

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Untuk membantu pembuatan Proyek Akhir ini, dibutuhkan adanya Beberapa referensi yang dapat menjadi acuan penulis dalam melakukan penelitian.

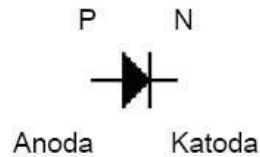
1. Peneliti Nur Yahya (2011) dengan judul "*Rangkaian Kontrol PMS*", jurnal penelitian ini membahas tentang gangguan yang terjadi pada PMS.
2. Peneliti Wahyu Handriyanto (2011) dengan judul "*Dioda*", jurnal penelitian ini membahas tentang penggunaan dioda *reverse bias* pada kontaktor.
3. Peneliti Budi Sanusi (2011) dengan judul "*Pemeliharaan PMS Kopel Pada Gardu Induk*", jurnal penelitian ini membahas tentang tentang pemeliharaan PMS Kopel Pada Gardu Induk.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Dioda

Dioda ditemukan oleh J.A Fleming pada tahun 1904, seorang ilmuwan dari inggris (1849-1945). Mungkin bagi anda seorang yang hobby dengan elektronika atau seorang sarjana elektro, mungkin anda sudah sangat familiar dengan komponen elektronika yang namanya dioda. Bahkan untuk memahami cara kerjanya mungkin sangat mudah sekali bagi anda. Dioda adalah salah satu komponen yang sangat sering digunakan seperti halnya resistor dan kapasitor. Secara sederhana sebuah dioda bisa kita asumsikan sebuah katup, dimana katup tersebut akan terbuka manakala air yang mengalir dari belakang katup menuju kedepan, sedangkan katup akan menutup oleh dorongan aliran air dari depan katup. Atau untuk bisa lebih mengetahui teori dasar dari dioda, berikut saya kan membahasnya.

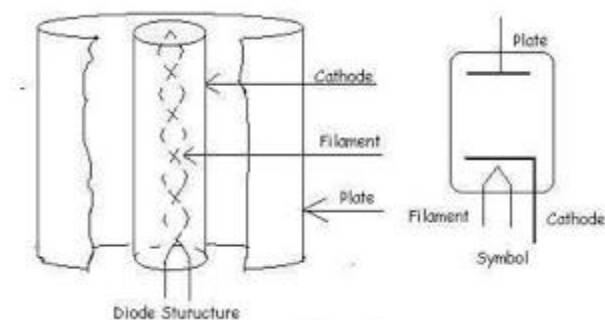
2.2.2. Simbol Umum Dioda



Gambar 2.1 simbol dioda

Dioda disimbolkan dengan gambar anak panah yang pada ujungnya terdapat garis yang melintang. Simbol tersebut sebenarnya adalah sebagai perwakilan dari cara kerja dioda itu sendiri. Pada pangkal anak panah disebut juga sebagai anoda (kaki positif = P) dan pada ujung anak panah disebut sebagai katoda (kaki negative = N).

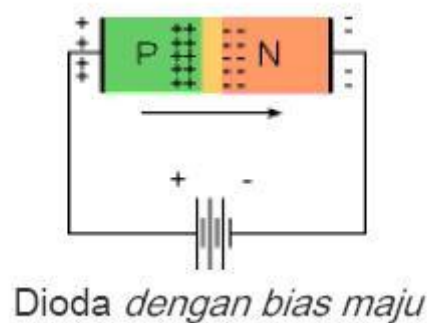
2.2.3 Struktur Dioda Untuk Pertama Kalinya



Gambar 2.2 Struktur dioda

Di atas merupakan gambar dari struktur dioda untuk pertama kalinya. Plate dirancang mengelilingi katoda, didalam katoda ditanam sebuah heater, dimana pada saat katoda dipanaskan maka, electron yang ada pada katoda akan bergerak menuju plate.

2.2.4 Bias Maju Dioda



Gambar 2.3 dioda bias maju

Gambar di atas merupakan gambar karakteristik dioda pada saat diberi bias maju. Lapisan yang melintang antara sisi P dan sisi N diatas disebut sebagai lapisan deplesi (depletion layer), pada lapisan ini terjadi proses keseimbangan hole dan electron. Secara sederhana cara kerja dioda pada saat diberi bias maju adalah sebagai berikut, pada saat dioda diberi bias maju, maka electron akan bergerak dari terminal negative batere menuju terminal positif batere (berkebalikan dengan arah arus listrik). Elektron yang mencapai bagian katoda (sisi N dioda) akan membuat electron yang ada pada katoda akan bergerak menuju anoda dan membuat depletion layer akan terisi penuh oleh electron, sehingga pada kondisi ini dioda bekerja bagai kawat yang tersambung

2.2.5 Bias Mundur Dioda



Berkebalikan dengan bias maju, pada bias mundur electron akan bergerak dari terminal negative batere menuju anoda dari dioda (sisi P). Pada kondisi ini potensial positif yang terhubung dengan katoda akan membuat electron pada katoda tertarik menjauhi depletion layer, sehingga akan terjadi pengosongan pada depletion layer dan membuat kedua sisi terpisah. Pada bias mundur ini dioda bekerja bagaikan kawat yang terputus dan membuat tegangan yang jatuh pada dioda akan sama dengan tegangan supply.

