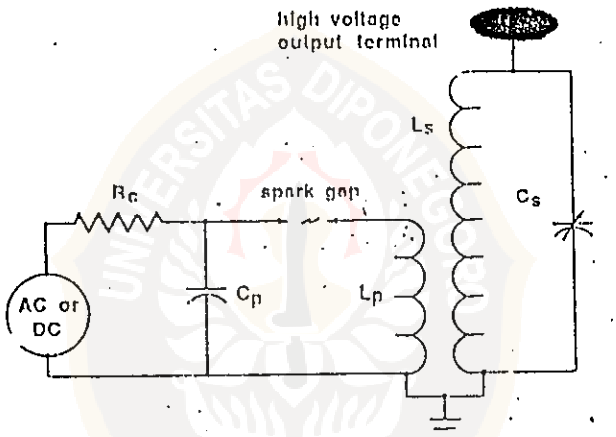
BAB II
DASAR TEORI

2.1. Percobaan Koil Tesla Klasik

Secara umum koil Tesla klasik terdiri dari sirkuit primer dan sekunder yang keduanya terpisah pada jarak tertentu. Pengganggu *(interuptor)* dalam sirkuit primer mendorong osilasi dari kapasitor yang besar. *Interuptor* tersebut dimaksudkan untuk memaksimalkan transfer daya ke sirkuit sekunder. Eksperimen koil Tesla menggunakan variasi siklus loncatan bunga api bertegangan tinggi.



Gambar 2.1. Konfigurasi koil Tesla klasik (Burns,1992)

Gambar 2.1. menjelaskan konfigurasi koil Tesla klasik. Sumber arus bolak-balik bertegangan tinggi, dengan penghambat yang tinggi mengisi .kapasitor Cp sampai pada tegangan dadal *(break-down)* sehingga menghasilkan loncatan bunga api. Udara yang dipanaskan mengakibatkan impedansi yang rendah selama arus tinggi mengalir diantara elektroda. Saat terjadi loncatan bunga api arus diteruskan ke kumparan primer dan berosilasi dengan frekuensi tertentu. Frekuensi ini ditentukan oleh komponen sirkuit primer. Osilasi yang dihasilkan akan berkurang mengikuti

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

mengikuti nilai hambatan dari loncatan bunga api. Saat kapasitor kosong dan energi sirkuit dihamburkan, maka loncatan bunga api mati dan kapasitor dimuati kembali. Siklus ini beroperasi beberapa kali, tergantung pada tipe dan pembagian elektroda loncatan bunga api. Pada kasus ini desain yang optimum akan mengakibatkan loncatan bunga api mati saat semua energi ada pada sirkuit sekunder. Parameter desain koil Tesla sebagai kunci dari transfer energi yang maksimal (Burns,1992).

2.2. Induksi Elektromagnetik

Induksi elektromagnetik ialah GGL (gaya gerak listrik) antara ujung-ujung konduktor yang timbul akibat perubahan hubungan terhadap medan magnetik luar.

Besarnya GGL induksi sebanding dengan perubahan flux total ϕ yang dikenal sebagai hukum induksi Faraday, yaitu:

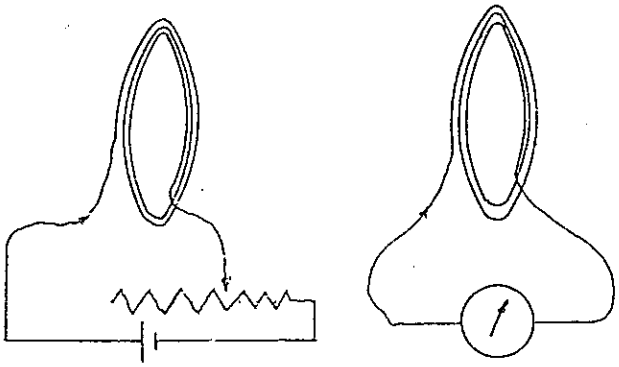
$$\varepsilon_{ind} = - d\phi/dt \qquad (2.1)$$

dengan $d\phi/dt$ adalah perubahan fluks magnetik terhadap waktu.

