

PEMANFAATAN FLUKS MAGNETIK SEBAGAI SUMBER PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN SOLENOIDA

UTILIZATION OF MAGNETIK FLUX AS A SOURCE OF POWER PLANT BY USING SOLENOID

Muhammad Furqon Setiadi¹, Mas Sarwoko², Ekki Kurniawan.³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom, Bandung

¹qoqonat@students.telkomuniversity.ac.id, ²sarwoko@telkomuniversity.ac.id,

³ekki.kurniawan@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan akan energi dunia terutama energi listrik sekarang ini sangatlah penting dan untuk pemanfaatan kekuatan medan magnetik sebagai sumber energi listrik sekarang ini juga masih jarang terealisasi. Yakni memanfaatkan fluks magnetik yang berasal dari sumber medan magnetik dimana masih kurang diperhatikan atau disia-siakan.

Pada tugas akhir ini merancang dan merealisasikan solenoida sebagai penyadap fluks magnetik yang tersia-siakan dari sumber medan magnetik berupa motor listrik pada pompa air sehingga dihasilkan tegangan listrik. Proses penyadapan ini didasari oleh proses tegangan induksi magnetik oleh solenoida.

Untuk hasil tegangan yang diharapkan dari realisasi solenoida dibutuhkan solenoida yang mempunyai jumlah 5000 lilitan dan inti besi berdiameter 3 cm serta jarak solenoida dengan sumber medan magnetik sehingga dengan spesifikasi tersebut diharapkan solenoida bisa optimal menyadap induksi magnetik pada sumber medan magnetik sehingga bisa menyalakan lampu LED.

Kata kunci : fluks magnetik, medan magnet, solenoida, induksi magnetik,

Abstract

The world's demand for energy, especially electrical energy today is very important and to use the strength of the magnetic field as a source of electrical energy today is still rarely realized. Namely utilizing the magnetic flux that comes from a source of the magnetic field which is still lacking or is wasted.

In this final project design and realize a solenoid as the magnetic flux tapper wasted magnetic fields from sources such as electric motors on pumps water to produce electrical voltage. The tapping process is based on magnetic induction voltage process by solenoid.

For the realization of the expected voltage solenoid having required of solenoid coil 5000 widings and iron core diameter of 3 cm and the distance of the solenoid with the magnetic field so with these factors is expected to be optimally tapped solenoid magnetic induction in the magnetic field sources so the solenoid can turn on the LED lights.

Keywords: magnetic flux, magnetic field, solenoid, magnetic induction

1. Pendahuluan

Fluks magnetik yang tercipta akibat adanya medan magnetik dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan akan alat elektronik. Dengan adanya medan magnetik yang berasal dari arus listrik, maka harus dimanfaatkan sebagai mestinya. Karena masih jarang orang yang memanfaatkan garis-garis fluks magnetiknya menyebar pada alat eletronik tersebut sehingga dibutuhkan alat yang dapat menangkap medan magnetik tersebut.

Pembuatan alat penyadap medan magnetik yang terbuang sia sia perlu dilakukan. Solenoida adalah salah satu alat yang digunakan untuk menyadap medan magnetik tersebut. Prinsip kerjanya menangkap fluks magnetik yang dihasilkan alat listrik yang lain sehingga dengan solenoida tersebut dapat menghasilkan daya listrik

Pada Tugas akhir ini dilakukan perancangan dan realisasi solenoida yang menghasilkan tegangan induksi yaitu dengan memanfaatkan gaya medan magnetik yang terbuang pada sumber medan magnetik. Keluaran dari tugas akhir ini diharapkan terealisasi rangkaian alat solenoida pembangkit daya listrik karena potensi dari medan magnetik itu sendiri

2. Landasan Teori

2.1 Pengertian Magnet

Medan magnet adalah ruang disekitar magnet yang memiliki gaya magnetik. Gaya magnet yang timbul berasal dari 2 kutub magnet yakni kutub selatan (S) dan utara (U). Pada gambar 2.1 merupakan penggambaran garis garis gaya magnetik pada magnet batang menggunakan serbuk bijih. Garis garis gaya magnetik akan selalu mengarah dari kutub utara menuju kutub selatan.

