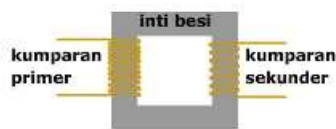


# BAB I

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1.1 PENGERTIAN TRANSFORMATOR

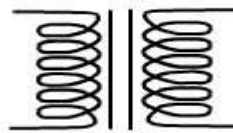
Transformator adalah alat yang digunakan untuk mengubah tegangan bolak-balik (AC) dari suatu nilai tertentu ke nilai yang kita inginkan. Transformator terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi (terpisah) secara listrik dan dililitkan pada inti besi lunak. Inti besi lunak dibuat dari pelat yang berlapis-lapis untuk mengurangi daya hilang karena arus pusar (Kanginan, 2000).



Gambar 1a. Bagian-Bagian Transformator



Gambar 1b. Transformator



Gambar 1c. Simbol Transformator

### 1.2 PRINSIP KERJA TRANSFORMATOR

Arus induksi mengalir melalui rangkaian sekunder hanya ketika saklar pada rangkaian primer ditutup atau dibuka. Beberapa saat setelah saklar ditutup atau dibuka, arus induksi tidak mengalir lagi melalui rangkaian sekunder. Setelah beberapa saat saklar ditutup atau dibuka, besar induksi magnetik telah mencapai nilai tetapnya, sehingga tidak berubah lagi. Transformator bekerja seperti diatas, hanya supaya ggl suatu arus induksi terus menerus (kontinyu) dibangkitkan pada rangkaian sekunder (tidak hanya dibangkitkan ketika saklar ditutup atau dibuka), maka rangkaian sekunder dihubungkan ke suatu sumber tegangan bolak-balik (Kanginan, 2000).

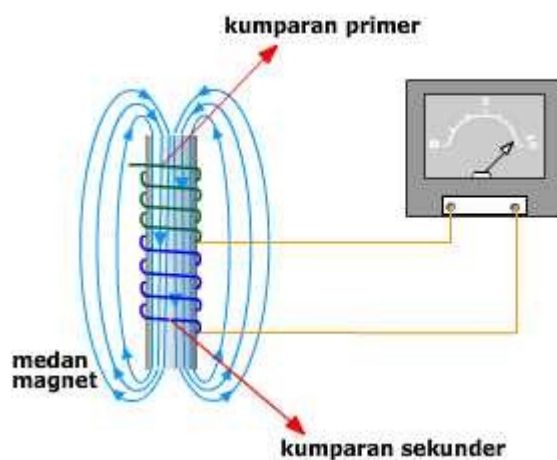
Prinsip kerja dari sebuah transformator adalah sebagai berikut. Ketika Kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan dihantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul GGL induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (mutual inductance) ([http://www.edukasi.net/mapok/mp\\_full.php?id=286](http://www.edukasi.net/mapok/mp_full.php?id=286)).

## Mutual Induktansi

Bila 2 koil diletakan saling berdekatan satu dengan yang lain sedemikian hingga medan magnet pada koil pertama dapat memotong konduktor dari koil kedua, yang menghasilkan tegangan induksi pada koil kedua saat medan magnet pada koil pertama berubah. Kedua koil tidak dihubungkan menjadi satu secara elektronis.

Koil pertama, yang dihubungkan dengan sumber tegangan dan yang menimbulkan medan magnet asli, disebut sebagai koil **primer** (*Kumparan Primer*). Koil yang lain disebut sebagai koil **sekunder** (*Kumparan Sekunder*).

Pada saat emf diinduksikan pada koil sekunder, yang disebabkan adanya perubahan arus pada koil primer, itu diinduksikan melalui induksi bersama (*Bahan Pelatihan Nasional Otomotif Perbaikan Kendaraan Ringan.2002*).



Pada skema transformator di atas, ketika arus listrik dari sumber tegangan yang mengalir pada kumparan primer berbalik arah (berubah polaritasnya) medan magnet yang dihasilkan akan berubah arah sehingga arus listrik yang dihasilkan pada kumparan sekunder akan berubah polaritasnya ([http://www.edukasi.net/mapok/mp\\_full.php?id=286](http://www.edukasi.net/mapok/mp_full.php?id=286)).

Dasar dari teori transformator adalah sebagai berikut :

“Apabila ada arus listrik bolak-balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda tegangan mengelilingi magnet, sehingga akan timbul gaya gerak listrik (GGL)”

(<http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/01/transformator.html>).