2.2.1. Percobaan Faraday

Pada tahun 1831 Faraday mengamati gejala seperti terlihat pada gambar 2.2. Perubahan arus pada kumparan 1 menyebabkan timbulnya arus induksi pada kumparan 2 yang berada di dekatnya. Arus induksi ini ternyata sebanding dengan daya hantar kumparan. Jadi yang sebenarnya terinduksi bukannya arus melainkan e.m.f. Makin cepat perubahan arus di kumparan 1 makin besar e.m.f. induksi di kumparan 2. Lebih lanjut e.m.f. induksi timbul hanya sewaktu ada perubahan arus.

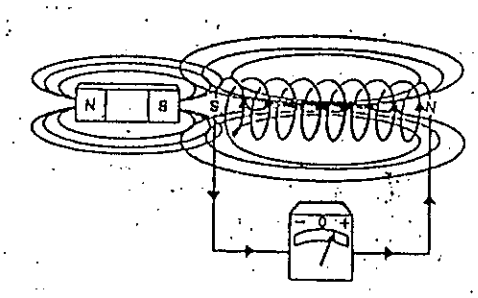
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.2. Induksi elektromagnetik Faraday (Soedojo, 1985)

2.2.2. Hukum Lenz

Berdasarkan hukum Newton ke-3, aksi = – reaksi, Lenz pada tahun 1834 mengemukakan pendapat bahwa e.m.f. adalah suatu reaksi atas perubahan medan magnet yang dicakup kumparan. Reaksi sedemikian rupa sehingga arus listrik yang dapat mengalir karena induksi e.m.f. itu akan menimbulkan medan magnet yang flux gaya magnetiknya mengkompensasi perubahan flux garis gaya magnetik luar yang dicakup kumparan. Pada persamaan (2.1) tanda minus menyatakan arah yang melawan perubahan flux garis gaya magnetik yang dikenakan padanya.



Gambar 2.3. Percobaan Lenz (Mitchell, 1992)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Percobaan Lenz dapat dilihat pada gambar 2.3. Pada saat magnet digerakkan mendekati kumparan, tegangan terinduksi sehingga arus mengalir dalam kumparan dan menghasilkan suatu kutub pada permukaan kumparan yang berlawanan dengan pintu masuk magnet. Pada gambar 2.2, ketika magnet permanen bergerak ke dalam kumparan, flux garis gaya magnetik memotong putaran kumparan dan menginduksi tegangan. Jika diterapkan aturan tangan kiri terhadap kumparan, arus yang mengalir di dalam kumparan menghasilkan sebuah kutub selatan pada sisi tangan kiri kumparan untuk melawan gerakan magnet yang menghasilkan arus.

2.2.3 . Induktansi Kumparan

Untuk menjelaskan induksi kumparan, dapat ditinjau kembali percobaan Faraday pada gambar 2.2. Arus pada kumparan 1 pada gambar 2.2 akan menyebabkan timbulnya flux garis gaya magnetik yang kemudian sebagian dicakup pula oleh kumparan 2. Dengan demikian variasi kuat arus di kumparan 1 yang mengakibatkan variasi flux garis gaya magnetik yang ditimbulkannya, akan menyebabkan timbulnya induksi e.m.f. di kumparan 2, disamping menimbulkan e.m.f. terinduksi di kumparan 1 itu sendiri. Sebagaimana kuat medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik itu sebanding dengan kuat arus listrik yang menimbulkannya, maka begitu juga halnya dengan flux garis gaya magnetik yang ditimbulkannya dan yang kemudian dicakupnya serta yang dicakup oleh kumparan lain. Maka dapatlah dirumuskan hubungan-hubungan linier antara flux dan kuat arus sebagai:

$$\phi_{11} = L_{11}\, i_1, \phi_{21} = L_{21}\, i$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dengan ϕ_{11} adalah flux magnetik yang dicakup oleh kumparan 1 oleh adanya arus listrik di kumparan 1 itu sendiri, sedangkan L_{11} adalah tetapan pembanding lurus antara flux magnetik yang dicakup kumparan 1 dengan kuat arus di kumparan 1 itu sendiri. Lambang ϕ_{21} adalah flux magnetik yang dicakup oleh kumparan 2 karena adanya arus listrik di kumparan 1 dan L_{21} adalah tetapan pembanding lurus antara flux magnetik yang dicakup kumparan 2 dengan kuat arus di kumparan 1 yang menimbulkan flux tersebut. Secara umum untuk sistem kumparan dapat ditulis:

$$\phi_i = \Sigma L_{ij}\, i_j \quad \text{atau} \quad \phi = [\, L \,]\, i \tag{2.2}$$

dengan ϕ_i adalah total flux garis gaya magnetik yang dicakup kumparan ke i oleh adanya arus listrik di kumparan ke i itu sendiri maupun dikumparan-kumparan lain. Jelaslah bahwa L_{ij} ditentukan keadaan geometrik kumparan-kumparan ke i dan ke j serta hubungan geometrik antara kedua kumparan itu. Singkatnya, L hanya merupakan faktor geometrik. Selanjutnya L_{ij} merupakan faktor timbal balik antara flux magnetik di kumparan ke i dengan kuat arus di kumparan ke j, dan disebut induktansi timbal balik antara kumparan ke i dengan kumparan ke j. Sedangkan L_{ii} menghubungkan flux magnetik yang dicakup kumparan ke i oleh adanya arus di kumparan ke i itu sendiri dan disebut induktansi diri. Karena L_{ij} merupakan faktor timbal balik, maka tentunya $L_{ji}=L_{ij}$ yang berarti matrik [L] adalah matrik simetri.

Ditinjau hubungan antara banyaknya lilitan dengan besarnya induktansi diri. Apabila banyaknya lilitan suatu kumparan adalah N, maka dibandingkan dengan seandainya hanya mengandung 1 lilitan saja, flux magnetik yang ditimbulkannya akan N kali, sehingga induksi e.m.f. menyilang setiap lilitan juga akan N kali. Dengan demikian induksi e.m.f. menyilang seluruh kumparan akan akan menjadi

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

N * N, yakni N^2 kali. Jadi jika induktansi diri kumparan seandainya hanya terdiri dari 1 lilitan saja adalah L maka jika banyaknya lilitan N, induktansi diri akan menjadi N^2 L. Maka induktansi diri kumparan akan sebanding dengan kuadrat banyaknya lilitan.

Dari rumus (2.1) dan definisi L pada persamaan (2.2) , dapat dituliskan:

$$e_{ind} = L \ di/dt \qquad (2.3)$$

dengan L adalah induktansi diri kumparan, di/dt adalah perubahan arus terhadap waktu, yang berarti induktansi diri dapat juga didefinisikan sebagai tetapan pembanding lurus antara e.m.f. induksi di suatu kumparan dengan perubahan kuat arus per satuan waktu yang lewat kumparan itu.

Persamaan (2.3) menunjukkan timbulnya e.m.f. induksi di suatu kumparan apabila di kumparan itu sendiri terjadi perubahan kuat arus. Di samping itu, suatu kumparan dapat juga mencakup sebagian flux magnetik yang ditimbulkan oleh kumparan lain di dekatnya yang dialiri arus listrik, sehingga perubahan kuat arus listrik di kumparan kedua juga akan menimbulkan induksi e.m.f. di kumparan yang pertama. Induksi e.m.f. ini ditentukan oleh bagian flux magnetik dari kumparan kedua yang dicakup oleh kumparan pertama. Flux magnetik dari kumparan kedua yang dicakup kumparan pertama tak lain adalah ϕ_{12} dan bagian flux magnetik dari kumparan kedua yang dicakup oleh kumparan pertama adalah:

$$k_{12} = \phi_{12} / \phi_{22} \qquad (2.4)$$

Besaran k_{12} dalam persamaan (2.4) disebut faktor kopling.

