

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1. Penelitian terdahulu

Beberapa makalah dan jurnal tentang penelitian yang menunjang sebagai referensi, yaitu Penelitian Genesis Aldorino Pangemanan (2017) menyatakan bahwa performa baterai *lead acid* 12 V 18 Ah yang di uji dengan beban motor DC Feedback Tipe No. 63 – 110 didapatkan hasil efisiensi baterai sebesar 90 % , sehingga performa baterai dapat diketahui dari hasil pengujian *battery performance test*.

Penelitian Irawan (2016) menyatakan bahwa semakin besar depth of discharge menyebabkan umur siklus baterai menjadi semakin pendek. Karena DoD yang besar akan mempercepat proses terjadinya sulfation pada elektroda positif maupun negative. Penelitian ini sangat berguna karena dapat memperpanjang *life-time* dari baterai.

Penelitian Rumianto Manurung (2014), studi analisis pada baterai dengan metode charge dan discharge, pada penelitian di universitas Sumatra utara melakukan Analisa performa pada baterai dengan kapasitas 12 Volt 60 Ah dengan beban yang dapat diubah-ubah sehingga didapatkan perhitungan performa baterai dalam mensuplai daya. Dalam penelitian yang dilakukan

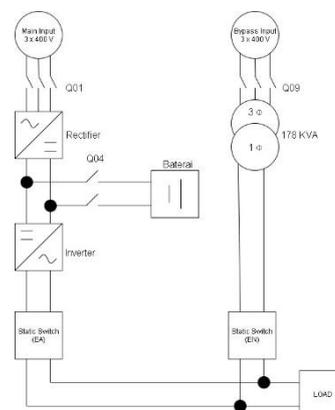
Achmad Safi'i (2018) penulis melakukan penelitian tentang analisa kinerja dan kapasitas daya pada system UPS (Uninteruptible Power Supply). Dalam pemilihan UPS harus di pertimbangkan dahulu terhadap beban yang akan dipakai, yaitu berapa lama beban tersebut akan di back up, hal tersebut dapat mengefesienkan pemakaian UPS baik dari sisi ekonomi dan kebutuhannya.

Justus Rubi pada tahun 2002 mengatakan bahwa Uninterruptible Power Supply (UPS) akan mempengaruhi besar harmonik yang signifikan pada kualitas daya output Uninterruptible Power Supply (UPS). Perlu dilakukan pemasangan filter untuk dapat mereduksi nilai gangguan harmonik pada sistem.

Muhammad Khairil (2010) melakukan penelitian bahwa Uninterruptible Power Supply (UPS) memiliki lima jenis sistem konfigurasi. Pada masing-masing konfigurasi memiliki keandalan yang berbeda. Diantaranya lima konfigurasi yaitu, konfigurasi capacity, isolated redundant, parallel redundant, distributed redundant, and system plus system redundant. Selanjutnya pada tahun 2017, Muhammad Khairil melakukan analisis sensitivitas untuk menginvestigasi kegagalan sebagai upaya untuk peningkatan keandalan Uninterruptible Power Supply (UPS).

2.2. Uninteruptible Power Supply (UPS)

UPS merupakan kepanjangan atau singkatan dari *Uninterruptible Power System* atau sering juga disebut dengan *Uninterruptible Power Supply* dan jika diartikan ke dalam Bahasa Indonesia memiliki arti Sistem Daya Kebal Gangguan. UPS adalah suatu peralatan atau perangkat dengan menggunakan baterai *backup* yang berfungsi sebagai catuan daya alternative agar dapat memberikan *supply* daya sementara jika terjadi breakdown maupun gangguan pada sistem kelistrikan. Untuk dapat menjalankan fungsinya UPS menggunakan sumber energi yang berasal dari baterai kemudian diubah ke tegangan AC dengan memanfaatkan atau menggunakan rangkaian inverter, karena terbatasnya kapasitas pada baterai maka UPS tidak dapat menggantikan listrik dari PLN maupun CTG secara penuh. Secara umum UPS mempunyai tiga komponen utama diantaranya adalah *rectifier* (penyearah), baterai dan *inverter*. Prinsip kerja UPS secara umum terdiri atas dua mode, mode yang pertama yaitu mode normal dan yang kedua mode *back up*.



Gambar 2.1 Diagram UPS

Dalam mode normal, rectifier berfungsi untuk menyearahkan tegangan AC menjadi tegangan DC yang kemudian digunakan untuk menyuplai beban maupun mengisi baterai dengan melalui inverter terlebih dahulu. Sedangkan dalam mode *back up* (saat terjadi gangguan pada supply listrik utama), baterai akan berfungsi menggantikan peran suplai utama utama menyuplai beban kritikal yang kemudian inverter akan mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Selanjutnya keluaran dari inverter berupa tegangan AC akan dilewatkan melalui filter inverter, filter inverter ini berfungsi untuk mengurangi noise ataupun harmonisa orde tinggi sehingga akan didapatkan tegangan AC yang diinginkan. Dalam menentukan kapasitas UPS perlu dilakukan perhitungan yang baik agar handal dan efisien.

$$S = \sqrt{3} x V x I \quad (2.1)$$

Dimana :

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Setelah mendapatkan daya semu dari UPS maka dapat dihitung dalam menentukan lama waktu *back up* pada sistem UPS dengan menggunakan persamaan dibawah ini

$$Tb = Ah x \left(\frac{voltage}{load} \right) \times \frac{1}{pf} \quad (2.2)$$

Untuk menghitung kebutuhan energi beban yang di supply UPS, yaitu dilakukan seperti yang terdapat dibawah ini :

$$Wj = Daya (P) \times Tb \quad (2.3)$$

Dimana :

Wj = Energi (kWh)

P = Daya (Watt)

Tb = back up time (jam)

Ah = Kapasitas baterai (Ampere hour)

Pf = Power factor

2.2.1 Fungsi UPS (Uninterruptible Power Supply)

Pada dasarnya UPS bekerja hanya saat terjadi gangguan listrik saja karena memang fungsi UPS sendiri yaitu sebagai backup listrik yang berasal dari PLN atau CTG ketika terjadi gangguan listrik seperti *breakdown*. UPS (*Uninterruptible Power Supply*) mempunyai fungsi sebagai berikut:

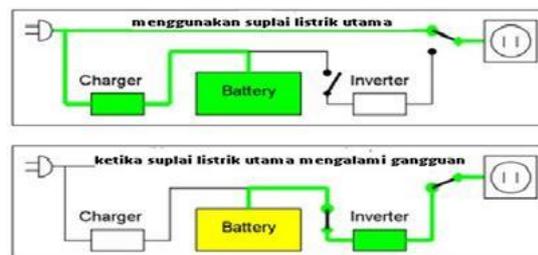
- a). Dapat memberikan energi listrik sementara atau *backup power* jika terjadi kegagalan daya pada listrik utama dan dapat memberikan energi listrik sementara jika terjadi *breakdown*.
- b). Dapat melakukan stabilisasi tegangan saat terjadi perubahan tegangan pada input dan menyebabkan tegangan output yang digunakan suatu sistem yaitu berupa tegangan listrik stabil.

2.2.2 Jenis – jenis UPS (Uninterruptible Power Supply)

Jenis – Jenis UPS Berdasarkan cara kerja

1. Off-line / Standby UPS

Pada *UPS Off-line* beban system akan di-*supply* secara langsung oleh sumber listrik utama dan saat *supply* listrik utama mengalami kegagalan atau dalam keadaan gangguan maka baterai akan bekerja menggantikan *supply* listrik utama. Sistem kerja blok diagram ditunjukkan pada gambar



Gambar 2.2 Offline / Standby UPS

Inverter dihubungkan paralel terhadap beban dan bekerja secara sederhana untuk menyalurkan daya pada beban. Mode operasi dari Off-line UPS ini dibagi menjadi 2 mode sesuai dengan posisi switch yaitu: normal mode

yaitu switch berada pada posisi langsung menuju beban, sehingga tegangan pada beban *disupply* secara langsung oleh sumber AC dari PLN. Pada sebelum sampai pada beban terdapat peralatan tambahan seperti AVR yang berfungsi sebagai stabilisator tegangan. Pada saat mode ini juga baterai mengalami charge atau pengisian energi listrik. Kemudian, *Back Up / Stored Energy* mode yaitu ketika tegangan AC pada input UPS diluar spesifikasi tegangan yang diperbolehkan, switch akan berpindah dari posisi *supply* dari baterai. Pada saat ini, tegangan pada beban *disupply* oleh baterai yang sebelumnya telah dilakukan konversi tegangan DC pada baterai menjadi AC oleh inverter. Pergantian mode dari normal menuju back up mengakibatkan adanya waktu tunda switching. UPS ini beroperasi sampai tegangan pada sisi input kembali pada keadaan normal.

UPS jenis ini mempunyai beberapa kelebihan seperti desain yang sederhana, biaya yang rendah, dan bentuk fisik yang relatif kecil. Kekurangan yang terdapat pada sistem ini yaitu kurangnya perlindungan atau sistem proteksi beban terhadap regulasi tegangan output, adanya waktu tunda inverter menyuplai tegangan pada beban. Waktu switching pergantian mode normal menuju mode back up hanya dapat diijinkan untuk peralatan tertentu. Peralatan listrik lain yang sangat sensitif dan membutuhkan kekontinuitasan daya yang sempurna kurang sesuai menggunakan UPS jenis ini.

Kelebihan :

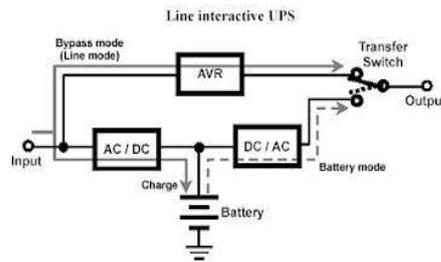
- a. Harganya paling murah
- b. Cocok untuk penggunaan pribadi atau perorangan
- c. Tersedia dalam ukuran kecil untuk menghemat tempat
- d. Tidak berisik ketika dalam posisi standby

Kekurangan :

- a. Masih ada jeda waktu signifikan dalam transfer daya ketika listrik padam
- b. Kualitas pengaturan voltasenya rendah, masih ada risiko problem dari voltase yang naik atau turun mendadak

2. Line-Interactive UPS

Pada *Line-Interactive* UPS terdapat tambahan alat atau komponen yaitu AVR (*Automatic Voltage Regulator*) yang mempunyai fungsi untuk mengatur tegangan yang berasal dari supply daya ke UPS. Sistem kerja *Line Interactive* UPS terlihat pada gambar



Gambar 2.3 Line Interactive UPS

UPS jenis ini memerlukan induktor yang dipasang secara seri pada input dan bilateral inverter yang dipasang secara paralel dengan beban. Sedangkan pada Gambar 2.2 menggunakan dua konverter. Untuk konverter yang pertama dihubungkan secara seri dengan input, dan yang kedua dihubungkan secara paralel dengan beban. Pengoperasian dari UPS ini dibagi menjadi dua mode, yaitu normal mode dimana beban disuplai oleh sumber AC dari PLN. Pada saat ini juga baterai mengalami charge atau pengisian energi listrik melalui inverter bidirectional.