Berikut adalah beberapa macam dioda yang sering ditemukan :

1. Dioda Bridge (4 buah dioda penyearah)
2. Dioda Zener (Sebagai penstabil tegangan)
3. LED (Light Emiting Dioda)
4. 7 - Segment

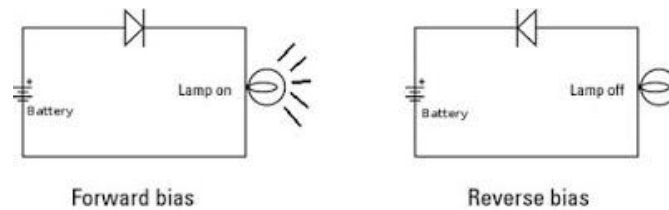
Pada umumnya dioda dibuat dari bahan semikonduktor sbb :

1. Silicon, tegangan yang jatuh pada saat bias maju adalah 0,7V.
2. Germanium, tegangan yang jatuh pada saat bias maju adalah 0,3V.

2.2.6 Karakteristik Dioda

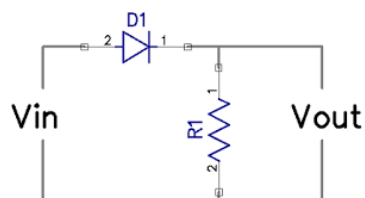
Secara dasar kita bisa memahami karakteristik dioda secara sederhana maupun secara detail. Karakteristik dioda yang paling dasar adalah ia akan menghantar jika dikerjakan secara maju (forward) dan akan menghambat jika dikerjakan secara terbalik (reverse). Secara sederhana kita bisa mengamati karakteristik dioda ketika maju atau mundur dengan indikator on/off biasa. Kemudian lebih detail lagi kita bisa mengamati karakteristik dioda melalui grafik. Dengan grafik akan tampak beberapa area yang menunjukkan karakteristik dioda pada berbagai kondisi tegangan Karakteristik dioda secara sederhana Untuk memahami karakteristik dioda secara sederhana kita bisa menggunakan sebuah lampu indikator yang dihubungkan dengan power supply dengan perantara dioda. Karakteristik dioda akan terlihat melalui

nyala lampu ketika dioda dikerjakan secara maju (*forward*) atau dikerjakan secara mundur (*reverse*).



Gambar 2.5 Ilustrasi karakteristik dioda sederhana, Sumber:
www.dummies.com

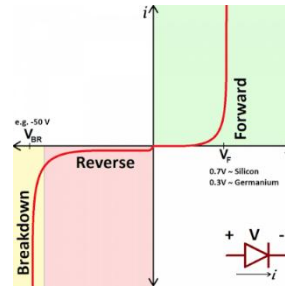
Pada kondisi maju (*forward*), karakteristik dioda adalah menghantar atau mengalirkan arus. Ini tampak pada kondisi lampu yang menyala yang menandakan ada arus listrik yang masuk ke lampu. Pada kondisi sebaliknya ketika dioda dipasang secara mundur (*reverse*) karakteristik dioda adalah menghambat. Kondisi ini ditandai dengan lampu yang tidak menyala yang menandakan tidak ada arus listrik yang masuk ke lampu. Karakteristik dioda secara lebih detail Karakteristik dioda yang dijelaskan diatas hanya menunjukkan perilaku komponen dioda saat dipasang maju (*forward*) dan mundur (*reverse*). Untuk menjelaskan karakteristik dioda secara lebih detail dibutuhkan sebuah pengamatan dengan alat ukur seperti multimeter dan tidak hanya sekedar dengan nyala lampu. Untuk itu kita membutuhkan sebuah rangkaian untuk pengukuran seperti berikut ini.



Gambar 2.6 Rangkaian `pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan memberi tegangan input pada kaki anoda dioda dan mengukur tegangan output pada kaki katoda dioda. Besarnya tegangan input bisa bervariasi mulai dari tegangan negatif dengan level

tertentu sesuai dengan datasheet dioda sampai pada tegangan positif dengan level tertentu diatas tegangan forward dioda. Hasil pengukuran akan menunjukkan grafik fungsi tegangan terhadap arus seperti berikut ini.