Sekarang akan ditinjau hubungan antara induktansi timbal balik dua kumparan dengan faktor koplingnya. Misalkan induktansi timbal balik ialah M,

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

yaitu $L_{12} = L_{21} = M$, sedangkan induktansi diri masing -masing kumparan adalah L_1 dan L_2, yakni $L_{11} = L_1$ dan $L_{22} = L_2$, maka menurut definisi k_{12} pada persamaan (2.4) dan mengingat persamaan 2.2, dapat dirumuskan induktansi timbal balik antara dua kumparan sebagai berikut:

$$M = \sqrt{k_{12}L_{12}.k_{21}L_1}$$

$$= k\sqrt{L_1L_2} \qquad (2.5)$$

dengan $k = \sqrt{k_{12}\,k_{21}}$ adalah rata-rata geometrik antara kedua faktor koplingnya. Dari persamaan (2.5) dan hubungan antara harga induktansi diri dengan banyaknya lilitan, harga induktansi timbal balik sebanding dengan banyaknya lilitan di masing-masing kumparan, yakni M sebanding dengan $N_1\ N_2$ apabila N_1 dan N_2 adalah banyaknya lilitan kumparan pertama dan kumparan kedua.

Faktor geometrik pada kumparan akan menentukan besar induksi magnetik yang diberikan oleh kumparan. Induksi magnetik menghasilkan flux magnetik yang mempengaruhi besarnya induktansi kumparan.

2.3. Pengaruh Kopling

Kopling adalah hubungan mutual antara dua kumparan yang menyebabkan energi berpindah-pindah dari satu kumparan ke kumparan yang lain.

Harga koefisien kopling adalah antara 0 sampai 1. Koefisien kopling tergantung pada jarak kumparan primer dan sekunder dan pada tipe materi inti yang dipakai. Makin dekat jarak antara dua kumparan, harga koefisien kopling besar.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Makin besar koefisien kopling makin besar induktansi timbal balik antara dua kumparan.

2.4. Tenaga Sistem Kumparan yang Dialiri Arus Listrik

Tenaga yang dikandung di lingkaran arus ke j oleh arus i di kumparan itu sendiri diberikan oleh

$$U = \sum_j \tfrac{1}{2} i_j \phi_{jj} + \tfrac{1}{2} \sum_j \sum_{i \neq j} i_j \phi_{ji}$$
$$= \tfrac{1}{2} \sum_j \sum_i i_j \phi_{ji} \qquad (2.6)$$

dengan U adalah tenaga sistem kumparan, i_j adalah arus pada kumparan j, ϕ_{jj} adalah fluks magnetik yang dicakup oleh kumparan j oleh adanya arus listrik di kumparan j itu sendiri dan ϕ_{ji} adalah fluks magnetik yang dicakup oleh kumparan j oleh adanya arus listrik di kumparan i.

2.5. Faktor-faktor Penentu Induktansi

Induktansi suatu kumparan ditentukan oleh empat faktor, yaitu:

1. Jumlah lilitan
2. Luas penampang kumparan
3. Jarak antar lilitan
4. Material inti kumparan yang dipakai

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.5.1. Jumlah Lilitan Kumparan (N)

Suatu kumparan dengan jumlah lilitan yang banyak, jika dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnetik yang kuat. Kumparan dengan jumlah lilitan yang sedikit, jika dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnetik yang lemah. Medan magnetik yang lebih besar menyebabkan e.m.f. yang lebih besar pula, karena lebih banyak garis flux magnetik yang memotong putaran koil, sehingga dihasilkan nilai induktansi yang lebih besar pula. Induktansi (L) berbanding lurus dengan jumlah lilitan (N), $L \propto N$.