Kemudian, *Back Up/Stored Energy* mode dimana tegangan AC pada input UPS diluar spesifikasi tegangan yang diperbolehkan, tegangan DC pada baterai akan menggantikan sebagai penyuplai daya pada beban dengan diubah menjadi tegangan AC oleh inverter. Pada mode ini switch pada input akan open sehingga arus listrik tidak akan mengalir ke sumber PLN. Pergantian switch dari normal mode ke back up mode seolah-olah tidak terputus sehingga hampir tidak ada waktu switching. UPS jenis ini mempunyai beberapa kelebihan seperti regulator tegangan yang lebih baik dari pada konvensional UPS, menyuplai tegangan pada beban dengan tanpa waktu tunda saat terjadi gangguan,

mempunyai kemampuan untuk mereduksi harmonisa dengan berfungsi sebagai filter aktif. Kekurangannya adalah biayanya yang relatif lebih mahal dari pada konvensional, dan memerlukan algoritma kontrol yang kompleks.

Kelebihan :

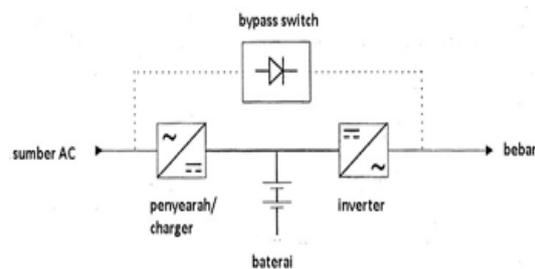
- a. Harganya masih relatif murah.
- b. Menawarkan perlindungan lebih baik terhadap perubahan voltase mendadak.
- c. Cocok untuk penggunaan pribadi atau bisnis kecil
- d. Tidak berisik ketika dalam posisi *standby*

Kekurangan :

- a. Masih ada jeda waktu dalam transfer daya ketika listrik padam, tetapi lebih pendek dari model sebelumnya
- b. Kualitas pengaturan voltase rendah, masih ada kemungkinan fluktuasi daya

3. On-Line UPS

Prinsip dasar dari On-Line UPS juga hamper sama dengan Off-line / standby UPS dan Line-Interactive UPS tetapi dengan biaya pembuatan yang lebih mahal dengan adanya rectifier / charger AC-ke-DC yang lebih baik dan inverter yang bekerja terus menerus tanpa adanya waktu tunda (switching) dengan system pendingin yang lebih baik. Gambar 2.4 menunjukkan rangkaian dari *On-Line* UPS.



Gambar 2.4 On-line UPS

On-line UPS secara kontinyu menyuplai daya pada beban melalui rectifier dan inverter baik pada saat normal mode maupun keadaan gangguan pada sumber PLN sehingga pada UPS jenis ini ada atau tidak ada gangguan akan mengalami dua proses konversi. Ketika terjadi gangguan, energi pada baterai melalui inverter akan menggantikan peran sumber utama untuk memberi daya pada beban. Dapat dikatakan pula bahwa UPS ini memberikan sistem proteksi pada beban secara kontinyu ketika sumber PLN mengalami perubahan tegangan. UPS ini memiliki performa yang paling baik dari pada jenis UPS yang lain, tetapi biaya pembuatannya paling besar diantara yang lainnya.

Kelebihan :

- a. Proses transfer daya mulus, tanpa jeda
- b. Ada fitur perlindungan terhadap naik-turunnya voltase
- c. Cocok untuk dipadukan dengan generator
- d. Tersedia untuk kebutuhan professional

Kekurangan :

- a. Harganya relatif mahal dibandingkan produk sebelumnya
- b. Perawatan sangat detail dan banyak

Sumber : Zaky, Achmad. 2007. *Sistem pengisian charger baterai*

2.3 Komponen-komponen UPS (Uninterruptible Power Supply)

Komponen-komponen utama UPS terdiri dari tiga komponen yaitu:

- a). *Rectifier*, komponen ini berfungsi untuk meyearahkan tegangan AC (tegangan bolak-balik) menjadi tegangan DC (tegangan searah) yang berasal dari sumber utama dan akan digunakan untuk mengisi baterai
- b). Baterai, komponen ini berfungsi untuk cadangan energi listrik jika supply listrik utama mengalami gangguan.
- c). *Inverter*, komponen ini berfungsi untuk mengubah tegangan DC (tegangan searah) yang berasal dari baterai menjadi tegangan AC (tegangan bolak-balik) digunakan untuk menyuplai tegangan yang berasal dari beban.

Selain tiga komponen utama tersebut, memungkinkan terdapat komponen

pendukung lain seperti switch, inductor, AVR yang berfungsi untuk mengatur tegangan dan filter dan lain-lainnya sesuai dengan topologinya masing-masing.

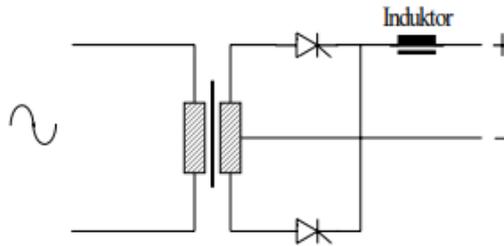
2.3.1 Rectifier / Penyearah

Pada bagian ini merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk menyearahkan suatu tegangan dan menyuplai baterai. *Rectifier*/ Penyearah adalah suatu komponen yang berfungsi untuk mengubah tegangan AC (tegangan bolak-balik) menjadi tegangan DC (tegangan searah). Baterai tidak dapat menyimpan energi listrik dengan begitu saja. Tegangan sumber yang akan di supply ke baterai harus disearahkan terlebih dahulu dengan melalui baterai charger. Gambar 2.5 menunjukkan alur penggunaa *converter* pada UPS.

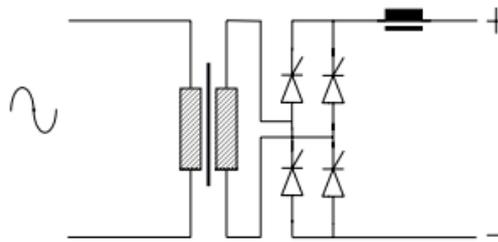


Gambar 2.5 rangkaian rectifier

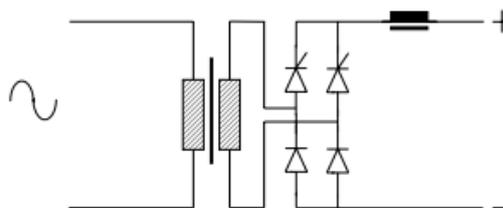
Untuk maksud tersebut maka penyearah UPS harus berupa penyearah yang dapat diatur dan dikendalikan sehingga dapat memberikan tegangan pengeluran yang tetap, meskipun beban ac pada inverter berubah, arus dc keluarannya dibatasi sampai I_{dc} maksimum yang telah ditentukan dan arus pengisian ke battery juga dibatasi. Untuk melakukan hal tersebut UPS mempergunakan thyristor (SCR) sebagai pengendali dan lazimnya untuk kapasitas $< 1\text{kVA}$ mempergunakan penyearah satu phase, sedangkan pada kapasitas $> 1\text{ kVA}$ mempergunakan penyearah tiga phase. Rangkaian penyearah thyristor yang dipergunakan pada UPS dibawah 1 kVA berupa penyearah gelombang penuh satu phase. Ada tiga macam penyearah gelombang penuh thyristor satu phase ; penyearah 2 (dua) thyristor, penyearah jembatan terkendali penuh dan penyearah jembatan terkendali separuh.



Gambar 2.6 Penyearah 2 thyristor



Gambar 2.7 Rectifier kendali penuh



Gambar 2.8 Rectifier terkendali setengah

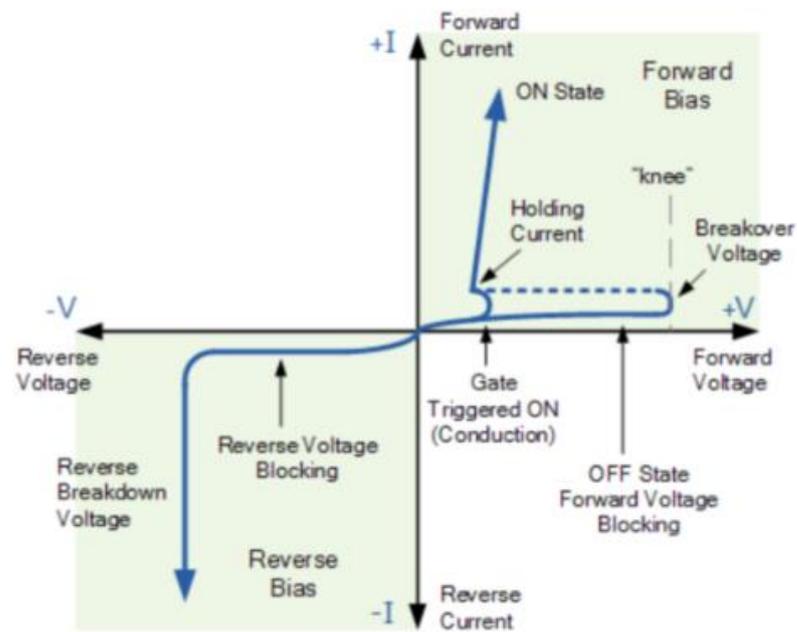
Dikutip dari : Malvino, Albert. 2003. *Electronic Principles*

Pewaktu / timing pemberian pulsa penyulutan ditetapkan saat tegangan sinus sumber daya ac melalui / silang nol (zero cross) yang dinyatakan dengan sudut dan diberi nama sudut penyalaan / firing angle. Makin kecil sudut penyalaan / α berarti pulsa penyulutan makin maju mendekati silang nol, hal ini berarti memperbesar nilai rata rata tegangan atau arus keluarannya

Unit kendali penyulutan penyearah thyristor mempunyai fungsi ; menerima tegangan masukan kendali VControl, menerima sinkronisasi berupa tegangan sinus dari sumber daya ac dan mendeteksi silang nol untuk menghasilkan tegangan ramp, membandingkan tegangan masukan kendali VControl dengan tegangan ramp dan dihasilkan pulsa penyulutan pada saat ketinggian ramp menyamai VControl (sudut

penyulutan α makin kecil jika $V_{Control}$ makin besar), memisahkan pulsa penyulutan dan menyalurkan keluar melalui dua keluaran. Kedua pulsa penyulutan ini berbeda setengah periode 180 pulsa pertama positive half cycle kedua negative half cycle.

Kurva karakteristik tegangan dan arus dari sebuah SCR dapat dilihat pada gambar 2.9.



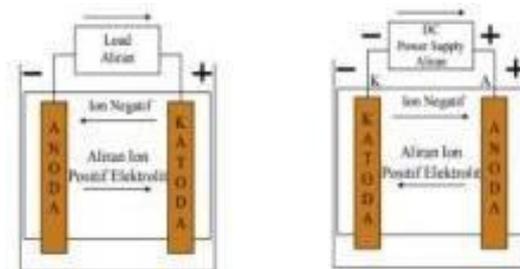
Gambar 2.9 Kurva karakteristik SCR

Sumber : Morris, Noel M. 1997. *Electrical and Electronic Principles*

Pada gambar tertera tegangan breakover V_{bo} , yang jika tegangan forward SCR mencapai titik ini, maka SCR akan ON. Lebih penting lagi adalah arus I_g yang dapat menyebabkan tegangan V_{bo} turun menjadi lebih kecil. Pada gambar ditunjukkan beberapa arus I_g dan korelasinya terhadap tegangan breakover. Pada datasheet SCR, arus trigger gate ini sering ditulis dengan notasi IGT (gate trigger current). Pada gambar ada ditunjukkan juga arus I_h yaitu arus holding yang mempertahankan SCR tetap ON. Jadi agar SCR tetap ON maka arus forward dari anoda menuju katoda harus berada di atas parameter ini.