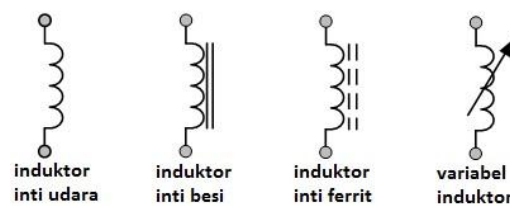
Gambar 2.7 Grafik karakteristik detail dioda, sumber: learn.sparkfun.com

Pada grafik terlihat bahwa pada tegangan dibawah ambang batas tegangan mundur (*reverse*) sebuah dioda akan tembus (menghantar) dan tidak bisa menahan lagi. Batas ini disebut dengan area tegangan breakdown dioda. Karakteristik dioda pada area ini adalah tembus atau menghantar dan tidak, menghambat. Kemudian pada level tegangan diantara tegangan breakdown dan tegangan forward terdapat area tegangan *reverse* dan tegangan cut off. Pada area ini karakteristik dioda adalah menahan atau tidak mengalirkan arus listrik. Area tegangan *reverse* adalah daerah pada level tegangan negatif (dibawah nol) dan diatas tegangan breakdown. Sedangkan area tegangan cut off adalah area diatas nol namun dibawah batas tegangan maju, misal untuk dioda silikon sebesar 0.7V dan untuk germanium sebesar 0.3V. Area ketiga adalah area tegangan dengan level diatas tegangan forward. Pada area ini karakteristik dioda adalah menghantar. Ini seperti pada percobaan sederhana dengan lampu pada rangkaian diatas dimana terlihat lampu menyala karena ada arus yang mengalir.

2.2.7 Induktor

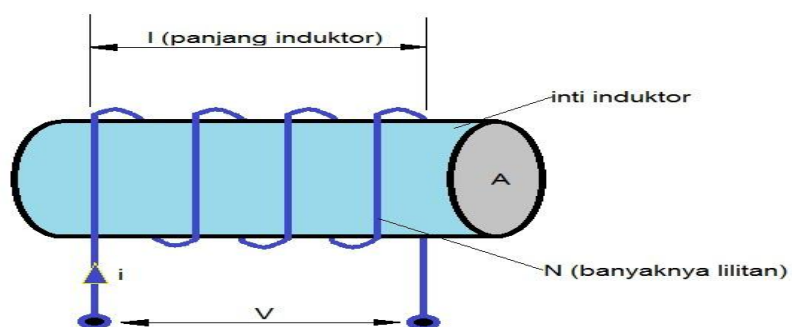
Induktor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnetik, tegangan induksi atau arus induksi. Induktor bekerja menurut hukum Faraday. Induktor tidak lain adalah lilitan kawat pada sebuah coker atau inti logam. Pada saat arus listrik (i) melewati lilitan kawat ini, maka akan timbul fluks magnetik ($N\Phi$) di sekitar induktor yang besarnya proporsional dengan kuat arus listrik yang melewatinya. Gambar berikut ini menunjukkan macam-macam induktor yang sering dijumpai dalam komponen elektronika.

Induktor sering disebut juga Choke. Simbol induktor sebagai berikut:



Gambar 2.8 macam-macam simbol induktor

Induktor terbuat dari lilitan kawat pada sebuah inti. Konstruksi induktor dapat dilihat seperti pada gambar berikut ini.

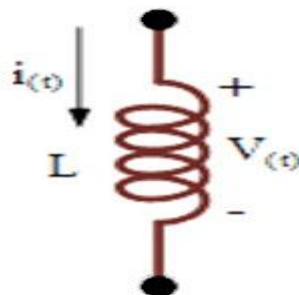


Gambar 2.9 konstruksi sebuah induktor sederhana

Arus yang melewati sebuah induktor akan menghasilkan medan magnet yang besarnya berbanding lurus dengan arus listrik yang mengalir. Tidak seperti kapasitor yang terjadi perubahan kenaikan tegangan pada kedua lempeng konduktor ketika sedang diisi muatan listrik, pada konduktor justru timbul perubahan kenaikan arus listrik ketika

diberi tegangan listrik, perubahan kenaikan arus listrik ini menciptakan induksi energi di dalam medan magnet. Dengan kata lain induktor mengatur perubahan arus listrik dan dengan tidak mengubah tegangan listrik. Kemampuan induktor ini disebut induktansi induktor dengan satuan Henry (H) dan diberi simbol L . Untuk ukuran yang lebih kecil biasanya dinyatakan dalam satuan miliHenry (mH), mikroHenry (μH), nanoHenry (nH) dan picoHenry (pH).