2.2 Hukum Ampere

Hukum ampere adalah integral garis dari tangensial H sepanjang lintasan tertutup adalah sama besarnya arus listrik dkitari lintasan. Medan magnet yang ditimbulkan pada lintasan arus listrik berbentuk lingkaran yang terpusat pada penghantar. Untuk menentukan arah medan listrik di sekitar penghantar menggunakan kaedah tangan kanan

2.3 Permeabilitas

Permeabilitas merupakan kemampuan sebuah benda untuk dapat dilewati garis gaya magnet. Permeabilitas dinyatakan dengan μ . Sebuah benda dikatakan mempunyai permeabilitas tinggi jika mudah dilewati garis gaya magnet sehingga fluks magnetik akan bertambah. Untuk permeabilitas udara dan ruang hampa adalah satu. Besarnya permeabilitas benda lain akan ditentukan melalui perbandingan terhadap udara dan ruang hampa, sehingga didapatlah permeabilitas relative dimana nilai perabilitas udara dan bahan non magnetik adalah $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ T. m/A}$.

Untuk menghitung μ_r nilai perabilitas relative μ_r harus dikalikan dengan permeabilitas udara μ_0 .

$$\mu = \mu_r \mu_0$$

Dimana :

- μ : permeabilitas bahan [T.m/A atau Wb/A.m]
- μ_0 : permeabilitas udara [T.m/A atau Wb/A.m]
- μ_r : permeabilitas relative

2.4 Medan Magnet pada Kawat Melingkar Berarus

Pada kawat melingkar yang dialiri arus listrik juga memiliki medan magnet disekitarnya sampai ke pusat kawat melingkar.

Persamaan besar rapat medan magnet pada pusat kawat melingkar berarus yang mempunyai jari jari (r) dengan arus listrik (i) sebagai berikut :

$$B = \frac{\mu i}{2r}$$

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r i}{2r}$$

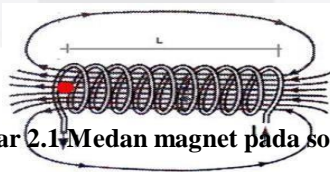
$$B = \frac{\mu_0 \mu_r i}{2r} N$$

Dimana :

- B : rapat medan magnet [Wb/ μ_0 atau tesla]
- μ : permeabilitas bahan [T.m/A atau Wb/A.m]
- μ_0 : permeabilitas udara [T.m/A atau Wb/A.m]
- μ_r : permeabilitas relatif
- i : arus yang mengalir pada kawat [A]
- r : jarak dari kawat [m]
- N : jumlah lilitan pada kawat melingkar

2.5 Medan Magnet pada Solenoida

Solenoida adalah kawat konduktor atau kumparan lurus kemudian dililitkan berbentuk silinder sehingga menciptakan area medan magnet yang seragam pada setiap lilitannya sesuai gambar 2.1 dimana garis gaya magnet nantinya didistribusikan secara merata dan parallel pada kumparan.



Gambar 2.1 Medan magnet pada solenoida

$$B = \frac{\mu N i}{l}$$

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r N i}{l}$$

dimana :

- B : rapat medan magnet [Wb/ μ_0 atau tesla]
- μ : permeabilitas bahan [T.m/A atau Wb/A.m]
- μ_0 : permeabilitas udara [T.m/A atau Wb/A.m]
- μ_r : permeabilitas relatif
- i : arus yang mengalir pada kawat [A]

N : banyaknya lilitan pada solenoida
 l : panjang batang solenoida

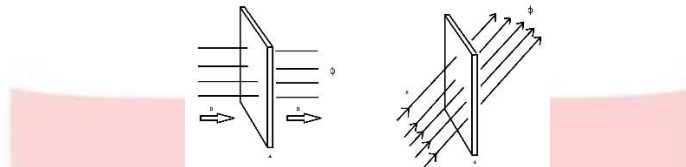
2.6 Fluks Magnetik

Fluks magnetik merupakan garis garis medan magnet yang berasal dari kutub utara sumber magnet yang menembus bidang datar secara tegak lurus atau membentuk sudut kemiringan tertentu sesuai gambar 2.2

$$\phi = B A \cos \alpha$$

dimana :

ϕ : fluks magnetik [Webber]
 B : medan magnet [Wb/m²]
 A : luas bidang yang dilalui garis gaya magnet [m²]



Gambar 2.2 Penampakan garis garis medan magnetik pada bidang datar.

