

## **BAB II**

### **INVERTER SATU FASA**

#### **2.1. PENGERTIAN, FUNGSI DAN JENIS INVERTER**

Inverter adalah suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC (Direct Current) yang biasanya berasal dari baterai, menjadi sumber tegangan AC (Alternating Current) dengan frekuensi dan tegangan tertentu.

Inverter sangat berperan penting sebagai salah satu komponen penyedia listrik baik dikendaraan maupun dirumah sebagai emergency power saat aliran listrik padam.

Rangkaian inverter merupakan rangkaian dengan komponen utama semikonduktor daya, yang dapat berupa SCR, transistor, dan MOSFET yang beroperasi sebagai sakelar dan pengubah. Inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu: inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Setiap jenis inverter tersebut dapat dikelompokkan dalam empat kategori ditinjau dari jenis rangkaian komutasi pada SCR, yaitu: modulasi lebar pulsa, inverter resonansi, inverter komutasi bantu, dan inverter komutasi komplemen. [3]

Inverter disebut sebagai inverter satu tegangan (*voltage fed inverter-VFI*) apabila tegangan masukan selalu dijaga konstan, disebut inverter satu arus (*current fed inverter-CFI*) apabila arus masukan selalu dijaga konstan, dan disebut inverter variable (*variable DC linked inverter*) apabila tegangan masukan dapat diatur.[1]

Berdasarkan bentuk gelombang yang dihasilkan inverter dengan gelombang keluaran berbentuk square, modified dan pure sine wave. Inverter yang terbaik adalah yang mampu menghasilkan gelombang sinusoidal murni atau pure sine wave yaitu bentuk gelombang yang sama dengan bentuk gelombang dari jaringan listrik (grid utility). [1]

a. Square wave inverter

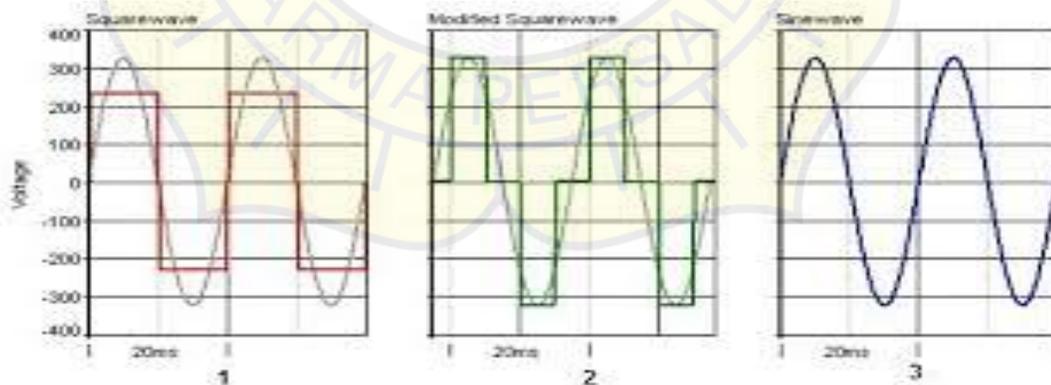
Square wave inverter adalah tipe inverter yang paling sederhana. Karena menggunakan osilator dasar yaitu osilator gelombang kotak sehingga inverter ini lebih mudah dibuat. Pada inverter jenis ini tegangan puncak atau  $V_p$  sama dengan  $V_{rms}$  nya. [1]

b. Inverter sinus modifikasi (*Modified Sine Wave*)

Modified sine wave disebut juga “Modified square wave” karena gelombang modified sine wave hampir sama dengan square wave, namun pada modified sine wave mempunyai harmonic distortion yang lebih sedikit dibanding square wave maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti computer, tv, lampu namun tidak bisa untuk beban-beban yang lebih sensitive.[1]

c. Inverter gelombang sinus murni (*Pure Sine Wave*)