Sebuah induktor mempunyai inti dengan luas penampang inti (A), Jumlah lilitan kawat per satuan panjang (l). Jadi jika sebuah induktor dengan N lilitan kawat dihubungkan dengan sejumlah fluks magnetik (Φ) maka induktor akan mempunyai fluks magnetik total sebesar $N \cdot \Phi$. dan arus sebesar i yang mengalir melewatinya akan menghasilkan induksi fluks magnetik yang arahnya berlawanan dengan arah aliran arus listrik.



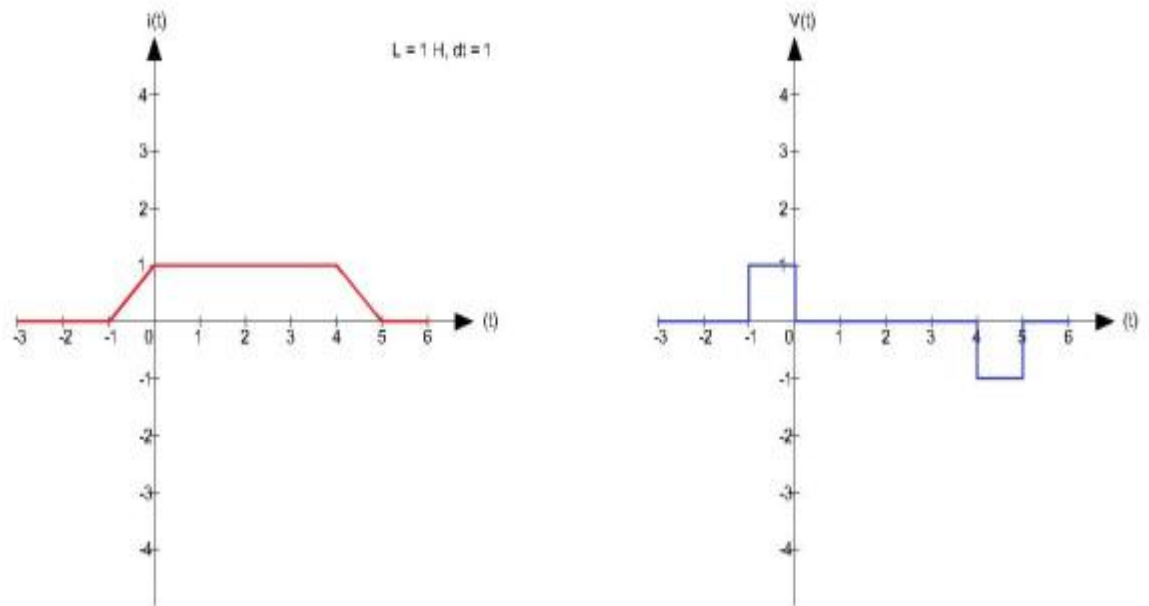
Gambar 2.10 tegangan induksi induktor

Dari persamaan ini dapat dikatakan emf induksi = induktansi x laju perubahan arus listrik. Sebuah rangkaian yang memiliki induktansi 1 Henry dengan tegangan induksi 1 Volt akan menghasilkan laju perubahan arus listrik sebesar 1 Ampere/detik.

Dari persamaan ini terlihat yang berubah hanya arus listrik, sedangkan tegangan induksi tidak berubah. Maka bila tegangan induksi = 0, perubahan arus listrik juga akan menjadi 0. Bila induktor dihubungkan dengan sumber arus DC arus listriknya konstan terhadap waktu, maka tidak akan timbul tegangan induksi pada induktor dan induktor hanya berfungsi sebagai sebuah penghantar saja.

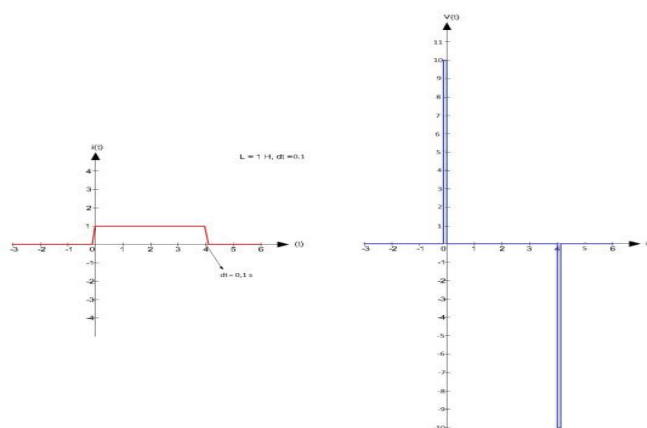
Pada konduktor arus listrik tidak dapat berubah secara mendadak karena jika hal ini terjadi, maka akan dibutuhkan tegangan dan daya yang

tidak terhingga besarnya ($di/dt = \infty$). Sebuah induktor dengan induktansi 1 H dengan arus maksimum 1 A , bila perubahan arus dari 0 hingga maksimum dalam waktu 1 detik, maka tegangan yg dibutuhkan akan sebesar 1 V dapat digambar seperti pada gambar berikut ini.