Apabila garis garis medan magnet tidak tegak lurus dengan bidang datar maka sudut (α) mempengaruhi besarnya fluks magnet sesuai persamaan di bawah ini.

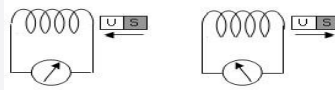
$$\phi = B A \cos \alpha$$

dimana :

ϕ : fluks magnetik [Webber]
 B : medan magnet [Wb/m²]
 A : luas bidang yang dilalui garis gaya magnet [m²]
 α : sudut antara garis gaya magnet dengan permukaan bidang [°]

2.7 Induksi magnetik

Induksi magnetik atau imbas listrik merupakan pembangkitan energi listrik dari medan magnet. Induksi magnetik terjadi pada suatu kumparan jika ada perubahan jumlah garis gaya magnet yang dilingkupi setiap saat. Percobaan pertama kali dilakukan oleh Faraday yakni menggunakan lilitan solenoida dengan inti udara dimana kedua ujung solenoidanya dihubungkan ke galvanometer, kemudian diberi magnet ke dalam lilitan solenoida sesuai sehingga terbentuklah arus pada koil karena medan magnet yang ditimbulkan oleh magnet



Gambar 2.3 Percobaan Faraday

2.8 Tegangan induksi

Tegangan induksi dalam kumparan adalah tegangan yang terjadi akibat adanya perubahan kuat medan magnet atau perubahan jumlah gaya magnet pada kumparan. Tegangan induksi erat kaitannya dengan hukum Faraday. Hukum Faraday menyatakan bahwa tegangan gerak elektrik imbas atau tegangan induksi didalam sebuah rangkaian adalah sama dengan kecepatan perubahan fluks magnetik yang melalui rangkaian tersebut.

$$e = - N \frac{d\phi}{dt} \quad (2-12)$$

Dimana :

e : tegangan induksi [Volt]
 ϕ : jumlah fluks magnetik [Weber]
 N : jumlah lilitan pada kumparan

2.9 Daya listrik

Daya Listrik adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Sumber Energi listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Sedangkan berdasarkan konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya adalah jumlah Energi Listrik yang digunakan tiap detik. [5]

$$P = \frac{E}{t}$$

$$P = V.I$$

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Dimana :

P : daya listrik [VA]

E : energi [Joule]

t : waktu [detik]

V : tegangan listrik (Volt)

I : arus listrik (A)

R : hambatan (Ω)

2.10 Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektronika yang prinsip kerjanya mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama :

1. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya
2. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/ *loop*, maka kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
3. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ *torque* untuk memutar kumparan.
4. Motor memiliki beberapa *loop* pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

3. Pembahasan

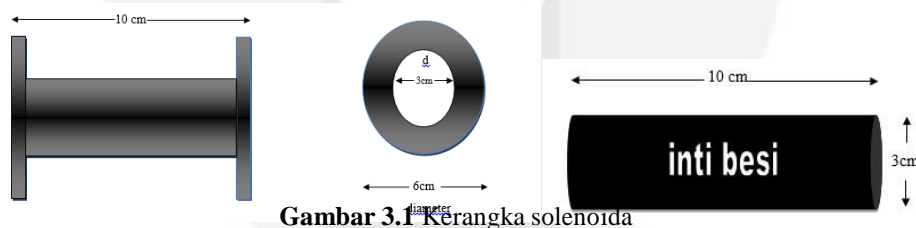
3.1 Perancangan dan Realisasi Solenoida

3.1.1 Perancangan Solenoida

Perancangan alat yang digunakan untuk penyadapan fluks magnetik berupa solenoida. Solenoida dibuat dengan menggulung kawat atau melilitkan kawat pada kerangka solenoida yang berbentuk silinder. Di dalam solenoida tersebut diberi inti besi untuk memperkuat daya serap medan magnetik. Untuk proses pembuatan solenoida ini dibutuhkan beberapa tahapan yakni menentukan spesifikasi kerangka solenoida, kemudian proses penggulangan kawat pada solenoida dengan jumlah lilitan yang telah ditentukan. Setelah itu disambungkan kedua ujung kawat solenoida dengan penyearah sederhana gelombang penuh dan diteruskan ke lampu LED

