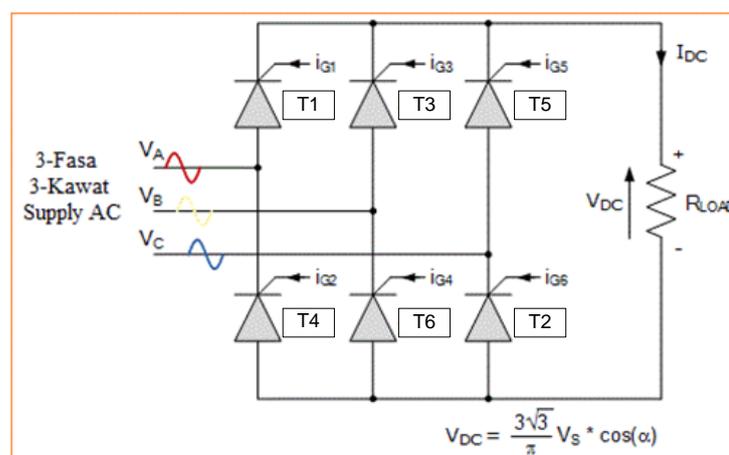
$$V_{dc} = 1.654 \times V_m$$

## Penyearah Terkendali 3 Phase Gelombang Penuh

Untuk mendapatkan tegangan out put yang besarnya dapat diatur digunakan komponen thyristor, dengan cara memvariasikan besarnya sudut perlambatan penyalaan dari komponen thyristor. Penyalaan thyristor dengan memberikan tegangan pulsa sesaat pada kaki Gate thyristor ( $V_g$ ), untuk pemadaman thyristor dilakukan pemadaman dengan cara memberikan tegangan arah balik  $V_{a-k(-)}$  pada thyristor pada saat arus anode-katode sama dengan nol.

Khusus pada UPS, untuk mendapatkan output DC yang stabil, converter dilengkapi rangkaian penyearah gelombang penuh 3 fasa terkendali. Penyearah terkendali (controlled rectifier) merupakan rangkaian Elektronika Daya yang berfungsi untuk mengubah input tegangan AC dalam bentuk sinusoidal menjadi tegangan output dalam bentuk tegangan searah (DC) yang bisa kendalikan/diatur. Komponen semikonduktor daya yang dipergunakan berupa **SCR/Thyristor** yang beroperasi sebagai sakelar, pengubah dan pengatur.

Prinsip kerja rangkaian penyearah terkendali tiga fasa gelombang penuh hampir sama dengan penyearah terkendali satu fasa gelombang penuh, pada rangkaian ini, inputnya ada tiga fasa sehingga prosesnya terjadi di masing-masing fasa. Yang perlu diperhatikan adalah pada penyearah terkendali tiga fasa yaitu adanya lintasan fasa yaitu pertemuan antara fasa R, S dan T yang terjadi pada sudut  $30^\circ$  Pada titik ini dinamakan **penyulutan diskontinyu**.



Gambar 2.6 Penyearah 3-fasa gelombang penuh terkendali



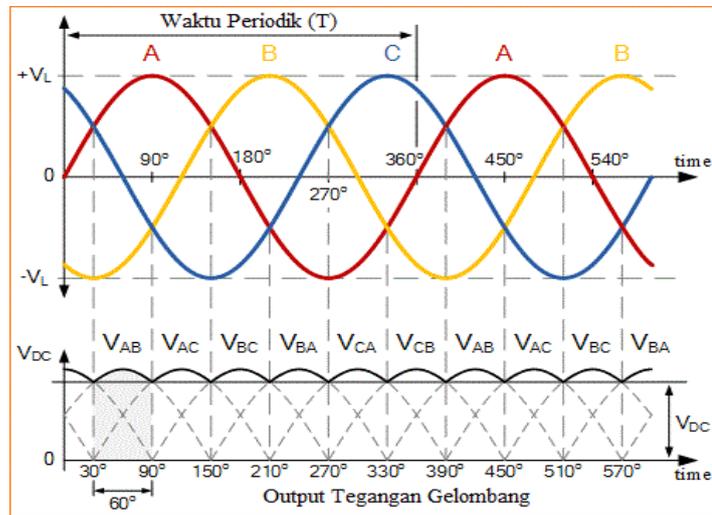
Konverter jenis ini merupakan converter 3 fasa dengan operasi 2 kuadran, dimana thyristor dinyalakan pada interval  $\pi/3$ . Oleh karena thyristor dinyalakan setiap selang  $60^\circ$  ( $180^\circ/3$ ), maka frekuensi dari tegangan riak keluaran adalah 6 kali frekuensi tegangan sumber.

Pada interval  $\omega t = \pi/6 + \alpha$ , thyristor T6 sudah berada dalam keadaan aktif (on state) dan thyristor T1 dinyalakan. Pada interval  $\pi/6 \leq \omega t \leq \pi/2$ , thyristor T1 dan T6 konduksi dengan tegangan jaringan  $V_{ab}$  dirasakan pada sisi beban. Selanjutnya pada interval  $\omega t = \pi/2 + \alpha$ , thyristor T2 diaktifkan bersamaan dengan tidak aktifnya (off state) thyristor T6 dengan komutasi natural. Hal ini disebabkan karena pada saat thyristor T2 diaktifkan, tegangan jaringan pada thyristor T6 berada pada nilai positif ( $V_{bc}$ ), sehingga thyristor T6 mengalami tegangan arah balik.