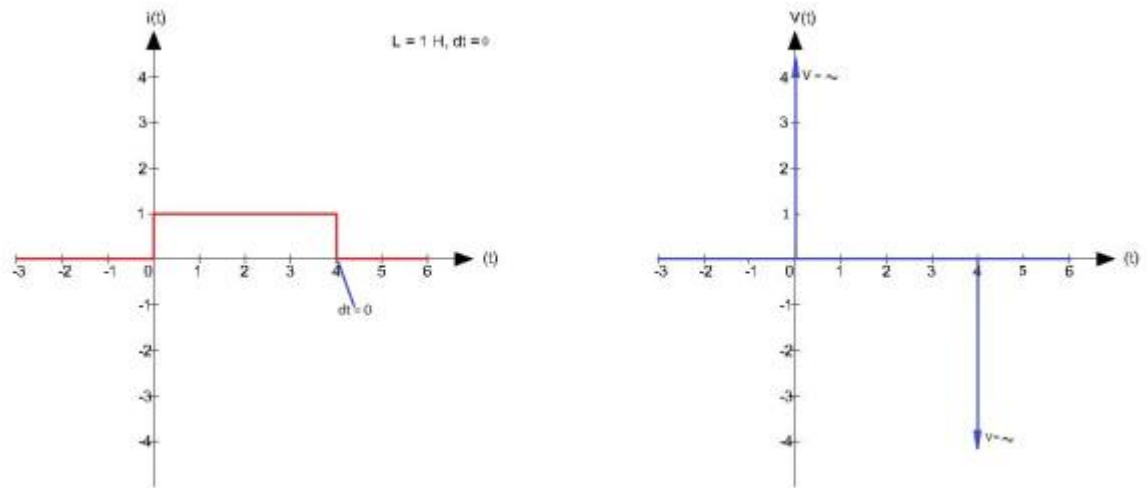
Gambar 2.11 hubungan tegangan dan kuat arus pada induktor dengan $dt=1$ s dan $di = 1$ A

Pada induktor yg sama , jika kita mengurangi dt hingga 1/10 nya atau perubahan arus sebesar 1 A dalam waktu 0,1 detik, maka tegangan yang dibutuhkan akan menjadi 10 kali lipat besarnya yaitu 10 V, dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.12 hubungan i dengan V bila dt diubah menjadi 0,1 detik

Pada induktor yang sama, jika perubahan arus terjadi mendadak atau sangat cepat ($dt=0$) maka tegangan yang dibutuhkan menjadi tidak terhingga besarnya atau dapat digambar seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 2.13 bila $dt=0$ maka V akan menjadi tidak terhingga besarnya

Sebuah induktor ideal tidak mempunyai hambatan ($R=0$) sehingga tidak ada rugi-rugi daya di dalam induktor, jadi dapat dikatakan induktor ideal tidak terjadi rugi-rugi daya.

Ketika ada daya yang mengalir melalui sebuah induktor, maka energi listrik disimpan di dalam induktor dalam bentuk medan magnetik. Ketika arus listrik meningkat dalam selang waktu (dt) yang mendekati nol, maka daya sesaat di dalam rangkaian juga akan meningkat dan energi disimpan di dalam induktor. Sebaliknya jika arus yang mengalir melewati induktor berkurang maka daya sesaat juga akan turun (menjadi negatif). Ini berarti induktor akan membuang sejumlah energi dari rangkaian. Energi disimpan dalam bentuk medan magnet yang timbul disekitar induktor. Pada induktor ideal, tidak terdapat hambatan atau kapasitansi, sehingga arus yang naik ketika melewati induktor akan disimpan dalam bentuk medan listrik tanpa ada rugi-rugi. Medan listrik ini tidak berkurang besarnya.

Bila induktor dilewatkan arus AC, maka induktor akan secara berkala menyimpan dan membuang energi dalam bentuk siklus. Pada arus DC arus yang melewati induktor besarnya konstan, maka tidak terjadi

proses penyimpanan dan pembuangan energi secara berulang-ulang seperti pada arus AC. Melihat cara kerja induktor, dapat disimpulkan bahwa induktor adalah komponen pasif elektronika yang dapat menyimpan dan menyalurkan energi listrik ke rangkaian listrik. Tetapi induktor tidak dapat membangkitkan energi listrik.