### 1.3 PERSAMAAN TRANSFORMATOR

GGL kumparan bergantung pada banyak lilitannya. Makin banyak lilitannya, makin besar ggl kumparan. Jika GGL dan Banyak lilitan kumparan sekunder masing-masing  $V_2$  dan  $N_2$  serta GGL dan banyak lilitan kumparan primer masing-masing  $V_1$  dan  $N_1$ , maka diperoleh hubungan (Kanginan, 2000). :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Jika lilitan primer  $N_1$  lebih banyak daripada lilitan sekunder ( $N_1 > N_2$ ), maka tegangan primer lebih besar daripada tegangan sekunder ( $V_1 > V_2$ ) yang disebut transformator step-down. Jika lilitan primer lebih sedikit daripada lilitan sekunder ( $N_1 < N_2$ ), maka tegangan primer lebih kecil daripada tegangan sekunder ( $V_1 < V_2$ ) disebut transformator step-up. Kuat arus dan tegangan pada kumparan primer adalah  $I_1$  dan  $V_1$ , sehingga daya listrik pada kumparan primer adalah  $P_1 = V_1 I_1$ . Kuat arus dan tegangan pada kumparan sekunder adalah  $I_2$  dan  $V_2$ , sehingga daya listrik yang diberikan pada kumparan sekunder adalah  $P_2 = V_2 I_2$ . Untuk transformator ideal, daya hilang dalam transformator diabaikan, sehingga daya listrik pada kumparan primer diteruskan seluruhnya ke kumparan sekunder. Bahwa efisiensi transformator sama dengan 100% (= 100%) (Kanginan, 2000).

$$P_1 = P_2 \quad \text{atau} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Transformator dalam praktik pada kenyataannya memiliki efisiensi sekitar 90 – 99% karena adanya rugi-rugi daya. Pada transformator tidak ideal, daya listrik pada primer tidak diteruskan seluruhnya ke sekunder karena adanya rugi-rugi daya (Kanginan, 2000).

$$P_1 = P_2 + P_{\text{rugi}}$$

Efisiensi sebuah transformator ( $\eta$ ) adalah hasil bagi antara daya sekunder dengan daya primer (Kanginan, 2000).

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

#### 1.4 KERUGIAN DALAM TRANSFORMATOR

Perhitungan diatas hanya berlaku apabila kopling primer-sekunder sempurna dan tidak ada kerugian, tetapi dalam praktek terjadi beberapa kerugian yaitu (<http://id.wikipedia.org/wiki/Transformator>) :

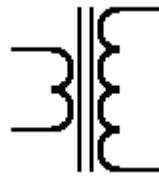
- Kerugian tembaga. Kerugian  $I^2R$  dalam lilitan tembaga yang disebabkan oleh resistansi tembaga dan arus listrik yang mengalirinya.
- Kerugian kopling. Kerugian yang terjadi karena kopling primer-sekunder tidak sempurna, sehingga tidak semua fluks magnet yang diinduksikan primer memotong lilitan sekunder. Kerugian ini dapat dikurangi dengan menggulung lilitan secara berlapis-lapis antara primer dan sekunder.
- Kerugian kapasitas liar. Kerugian yang disebabkan oleh kapasitas liar yang terdapat pada lilitan-lilitan transformator. Kerugian ini sangat mempengaruhi efisiensi transformator untuk frekuensi tinggi. Kerugian ini dapat dikurangi dengan menggulung lilitan primer dan sekunder secara semi-acak (bank winding)

- Kerugian histeresis. Kerugian yang terjadi ketika arus primer AC berbalik arah. Disebabkan karena inti transformator tidak dapat mengubah arah fluks magnetnya dengan seketika. Kerugian ini dapat dikurangi dengan menggunakan material inti reluktansi rendah.
- Kerugian efek kulit. Sebagaimana konduktor lain yang dialiri arus bolak-balik, arus cenderung untuk mengalir pada permukaan konduktor. Hal ini memperbesar kerugian kapasitas dan juga menambah resistansi relatif lilitan. Kerugian ini dapat dikurang dengan menggunakan kawat Litz, yaitu kawat yang terdiri dari beberapa kawat kecil yang saling terisolasi. Untuk frekuensi radio digunakan kawat geronggong atau lembaran tipis tembaga sebagai ganti kawat biasa.
- Kerugian arus eddy (arus olak). Kerugian yang disebabkan oleh GGL masukan yang menimbulkan arus dalam inti magnet yang melawan perubahan fluks magnet yang membangkitkan GGL. Karena adanya fluks magnet yang berubah-ubah, terjadi olakan fluks magnet pada material inti. Kerugian ini berkurang kalau digunakan inti berlapis-lapisan.