3.1.2 Perancangan Kerangka Solenoida

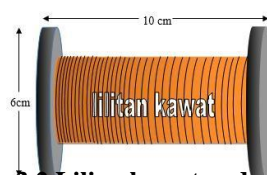
Kerangka solenoida secara dasar adalah berbentuk tabung silinder sehingga dapat digunakan untuk proses selanjutnya yakni pelilitan kawat. Kerangka tersebut semuanya terbuat dari besi memiliki panjang 10 cm dengan diameter dalam senilai 3 cm berisi inti besi dan diameter luar adalah 6 cm. Gambar 3.1 merupakan perwujudan dari rancangan solenoida tersebut.



Gambar 3.1 Kerangka solenoida

3.1.3 Realisasi Proses Penggulangan Kawat

Proses penggulangan menggunakan pada kerangka solenoida menggunakan kawat email tembaga bediameter 0,4 mm karena kalau dibawah ukuran tersebut sangat rentan putus sedangkan kalau lebih dari 0,4 mm maka sulit untuk digulung dan dengan kerangka solenoida sepanjang 10 cm maka tidak akan cukup untuk jumlah maksimal lilitan yang mana jumlah lilitan kawat yang digulung mencapai 5000 lilitan. Untuk proses penggulangan ini dilakukan secara hati hati karena sangat rentan putus dan bengkok pada kawat tersebut.



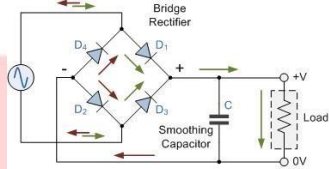
Gambar 3.2 Lilian kawat pada Solenoida



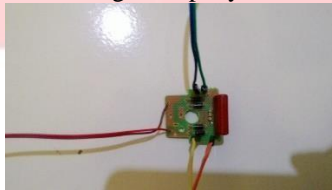
Gambar 3.3 Realisasi solenoida

3.1.4 Realisasi Penyearah Gelombang Penuh Dengan Filter Kapasitif

Dibutuhkan penyearah karena tegangan yang dihasilkan dari solenoida adalah tegangan AC yang harus diubah menjadi tegangan DC supaya bisa diaplikasikan untuk menyalakan lampu LED.



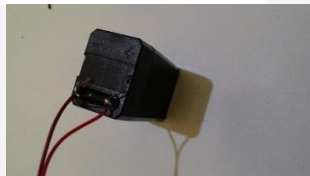
Gambar 3.4 rangkaian penyearah sederhana



Gambar 3.5 Rangkaian penyearah pada PCB

3.1.5 Baterai asam timbal

Baterai asam timbal adalah baterai yang paling banyak dikembangkan di dunia karena bahan yang digunakan sangat murah tetapi permormanya sangat tinggi. Baterai yang akan digunakan sebagai penyimpan daya listrik dengan spesifikasi baterai yakni 4 volt 800 mah.



Gambar 3.6 Baterai asam timbal

3.1.6 Lampu LED

Lampu LED digunakan sebagai indikator adanya tegangan listrik yang didapat dari hasil penyadapan solenoida terhadap sumber medan magnet yakni pompa air. Lampu LED pada gambar 3.7 diambil dari lampu senter.