Pure sine wave atau True sine wave merupakan gelombang inverter yang hampir menyerupai dengan gelombang sinusoidal. Teknologi yang digunakan inverter jenis ini umumnya disebut Pulse Width modulation (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoidal. [1]



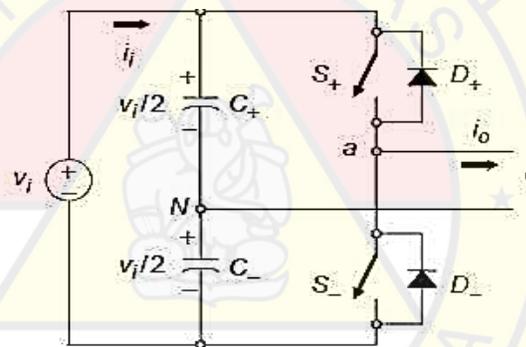
Gambar 2.1 Bentuk gelombang inverter [1]

## 2.2. Prinsip Kerja Inverter Satu Fasa

Menurut jenis rangkaianannya inverter terbagi menjadi dua macam, yaitu *half-bridge inverter* dan *full bridge inverter*.

### 2.2.1 Half bridge

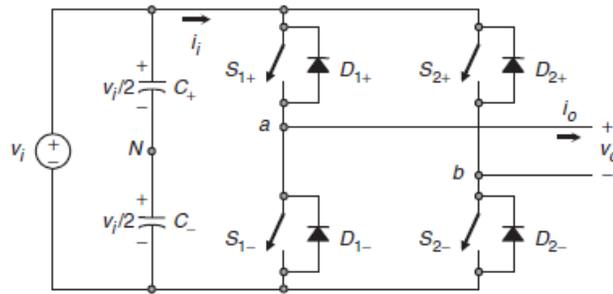
Merupakan rangkaian dasar inverter satu fasa dengan beban resistif dan bentuk gelombangnya. Dalam rangkaian gambar 2.2 diperlihatkan dua buah kapasitor untuk menghasilkan titik N agar tegangan pada setiap kapasitor  $V_i/2$  dapat dijaga konstan. Sakelar  $S_+$  dan  $S_-$  mempresentasikan sakelar elektronik yang menggantikan komponen semikonduktor daya. Sakelar  $S_+$  dan  $S_-$  tidak boleh bekerja bersama-sama karena akan terjadi hubung singkat rangkaian. [2]



Gambar 2.2 Half Bridge Inverter [1]

### 2.2.2 Full bridge inverter

Pada gambar 2.6 adalah rangkaian dasar untuk mengubah dari DC ke AC. Tegangan keluaran AC dapat dikendalikan dengan mengatur urutan penyalaan dan pemadaman saklar dari masukan DC. Tegangan keluaran  $V_o$  dapat menjadi  $+V_{dc}$ ,  $-V_{dc}$  atau nol tergantung saklar yang ditutup.



Gambar 2.3 Full Bridge Inverter. [1]

Tabel 2.1 Tegangan keluar dari kombinasi saklar

| Switches closed       | Output voltage (Vo) |
|-----------------------|---------------------|
| $S_{1+}$ dan $S_{2-}$ | +Vdc                |
| $S_{1-}$ dan $S_{2+}$ | - Vdc               |
| $S_{1+}$ dan $S_{2+}$ | 0                   |
| $S_{1-}$ dan $S_{2-}$ | 0                   |

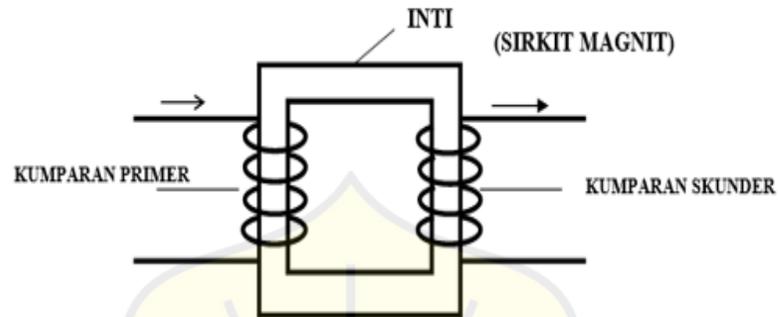
Untuk S1 dan S4 tidak diharuskan tertutup secara bersamaan, demikian juga S2 dan S3 karena akan berakibat hubungan singkat pada sumber DC. Pada kenyataannya saklar yang sebenarnya tidak dapat dihidupkan dan dimatikan secara seketika.[3]