Kemudian pada interval  $(\pi/2 + \alpha) \leq \omega t \leq (5\pi/6 + \alpha)$ , thyristor T1 dan T2 akan konduksi dan menyebabkan tegangan beban sama besar dengan tegangan jaringan (line to line voltage). Sudut perlambatan penyalaan  $\alpha$  adalah waktu yang dibutuhkan tegangan masukan berubah menjadi negative dimana saat itu thyristor dinyalakan. Urutan konduksi dari ke 6 buah thyristor akan mengikuti pola T1T2, T2T3, T3T4, T4T5, T5T6, dan T6T1.

Tabel 2.1  
Urutan konduksi 6 buah thyristor

$30^\circ + \alpha$	T6 & T1	V <sub>AB</sub>
$90^\circ + \alpha$	T1 & T2	V <sub>AC</sub>
$150^\circ + \alpha$	T2 & T3	V <sub>BC</sub>
$210^\circ + \alpha$	T3 & T4	V <sub>BA</sub>
$270^\circ + \alpha$	T4 & T5	V <sub>CA</sub>
$330^\circ + \alpha$	T5 & T6	V <sub>CB</sub>



Gambar 2.7 Sudut komutasi Thyristor yang konduksi

Dalam penyearah 3-fasa, konduksi selalu terjadi di diode paling positif dan diode paling negatif yang sesuai. Jadi ketika tiga 3-fasa berputar melintasi terminal penyearah, konduksi dilewatkan dari diode ke diode. Kemudian setiap diode berjalan selama  $120^\circ$  (sepertiga) dalam setiap siklus supply tetapi karena dibutuhkan dua diode untuk berjalan berpasangan, setiap pasangan diode akan berjalan hanya  $60^\circ$  (T1 ke T6) dari siklus pada satu waktu seperti ditunjukkan di atas. Konverter 3 fasa terkendali gelombang penuh sistem jembatan merupakan converter 2 kuadran, yang memungkinkan tegangan mempunyai polaritas positif (+) atau negative (-), sementara arus keluaran hanya mempunyai polaritas positif (+).

### 2.5.2 Inverter

Inverter adalah bagian dari UPS yang penting bersama dengan Baterai, saat sumber listrik utama terputus, inverter mengubah arus searah dari baterai menjadi arus bolak balik AC yang dialirkan keperangkat. Power inverter atau Inverter adalah perangkat atau rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversi atau mengubah tegangan searah “DC” menjadi tegangan bolak balik “AC”. Inverter merupakan kebalikan dari converter atau penyearah yang



---

berfungsi mengubah tegangan bolak balik “AC” menjadi tegangan searah “DC” Terdapat beberapa tipologi inverter, mulai dari yang hanya menghasilkan tegangan bolak balik saja (push pull inverted) sampai dengan yang mampu menghasilkan tegangan sinus murni tanpa harmonisasi. Berdasarkan fasa inverter diklasifikasikan menjadi beberapa bagian, mulai dari satu fasa, tiga fasa sampai dengan multi fasa.

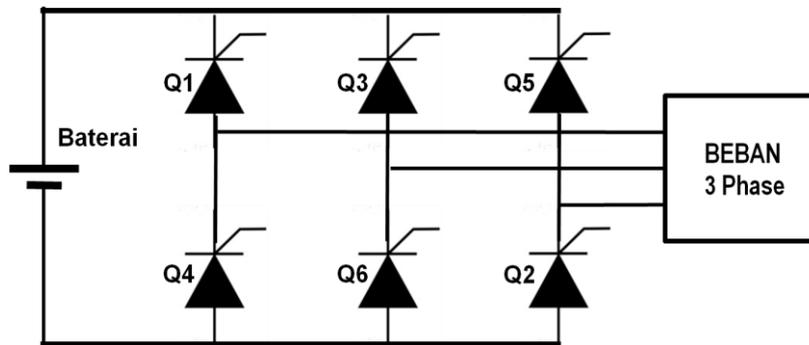
### **Prinsip kerja Inverter 3 fasa**

Pada dasarnya prinsip kerja inverter 3 fasa sama dengan inverter 1 fasa. Yaitu dengan mengubah arus searah menjadi arus bolak balik dengan frekuensi sesuai yang diinginkan. Untuk mengubah arus listrik DC menjadi arus listrik AC diperlukan mekanisme pengendalian kombinasi penyalan saklar elektronik dengan frekuensi yang sesuai. Masing-masing saklar elektronis tidak boleh bekerja secara simultan karena hal itu akan menimbulkan gangguan.

Sebuah rangkaian dasar inverter 3 phase tunggal sederhana terdiri dari 3 buah inveter 1 phase dengan menggunakan mosfet daya (power mosfet) sebagai sakelar diperlihatkan pada gambar dibawah. Tegangan suplai merupakan sumber dc dengan tegangan sebesar  $V_s$ , dengan titik netral merupakan titik hubung dari titik bintang (Y) pada beban. Untuk mendapatkan gelombang output AC tiga fasa diperlukan pengaturan penyalan saklar elektronis dengan perbedaan masing-masing fasa  $120^\circ$ .