2.5.2. Luas Penampang Kumparan

Jika luas penampang kumparan ditambahkan pada suatu kumparan, akan dihasilkan garis gaya magnetik yang lebih banyak. Dan jika medan magnetik meningkat, induktansi akan meningkat pula. Induktansi (N) berbanding lurus dengan luas penampang kumparan (A), $L \propto A$.

2.5.3. Jarak antar Lilitan (l)

Sebagai contoh, empat lilitan kawat yang diberi jarak antara satu lilitan dengan lilitan yang lainnya, jumlah semua medan magnetik individu lilitan yang dihasilkan akan kecil. Jika empat lilitan kawat digulung saling berimpit satu dengan yang lainnya, medan magnetik individu masing-masing lilitan akan saling berinteraksi dan menghasilkan medan magnetik bersama yang lebih besar. Induktansi (L) berbanding terbalik dengan jarak antar lilitan (l), $L \propto 1/l$.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.4.4. Material Inti (μ)

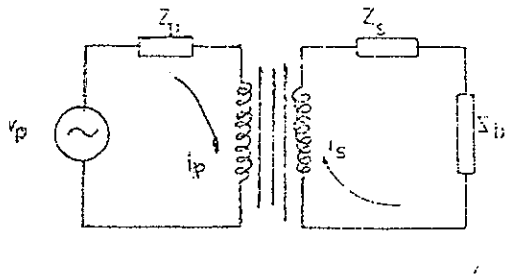
Nikel, cobalt, besi, baja, ferit, atau campurannya dapat memperkuat medan magnetik. Permeabilitas adalah faktor lain yang mempengaruhi induktansi.Lebih besar permeabilitas material inti, lebih besar induktansi yang dihasilkan, $L \propto \mu$. Formula untuk induktansi adalah:

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

dengan L adalah induktansi (Henry), N adalah jumlah lilitan kumparan, A adalah luas penampang kumparan (m^2), μ adalah permeabilitas dan l adalah jarak antar lilitan (m).

2.6. Transformator

Transformator termasuk rangkaian empat terminal. Terdiri atas dua bagian, yaitu bagian primer dengan dua terminal dan bagian sekunder dengan dua terminal pula. Terminal-terminal pada bagian primer sebagai terminal masukan, sedangkan terminal-terminal pada bagian sekunder sebagai terminal keluaran.



Gambar 2.4. Bagan transformator

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Kedua bagian transformator adalah kumparan-kumparan yang tidak berhubungan satu dengan yang lain, tetapi berkaitan secara magnetik oleh adanya induksi magnetik timbal balik antara kedua kumparan. Agar induksi magnetik yang dicakup setiap kumparan kuat, kumparan-kumparan transformator umumnya berintikan bahan feromagnetik.

Apabila terminal-terminal masukan di rangkaian primer dihubungkan ke sumber daya berubah-ubah yaitu V_p, maka oleh induksi timbal balik, pada bagian sekunder mengalir arus listrik dan menghasilkan beda tegangan antara terminal-terminal keluaran yang dibebani impedansi z_b. Dari gambar 2.4 persamaan rangkaian transformator dapat ditulis sebagai

$$V_p - L_p \, di_p/dt - M \, di_s/dt = z_p \, i_p$$

$$-L_s \, di_s/dt - M \, di_p/dt = z_s \, i_s + z_b \, i_s \qquad (2.7)$$

dengan V_p adalah sumber tegangan pada rangkaian primer, L_p adalah induktansi diri kumparan primer, L_s adalah induktansi diri kumparan sekunder, i_p adalah arus pada kumparan primer, i_s adalah arus pada kumparan sekunder, M adalah induktansi timbal balik antara 2 kumparan, z_p adalah impedansi pada rangkaian primer, z_s adalah impedansi pada rangkaian sekunder dan z_b adalah impedansi yang dibebankan pada rangkaian sekunder. Untuk $di/dt = j\omega i$ dan $j\omega L = L$; $j\omega M = M$, persamaan (2.7) akan menjadi