2.3.2 Baterai

Baterai atau akumulator merupakan sebuah sel listrik yang didalamnya terdapat suatu proses elektrokimia yang reversible yang berbanding terbalik dengan efisiensinya yang tinggi. Proses elektrokimia yang reversible mempunyai arti yaitu didalam baterai dapat berlangsung suatu proses yang mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik atau disebut dengan proses pengosongan dan begitupun sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia. Pengisian kembali dengan cara melalui cara regenerasi dari elektroda yang dipakai, dengan melewati arus listrik DC (arus searah). Prinsip kerja baterai sendiri dimulai dengan proses pengosongan (discharge) pada sel berlangsung menurut gambar 2.12. Jika sel dihubungkan dengan beban maka, elektron mengalir dari anoda melalui beban ke katoda, kemudian ion – ion negatif mengalir ke anoda dan ion – ion positif mengalir ke katoda. Pada proses pengisian menurut para ahli salah satunya menurut Manurung (2014), bisa melihat pada gambar Yang pada intinya adalah bila sel dihubungkan dengan *power supply* maka yang terjadi elektroda positif menjadi anoda dan kemudian elektroda negatif menjadi katoda. Adapun untuk proses kimia yang terjadi adalah sebagai berikut :



Gambar 2.10 Prinsip kerja baterai

Sumber : H.A. Kiehne. *Battery Handbooks*

Aliran elektron yang menjadi terbalik, kemudian akan mengalir dari anoda melalui sistem power supply ke katodanya. Kemudian, Ion – ion negatif mengalir dari katoda ke anoda, sedangkan Ion – ion positif mengalir dari anoda ke katoda. Jadi, dapat dikatakan jikalau sistem kerja pada baterai ini akan terjadi reaksi kimia

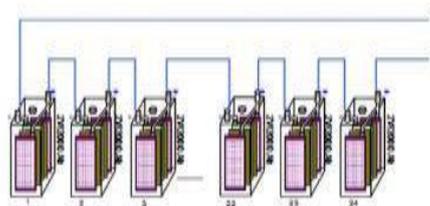
pada saat pengisian (charging) yakni kebalikan daripada saat terjadinya pengosongan (discharging) pada baterai.



Gambar 2.11 Baterai UPS di Sub Station

Baterai memiliki kapasitas tegangan pada baterai per sel terbatas, untuk mendapatkan solusi agar tegangan pada baterai memenuhi atau mencukupi tegangan kerja peralatan dan menaikkan kapasitas serta kehandalan pemakaian dengan cara meng-koneksi (merangkai) baterai dengan cara hubungan seri dan paralel. Pada hubungan seri koneksi baterai bertujuan untuk menaikkan nilai tegangan baterai sesuai dengan tegangan kerja yang dibutuhkan. Contohnya kebutuhan tegangan baterai pada unit pembangkit sebesar 220 Volt maka kapasitas baterai yang dibutuhkan sebesar 2.2 Volt dengan jumlah baterai sebanyak 104 buah dengan dikoneksi secara ser. Didalam hubungan seri terdapat suatu kekurangan yaitu jika terjadi kerusakan ataupun gangguan pada salah satu sel baterai maka akan menyebabkan supply sumber DC menuju beban akan terputus.

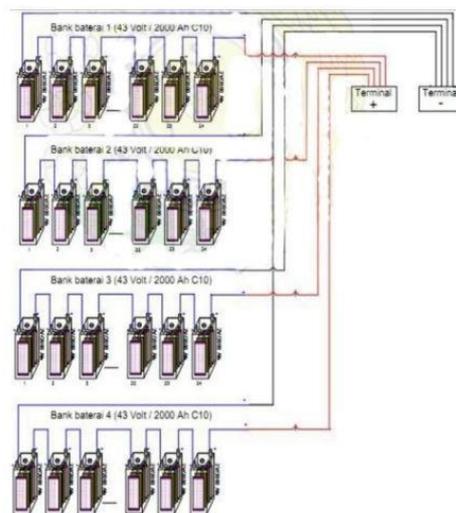
$$V_{bat\ total} = V_{bat1} + V_{bat2} + V_{bat3} + \dots + V_{bat(n)} \text{ (Volt)} \quad (2.4)$$



Gambar 2.12 Baterai dengan hubungan seri

Sementara itu, pada hubungan parallel koneksi baterai bertujuan untuk menaikkan nilai kapasitas baterai ataupun Ampere hour (Ah) baterai, dan dapat memberikan keandalan beban DC pada suatu sistem. Hal ini disebabkan apabila salahsatu sel baterai terjadi gangguan maka sel baterai yang lain tetap dapat mensuplai tegangan DC menuju beban, jadi tidak akan mempengaruhi suplai secara keseluruhan pada sistem, tetapi kapasitas daya yang sedikit berkurang sedangkan pada tegangan tidak berpengaruh.

$$I_{bat\ total} = I_{bat1} + I_{bat2} + I_{bat3} + \dots + I_{bat(n)} \quad (A) \quad (2.5)$$



Gambar 2.13 Baterai dengan hubungan parallel

Sumber : Faizal. 2017. *Pengoperasian UPS sebagai catu daya*

Perhitungan baterai

Depth of discharge mempengaruhi umur. Batere siklus dalam dirancang untuk beroperasi pada 80% DOD harian. Batere siklus dangkal dirancang untuk beroperasi hanya pada 15% DOD harian. Pada proses siklus terjadi pengembangan dan pengerutan komponen aktif plat elektroda, proses mekanik ini akan menyebabkan kerusakan plat. Proses yang berulang-ulang ini memperlemah ikatan plat. Setiap sel dalam batere menghasilkan tegangan di antara anode dan

katode sebesar 2 V, sehingga untuk menghasilkan tegangan 12 V dibutuhkan 6 buah sel batere yang dihubungkan secara seri. Besarnya energi yang dapat dikeluarkan oleh batere disebut “kapasitas batere” atau banyaknya arus yang dapat dilepaskan (discharge currents) dari pengisian (charge rate) yang tertentu pula. Kapasitas batere diukur dalam satuan ampere – hour (Ah).

Perhitungan kapasitas baterai :

$$Ah = \frac{W_j \times t}{D.O.D \times V} \quad (2.6)$$

Dimana :

Ah = Kapasitas baterai (ampere hour)

Wj = Energi (kWh)

t = jumlah hari menyimpan energi (hari)

D.O.D = Depth of Discharge

V = Tegangan (volt)

Dalam proses pengisian baterai memerlukan waktu yang bervariasi tergantung pada seberapa besar daya yang hilang dan besarnya arus yang dialirkan ke baterai, yang dapat dihitung dengan persamaan: $10\% \times$ kapasitas baterai. Sebagai contoh jika baterai berkapasitas 5 AH dan dilakukan pengukuran bahwa daya yang hilang dari baterai tersebut adalah sebesar 2 AH, jadi daya yang perlu diisi kembali pada baterai tersebut adalah sebesar $2/5 \times 100\% = 40\%$. Dengan demikian besar arus yang digunakan untuk mengisi baterai tersebut adalah $10\% \times 5Ah = 0.5$ Ampere

Jadi pada prinsipnya ketika baterai tidak dialiri beban maka tidak akan ada beda potensial yang terjadi antara kutub positif dan negatif sehingga baterai tidak akan kehilangan energinya, namun ketika baterai tersebut dialiri beban maka akan terjadi perpindahan elektron yang menyebabkan energi potensial dari kutub positif dan kutub negatif menjadi berbeda prinsip inilah yang kita kenal dengan nama discharging atau pengosongan.

2.3.2.1 Jenis-jenis Aki

1. Aki Basah

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

2. Aki Sealed (Aki tertutup)

Aki jenis ini selnya terbuat dari bahan kalsium yang disekat oleh jaring berisi bahan elektrolit berbentuk gel/selai. Dikemas dalam wadah tertutup rapat. Aki jenis ini kerap dijuluki sebagai aki kering. Sifat elektrolitnya memiliki kecepatan penyimpanan listrik yang lebih baik. Karena sel terbuat dari bahan kalsium, aki ini memiliki kemampuan penyimpanan listrik yang jauh lebih baik seperti pada aki jenis calcium pada. Pasalnya ia memiliki self-discharge yang sangat kecil sehingga aki sealed ini masih mampu melakukan start saat didiamkan dalam waktu cukup lama. Kemasannya yang tertutup rapat membuat aki jenis ini bebas ditempatkan dengan berbagai posisi tanpa khawatir tumpah. Namun karena wadahnya tertutup rapat pula aki seperti ini tidak tahan pada temperatur tinggi sehingga dibutuhkan penyekat panas tambahan jika ia diletakkan di ruang mesin.

3. Aki Hybrid

Pada dasarnya aki hybrid tak jauh berbeda dengan aki basah. Bedanya terdapat pada material komponen sel aki. Pada aki hybrid selnya menggunakan low-antimonial pada sel (+) dan kalsium pada sel (-). Aki jenis ini memiliki performa dan sifat self-discharge yang lebih baik dari aki basah konvensional.

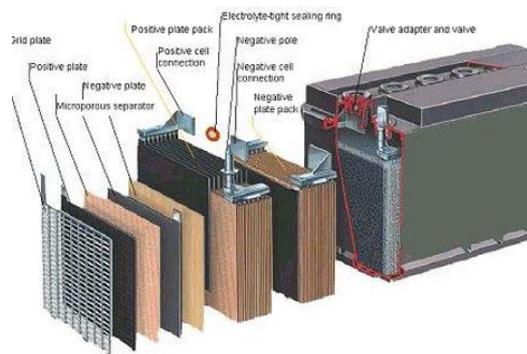
4. Aki Calcium

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

2.3.2.2 Konstruksi Baterai

Baterai terdiri dari beberapa komponen Antara lain : kotak baterai, terminal baterai, elektrolit baterai, lubang elektrolit baterai, tutup baterai dan sel baterai. Dalam satu baterai terdiri dari beberapa sel baterai, tiap sel menghasilkan tegangan 2 – 2.2 Volt. Baterai 6 Volt terdiri dari 3 sel.

Tiap sel baterai terdapat plat positif, separator dan plat negative, plat positif berwarna coklat gelap dan plat negative berwarna abu-abu metalik. Konstruksi baterai dapat dilihat pada gambar.



Gambar 2.14 Konstruksi Baterai

Sumber : Faizal. 2017. *Pengoperasian UPS sebagai catu daya*

Energi yang tersimpan dalam baterai harus cukup kuat untuk starter, untuk itu baterai terisi penuh. Kapasitas baterai menunjukkan jumlah listrik yang disimpan baterai yang dapat dilepaskan sebagai sumber listrik. Kapasitas baterai dipengaruhi oleh ukuran plat, jumlah plat, jumlah sel dan jumlah elektrolit baterai. Terdapat 3 ukuran yang sering menunjukkan kapasitas baterai, yaitu

1. *Cracking Current Ampere (CCA)*

2. *Reserve Capacity*
3. *Ampere Hour Capacity (AH)*

Kapasitas baterai tergantung pada bahan plat yang bersinggungan dengan larutan elektrolit, bukan hanya jumlah plat tetapi besar ukuran (luas permukaan singgung) pada plat yang akan menentukan kapasitasnya. The International standart memberikan nilai untuk kapasitas baterai dengan SAE *Cranking Current* atau *Cold Cranking Current* (CCA). Nilai CCA dari suatu baterai yang diisi penuh sehingga dapat memberikan arus untuk 30 detik pada 18 derajat celcius selama itu tetap menjaga tegangan setiap sel 1.2 volt atau lebih.