### **Inverter 3 phase dengan mode konduksi $120^\circ$**

Sebuah rangkaian dasar inverter 3 fasa tunggal sederhana terdiri dari 6 buah sistem sakelar Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, dan Q6 dengan menggunakan mosfet daya (power mosfet) sebagai sakelar diperlihatkan pada gambar dibawah. Inverter 3 fasa dengan mode konduksi  $120^\circ$  memungkinkan setiap komponen pensakelaran akan konduksi selama  $120^\circ$  dengan pasangan konduksi yang berbeda, misalnya  $60^\circ$  pertama antara Q1 Q6, dan  $60^\circ$  ke dua antara Q1 Q2, dan seterusnya. Berikut adalah contoh rangkaian daya pada inverter 3 phase yang dapat dioperasikan dengan mode konduksi  $120^\circ$ .



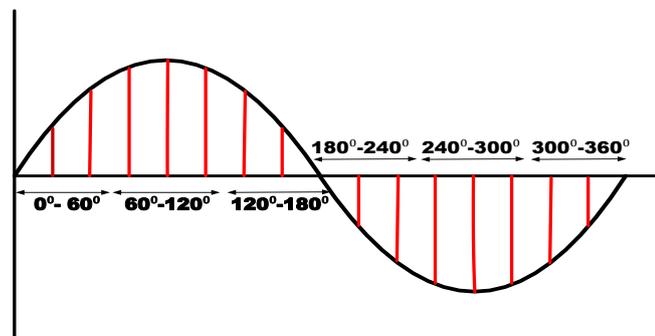
Gambar 2.8 Inverter konduksi 120 derajat

Khusus untuk mode operasi  $120^\circ$ , pola pengaturan kerja pensakelaran setiap komponen switching mengikuti bentuk seperti tabel berikut.

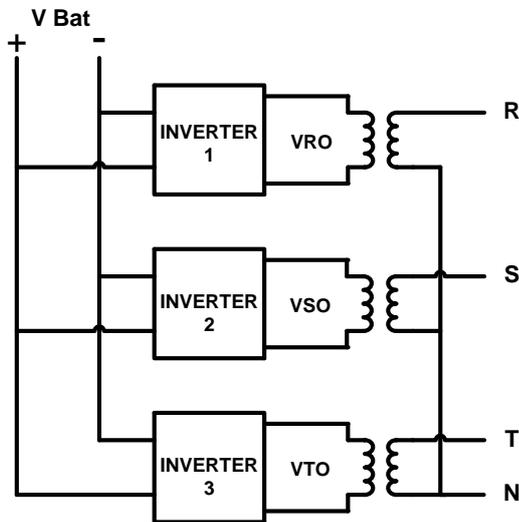
Tabel 2.2  
Konfigurasi pensakelaran pada Inverter  
3 fasa mode konduksi  $120^\circ$

Sakelar	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Sakelar	Q6	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Waktu	$0^\circ - 60^\circ$	$60^\circ - 120^\circ$	$120^\circ - 180^\circ$	$180^\circ - 240^\circ$	$240^\circ - 300^\circ$	$300^\circ - 360^\circ$

Bila dipilih 2 komponen pensakelaran konduksi pada saat yang bersamaan, maka tegangan dan arus untuk interval  $60^\circ$ , dan bentuk gelombang tegangan diperoleh seperti diperlihatkan pada gambar berikut. Pasangan komponen pensakelaran yang lain pada waktu selanjutnya akan identik, dengan lama waktu konduksi sebesar  $120^\circ$ .



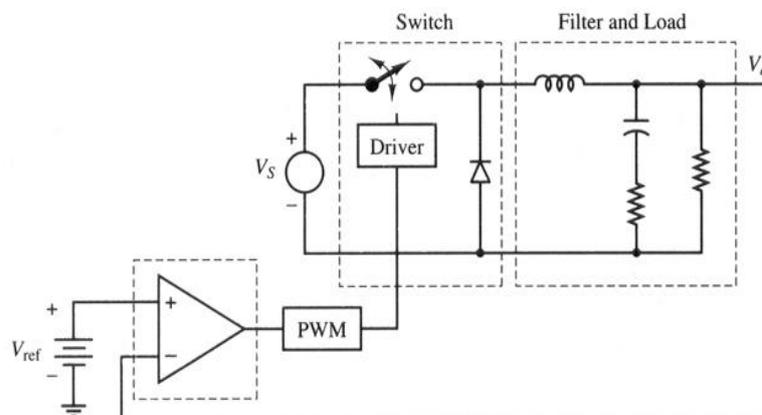
Gambar 2.9 Gelombang AC konduksi 120 derajat



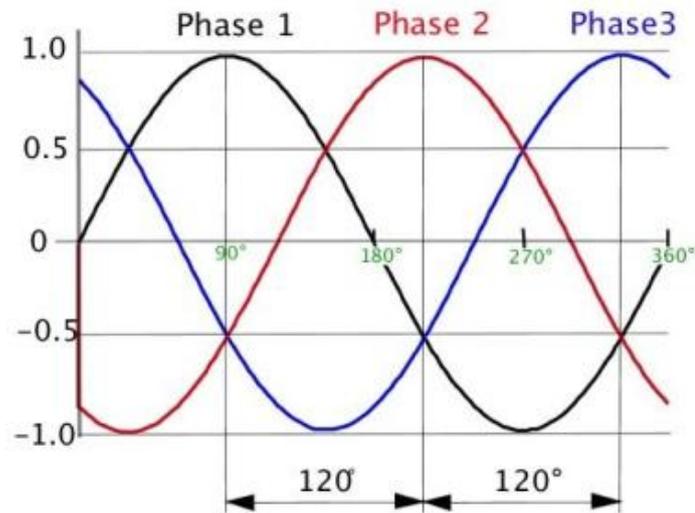
Gambar 2.10 Diagram Inverter 3 fasa

Output dari rangkaian inverter pada umumnya belum dalam bentuk gelombang sinusoidal tapi masih berbentuk gelombang square wave (gelombang kotak). Gelombang kotak jika dipergunakan langsung pada peralatan akan menimbulkan panas yang berlebihan sehingga akan menurunkan kinerja peralatan.