### 2.3. Transformator

Transformator atau trafo berasal dari kata transformative yang berarti perubahan. Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah energi listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya, melalui gelombang magnet berdasarkan prinsip elektromagnetik. Tegangan dan arus pada kumparan primer dan kumparan sekunder dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan. [1]

Saat arus DC dirubah oleh sebuah rangkaian inverter menjadi AC, voltase yang keluar dari inverter masih sangat kecil. Agar arus tersebut menjadi arus yang

lebih besar dan siap digunakan, diperlukan trafo step up sehingga seluruh daya disalurkan melalui rangkaian inverter dapat menjadi 220 V. [1]



Gambar 2.4 Transformator [1]

#### 2.4. Baterai

Baterai adalah salah satu komponen penyimpanan energi yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi kimia dan energi kimia menjadi energi listrik. Banyak jenis baterai yang dapat dipakai pada sistem ini. Salah satunya adalah jenis asam timbal (Lead Acid). Baterai ini tersusun dari beberapa sel elektrokimia dan masing-masing sel bekerja dengan mempergunakan elektroda positif (anoda) yang terbuat dari  $PbO_2$  (lead oxide) dan elektroda negative (katoda) dari bahan Pb(lead), sedangkan larutan elektrolit yang digunakan terdiri dari asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan air ( $H_2O$ ). Untuk baterai 12 Volt nominal biasanya terdiri dari 6 sel dengan masing-masing sel memiliki tegangan 2 Volt. [3]

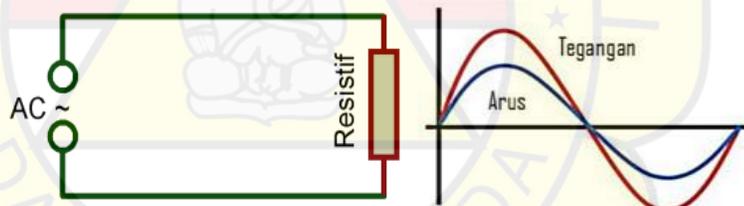
Kemampuan dari suatu baterai ditentukan oleh kapasitas yang diukur dalam satuan Ampere/hour (Ah). Missal baterai dengan kapasitas 5Ah maksimum dapat mengeluarkan arus sebesar 5 Ah selama satu jam. Daya yang dikeluarkan merupakan perkalian antara arus dan tegangan , misal baterai di atas bertegangan 12 Volt,maka daya yang di keluarkan 5 Ah dikali 12 Volt adalah 60 Watt/hour (Wh). [3]

## 2.5. Beban Listrik

Beban listrik adalah suatu alat atau beban yang dapat bekerja atau berfungsi apabila dialiri arus listrik yang berpotensi (dapat bekerja dengan memanfaatkan energi listrik), contoh: lampu, peralatan listrik rumah tangga, alat-alat elektronik, selain itu alat-alat yang digunakan untuk merubah energi listrik menjadi energi lain misal gerak, panas, dan lain sebagainya. Berdasarkan sifat suatu beban listrik dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

### a. Resistif

Beban yang memiliki sifat resistif (resistor) adalah beban dari suatu komponen tahanan murni dengan symbol (R), dan memiliki satuan ohm ( $\Omega$ ) akan memiliki sifat yang sama dengan resistor (R). Apabila beban tersebut adalah arus nominal pada beban dan memiliki nilai yang tetap sehingga memiliki nilai  $\cos \phi$  yang tetap. Contoh beban-beban listrik yang bersifat resistif adalah lampu pijar (penerangan), setrika, teko listrik, dan alat-alat rumah tangga yang bersifat pemanas lainnya. [3]