Fungsi utama induktor di dalam rangkaian listrik adalah sebagai filter, rangkaian resonansi dan sebagai pembatas arus listrik. Sebuah induktor dapat digunakan untuk memblock arus AC atau memblock frekuensi tertentu dari arus AC. Oleh sebab itu induktor dapat digunakan untuk menyaring frekuensi radio atau memfilter frekuensi yang melewatinya. Induktor juga dapat digunakan untuk menjaga perangkat elektronika dari kenaikan tegangan dan arus listrik yang mendadak.

2.2.8 Induksi Diri (Self Inductance) sebuah induktor

1. Induktansi Diri (Self Inductance)

emf yang terjadi akan menghasilkan arus yang menentang setiap perubahan fluks magnetik, penentangan ini disebut dengan *induktansi diri (self inductance)*. pernyataan ini sesuai *hukum lenz* yang dikemukakan oleh Heinrich Friedrich Lenz (1804 - 1865). besaran satuan nilai induktansi dinyatakan dalam *Henry (H)*, sebuah induktor dikatakan memiliki nilai induktansi sebesar *1H*, jika perubahan arus yang mengalir pada rating 1ampere/detik menginduksi tegangan 1volt didalamnya. definisi ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$L = 1.H = 1.V.(di/dt) = 1.V/(ampere/detik) \dots\dots\dots (2.1)$$

Semakin banyak jumlah lilitan dalam sebuah induktur maka semakin bertambah juga nilai induktansinya. Besarnya nilai induktansi terhadap jumlah lilitan pada suatu induktor dapat dihitung dengan rumus:

$$L = N \times (\phi/I) \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

L = induktansi (H),

I = arus (A)

N = jumlah lilitan,

ϕ = fluks magnetik (Weber/Wb),

koefesiensi induktansi diri sebuah induktor tergantung dari konstruksinya seperti : jumlah lilitan kawat, jarak antar lilitan, besar inti pusat dll. Oleh karena untuk mendapatkan induktor dengan koefesiensi induksi diri yang sangat tinggi bisa dengan menggunakan kore (pusat inti) dengan permeabilitas tinggi, dan merubah jumlah lilitan, sehingga fluks magnetik yang dihasilkan dapat dihitung dengan rumus :

$$\phi = B \times A \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

ϕ = besar magnetik fluks (Wb),

B = kerapatan fluks,

A = luas area (m^2)

jika sebuah induktor dapat diketahui jumlah lilitan (N), maka induksi magnetik/kerapatan fluks(B) dalam inti, dapat diketahui dengan rumus :

$$B = \mu_0 \times H = N \times (I/l) \dots\dots\dots(2.4)$$

untuk menggabungkan pernyataan rumus persamaan diatas maka untuk mengetahui nilai induktansi sebuah induktor dapat diketahui dengan uraian rumus:

$$L = N \times (\phi /I) = N \times ((B \times A)/I) = (\mu_0 \times N \times I)/(l \times I) \dots\dots\dots(2.5)$$

dan pengelompokan dari pernyataan diatas, maka nilai induktansi dari sebuah induktor dapat sederhanakan dengan rumus persamaan akhir sebagai berikut:

$$L = \mu_o \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l}$$

Gambar 2.14 Rumus Induktansi

Dimana:

L = induktansi (H),

N = jumlah lilitan,

μ_o = panjang permeabilitas ($4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$),

l = panjang koil dalam meter

2. Tegangan Emf

Disebabkan oleh *hukum faraday* yang dikemukakan oleh michael faraday bahwa semakin cepat perubahan medan magnet maka emf yang diinduksikan akan semakin besar. besar tegangan emf pada induktor adapat diitung dengan rumus :

$$V_{emf} = L \times (di/dt) \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana :

V_{emf} = tegangan emf (V),

L = induktansi (H),

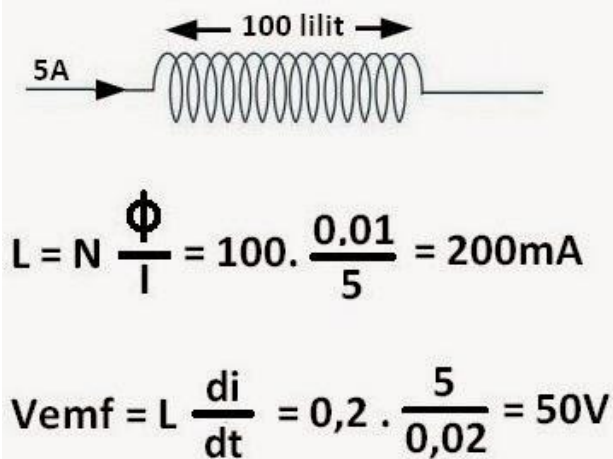
di/dt = tingkat perubahan arus (ampere/detik)

Jika sebuah induktor dengan inti udara (air core) terdiri 100 lilitan kawat, dan menghasilkan fluks magnet sebesar 10mWb, jika arus DC yang mengalir sebesar 5A, berapakah induktansi diri dari induktor tersebut? dan hitunglah induksi diri emf (V_{emf}) setelah 20ms?