Kapasitas layanan adalah banyaknya waktu dalam menit pada baterai yang diisi penuh dapat memberikan arus sebesar 25 ampere pada 27 derajat celcius. Setelah sistem pengisian dilepas, tegangan tidak boleh turun dibawah 1.75 volt per sel (10.5 volt total untuk baterai 12 volt). Kapasitas baterai adalah banyaknya arus pada baterai yang diisi penuh tanpa penurunan tegangan tiap sel dibawah 1.75 volt. Kapasitas baterai merupakan jumlah listrik yang dilepaskan sampai tegangan pengeluaran akhir menjadi 10.5 volt tiap sel. Rumus menentukan kapasitas baterai adalah : $AH = A (ampere) \times h (jam)$.

2.3.2.4 Battery Charging

Untuk menentukan lama waktu pengisian baterai tergantung dari metode yang digunakan, tegangan untuk pengisian baterai juga membutuhkan tegangan yang lebih tinggi dari tegangan baterai, tujuannya agar terjadi beda potensial antara alat pengisian dengan baterai yang akan diisi tersebut. Ketika terjadi beda potensial maka arus listrik bisa mengalir dari tegangan tinggi ketegangan rendah. Untuk pengisian baterai menggunakan tegangan sebesar 13,8 V sampai dengan 14 Volt, sedangkan besaran arus baterai dapat dilihat pada bodi baterai tersebut.

$$Tb = \frac{Ah}{Ic} + \left(20\% \times \frac{Ah}{Ic} \right) \quad (2.7)$$

Dimana :

Tb = Lama pengisian (jam)

Ah = Kapasitas baterai (Ampere hour)

Ic = Arus Pengisian / *Charging* (A)

Pengisian arus dialirkan berlawanan dengan waktu pengeluaran isi yang berarti juga bahwa beban aktif dan elektrolit diubah supaya energi kimia accu mencapai maksimum. Ada tiga metode pengisian accu :

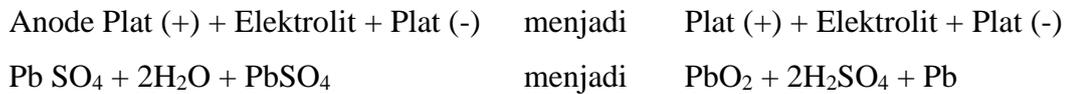
1. Pengisian perawatan (*maintenance charging*) digunakan untuk mengimbangi kehilangan isi (*self discharge*), dilakukan dengan arus rendah sebesar 1/1000 dari kapasitas accu. Ini biasa dilakukan pada accu tak terpakai untuk melawan proses penyulfatan. Bila baterai memiliki kapasitas 245 Ah maka besarnya arus pengisian perawatan adalah 245 mA (milli Ampere).
2. Pengisian lambat (*slow charging*) adalah suatu pengisian yang lebih normal. Arus pengisian harus sebesar 1/10 dari kapasitas baterai. Bila accu memiliki kapasitas 245 Ah maka besarnya arus pengisian lambat adalah 24.5 A. Waktu pengisian ini bergantung pada kapasitas accu, keadaan accu pada permulaan pengisian, dan besarnya arus pengisian. Pengisian harus sampai gasnya mulai menguap dan berat jenis elektrolit tidak bertambah walaupun pengisian terus dilakukan sampai 2 - 3 jam kemudian.
3. Pengisian cepat (*fast charging*) dilakukan pada arus yang besar yaitu mencapai 60 - 100 A pada waktu yang singkat kira-kira 1 jam dimana baterai akan terisi sebesar tiga per empatnya. Fungsi pengisian cepat adalah memberikan baterai suatu pengisian yang memungkinkannya dapat menstarter motor yang selanjutnya generator memberikan pengisian ke accu.

2.3.2.5. Reaksi Kimia pada Baterai

Baterai merupakan pembangkitan listrik secara kimia. Listrik dibangkitkan akibat reaksi kimia antara plat positif, elektrolit baterai dan plat negatif. Saat

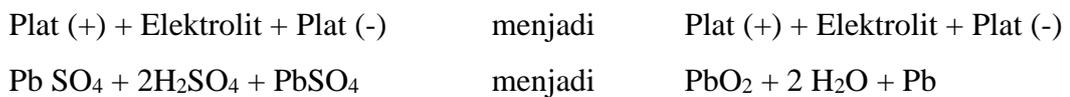
baterai dihubungkan dengan sumber listrik arus searah maka terjadi proses pengisian (charge).

Proses tersebut secara kimia dapat dirumuskan sebagai berikut :



Saat sistem starter berfungsi maka energi listrik yang tersimpan di baterai akan mengalir ke beban, proses ini sering disebut proses pengosongan (discharge). $2\text{H}_2\text{O}$ merupakan cairan elektrolit pada cell baterai.

Proses pengosongan secara kimia dapat dirumuskan sebagai berikut :



Dari reaksi kimia tersebut terdapat perbedaan elektrolit baterai saat kapasitas baterai penuh dan kosong, dimana saat baterai penuh elektroli terdiri dari $2\text{H}_2\text{SO}_4$, sedangkan saat kosong elektrolit baterai adalah $2\text{H}_2\text{O}$.

Keterangan :

PbO_2 = Timbal peroxide (katub positif / anoda)

Pb = Timbal/Timah murni (kutub negative / katoda)

$2\text{H}_2\text{SO}_4$ = Asam sulfat (elektrolit)

PbSO_4 = Timah sulfat (kutub positif dan negative setelah proses pengosongan)

H_2O = Air yang terjadi setelah pengosongan

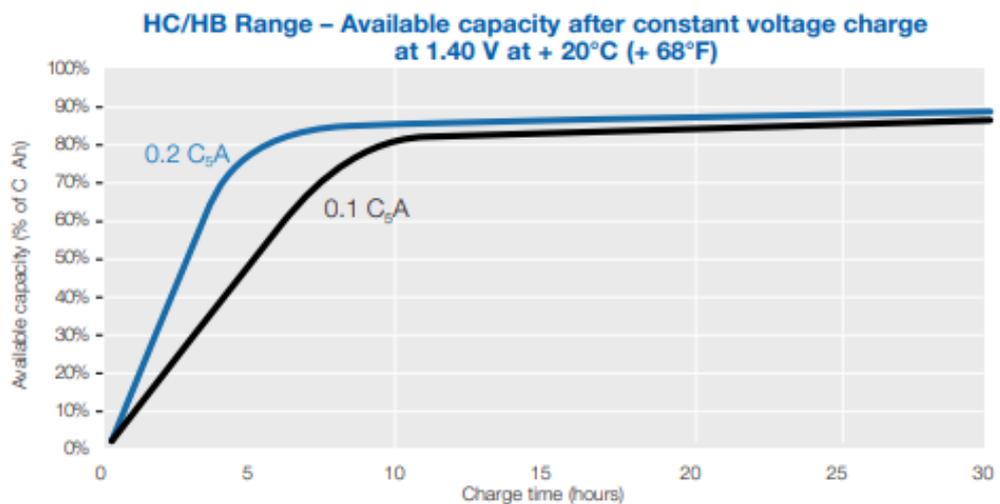
2.3.3. Karakteristik Baterai

Tegangan nominal satu sel baterai adalah 1.2 volt, baterai dirangkai secara seri untuk penggunaan pada system UPS. Baterai Ni-Cd sangat handal dalam menangani beban tinggi dan lonjakan arus besar, selain itu baterai Ni-Cd 5x lebih cepat di *charge* dibandingkan dengan baterai Ni-Mh. Namun terlepas itu baterai ini memikiku kelemahan pada efek memory, baterai Ni-Cd harus benar – benar dalam keadaan habis sebelum di charge agar tidak mengurangi life-timenya. Untuk penyimpanan baterai suhu ruangan harus dijaga antara 20 – 30 °C

Tabel 2.1 komponen pada baterai ALCAD single cell

Component	CAS number	EINECS/ELINCS	Content (wt. %)
Active Nickel	12054-48-7	235-008-5	4-15
Active Cadmium	21041-95-2	244-168-5	7-12
Cobalt	21041-93-0	244-166-4	0-2
Alkaline Electrolyte (pH= 14)	N/A	N/A	14-40
Plastics	N/A	N/A	5-20
Steel	N/A	N/A	10-40
Nickel	7440-02-0	231-111-4	5-20
Copper	7440-50-8	231-159-6	0-10

Sumber : Data Sheet ALCAD



Gambar 2.15 Grafik persentasi kapasitas baterai

Cell type	Capacity C ₂₀ Ah	Hours							Minutes					Seconds		
		8	5	3	2	1.5	1	30	20	15	10	5	1	30	5	1
HC9P	9	1.13	1.80	2.96	4.39	5.79	8.4	15.3	20.4	23.5	28.0	34.7	46.6	52.7	66.9	70.9
HC12P	12	1.50	2.40	3.95	5.86	7.73	11.3	20.4	27.2	31.3	37.3	46.3	62.2	70.2	89.3	94.5
HC17P	17	2.13	3.40	5.59	8.3	10.9	15.9	28.9	38.6	44.4	52.9	65.6	88.1	99.5	126	134
HC21P	21	2.63	4.20	6.90	10.25	13.5	19.7	35.7	47.6	54.8	65.3	81.0	109	123	156	165
HC25P	25	3.13	5.00	8.22	12.2	16.1	23.4	42.5	56.7	65.3	77.7	96.5	130	146	186	197
HC29P	29	3.63	5.80	9.53	14.2	18.7	27.2	49.3	65.8	75.7	90.2	112	150	170	216	228
HC34P	34	4.25	6.80	11.2	16.6	21.9	31.9	57.8	77.1	88.8	106	131	176	199	253	268
HC40P	40	5.02	8.00	13.1	19.5	25.7	37.6	69.0	92.7	108	128	159	206	235	296	325
HC50P	50	6.28	10.0	16.4	24.4	32.1	47.0	86.2	116	135	160	199	258	294	370	407
HC60P	60	7.53	12.0	19.7	29.3	38.6	56.4	103	139	162	193	239	309	353	444	488
HC70P	70	8.79	14.0	23.0	34.1	45.0	65.8	121	162	189	225	279	361	411	519	569
HC80P	80	10.0	16.0	26.3	39.0	51.4	75.2	138	185	216	257	318	412	470	593	651
HC90P	90	11.3	18.0	29.6	43.9	57.9	84.6	155	208	243	289	358	464	529	667	732

Tabel 2.2 Discharge pada Tegangan akhir 1 V /cell

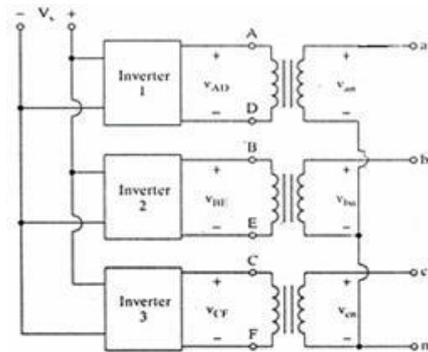
Sumber : Data sheet ALCAD Single Cell

2.3.4. Inverter 1 Phase

Inverter adalah peralatan elektronik yang mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC dengan besar magnitudo dan frekuensi yang diinginkan. Inverter menjalankan tugasnya dengan melakukan dua fungsi utama yaitu menkonversi DC menjadi AC lalu menaikkan keluaran AC tersebut dengan transformator. Tegangan output bisa dibuat tetap atau variabel pada frekuensi tetap atau frekuensi yang bisa diubah. Besarnya output tegangan yang diinginkan dapat dicapai dengan 2 cara yaitu cara pertama dengan merubah besarnya tegangan input DC sedangkan gain dari inverter dijaga konstan, dan cara kedua adalah jika tegangan input DC tetap, gain dari inverter yang diubah-ubah. Inverter gain didefinisikan sebagai ratio antara tegangan output AC dengan tegangan input DC. Untuk inverter yang ideal bentuk sinyal outputnya berupa sinusoidal. Namun pada praktiknya, output dari inverter berbentuk nonsinusoidal dan mengandung harmonisa. Untuk pemakaian dengan peralatan semikonduktor kecepatan tinggi kandungan harmonisanya bisa dikurangi dengan teknik switching tertentu.