$$V_p = (L_p + z_p) \, i_p + M \, i_s$$

$$0 = M \, i_p + (L_s + z_s + z_b) \, i_s$$

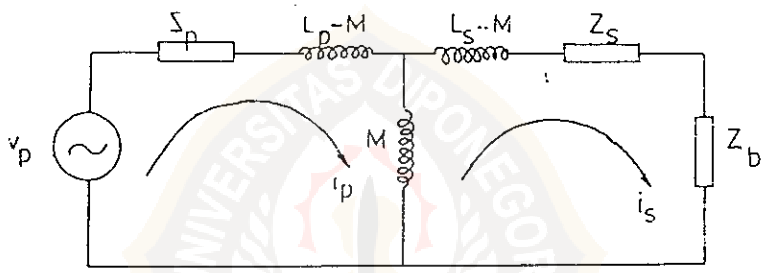
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

yang menghasilkan hubungan

$$i_s = -\frac{M}{L_s + z_s + z_b}\ i_p \tag{2.8}$$

$$z_m = \frac{v_p}{i_p} = z_p + (L - M) + \frac{(L_s - M + z_s + z_b)M}{(L - M + z_s + z_b) + M}$$

dengan z_m adalah perbandingan antara tegangan di kumparan primer dengan kuat arus di kumparan itu juga, yang disebut sebagai impedansi masukan. Berikut ini adalah rangkaian equivalen transformator dari gambar 2.4.



Gambar 2.5. Rangkaian equivalen transformator

Transformator dikatakan ideal apabila impedansinya hanya oleh kedua kumparannya saja, dan kedua kumparan itu saling mencakup flux magnetiknya secara sempurna, artinya faktor kopling kedua kumparan itu masing-masing sama dengan satu. Hal ini dipenuhi apabila kedua kumparan ini berbeda hanya dalam hal banyaknya lilitan saja. Jadi untuk transformator ideal berlaku hubungan

$$z_p = 0,\ z_s = 0,\ M = (L_p\ L_s)^{1/2} \tag{2.9}$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Kecuali hal diatas, untuk transformator ideal juga tidak diperhitungkan adanya desipasi panas oleh arus pusar dan efek histerisis dari inti transformator.

Ditinjau transformator yang bagannya dinyatakan oleh gambar 2.4, e.m.f. yang timbul di terminal keluaran, v_s (jika beban z_b di sekunder diambil) dapat diperoleh dengan menuliskan $z_b = \infty$, yaitu:

$$v_s = \frac{M}{z_p + (L_p - M)} v_p = \frac{M}{z_p + L_p} v_p \qquad (2.10)$$

Seandainya rangkaian pada gambar 2.4 dianggap sebagai rangkain transformator ideal, maka dengan mengingat persamaan (2.9), persamaan (2.10) menjadi

$$v_s = \left(\frac{M_s}{L_p}\right) v_p = \left(\frac{L_s}{L_p}\right)^{1/2} v_p$$

$L \propto N^2$, menghasilkan persamaan transformator ideal

$$v_s : v_p = N_s : N_p \qquad (2.11)$$

Persamaan (2.11) menunjukkan bahwa e.m.f. keluaran yang diperoleh dari terminal sekunder transformator ideal hanya ditentukan oleh banyaknya lilitan sekunder dibandingkan dengan banyaknya lilitan primer. Pada prinsipnya transformator dipakai untuk menurunkan atau menaikkan tegangan dari suatu sumber tegangan, dengan menghubungkan terminal-terminal primernya ke terminal-terminal sumber tegangan dan tegangan yang dikehendaki diambil dari terminal-terminal sekundernya. Tegangan yang dikehendaki dapat diatur tingginya dengan mengatur banyaknya lilitan sekunder.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Apabila terminal-terminal keluaran transformator ideal dihubungpendekkan, yang berarti diberi tahanan bebas sebesar nol, maka dari persamaan (2.8) dan persamaan (2.9) diperoleh

$$i_s : i_p = -(N_p : N_s) \tag{2.12}$$

$$v_p \; i_p = - v_s \; i_s \tag{2.13}$$

Persamaan (2.13) adalah hukum kekekalan tenaga. Ruas kanan persamaan diatas adalah daya listrik yang diperoleh pada bagian sekunder, yang jika tidak terjadi desipasi panas daya listrik pada bagian sekunder sama dengan daya listrik di bagian primer pada ruas kiri persamaan (2.13). Adapun tanda negatif pada persamaan (2.13) menunjukkan bahwa i_s dan i_p saling berlawanan fasenya sebab menurut persamaan (2.11) v_s dan v_p adalah sefase.