3. Hubungan antara tegangan dengan dioda

Hubungan antara tegangan naik dan dioda bias terbalik, jika kontaktor/koil pada kondisi ON maka tegangan positif akan mengisi koil pada kontaktor atau belitan tersebut maka tidak diperlukan dioda bias terbalik dan apabila di OFF kan maka tegangan induksi balik atau tegangan pada sisi bawah koil menjadi lebih negatif seketika dan tegangan tersebut sangat besar, induksi

ini dapat merusak koil itu sendiri dan maka dari itu diperlukan dioda bias terbalik untuk menghubungkan singkatkan melalui dioda dan mengalir lagi ke induktor, maka dari itu induksi akan hilang dengan sendirinya.

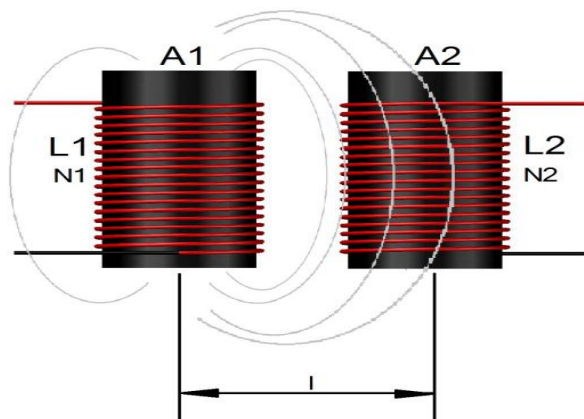


$$L = N \frac{\Phi}{I} = 100 \cdot \frac{0.01}{5} = 200\text{mA}$$

$$V_{emf} = L \frac{di}{dt} = 0,2 \cdot \frac{5}{0,02} = 50\text{V}$$

Gambar 2.15 Penyelesaian soal

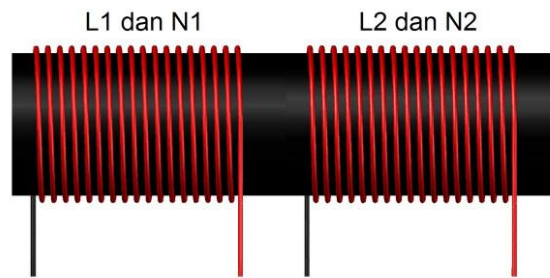
2.2.9 Induksi antara 2 induktor



Gambar 2.13 dua buah induktor yang saling berdekatan

Gambar 2.13 menunjukan 2 buah induktor yang saling berdekatan. Induktor 1 dihubungkan dengan arus listrik AC maka pada induktor 1 akan timbul fluks medan magnet. Akibatnya pada induktor 2 akan terinduksi oleh medan magnet sehingga timbul tegangan dan arus listrik.

Di mana μ_0 adalah permeabilitas udara yang memisahkan kedua induktor, μ_r permeabilitas bahan inti induktor, N_1 dan N_2 adalah jumlah lilitan induktor 1 dan induktor 2, A luas penampang induktor dalam hal ini kedua induktor memiliki luas penampang yang sama dan l adalah panjang induktor.

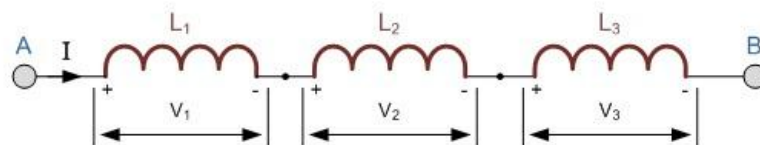


Gambar 2.16 dua buah induktor yang dipasang pada satu buah inti besi

2.2.10 Induktor seri dan paralel.

A. Induktor yang dirangkai seri

Selain kapasitor dan resistor, induktor juga dapat dirangkai secara seri. Induktor yang dipasang seri maka induktansinya dapat dihitung sebagai berikut :

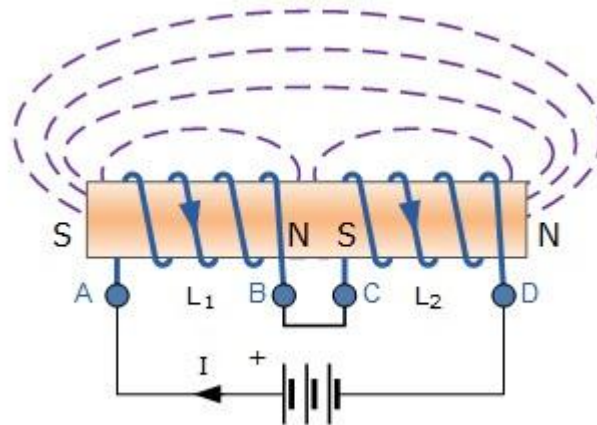


Gambar 2.17 induktor yang dipasang seri

Sama seperti resistor bila induktor dirangkai secara seri, maka tidak terjadi pembagian arus listrik, karena tidak terdapat percabangan. Sehingga dapat ditulis :