Inverter sumber tegangan tiga fasa adalah peralatan elektronik yang berfungsi untuk mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC) 3 fasa. Inverter tiga fasa dapat dibuat dari menggabungkan tiga buah inverter satu fasa yang dihubungkan secara paralel, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.19, namun sinyal gate setiap inverter satu fasa harus berjarak 120° satu sama

lainnya. Hal ini dilakukan agar didapatkan tegangan tiga fasa yang seimbang. Jumlah switch yang dibutuhkan dalam rangkaian ini adalah sebanyak 12 buah. Jika tegangan output dari inverter satu fasa tidak seimbang dalam magnitude dan fasanya, maka dapat mengakibatkan tegangan output tiga fasa juga tidak seimbang.



Gambar 2.16 Rangkaian inverter 3 phase

Inverter 1 phase merupakan inverter jembatan thyristor yang secara garis besar terdiri dari ; jembatan thyristor 4 sel, sebuah filter, elektronik pengendali dan pengatur (control and regulation electronic). Karena masing masing inverter mempunyai pengatur sendiri, maka sudut phase vektor tegangan antara phase yang satu terhadap yang lain selalu tetap berapapun besarnya beban bagi masing masing phase.

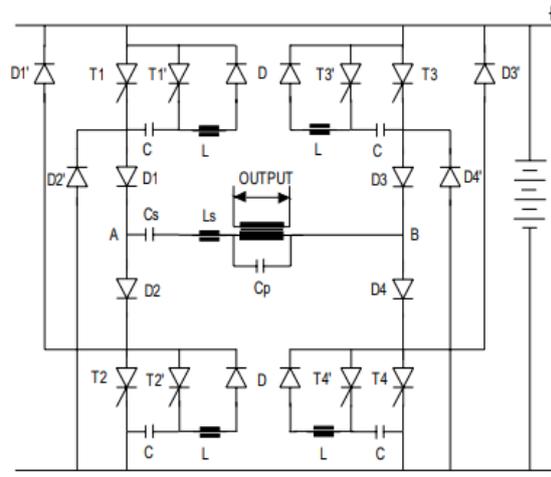
$$\text{Daya inverter} = V \times I \times \text{Eff} \quad (2.7)$$

$$f = \frac{1}{T} (\text{Hz}) \quad (2.8)$$

Keterangan

f = frekuensi (Hz)

T = periode (s)

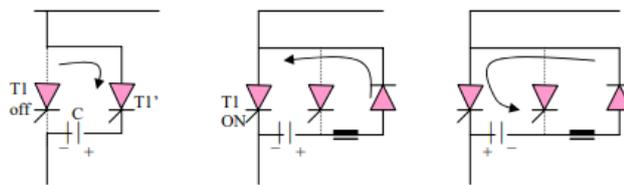


Gambar 2.17 Rangkaian jembatan inverter 1 phase

Prinsip kerja dari rangkaian jembatan inverter 1 phase :

a. Keadaan sebelum Fase 1

Kondensator C di isi oleh thyristor T1' sehingga bertegangan positif gambar A, pengisian C akan berhenti pada saat T1 disulut. Bersamaan dengan menghantarnya T1 kapasitor C akan discharge lewat L dan D. Dengan adanya L, maka arus pengosongan akan berlangsung terus meskipun tegangan C telah kosong sehingga terjadi pembalikan polaritas tegangan pada C.

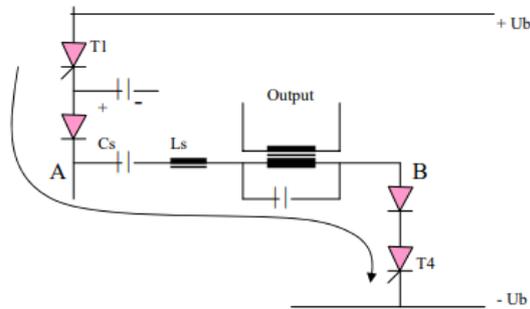


Gambar 2.18 keadaan sebelum fase 1

b. Fase 1 : Pemberian tegangan dari baterai kepada filter AB

Pemberian tegangan positif kepada filter AB dilaksanakan oleh dua thyristor yang berseberangan (thyristor diagonal) yaitu T1 dan T4. Selama phase 1 ini atau T1 dan T2 menghantar, arah arus pada filter AB adalah

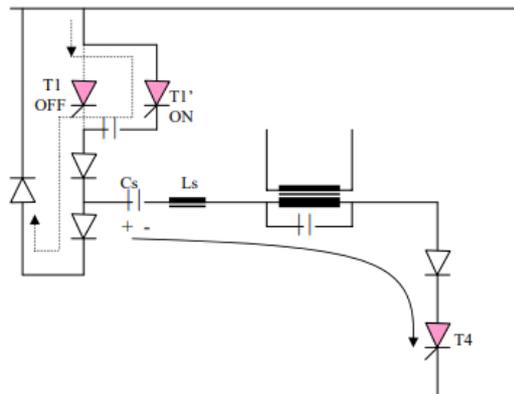
seperti terlihat pada gambar 2.3. Perlu diingat bahwa dalam phase 1 ini kondensator C bertegangan negatif.



Gambar 2.19 Pemberian tegangan dari baterai kepada filter AB

c. Fase 2 : Pemadaman Thristor T1

Pemadaman thyristor T1 yang berarti penghentian pemberian tegangan positif dari battery dilaksanakan dengan penyalaan thyristor T1' maka kondensator C yang bertegangan negatif terhubung ke anoda T1 sehingga arus dari battery disimpangkan ke C dan tidak lagi mengalir melalui T1. Karena T1 tidak dialiri arus maka menjadi padam selama T1' menghantar, arus pengosongan C yang bertegangan negatif melalui D1, D2, D1', dan T1' seperti gambar 2.24. Pada saat ini arah arus pada filter AB masih dari A ke B, meskipun T1 telah tidak menghantar.

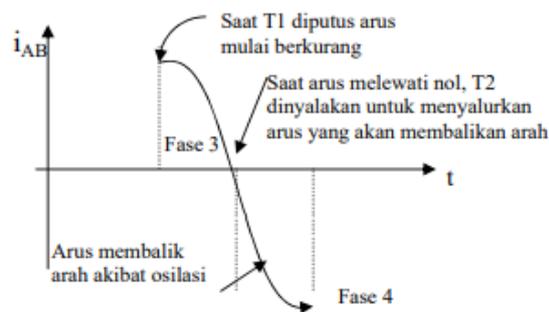


Gambar 2.20 Pemadaman Thyristor T1

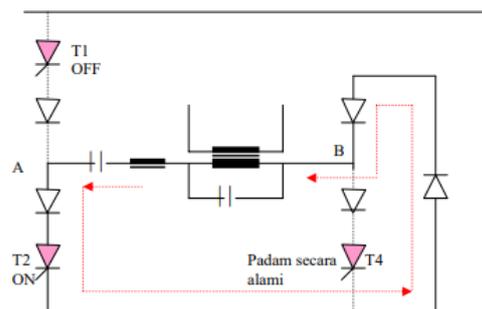
d. Fase 3 : Pemanfaatan Kembali daya yang tersimpan pada Cs

Dalam keadaan T1 tidak menghantar dan kondensator Cs telah berisi tegangan dengan polaritas seperti gambar diatas, maka arus pada filter AB yang arahnya dari A ke B makin berkurang menuju nol. Tetapi karena adanya Ls, maka arus akan berayun sehingga terjadi pembalikan arus. Bersamaan dengan terjadinya pembalikan arus ini thyristor T2 dinyalakan untuk mengalirkan pembalikan arah arus. Jelasnya arus pada filter AB digambarkan seperti gambar 2.25.

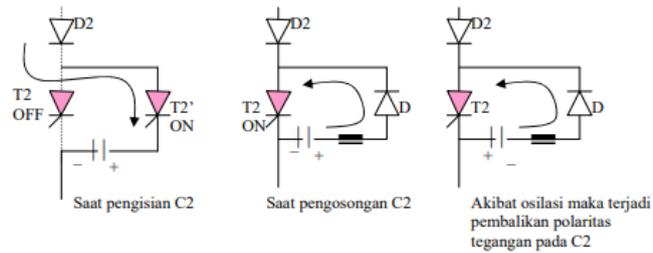
Saat arus melalui nol, thyristor T4 padam secara alami sehingga setelah terjadi pembalikan arus karena osilasi, arus pelucutan (pengosongan) kondensator Cs melalui D2, T2, D4' dan D3.



Gambar 2.21 Pemanfaatan kembali daya yang tersimpan pada Cs (Gb. A)



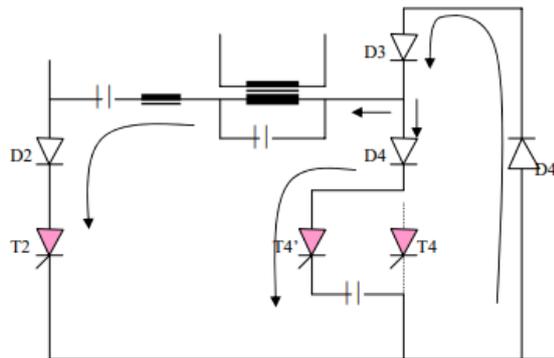
Gambar 2.22 Pemanfaatan kembali daya yang tersimpan pada Cs (Gb. B)



Gambar 2.23 Pemanfaatan Kembali daya yang tersimpan pada Cs (Gb. C)

e. Fase 4 : Pemanfaatan kembali daya pada Cs dan Ls yang kedua

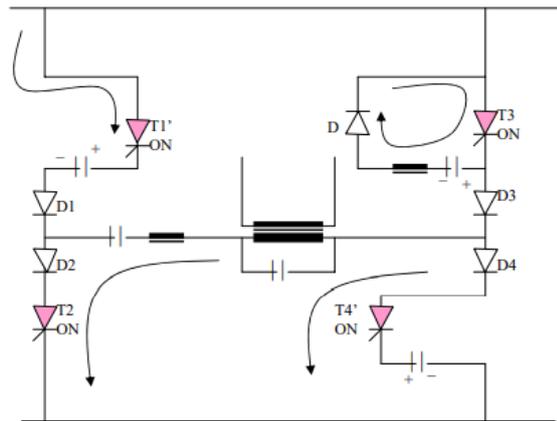
Dalam fase ini T2 telah menghantar, meskipun T4 telah padam secara alami pada fase 3, pada fase 4 ini T4 dipastikan lagi pemadamannya dengan menyalakan thyristor pemadaman T4'. Untuk meyakinkan T2 tetap menghantar, maka pulsa penyalakan T2 yang terjadi pada fase 3 tetap dipertahankan lebarnya selama fase 4 ini berlangsung. Akibat penyalakan T4' adalah pengisian C sehingga arus pada filter AB yang negatif sebagian dialirkan menuju C yang mengakibatkan terjadinya lekukan pada bentuk gelombang arus filter AB dibagian negatif.