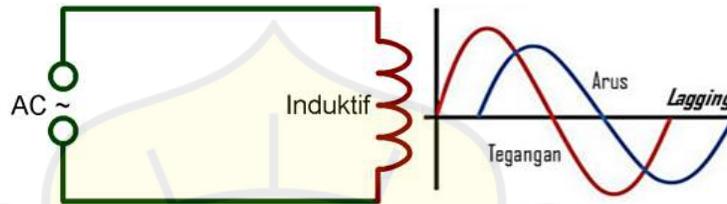


Gambar 2.5 Tahanan resistif [3]

### b. Induktif

Beban yang bersifat induktif (inductor) adalah beban yang berasal dari suatu penghantar untuk menghasilkan medan magnet yang digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik ataupun sebaliknya, menaikkan atau menurunkan tegangan listrik dan memiliki simbol (L) dengan satuan Henry. Arus listrik yang mengalir melalui beban tersebut akan disimpan dalam bentuk medan magnet sehingga dapat tersimpan. Beban induktif mengkonsumsi daya aktif dan daya reaktif sehingga menghasilkan daya harmonik yang dapat mengakibatkan

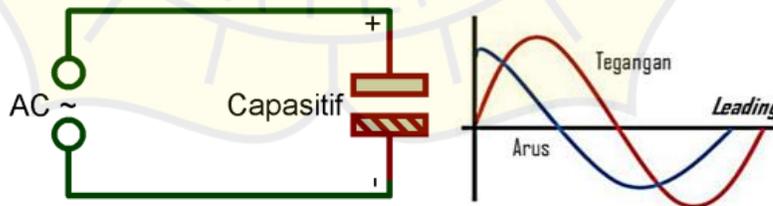
penurunan nilai  $\cos \phi$  menjadi lebih kecil dari 1.00, sehingga terjadi pergeseran posisi gelombang arus menjadi tertinggal (Lagging) dari gelombang tegangan. Contoh beban listrik yang bersifat induktif adalah pompa air, blender, kipas angin dan alat-alat yang memanfaatkan energi listrik untuk menghasilkan energi gerak sebagai penggerak beban utama . [3]



Gambar 2.6 Tahanan induktif [3]

c. Capacitif

Beban yang bersifat kapasitif (kapasitor) adalah beban yang berasal dari dua penghantar (konduktor) yang terpisah dengan polaritas yang berbeda pada penghantarnya. Beban kapasitif ini berfungsi sebagai penyimpan muatan listrik dan memiliki symbol (C) dengan satuan farad. Beban kapasitif mengkonsumsi daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif sehingga dapat digunakan untuk memperbaiki factor daya dalam Batasan tertentu. Beban kapasitif menyebabkan terhambatnya laju tegangan, sehingga terjadi pergeseran posisi gelombang arus mendahului (leading) dari gelombang tegangan. Pada industri-industri besar yang menggunakan penggerak berupa motor listrik memerlukan kapasitor untuk menghemat daya. [3]



Gambar 2.7 Tahanan kapasitif [3]

**2.6. Efisiensi Daya Inverter**

Efisiensi inverter mengacu pada berapa besarnya nilai daya dc sebagai daya input inverter, yang dapat diubah menjadi daya ac sebagai daya *output* inverter. Besarnya daya dc sebagai *input* inverter tidak akan mungkin semuanya diubah menjadi daya ac sebagai out inverter, karena sebagian daya akan hilang yang disebut dengan rugi-rugi daya selama transisi/konversi, dalam dua bentuk yaitu:

- a. Daya *standby* yang dikonsumsi hanya untuk menjaga inverter dalam mode daya, atau disebut sebagai konsumsi daya inverter pada kondisi tanpa beban.
- b. Kehilangan daya karena penghamburan panas.