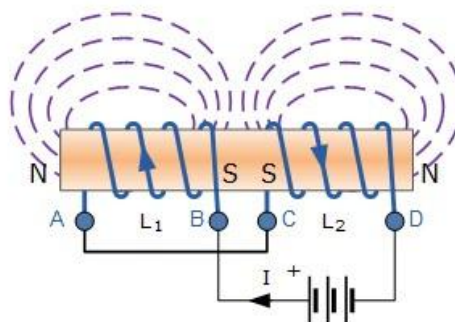
Mutual induksi yang dihasilkan oleh induktor yang dirangkaian seri dapat dibagi menjadi 2 yaitu kumulatif kopel dan

diferensial kopel. Kumulatif kopel dapat dilihat seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 2.18 kumulatif kopel pada induktor seri

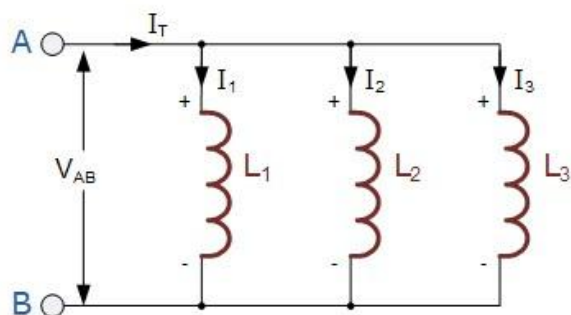
Diferensial kopel dapat dilihat seperti pada gambar berikut ini.



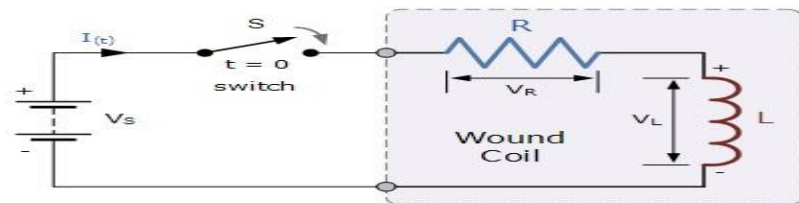
Gambar 2.17 diferensial kopel pada induktor seri

B. Induktor yang dirangkai paralel

Rangkain induktor paralel dapat dilihat seperti pada gambar berikut ini.

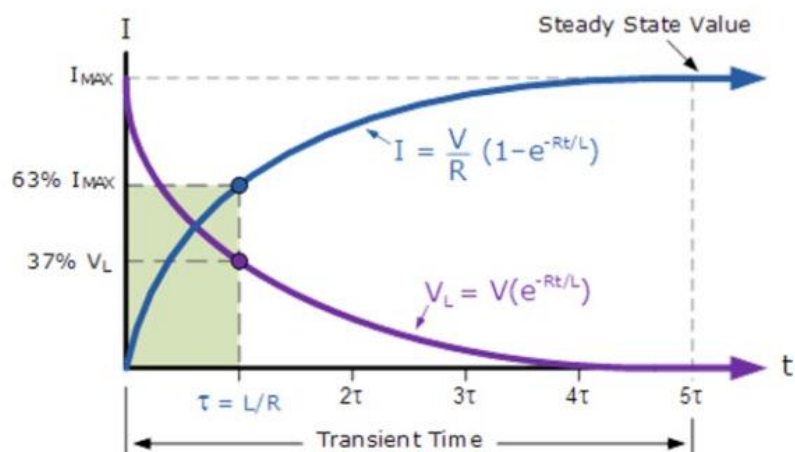


Gambar 2.19 induktor yang dirangkai secara paralel



Gambar 2.20 rangkaian R-L

Sebuah rangkaian seri induktor dengan resistor dapat dilihat seperti pada gambar 15. Bila rangkaian ini dihubungkan dengan sumber arus DC yang dilengkapi dengan saklar, ketika saklar ditutup, maka arus akan mengalir melewati resistor dan ke induktor. Arus yang melewati resistor akan mengikuti persamaan hukum Ohm, sedangkan arus yang melewati induktor akan mengikuti hubungan tegangan dan arus listrik pada induktor.



Gambar 2.21 kurva karakteristik induktor