Untuk menghasilkan listrik AC dari output rangkaian inverter dengan gelombang sinusoidal maka diperlukan PWM (pulse width modulator). Rangkaian ini akan mencacah listrik DC menjadi listrik AC dengan gelombang mendekati sinus.



Gambar 2.11 Rangkaian PWM



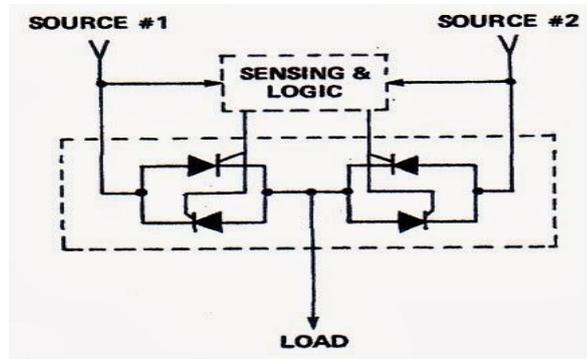
Gambar 2.12 Output Inverter 3 phase

### 2.5.3 Static Switch/Control Logic

Sebuah switch pengalih statis, seperti switch pengalih elektromekanis adalah saklar yang digunakan untuk mentransfer beban dari satu sumber listrik ke sumber listrik yang lain, baik secara manual maupun secara otomatis. Namun, tidak seperti saklar pengalih elektromekanis, jumlah waktu transfer saklar pengalih statis dalam orde seperempat siklus yang akan memberikan daya listrik ke beban tanpa gangguan.

Static Switch adalah switch yang dirancang untuk kecepatan tinggi agar tegangan Inverter dapat segera dipakai untuk beban. Sedangkan Control Logic berfungsi untuk mengawasi operasi kerja dari komponen-komponen Rectifier dan Inverter, berupa display pada indikator ataudan remote alarm.

Control logic mengkoordinasikan fungsi supervisi kerja dari komponen static switch. Control logic juga mengatur kesinambungan tegangan output dari inverter, sumber input reserve dan tegangan beban.



Gambar 2.13 Static Switch & Logic sensing

Static Switch adalah switch pengamanan jika terjadi kegagalan dalam sistem UPS. Jika UPS gagal atau rusak, saklar secara otomatis menghubungkan beban ke suplai utama, tanpa melewati penyearah, baterai, dan inverter. Melakukan transfer ke sumber listrik merupakan hal yang tidak ideal karena daya tidak akan disaring atau dikondisikan seperti biasa dalam UPS konversi ganda online, tetapi ini memungkinkan peralatan untuk terus berfungsi saat UPS diperbaiki atau diganti.

Sistem sakelar statis menggunakan komponen semikonduktor, seperti SCR. SCR akan lebih baik karena operasi pemindahan hanya membutuhkan waktu 3 sampai 4 Millisecond, sedangkan pada sakelar elektromekanikal membutuhkan waktu 50 sampai 100 ms.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.13, switch pengalih statis 1 fase terdiri dari dua pasang SCR. Setiap pasanganya terhubung dalam susunan antiparalel, yaitu anoda dari satu SCR terhubung ke katoda SCR yang lain. Dengan susunan seperti ini, setiap SCR dalam pasangan dapat dibuat aktif pada setiap setengah siklus berikutnya. Sepasang SCR dihubungkan antara beban dan masing-masing sumber. Selanjutnya rangkaian logika akan menembakan sinyal picu ke masing-masing pasang SCR.

Menerapkan sinyal picu ke sumber No 1 SCR menyebabkan static switch bekerja dan mengalir daya listrik dari sumber No 1 melalui SCR ke beban. Untuk mentransfer beban ke sumber No 2, sinyal picu ditransfer dari sumber No 1 SCR sumber No 2 SCR. Hal ini menyebabkan sumber No 2 SCR bekerja dan



---

sumber No 1 SCR terblokir ketika tegangan anoda SCR mencapai nol. Oleh karena sumber No 2 SCR bekerja dan sumber No 1 SCR terblokir, maka daya listrik mengalir dari sumber No 2 melalui SCR ke beban selama proses transfer, dua sumber tersebut terparalel sejenak sampai sumber No 1 SCR mencapai status blocking dan proses transfer dalam mode "make-before-break".