Transformator yang betul-betul ideal memang tidak ada, namun pengertian yang diperoleh dari model tasformator ideal ini memberikan dasar untuk mempelajari sifat-sifat transformator yang sesungguhnya. Penyimpangan transformator yang sesungguhnya dari transformator ideal ialah:

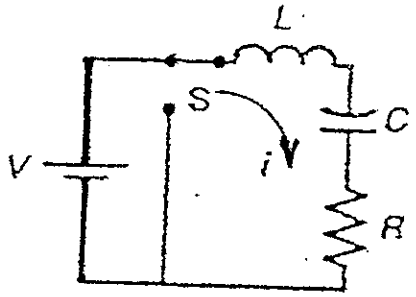
a. Faktor kopling transformator ideal selalu kurang dari satu.
b. Di dalam rangkaian transformator selalu ada impedansi-impedansi lain disamping impedansi-impedansi kumparannya.
c. Di dalam inti transformator selalu terjadi arus pusar.

2.7. Osilasi dalam Rangkaian RLC

Suatu rangkaian jika diubah dari suatu keadaan ke keadaan lainnya, karena perubahan sumber terpasang atau perubahan dalam elemen-elemen rangkaian,

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

akan terdapat suatu periode peralihan (transisi). Selama arus dan tegangan elemen berubah dari nilai semula menjadi nilai yang baru, perubahan ini disebut peralihan *(transien)*. Setelah peralihan berlalu, keadaan rangkaian disebut menjadi tunak *(steady state)*.



Gambar 2.1. Rangkaian seri RCL

Rangkaian seri RCL diperlihatkan pada gambar 2.1. Hukum Kirchhoff untuk lup tertutup setelah *switch*, S pada rangkaian seri RCL ditutup adalah:

$$V - iR - q/C - L\, di/dt = 0 \qquad (2.14)$$

atau

$$V - iR = 1/C \int i\, dt - L\, di/dt = 0 \qquad (2.15)$$

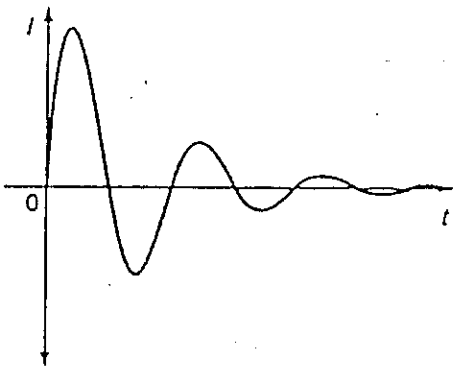
dengan V adalah besar sumber tegangan, i adalah arus pada rangkaian, R adalah resistansi, q adalah muatan listrik, C adalah kapasitansi, L adalah induktansi dan di/dt adalah perubahan arus terhadap waktu. Hasil diferensial dari persamaan (2.14) adalah:

$$R\, di/dt + i/C + L\, di^2/dt^2 = 0 \qquad (2.16)$$

persamaan ini merupakan persamaan harmonik osilator teredam.

Nilai relatif parameter-parameter rangkaian menentukan solusi yang akan diperoleh. Untuk $(R/2L)^2 < 1/LC$ diperoleh solusi teredam kurang *(underdamped)*. Gambar 2.1 adalah respon osilator teredam kurang *(underdamped)*.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.7. Respon osilator teredam kurang *(underdamped)*

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)