Gambar 2.24 Pemanfaatan Kembali daya pada Cs dan Ls yang ke-2

f. Fase 5 : Pemberian tegangan negative dari baterai kepada filter AB

Pada fase ini, T3 dinyalakan sehingga bersama sama dengan T2 yang pernah dinyalakan sebelumnya memungkinkan pemberian tegangan $-U_b$ kepada filter AB oleh thyristor pasangan diagonal T3 – T2 ini. Terlihat bahwa penyalaan T3 dilakukan serentak dengan penyalaan T4' dan T1 untuk pengisian C. Penyalaan T3 juga mengakibatkan pengosongan tegangan C yang karena adanya osilasi oleh C dan L berakibat pembalikan polaritas tegangan pada C.



Gambar 2.25 Pemberian tegangan negatif dari baterai kepada filter AB

g. Fase 6, 7, 8, dan 9

Fase 6, 7, 8 dan 9 serupa dengan fase 2, 3, 4 dan 5 hanya berbeda pada simetris diagonal. Sebagai catatan ; bahwa sebelum pertama kali menyalakan jembatan inverter, pulsa pulsa penyalaan diberikan kepada thyristor thyristor pemadam untuk mengisi kapasitor pemadam C. (Menurut Annisah, Azzizah.2017)

Parameter Perhitungan Inverter

1. Perhitungan Daya

$$P = Vf \times Ip \times \cos\phi \tag{2.9}$$

$$V_{eff} = Vp \times (1 + THDv)^{0.5} \tag{2.10}$$

$$I_{eff} = If \times (1 + THDi)^{0.5} \tag{2.11}$$

Dimana :

V_f = Tegangan fundamental (V)

V_{eff} = Tegangan efektif (V)

THD_v = Harmonisa Tegangan

I_{eff} = Arus efektif (A)

I_f = Arus fundamental (A)

THD_i = Harmonisa arus

2. Perhitungan Regulasi Tegangan

$$\%Reg = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100 \% \quad (2.12)$$

Keterangan

V_{NL} = Tegangan saat tanpa beban (V)

V_L = Tegangan ketika dibebani (V)

2.3.5 Static Switch / Saklar Pemindah

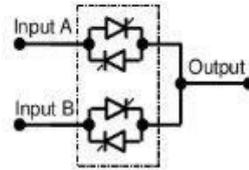
Static Switch digolongkan menjadi dua jenis, yaitu elektromekanikal dan statik. *Static Switch* elektromekanikal dengan menggunakan relay-relay yang salah satu terminalnya mendapatkan supply tegangan dan terminal yang lain dari sistem UPS. Sedangkan pada *Static Switch* static dengan menggunakan komponen yang bersifat semikonduktor, contohnya SCR.



Gambar 2.26 Static Switch

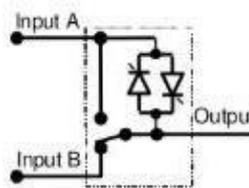
Penggunaan SCR lebih baik dikarenakan operasi pemindahan yang menggunakan SCR hanya menggunakan atau membutuhkan waktu 3 sampai 4 ms, dan ketika menggunakan saklar elektromekanikal operasi pemindahan membutuhkan waktu 50 sampai 100 ms. Macam-macam transfer *Switch*:

- a. Saklar Pemindah (*Static Switch*) dengan SCR yang terdiri dari dua buah *Static Switch*.



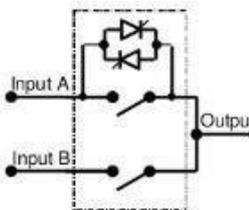
Gambar 2.27 Saklar pemindah dengan SCR

- b. Saklar Pemindah (*Static Switch*) dengan menggunakan satu buah *Static Switch* dan satu buah *Contactor SPDT (Single Pole Double Throw)*.



Gambar 2.28 Contactor SPDT

- c. Saklar Pemindah dengan menggunakan satu buah *Static Switch* dan dua buah *Contactor SPDT (Single Pole Double Throw)*.

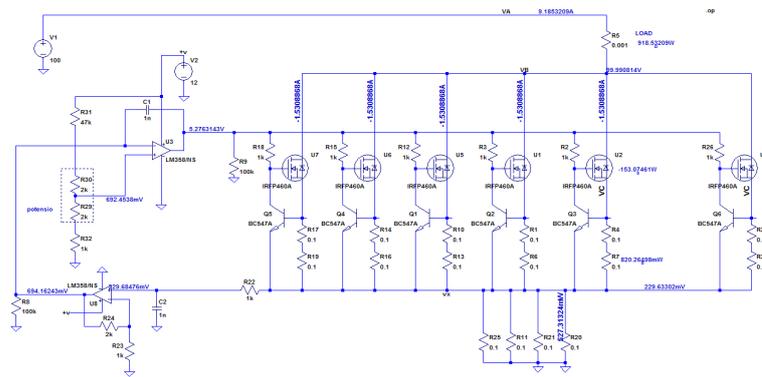


Gambar 2.29 Saklar pemindah Single pole double throw.

Sumber : M. Rasyid. *Rangkaian Elektronika Daya*

2.3.6. Dummy Load

Dummy load merupakan sebuah beban buatan untuk membebani power supply. Beban dummy yang digunakan adalah resistor, sebagai beban semu yang proses pembebanannya mengganti beban aslinya agar daya pada sistem tetap.



Gambar 2.34 Wiring Dummy Load

Sumber : Fernandes. 2015. *Dummy load for Load 450 Watt*

2.3.7. Penghantar

Penghantar (kabel) berfungsi untuk menyalurkan atau mengalirkan energi listrik dari satu titik supply ke titik beban. Penghantar yang digunakan dalam penginstalasian ini adalah kawat yang terbuat dari tembaga dan diisolasi yang disebut kabel.

Dalam sistem pengkabelan (wiring sistem) rugi daya dan tegangan jatuh (voltage drop) sebaiknya diminimumkan dengan :

- Menyesuaikan kapasitas kabel untuk kompensasi temperature
- Membuat pengkabelan yang pendek-pendek
- Menyesuaikan diameter kabel terhadap arus yang mengalir
- Menyesuaikan panjang kabel untuk meminimumkan tegangan jatuh

Kemudian gunakan pelindung kabel yang sesuai, conduit, atau di tanam langsung. Minimumkan jumlah koneksi agar reliabilitas tinggi, biaya tenaga kerja rendah, serta sistem yang lebih aman.

Komponen kabel penghantar diantaranya adalah :

- Konduktor adalah logam yang mempunyai sifat sebagai penghantar arus listrik yang baik (Tembaga, Aluminium).

- Isolasi adalah pengaman konduktor dari panas, sinar Matahari, serangga, dan lain-lain.
- Pelindung kabel (conduit) adalah logam atau plastik yang berfungsi sebagai pengaman tambahan kabel penghantar.

Problem umum kabel penghantar

- Gangguan hubung singkat pada titik sambungan listrik dalam kotak pengaman akibat air, srangga, dll.
- Kegagalan isolasi kabel
- Panas yang berlebihan
- Kerusakan akibat korosi (karat)

Pemilihan kabel penghantar

Pemilihan kabel penghantar berdasarkan atas pertimbangan sebagai berikut :

- Drop tegangan : perbedaan antara tegangan sisi pengirim (sumber) dengan tegangan sisi penerima (beban), umum dinyatakan dalam %.
- Tipe isolasi : outdoor , indoor
- Kemampuan hantar arus : ukuran penampang konduktor, jenis dan bahan konduktor.

Tabel. 2.3 Luas penampang konduktor dengan kapasitas arusnya dan faktor kehilangan tegangannya.

Penampang konduktor (mm ²)	Kapasitas Arus (Amp)	Faktor kehilangan Tegangan (V/amp/m)
(1)	(2)	(3)
2.5	32	0.002823
4	42	0.001775
6	54	0.001117
10	73	0.0007023
16	98	0.0004416

Penampang Konduktor (mm ²)	Kapasitas Arus (Amp)	Faktor kehilangan tegangan (V/amp/m)
25	129	0.0002778
35	158	0.0001747
(1)	(2)	(3)
50	198	0.0001385
70	245	0.0001099
95	292	0.0000871
120	344	0.0000691
150	391	0.0000548

Sumber : Fikri Amrullah. 2017. *Rancang bangun sistem battery charging*

Tegangan jatuh dapat dihitung dengan persamaan :

Tegangan Jatuh = Arus x Panjang Kabel x Faktor Kehilangan Tegangan

Drop tegangan (tegangan jatuh)

- Sifat resistif (tahanan konduktor)
- Standart drop tegangan maksimum adalah 3% - 5%
- Faktor yang mempengaruhi besarnya drop tegangan :
 - a. Panjang kabel (meter)
 - b. Jenis material konduktor kabel
 - c. Ukuran penampang konduktor (mm²)

Perhitungan drop tegangan

Rumus umum :

$$\Delta V = \rho \frac{L \times I}{A}$$

Dimana :

ΔV : Drop tegangan (volt)

ρ : Tahanan jenis konduktor

- L : Panjang kabel positif dan negative (meter)
I : Arus nominal (ampere)
A : Ukuran penampang konduktor (mm²)

2.4. Faktor Peralatan

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan dari UPS, saat dihubungkan dengan beban, yaitu :

a. Kebutuhan daya

Kebutuhan daya untuk suatu penelitian harus diketahui dengan jelas dan harus dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan beban kritis. Pertimbangan pertama besarnya daya UPS yang dipilih harus diperhitungkan terhadap keadaan beban kritis dan kemungkinan untuk mengembang lebih lanjut. Hal kedua yang harus diperhatikan adalah pengaruh dari adanya petir, sistem pengaturan udara / AC dan sistem pengaman / alarm. Meskipun beberapa peralatan tersebut biasanya mempunyai keterbatasan operasi terhadap tegangan listrik yang berubah-ubah. Kebutuhan daya dinyatakan sebagai KVA atau KW, untuk itu menentukan besarnya daya yang dibutuhkan seharusnya dilakukan pengukuran beban secara nyata (langsung). Bila pengukuran beban nyata tidak dapat dilakukan, maka penting untuk menggunakan nilai acuan daya rata-rata yang dapat dilihat dari label peralatan, saat nilai tersebut biasanya sudah termasuk batas amannya. Kebanyakan suatu peralatan mempunyai faktor perbedaan (diversity factor), menyebabkan semua peralatan yang berdiri sendiri tidak dapat dioperasikan UPS secara bersamaan. Bila nilai yang tertulis berhubungan dengan faktor perbedaan 100%, dengan semua peralatan berjalan secara bersamaa, akan menyebabkan penentuan kapasitas UPS menjadi lebih besar. Dengan demikian efisiensi sistem secara keseluruhan akan turun dan biaya operasional meningkat, dibandingkan dengan pemakaian kapasitas UPS yang bebannya diukur secara nyata.

b. Power Faktor

Terdapat dua alasan mengapa power faktor sangat penting dalam penentuan faktor beban dapat merugikan secara langsung operasi dari UPS. Pertama,

biasanya besarnya kapasitas dari suatu alat, misalnya generator, trafo, kabel distribusi, dan sirkuit breaker dinyatakan dalam KVA atau KW. Kedua, regulasi UPS dapat dirugikan oleh power faktor dari 1 ke arah lagging, dan tidak dapat berfungsi pada power faktor leading, sehingga power faktor beban dapat merugikan secara langsung operasi dari UPS. Dengan demikian banyaknya pabrik pembuat komputer yang menggunakan frekuensi tinggi switching power supply menjadi lebih efisien, lebih kecil dan lebih murah. Sehingga kemampuan UPS untuk menangani power faktor sangat penting.

c. Konfigurasi beban

Pada penggunaan 3 phase, sangatlah penting untuk mengetahui jenis pengabelan bebannya yaitu hubungan delta atau wye atau kemungkinan perpaduan dari keduanya. Pengetahuan ini sangat penting karena ada beberapa UPS yang tidak dapat menangani beban dengan hubungan delta karena alasan, termasuk didalamnya power factor yang dihasilkan oleh UPS.