## 1.5 JENIS-JENIS TRANSFORMATOR

### 1.5.1 Step-Up

Transformator step-up adalah transformator yang memiliki lilitan sekunder lebih banyak daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penaik tegangan. Transformator ini biasa ditemui pada pembangkit tenaga listrik sebagai penaik tegangan yang dihasilkan generator menjadi tegangan tinggi yang digunakan dalam transmisi jarak jauh (<http://id.wikipedia.org/wiki/Transformator>).



Gambar 1.5a Lambang transformator step-up

### 1.5.2 Step-Down

Transformator step-down memiliki lilitan sekunder lebih sedikit daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penurun tegangan. Transformator jenis ini sangat mudah ditemui, terutama dalam adaptor AC-DC.

(<http://id.wikipedia.org/wiki/Transformator>)



Gambar 1.5b Skema transformator step-down

### 1.5.3 **Autotransformator**

Transformator jenis ini hanya terdiri dari satu lilitan yang berlanjut secara listrik, dengan sadapan tengah. Dalam transformator ini, sebagian lilitan primer juga merupakan lilitan sekunder. Fasa arus dalam lilitan sekunder selalu berlawanan dengan arus primer, sehingga untuk tarif daya yang sama lilitan sekunder bisa dibuat dengan kawat yang lebih tipis dibandingkan transformator biasa. Keuntungan dari autotransformator adalah ukuran fisiknya yang kecil dan kerugian yang lebih rendah daripada jenis dua lilitan. Tetapi transformator jenis ini tidak dapat memberikan isolasi secara listrik antara lilitan primer dengan lilitan sekunder.

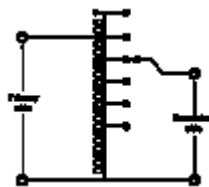
Selain itu, autotransformator tidak dapat digunakan sebagai penaik tegangan lebih dari beberapa kali lipat (biasanya tidak lebih dari 1,5 kali) (<http://id.wikipedia.org/wiki/Transformator>).



Gambar 1.5c Skema autotransformator

### 1.5.4 **Autotransformator variabel**

Autotransformator variabel sebenarnya adalah autotransformator biasa yang sadapan tengahnya bisa diubah-ubah, memberikan perbandingan lilitan primer-sekunder yang berubah-ubah (<http://id.wikipedia.org/wiki/Transformator>).



Gambar 1.5d Skema autotransformator variabel

### 1.5.5 **Transformator isolasi**

Transformator isolasi memiliki lilitan sekunder yang berjumlah sama dengan lilitan primer, sehingga tegangan sekunder sama dengan tegangan primer. Tetapi pada beberapa desain, gulungan sekunder dibuat sedikit lebih banyak untuk mengkompensasi kerugian. Transformator seperti ini berfungsi sebagai isolasi antara dua kalang. Untuk penerapan audio, transformator jenis ini telah banyak digantikan oleh kopling kapasitor (<http://id.wikipedia.org/wiki/Transformator>).

### 1.5.6 **Transformator pulsa**

Transformator pulsa adalah transformator yang didesain khusus untuk memberikan keluaran gelombang pulsa. Transformator jenis ini menggunakan material inti yang cepat jenuh sehingga

setelah arus primer mencapai titik tertentu, fluks magnet berhenti berubah. Karena GGL induksi pada lilitan sekunder hanya terbentuk jika terjadi perubahan fluks magnet, transformator hanya memberikan keluaran saat inti tidak jenuh, yaitu saat arus pada lilitan primer berbalik arah (<http://id.wikipedia.org/wiki/Transformator>).

#### 1.5.7 **Transformator tiga fasa**

Transformator tiga fasa sebenarnya adalah tiga transformator yang dihubungkan secara khusus satu sama lain. Lilitan primer biasanya dihubungkan secara bintang (Y) dan lilitan sekunder dihubungkan secara delta ( $\Delta$ ) (<http://id.wikipedia.org/wiki/Transformator>).