#### 2.5.4 Baterai

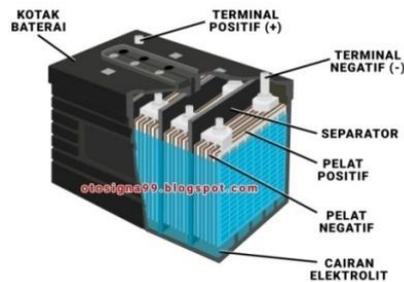
Baterai adalah salah satu komponen penting pada sebuah UPS, baterai akan mem-backup tenaga listrik ke inverter saat sumberdaya listrik input nihil. Besar tegangan dan kapasitas baterai tergantung spesifikasi dan kapasitas UPS itu sendiri. UPS menggunakan perangkat baterai dari jenis baterai lead-acid ataupun jenis nikel-cadmium. Sistem baterai UPS memiliki setidaknya satu rangkaian baterai, dengan jumlah baterai yang diperlukan tergantung pada tegangan DC UPS.

Baterai adalah perangkat / alat sumber tenaga yang dapat menghasilkan tenaga / energi berdasarkan reaksi kimia. Dari jenisnya battery terbagi dalam 2 ( dua ) yaitu ; battery primer dan battery sekunder.

Baterai primer adalah perangkat sumber tenaga yang cara kerjanya mengubah energi kimia menjadi listrik semata mata digunakan hanya sekali hingga habis kemampuannya, contohnya battery sel kering. Dan battery sekunder adalah perangkat sumber tenaga yang cara kerjanya mengubah energi kimia menjadi listrik ( reaksi primer ) dan dapat pula mengubah energi listrik menjadi kimia dengan kata lain dapat menyimpan energi listrik ( reaksi sekunder ), serta lazim disebut accumulator atau disingkat menjadi accu / aki.

Baterai sekunder sebelum memberikan energi listrik ( proses discharge) terlebih dahulu harus diisi ( charging ), yaitu dengan cara menghubungkannya dengan catu daya searah. Jenis battery sekunder ada 2 ( dua ) yaitu ; battery asam /battery timbal ( lead acid ) dan battery basa / alkali ( nikel cadmium / NiCad ). Dan berdasarkan wujud elektrolit terdiri dari battery basah dan battery kering.

Susunan utama dari baterai terdiri dari plat positif ( anoda ), plat negatif ( katoda ), cairan elektrolit, separator ( pemisah ), kotak baterai, terminal positif dan terminal negatif.

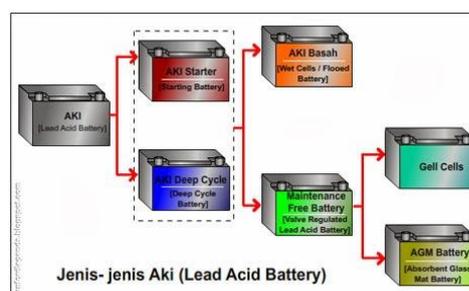


Bambar 2.14 Komponen baterai

#### 2.5.4.1 Battery lead acid / battery timbal

Aki merupakan salah satu jenis baterai yang menggunakan Asam Timbal (Lead Acid) sebagai bahan kimianya. Aki banyak sekali jenisnya seiring banyaknya penemuan-penemuan baru baik dari jenis bahan kimianya maupun konstruksinya, sehingga penggunaannya pun berbeda-beda. Jika kita salah dalam penerapannya berakibat perangkat kita tidak berfungsi dengan baik, bisa jadi lebih fatal, dapat merusak aki itu sendiri dan perangkat kita juga rusak karenanya.

Sebagai contoh, aki buat mobil tidak bisa kita gunakan untuk menggantikan aki buat kursi roda elektrik atau sebaliknya. Karena aki untuk mobil berbeda fungsi dan karakteristiknya dengan aki untuk kursi roda elektrik walau mungkin tegangannya sama.

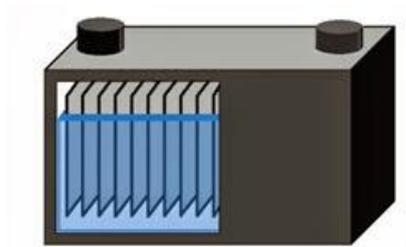


Gambar 2.15 Jenis-jenis Aki (Lead Acid Battery)

---

Secara umum ada dua jenis aki (Lead Acid Battery), yaitu:

### 1. Starting Battery.

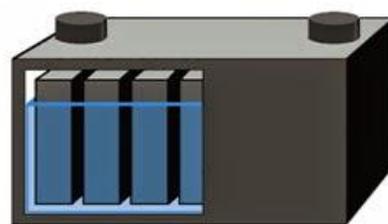


Gambar 2.16 Baterai Starting

Merupakan jenis aki yang dirancang mampu menghasilkan energi (arus listrik) yang tinggi dalam waktu singkat sehingga dapat menyalakan mesin seperti mesin kendaraan. Dengan kata lain untuk menghidupkan mesin dibutuhkan arus listrik yang tinggi. Setelah mesin hidup aki istirahat sambil dicas kembali oleh dinamo (alternator). Jadi aki akan selalu penuh terisi arus listrik tidak pernah sampai habis. Jika aki sering terpakai sampai habis aki jenis ini akan cepat rusak.

Konstruksinya menggunakan banyak pelat tipis secara paralel agar resistansinya rendah dengan permukaan yang lebih luas agar dapat melepas arus listrik yang tinggi saat dibutuhkan. Aki jenis ini banyak digunakan pada kendaraan untuk menyalakan mesin.