Pada kasus ini, pabrik perlu untuk menyediakan sebuah trafo isolasi dari delta ke wye. Penambahan trafo ini akan mengurangi efisiensi dan regulasi tegangan system secara keseluruhan.

d. Jumlah phase

Suatu beban kritis biasanya merupakan gabungan dari beberapa beban tunggal dan mungkin juga merupakan gabungan dari beban 1 phase dan 3 phase atau merupakan beban 1 phase dan 3 phase seluruhnya. Suatu beban 3 phase tidak dapat diberi masukan dari UPS 1 phase, tetapi dapat terjadi suatu beban 1 phase diberi masukan dari UPS 3 phase. Suatu beban besar ($> 10\text{KVA}$) biasanya merupakan kumpulan dari beban 1 phase atau suatu kombinasi dari beban 1 phase dan 3 phase. Bila beban besar tersebut merupakan beban 3 phase maka tidak akan ada masalah saat pemasangannya, tetapi bila beban yang dipasang 1 phase, maka akan sangat penting untuk mengetahui kemampuan UPS dalam menangani beban tak seimbang. Sebagai tambahan dengan menggunakan UPS

system 3 phase pada beban besa akan lebih efesien daripada penggunaan 1 phase.

e. Regulator Tegangan

Regulator tegangan merupakan penyimpangan terhadap nilai tegangan nominalnya, dinyatakan dalam persen (%). Pada UPS, regulasi ini diukur terhadap masukan AC, masukan DC, daya beban, power faktor, dan suhu sekitarnya. Kebanyakan masalah dengan regulasi terjadi kerena faktor dari luar UPS, yaitu pengaruh dari penggunaan panel distribusi, misalnya lamanya penggunaan dari panel tersebut, koneksi kabel yang jelek, penggunaan diameter kabel yang tidak sesuai, dan pengaruh dari ketidakseimbangan beban yang dipasang.

f. Pergeseran Phase

Besarnya sudut antar phase pada sistem 3 phase adalah 120^o elektrik. Biasanya simpangan dari pergeseran dari pergeseran phase ini sebesar ± 10 atau 20 terhadap nilai nominalnya. Metode pengaturan tegangan Line-line pada keluaran inverter akan menjadikan sudut antar phase lebih stabil pada 120^o . Perbaikan terhadap pergeseran phase sangat penting terhadap beban 3 phase, yang akan mempengaruhi masukan AC dan DC, daya beban dan power faktor dan kondisi beban tak seimbang. Kesalahan ini dapat menyebabkan terjadinya sirkulasi arus yang sangat besar meningkatkan rugi-rugi inti (core losses) pada trafo 3 phase dan motor.

g. Stabilitas Frekuensi

Variasi frekuensi dapat menimbulkan masalah secara langsung pada beban kritis. Stabilitas frekuensi merupakan simpangan dari nilai frekuensi nominalnya, dinyatakan dalam persen (%). Kebanyakan sistem UPS 3 phase menggunakan osilator kristal untuk mengatur frekuensi keluaran dengan tepat. UPS mempunyai untuk melakukan sinkronisasi frekuensi keluaran dan phase saat keadaan bypass. Pentingnya kemampuan tersebut, yang pertama adalah

saat beban harus dipindah ke posisi bypass maka efek dari pemindahan tersebut dapat dianggap tidak ada (sangat kecil kemampuannya) bila tegangan dari inverter se-phase dengan tegangan sumber saat bypass. Kedua, karena suatu komputer biasanya mempunyai rangkaian sistem pulsa (clock circuit), yang mana terutama digunakan untuk pencuplikan. Sebab bila terjadi pergeseran yang meskipun akan menyebabkan kesalahan total untuk jangka waktu yang lama.

h. Slew Rate

Didefinisikan sebagai kecepatan tanpa frekuensi, dalam Hz/sec, terutama penting untuk pengerjaan instalasi motor, seperti disk drive pada computer. Sebab suatu kecepatan motor sebanding dengan besarnya frekuensi, perubahan yang mendadak pada frekuensi akan menyebabkan motor takteknologi sementara sampai dicapai keadaan kecepatan normalnya sesuai dengan perubahan frekuensi. Kebanyakan beban kritis dapat mentoleransi slew rate maksimum sebesar 0,5 Hz/sec.

i. Ketidakseimbangan Beban

Dalam banyak instalasi yang membutuhkan daya masukan 3 phase, sedikitnya 75% dari daya beban dapat merupakan peralatan 1 phase. Meskipun kemampuan untuk menangani beban tak seimbang sampai 20% sudah cukup, tetapi sebenarnya kemampuan ini masih dapat ditingkatkan dengan mudah. Sebagai contoh, pada sistem UPS 15 KVA, pada phase A di bebani sebesar 38A, phase B dibebani sebesar 40A, dan phase C dibebani sebesar 42A, sistem masih dapat disebut setimbang bila sebuah beban dilepas dari phase A sehingga beban menjadi berkurang 33A, maka UPS mengalami ketidakseimbangan beban, karena melebihi dari batas 20%. Saat terjadi pembebanan lebih yang tidak setimbang UPS sebagai komponen yang mengalami tekanan, regulasi menjadi makin jelek dan distorsi makin besar. Masalah dengan beban tak setimbang ini biasanya hanya terjadi pada desain inverter ferroresonant dan elektronik yang hanya dapat mentoleransi terhadap ketidaksetimbangan yang cukup kecil.

j. Filter dan Distorsi

Setiap beban mempunyai batas toleransi noise dan harmonisa. THD (Total Harmonic Distortion), merupakan ukuran kualitas dari suatu gelombang yang akan diterapkan pada beban. UPS seharusnya menghasilkan gelombang keluaran yang berkualitas terhadap noise dan distorsi dari tegangan AC masukan. Sebenarnya suatu tegangan AC bebas dari noise dan hanya mempunyai sedikit distorsi, tetapi dengan pengaruh adanya petir atau penurunan tegangan secara mendadak dapat menyebabkan masalah pada gelombang. Hal ini dapat diketahui dengan timbulnya noise dari suatu peralatan las pada suatu jaringan listrik, dari adanya motor yang sangat besar yang terdapat dekat dengan sistem, atau karena sistem dekat dengan suatu sumber daya yang ber-noise. UPS harus dapat memfilter semua gangguan masukan tersebut dimisalkan pada beban kritis. Tetapi terdapat noise yang tidak dapat difilter dengan baik oleh UPS, karena noise ini dihasilkan oleh beban kritis itu sendiri, sehingga keluaran dari UPS terganggu. Pada keadaan ini suatu filter tambahan diperlukan untuk melindungi dari kesalahan terhadap pen-triggeran atau pemicuan dari rangkaian UPS dan melindungi beban lain yang tersambung dengan keluaran dari UPS. Sekarang makin banyak suatu UPS dirancang dengan suatu rangkaian filter yang baik didalamnya, sehingga tidak memerlukan suatu filter luar.

k. Memperbaiki Arus Starting

Banyak jenis beban, seperti lampu pijar dan beberapa jenis motor listrik akan membutuhkan 12 sampai 15 kali dari arus normal yang diperlukan untuk memulai start-up. Pada lampu pijar arus tersebut diperlukan karena saat awal filament lampu yang dingin memberikan resistansi yang kecil. Sedangkan pada motor listrik, arus tersebut digunakan untuk motor supaya dapat mulai berputar. Sebuah surge, yang terjadi pada $\frac{1}{2}$ cycle terakhir dari beberapa cycle dapat menghasilkan efek seperti terjadi hubung singkat. Pada spesifikasi UPS. Kemampuan UPS untuk dapat menangani hubung singkat haruslah cukup untuk menampun aliran arus yang mendadak, terutama saat sumber untuk bypass

tidak ada. Saat terjadi aliran arus mendadak lebih besar dari 125% dari arus normalnya, maka UPS akan beralih ke mode bypass sampai keadaan arusnya kembali ke batas normal. Tanpa adanya sumber saat bypass UPS akan terpaksa mati, kecuali UPS tersebut telah dirancang untuk menangani beban hubung singkat atau beban berlebih (Over Load). Sebagai contoh adalah motor listrik 3 phase yang besar, akan membutuhkan arus start-up yang besarnya bisa mencapai beberapa kali dari arus yang dihasilkan UPS. Inverter didesain untuk bekerja pada hubung singkat, keluaran akan menyediakan arus yang cukup, sehingga tegangan akan menurun secara cepat. Bila besarnya arus ini dapat mengatasi besarnya rugi-rugi gesekan pada motor, maka motor akan mulai berputar dengan lambat. Saat tegangan balik EMF untuk perputaran motor naik, maka kebutuhan arusnya akan menurun. Tegangan keluaran dari inverter akan naik terus sampai motor berputar pada kecepatan penuh saat tegangan dan arusnya telah mencapai nilai nominalnya. Peralatan lain yang dihubungkan dengan keluaran dari inverter akan mengalami tegangan rendah (nol), sampai motor mencapai kecepatan nominalnya. Secara umum, sumber bypass diadakan dan digunakan untuk melakukan start secara otomatis pada beban yang berat, melalui static transfer switch UPS. Bila UPS tidak dirancang untuk dapat mentoleransi keadaan hubung singkat, maka akan dibutuhkan sekering atau circuit breaker untuk mengamankan inverter.

l. Beban Berlebih

Hal ini tergantung dari instalasi, pengembangan, dan kebutuhan saat beban puncak, sebuah UPS haruslah dapat menangani beban puncak sampai 100% dari kapasitas. Kemampuan ini berhubungan erat dengan ukuran UPS dan biaya akan dikeluarkan.

m. Bypass

Hal ini sangat bergantung pada jenis beban dan kondigurasinya, kemanapun ini diperlukan untuk menangani saat terjadinya beban berlebih atau kerusakan pada UPS, sehingga dapat mengambil daya dari jala-jala PLN, UPS lain maupun generator. Sumber bypass haruslah disesuaikan dengan daya

dibebankan dan keluarannya haruslah diperbaiki sesuai dengan parameter yang dibutuhkan oleh beban. Saat tegangan jala-jala PLN digunakan, pengaturan regulasi tegangan diperlukan. Sumber untuk bypass seharusnya tidak tergantung dari sumber tegangan masukan yang digunakan untuk baterai charger / rectifier pada UPS. Karena saat masukan tegangan AC untuk rectifier mati, berarti secara otomatis sumber bypass juga tidak ada.

n. Waktu Pindah

Konfigurasi UPS dan cara kerja pemindahan haruslah memenuhi syarat terhadap waktu pindah. Hal ini penting untuk mendukung beberapa faktor: Jenis pemindahan yang diperlukan oleh beban (*break-before-make* atau *make-before-break*). Konfigurasi terbaik yang dibutuhkan (forward atau reverse transfer), dan kecepatan pemindahan yang diperbolehkan. Keputusan untuk menggunakan jenis transfer switch, elektro-mekanik, solid-state, atau hybrid tergantung pada kemampuan beban. Hal ini karena ada beberapa beban yang dapat menunggu interupsi 3 sampai 6 cycle, sedangkan yang lain tidak dapat meskipun lebih dari ½ cycle. Kebanyakan suatu computer membutuhkan tegangan kontinyu selama pemindahan

o. *Reserve Time*

Setiap beban kritis mempunyai periode nominal kebutuhan daya untuk mengamankan dari kerusakan, setelah terjadi *blackout* atau *brownout*. Besarnya waktu ini bervariasi mulai dari beberapa mikrodetik sampai dengan beberapa menit. Pada sebuah sistem komputer, kebutuhan ini merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan perintah shutdown, biasanya beberapa menit. *Reserve time* penting untuk mengamankan head dari disk drive terhadap kerusakan, kehilangan memori, dan kehilangan data. Kebanyakan baterai yang digunakan pada UPS dicadangkan selama 15 menit sampai 30 menit sebagai *reserve time* (pada beban penuh, dengan penggunaan generator sebagai pertimbangan bila listrik mati cukup lama).

p. Bunyi Bising dari *Cooling Fan*

UPS menggunakan *cooling fan* sebagai alat untuk mendinginkan output transistornya sehingga menimbulkan suara bising ketika UPS beroperasi. Para pembuat UPS lebih memilih menggunakan *cooling fan* ketimbang heat sink sebagai alat pendingin dikarenakan penggunaan *cooling fan* lebih menghemat tempat daripada heat sink.