Oleh karena itu daya *output* inverter akan selalu lebih kecil dari daya *input* inverter, dan perbandingan antara daya output terhadap daya input ini yang disebut efisiensi. Secara matematis efisiensi inverter dapat dituliskan sebagai:

- a. Persamaan umum untuk mencari nilai efisiensi : [1]

$$\eta = P_{out}/P_{in} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- $\eta$  : efisiensi (%)
- $P$  : daya keluaran/*output* (Watt)
- $P$  : daya masukan/*input* (Watt)

- b. Efisiensi pada inverter.[1]

$$\eta = \frac{(V_{out} \times I_{out}) \cos \phi}{V_{in} \times I_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana

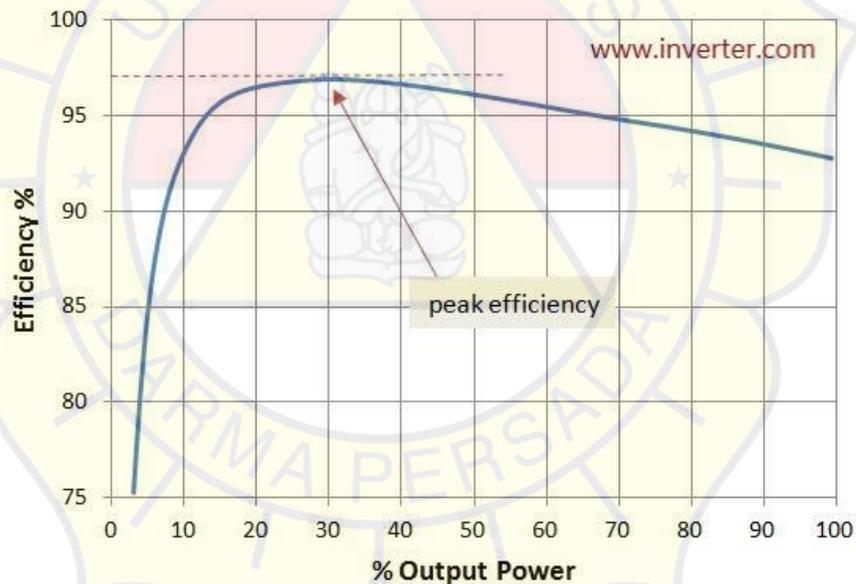
- $V_{out}$  : Tegangan keluaran/*output* efektif AC (Volt)
- $I_{out}$  : Arus keluaran/*output* efektif AC (Ampere)
- $\cos$  : Faktor daya untuk listrik arus bolak-balik (AC)

$V_{in}$  : Tegangan masukan/*input* DC (Volt)

$I_{in}$  : Arus masukan/*input* DC (Ampere)

Untuk dua jenis inverter dasar yang ada di pasaran, efisiensi tipikal dari inverter gelombang sinus murni (*Pure Sine Wave*) bervariasi dari 90% hingga 95% dan untuk inverter gelombang sinus termodifikasi (*Modified Sine Wave*), bervariasi dari 75% hingga 85%.

Nilai efisiensi daya inverter ini bergantung pada variasi kapasitas daya beban inverter, seiring dengan meningkatnya efisiensi dan dapat mencapai nilai maksimalnya pada kapasitas daya beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitas daya pembebanan yang lebih rendah, dan dalam kondisi tidak melebihi batas kapasitas daya keluaran inverter.



Gambar 2.8 Grafik ubungan antara Beban dan Efisiensi Inverter [3]

Umumnya, pembebanan inverter di bawah 15%, efisiensinya akan cukup rendah. Akibatnya, kesesuaian yang baik antara kapasitas inverter dan kapasitas bebannya akan memungkinkan kita mendapat efisiensi yang lebih besar, ini berarti daya keluaran ac inverter yang lebih besar untuk input DC yang sama.[3]