### 2. Deep Cycle Battery.



Gambar 2.17 Deep Cycle Battery

Kebalikan dari jenis Starting Battery, Deep Cycle Battery dirancang untuk menghasilkan energi (arus listrik) yang stabil (tidak sebesar Starting Battery) namun dalam waktu yang lama. Aki jenis ini tahan terhadap siklus pengisian - pengosongan aki yang berulang-ulang (Deep Cycle) karenanya konstruksinya menggunakan pelat yang lebih tebal seperti terlihat pada gambar. Aki Deep Cycle banyak digunakan pada peralatan yang menggunakan motor listrik seperti kursi



---

roda, forklift, mobil golf. Jenis ini juga banyak digunakan pada proyek energi alternatif untuk menyimpan arus listrik seperti pada pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga angin.

**Aki juga digolongkan sebagai:**

**1. Flooded Lead Acid Battery (FLA).**

Jenis ini disebut juga Wet Cell atau Flooded Battery. Di pasaran, aki ini dikenal dengan aki basah. Maksudnya sel-sel di dalam aki harus terendam cairan elektrolit dan jika level cairannya kurang harus ditambah. Ciri-cirinya setiap sel ada katup untuk pengisian cairan elektrolitnya. Jenis ini paling banyak di sekitar kita.

**2. Valve-Regulated Lead Acid Battery (VLRA).**

Jenis ini sering juga disebut **Sealed Lead Acid** battery atau **Sealed Maintenance Free** battery. Secara fisik aki jenis ini terlindung / tertutup rapat, yang nampak dari luar hanya terminal (+) positif dan (-) negatif. Didesain agar cairan elektrolit tidak berkurang karena bocor atau penguapan. Aki jenis ini memiliki katup ventilasi yang hanya terbuka pada tekanan yang ekstrem untuk pembuangan gas hasil reaksi kimianya. Tidak ada katup untuk isi ulang cairan elektrolitnya, karenanya dikenal dengan aki bebas perawatan (Maintenance Free Battery).

**Aki VRLA dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan konstruksi internalnya, yaitu:**

**2.1. Gel Cells.**

Aki jenis ini, cairan elektrolitnya dicampur dengan pasir silica sehingga menjadi kental seperti jelly (agar-agar atau puding). Kemudian jelly ini berfungsi seperti halnya cairan elektrolit. Aki jenis ini sebaiknya jangan digunakan pada perangkat yang membutuhkan suplai arus listrik yang tinggi (*discharging*) atau di cas dengan arus yang tinggi pula (*charging*). Kalau tidak jelly-nya akan cepat robek atau rusak sehingga aki tidak dapat digunakan lagi.

**2.2. Absorbent Glass Mat Battery (AGM).**

Aki jenis ini memiliki separator (pemisah) yang terdiri dari fiberglass yang diletakkan di antara pelat-pelat selnya yang bertujuan menyerap cairan elektrolit agar tersimpan di pori-pori fiberglass. Fungsi fiberglass ini mirip seperti handuk

---



---

yang menyerap air ketika salah satu ujung handuknya dicelupkan ke dalam ember yang berisi air.

Diantara kelebihan AGM battery adalah:

1. Hampir semua aki AGM sistim pengemasannya sama seperti pengelasan aki pada umumnya. Tidak memerlukan syarat-syarat dan alat pengelas (charger) yang khusus.
2. Dapat disimpan untuk waktu yang lama tanpa harus dicas ulang karena *self-discharge* nya sangat rendah (1% - 3% per bulan).  
(Self-discharge = penurunan kapasitas / tegangan aki pada kondisi tanpa beban karena adanya resistansi internal).
3. Karena resistansi internal-nya sangat rendah, aki tidak akan kepanasan walau digunakan pada beban yang membutuhkan arus yang besar atau saat di-cas ulang dengan arus listrik yang tinggi.

Bebas perawatan, anti penguapan, anti bocor dan tetap beroperasi walaupun dalam cuaca sangat dingin, bahkan walau casing akinya retak atau pecah akan tetap beroperasi dengan baik. Sedangkan kekurangannya, sejauh ini harganya yang (masih) mahal.

Susunan utama battery adalah sebagai berikut ; kutup positif terdiri dari peroxida timbal (  $PbO_2$  ), kutup negatif terdiri dari timbal murni (  $Pb$  ) dan elektrolitnya terdiri dari larutan asam belerang (  $H_2SO_4$  ) + air murni (  $H_2O$  ), dengan reaksi kimia sebagai berikut :



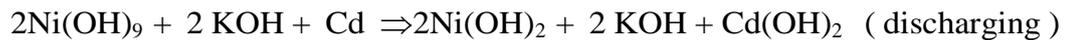
Keuntungan dari battery lead acid adalah ; harganya relatif murah, tegangan nominal per cell 2 Volt, biaya perawatan relatif murah, ukuran dan berat lebih kecil. Kerugian dari battery lead acid adalah ; umur lebih pendek, terpengaruh terhadap temperatur operasi, tidak tahan terhadap proses charging dan discharging yang berlebihan, tidak tahan terhadap arus hubung singkat, dan zat elektrolitnya bersifat merusak bahan aktif ( anoda / katoda ) yakni akan menimbulkan sulfat.