2.5 Area PT. Trans-Pacific Petrochemical Indotama

Sesuai fungsinya terhadap proses produksi area terbagi menjadi dua plant, yaitu ISBL (*Inside Battery Limit*) dan OSBL (*Outside Battery Limit*). ISBL adalah area proses yang mengolah bahan baku menjadi produk yang terdiri dari *Platforming* dan *Aromatic*. OSBL adalah area penunjang operasional pabrik yang terdiri dari *Utility* dan *Offsite*.

A. ISBL (*Inside Battery Limit*)

1. *Platforming*

Platforming merupakan proses yang memecah fraksi-fraksi dalam bahan baku (*condensate*) dan memproduksi/meningkatkan kandungan aromatik dengan *re-forming Naphtha* dari hasil *Naphtha Hydrotreating* unit dengan menggunakan reaksi-reaksi kimia yang dipengaruhi oleh grup katalis yang spesifik.



Gambar 2.35 Plant *Platforming*

Tabel 2.4 Unit-unit pada plant *platforming*

No.	Unit	Pengertian
1.	Unit 201 <i>Prefactination</i>	Unit 201 <i>Prefactination</i> merupakan pemisah dari bahan baku condensate yang dipanaskan dengan suhu 600°C-800°C menjadi <i>Heavy Naphtha</i> dan <i>Light Naphtha</i> .
2.	Unit 202 <i>Naphtha Hydrotreating</i>	Unit 202 <i>Naphtha Hydrotreating</i> merupakan unit yang mengolah <i>Heavy Naphtha</i> dari unit <i>Prefactination</i> , yang berfungsi untuk mengurangi kandungan sulphur, O ₂ , N ₂ dan logamberat yang berada didalam <i>Heavy Naphtha</i> , karena dapat mengganggu katalis diunit <i>Platforming</i> .
3.	Unit 204 CCR (<i>Continous Catalyst Regeneration</i>)	<i>Heavy Naphtha</i> dipanaskan kembali sampai mencapai suhu 520°C dan Dikirim menuju reactor yang ada di unit <i>Platforming</i> . Di dalam reactor yang berkatalis ini senyawa <i>aromatic</i> dihasilkan. Hasil dari Unit <i>Platforming</i> ini dijual ke Pertamina, dan <i>reformate</i> dijual ke luar negeri.
4.	Unit 220 LPG Recovery	Unit 220 <i>LPG Recovery</i> berfungsi untuk memprosesdua aliran gas dan satu aliran <i>liquid</i> dan keluaran <i>Aromatic Plant</i> . <i>LPG Recovery</i> bertujuan untuk me-recover semua propana dan komponen yang lebih berat dari aliran inlet gas dan memisahkan dengan H ₂ , C ₁ , C ₂ yang akan dibuang sebagai <i>Fuel Gas</i> . <i>Liquid</i> yang ter-recover selanjutnya akan di- <i>fraksinasi</i> menjadi produk LPG dan produk kondensat.

2. *Aromatic*

Bagian *Aromatic* merupakan penghasil utama produk PT.TPPI secara umum dari unit 205, 206, 297, 209, 211, dan 213. Pada bagian ini mengolah *reformate* yang dihasilkan bagian *platforming* menjadi produk,

benzene, toluene, orthoxylene, paraxylene, mix xylene, dan heavy naphtha seperti yang tersaji pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Unit unit pada plant aromatic

No.	Unit	Deskripsi
1.	Unit 205 <i>Shell Sulfolane</i>	Unit 205 <i>Shell Sulfolane</i> merupakan unit yang berfungsi memisahkan senyawa <i>aromatic</i> dan <i>non aromatic</i> .
2.	Unit 206 <i>Benzene Toluene Fractionation</i>	Ekstrak <i>aromatic</i> dari unit <i>Sulfolane</i> diolah pada unit ini dan kemudian menghasilkan produk <i>Benzene Column</i> . Sedangkan pada unit <i>Toluene</i> diperoleh produk <i>Toluene Column</i> , dan produk dibawah dari <i>Toluene Column</i> dikirim ke <i>Xylene Splitter</i> di unit <i>Aromatic Fractionation</i> .
3.	Unit 207 <i>Para-xylene Extraction</i>	Unit 207 <i>Paraxylene Extraction</i> memisahkan <i>paraxylene, metaxylene, dan orthoxylene</i>
4.	Unit 209 <i>Isomar</i>	Umpan yang berasal dari <i>raffinat</i> unit <i>parex</i> dan produk atas <i>Xylene Reruncolumn</i> diunit <i>aromatic fractionation</i> masuk ke reaktor berkatalis yang akan mengkonversi umpan menjadi <i>paraxylene</i> , dengan menggunakan injeksi <i>hydrogen</i> .
5.	Unit 211 <i>Aromatic Fractionation</i>	<i>Aromatic Fractionation</i> menghasilkan <i>feedstok</i> untuk Unit <i>Sulfolane</i> dan <i>Parax</i> untuk umpan pada <i>Tatoray</i> . Unit <i>Aromatic Fractionation</i> ini uga menghasilkan <i>OrthoXylene</i> dan <i>Heavy naphtha Aromatic</i>
6.	Unit 213 <i>Tatoray</i>	Umpan berasal dari <i>finishing column</i> unit <i>parax, toluene column</i> dan <i>heavy aromatic column</i> , bersama dengan gas <i>hidrogen</i> dipanaskan di <i>combined feed exchanged</i> , dan <i>fired heat heater</i> untuk menaikkan suhu reaksi. Produk dikirim ke <i>stripper column</i> atas dikirim ke <i>chiller separator</i> unit <i>isomar</i> selanjutnya dikirim ke <i>fuel system</i> .

B. OSBL (*Outside Battery Limit*)

1. *Utility*

Utility berfungsi sebagai produksi utilitas atau proses penunjang operasional unit *Aromatic* dan *Platforming*. Area-area pada *Utility* tersaji dalam Tabel 2.6

Tabel 2.6 Unit-unit *Utility*

No.	Area	Diskripsi
1.	<i>Sea Water Intake</i>	<i>Sea Water Intake</i> (SWI) mempunyai fungsi yaitu pengambilan air laut yang dimaksudkan untuk proses kebutuhan pabrik yaitu dengan mengubah air laut menjadi air tawar.
2.	<i>Sea Water Indirect Cooling System</i>	Mendinginkan 16757 m ³ /jam <i>cooling water return</i> dari suhu 44°C menjadi 33°C, dengan mendinginkan secara tidak langsung menggunakan air laut sebanyak 23035 m ³ /jam.
3.	<i>Water Treatment Plant</i>	<i>Water Treatment Plant</i> (WTP) mempunyai fungsi yaitu memproses air laut menjadi air tawar dengan menggunakan teknologi <i>Reverse Osmosis</i> dari METITO.
4.	<i>Fire Water System</i>	Menyediakan air untuk keperluan <i>Fire System</i> . <i>Service Water Tank</i> ini dapat memberikan <i>Supply Fire Water</i> selama 4 jam.
5.	<i>Plant Instrument Air & Nitrogen</i>	<i>Plant Instrument Air</i> dan <i>Nitrogen</i> berfungsi untuk menyediakan udara Bertekanan dan gas nitrogen untuk berbagai keperluan proses.
6.	<i>Electrical Power Generator</i>	Terdiri dari 3 CTG (Combustion Turbine Generator) dan 3 EDG (<i>Emergency Diesel Generator</i>) untuk menyediakan tenaga listrik.

No.	Area	Diskripsi
7.	<i>Waste Water Treatment & Incinerator</i>	Mengolah oil wáter, limbah <i>utilities</i> , <i>sanitary waste</i> dan limbah proses dari aromatic plant, sebelum dibuang ke laut.
8.	<i>Sour Water Stripper</i>	<i>Sour Water</i> dari <i>Naphtha Hydro-Treting</i> Unit akan masuk degassing drum untu memisahkan slop oil atau hidrokarbon yang terikut.
9.	<i>Flare</i>	Flare berfungsi untuk tempat pembakaran gas buang agar tidak ada zat – zat beracun yang dapat merusak ekosistem dan lingkungan

2. Offsite-Marine

Offsite-Marine berfungsi sebagai divisi manajemen *load flow* dari hasil produk, *loading* dan *unloading* dari hasil produk. Hasil produk di simpan di tanki – tangki dan akan distribusikan ke kapal pengantar hasil produk. Sub – area dari offsite dijelaskan pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Sub area pada Offsite

No.	Area	Diskripsi
1.	<i>Feed Stock Storage Tank</i>	Tangki yang digunakan untuk menerima dan menyimpan kondensat atau bahan baku impor. Ada 5 tangki yang masing-masing mempunyai kapasitaas penyimpanan 60.000 m ³ .
2.	<i>Intermediate Tank</i>	Tangki yang dugunakan menerima produk sampingan atau katalis yang akan digunakan sebagai <i>feed</i> proses di <i>Aromatic</i> . Terdapat 8 tangki di <i>Intermidiate Tank</i>

No.	Area	Diskripsi
3.	<i>Product Storage Tank</i>	<i>Product Storage Tank</i> merupakan tangki yang digunakan untuk menerima dan menyimpan produk dari proses plant di <i>Aromatic</i> dan <i>Platforming</i> secara langsung.
4.	<i>Berth Area</i>	<i>Berth</i> 3, 4, dan 5 merupakan pelabuhan yang digunakan untuk menurunkan dan menaikkan muatan kapal laut atau <i>tanker</i> seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9.
5.	<i>Day Tank</i>	<i>Day tank</i> merupakan tangki yang digunakan untuk menyimpan produk dari proses <i>plant</i> dalam waktu yang sebentar kemudian akan ditransfer ke <i>plant aromatic</i> untuk dilakukan <i>blending</i> .
6.	<i>SPM (Single Point Mooring)</i>	<i>SPM (Single Point Mooring)</i> berfungsi untuk menurunkan muatan Kondensat impor dari kapal <i>tanker</i> dengan kapasitas tanker sebesar 80.000 – 185.000 DWT. <i>SPM</i> ini berlokasi 5.7 km dari bibir pantai



Gambar 2.32 *Feedstock Tank*



Gambar 2.33 *Berth*