---

#### 2.5.4.2 Battery alkali / NiCad

Susunan utama battery adalah sebagai berikut ; kutup positif terdiri dari hidroksida nikel / Ni(OH)<sub>3</sub>, kutup negatif terdiri dari oxida cadmium ( Cd ) dan elektrolitnya terdiri dari larutan basa yaitu potasium hidroksida ( KOH ) + air murni ( H<sub>2</sub>O ), dengan reaksi kimia sebagai berikut :



Keuntungan dari battery alkali / NiCad adalah ; tahan terhadap goncangan, tahan terhadap charging dan discharging berlebihan, tahan terhadap hubungsingkat, tahan terhadap kesalahan charging ( polaritas terbalik ), umur panjang. Kerugian dari battery alkali / NiCad adalah ; harga mahal, 4 buah battery harga terdiri dari 1 set, tagangan nominal hanya 1,2 volt, memerlukan ruang penyimpanan yang lebih luas.

Baterai adalah salah satu komponen penting pada sebuah UPS, baterai akan mem-backup tenaga listrik ke inverter saat sumberdaya listrik input nihil. Besar tegangan dan kapasitas baterai tergantung spesifikasi dan kapasitas UPS itu sendiri. UPS menggunakan perangkat baterai dari jenis baterai lead-acid ataupun jenis nikel-cadmium.

Sistem baterai UPS memiliki setidaknya satu rangkaian baterai, dengan jumlah baterai yang diperlukan tergantung pada tegangan DC UPS. Dikarenakan tegangan baterai per sel terbatas, maka perlu untuk mendapatkan solusi agar tegangan baterai dapat memenuhi atau sesuai dengan tegangan kerja peralatan ataupun untuk menaikkan kapasitas pemakaian dengan merangkai atau menghubungkan beberapa baterai dengan cara :

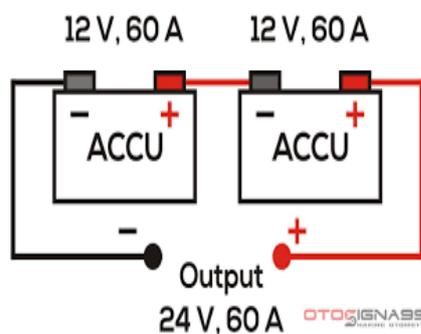
#### 2.5.4.3 Baterai Rangkaian Seri.

Baterai yang umum digunakan pada sebuah UPS adalah dengan tegangan 12 VDC per unitnya dengan kapasitas yang berbeda beda, jika diperlukan

tegangan DC yang lebih besar maka beberapa buah baterai disusun seri. Jika spesifikasi UPS membutuhkan tegangan 24 VDC, maka diperlukan baterai sebanyak:

$$\frac{24}{12} \approx 2 \text{ buah baterai}$$

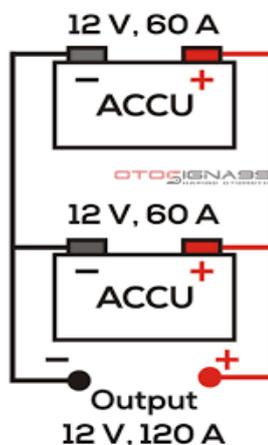
Baterai dengan susunan seri tegangan VDC menjadi bertambah, tetapi kapasitas baterai tetap ( Amper Hours)



Gambar2.18 Baterai susunan seri

#### 2.5.4.4 Baterai Susunan Paralel

Jika diperlukan kapasitas baterai yang besar, maka beberapa baterai disusun parallel, Tegangan DC baterai tetap, tetapi kapasitasnya meningkat sesuai dengan jumlah jumlah baterai yang diparallelkan. Jika 2 buah baterai 12 volt DC dengan kapasitas 60 AH dipasang parallel, maka kapasitas baterai meningkat menjadi :  $60 \text{ AH} \times 2 = 120 \text{ AH}$ .

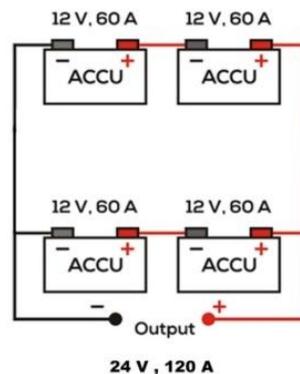


Gambar 2.19 Baterai susunan Parallel

#### 2.5.4.5 Baterai Susunan Seri Paralel.

Untuk mendapatkan tegangan DC yang tinggi dengan kapasitas yang besar, dapat dilakukan dengan memasang seri beberapa rangkaian parallel sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi UPS.

Misal diperlukan tegangan DC 24 Volt dengan kapasitas 120 AH dan baterai yang tersedia 12 Volt/60 AH, maka dapat dibuat rangkaian dengan cara membuat 2 set susunan seri dari 2 buah baterai, yang masing masing mempunyai tegangan DC 24 volt/60 AH, kemudian ke 2 susunan seri ini dihubungkan parallel sehingga akan didapat tegangan DC 24 volt/ 120 AH.



Gambar 2.20 Baterai susunan Seri Paralel

#### 2.5.4.6 Menghitung lama ketahanan baterai pada UPS.

Untuk menghitung lama ketahanan baterai pada UPS, sebelumnya kita harus mengetahui beberapa hal berikut ini :

1. Berapa besar daya beban yang terpasang di UPS.
2. Berapa banyak DNA kapasitas Baterai yang terpasang di UPS
3. Effisiensi Inverter UPS (Off Line 50 s.d 80%, On Line 85 s.d 95%) perlu diingat bahwa lain pabrik mempunyai effisiensi UPS yang berbeda.
4. Mengetahui besarnya Arus baterai saat dalam keadaan Backup.
5. Mengetahui Discharge baterai yang digunakan.

Untuk perhitungan yang tepat lama ketahanan baterai selama backup adalah dengan mengukur arus baterai saat backup, mengukur dengan



---

menggunakan Tang Ampere. Tapi untuk perencanaan pengadaan UPS dapat diperkirakan secara teoritis berapa lama baterai dapat menyuplai beban, adalah dengan mengetahui terlebih dahulu besaran beban yang akan di backup oleh UPS. Dengan menggunakan Rumus :

$$\text{Arus Baterai} = \frac{P \text{ beban}}{V_{\text{baterai}}}$$

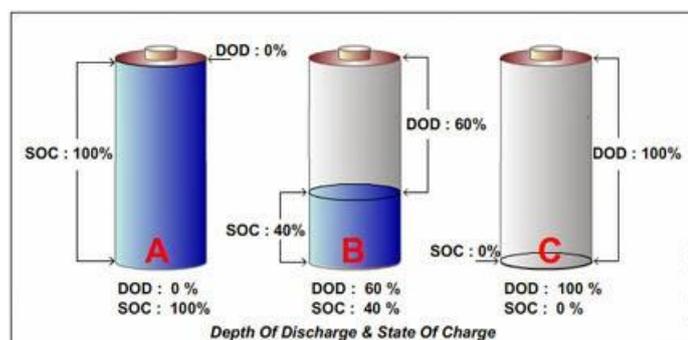
Selanjutnya cari di table Discharge baterai sesuai dengan merek dan type baterai

#### 2.5.4.7 Karakteristik Baterai

Berikut beberapa istilah karakteristik pada baterai. Penting untuk mengetahui karakteristiknya agar kita lebih memahami sebuah baterai apalagi jika kita ingin merancang sebuah perangkat yang menggunakan baterai sebagai salah satu komponen pendukungnya.

- **Ampere Hour (AH):** Satuan besarnya kapasitas listrik yang tersimpan pada sebuah baterai. Ini merujuk pada kemampuan baterai tersebut dalam menyuplai arus listrik (dalam satuan ampere) selama periode waktu tertentu (dalam satuan jam) sampai arus listriknya betul-betul habis. Untuk baterai kapasitas besar umumnya menggunakan satuan AH ( Ampere-Hour) dan untuk baterai kapasitas kecil seperti baterai HP menggunakan satuan mAH (mili Ampere-Hour) = seperseribu Ampere Hour.
- **Capacity:** Ukuran besarnya energi listrik yang bisa dihasilkan oleh sebuah baterai, biasanya dalam satuan ampere-hours (AH atau mAH) atau watt-hours.
- **CCA (Cold Cranking Ampere):** Maximal arus listrik yang bisa disuplai oleh sebuah baterai selama 30 detik dalam suhu nol derajat F (sekitar -18 derajat C) sebelum tegangannya drop menjadi sekitar 7,2 V (untuk aki 12 V) hingga tidak dapat digunakan. Istilah ini hanya dipakai pada jenis [aki starter](#) seperti aki mobil.
- **Cutoff Voltage:** Batas tegangan terendah baterai yang masih bisa menghasilkan arus listrik. Di bawah tegangan ini baterai tidak akan berfungsi lagi. Besarnya tegangan cutoff ini berbeda-beda untuk tiap jenis baterai. Dikenal juga dengan istilah **End-point Voltage**.

- **Cycle Life:** Kemampuan sebuah baterai rechargeable (dapat diisi ulang). Berapa kali baterai tersebut dapat diisi ulang. Patokannya, jika sebuah baterai ketika di cas hanya mampu terisi kurang dari 80% kapasitas aslinya, maka baterai tersebut dianggap sudah tidak layak pakai lagi. Berarti Cycle Life-nya sudah berakhir.
- **DOD (Depth of Discharge):** Nilai yang menunjukkan besarnya arus listrik yang telah digunakan, dihitung dalam persen. Kebalikan dari DOD adalah SOC (State of Charge), besarnya arus listrik yang tersisa setelah dipakai.



Gambar 2.21 Deep of Discharge (DOD)

- **Energy Density:** Kerapatan energi, yang merupakan rasio perbandingan besarnya energi baterai terhadap berat baterai (dalam satuan watt-hours per pound) atau volume baterai (watt-hours per cubic inch).
- **Gassing:** Proses terbentuknya gas di dalam baterai (aki) akibat reaksi kimia ketika baterai di-cas.
- **Open-Circuit Voltage:** Tegangan yang diukur pada ke dua kutub baterai ketika tidak terhubung ke beban atau perangkat.
- **Reserve Capacity (RC):** Diukur dalam satuan menit. Berapa lama sebuah baterai (yang sudah di cas penuh) dapat menggerakkan beban 25 ampere pada suhu 27 C hingga tegangan baterai turun menjadi 10,5 V (untuk aki 12 V), atau 1,75 V per cell. Karakteristik ini biasa digunakan untuk Deep Cycle battery pada beban berat (beban yang membutuhkan arus listrik yang tinggi).