Gambar 3.7 Lampu LED senter

3.1.7 Alat Ukur Gauss Meter dan Multimeter

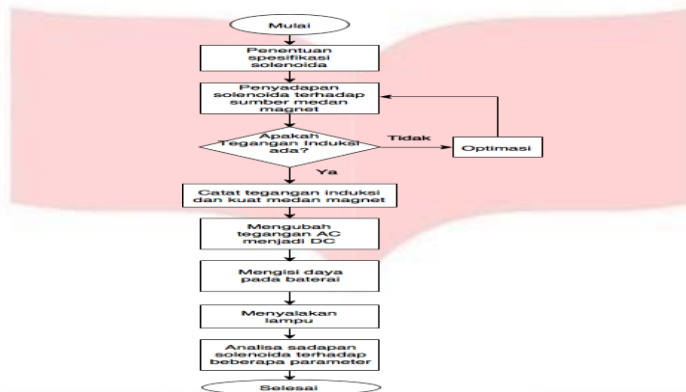
Pada proses pengujian, digunakan alat ukur medan magnet atau gauss meter dan juga multimeter. Penggunaan gauss meter untuk mengetahui besar medan magnet yang dihasilkan oleh sumber medan magnet, dan multimeter kegunaannya untuk mengukur tegangan yang dihasilkan pada solenoida yang diinduksikan oleh sumber medan magnet.



Gambar 3.8 Aplikasi android gauss meter dan Multimeter

3.1.8 Flowchart Perancangan Solenoida

Perancangan penyadapan solenoida pada tugas akhir ini berdasarkan prosedur flow chart pada gambar 3.9, dimana hasil yang diperoleh sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Untuk analisa dilakukan setelah semua proses telah berjalan.



Gambar 3.9 flow chart

3.2 Pengujian dan Analisa Hasil Rancangan

3.2.1 Langkah Kerja Sistem Penyadapan Medan magnetik

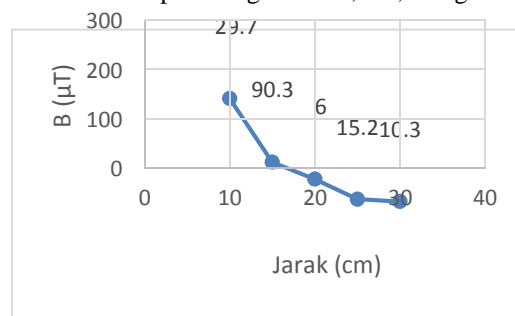
Pengujian solenoida yang telah dibuat diuji menggunakan sumber sumber medan magnet. Untuk tugas akhir ini sumber medan magnet menggunakan pompa air 250 watt. Langkah pertama, solenoida didekatkan dengan pompa air yang menyala kemudian timbul medan magnet disekitar pompa air. Medan magnet berupa garis gaya magnetik yang melalui permukaan bidang atau luas bidang solenoida menghasilkan fluks magnet. Selanjutnya fluks magnet yang terdapat pada solenoida terjadi proses induksi magnetik, terakhir dari adanya induksi magnetik akan menghasilkan tegangan induksi.

3.2.2 Pengujian Solenoida pada Pompa air

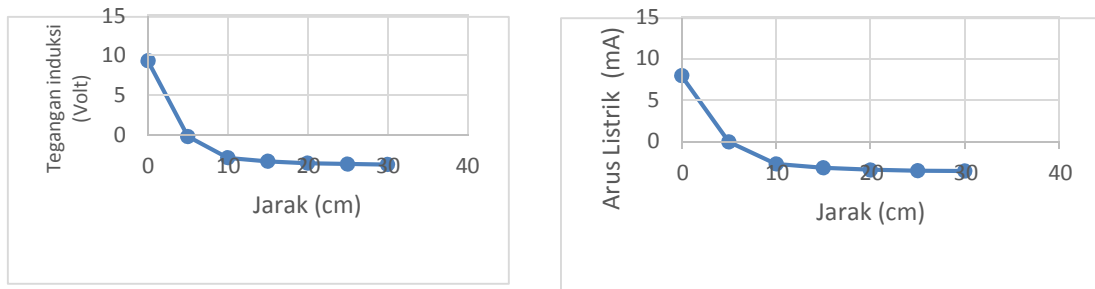
Proses pengujian pertama ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. menyiapkan alat ukur multimeter, aplikasi android Gaussmeter, solenoid, mistar dan jumper jumper,
2. menyalakan pompa air, menyiapkan Gaussmeter kemudian melakukan pengukuran medan magnet dengan berbagai macam jarak dari sumber medan magnet yaitu pompa air tersebut pada 0 cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm dan 30 cm,
3. meletakkan Solenoida dengan jarak yang telah ditentukan pada pompa air yakni pada jarak 0 cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm dan 30 cm,
4. melakukan pengukuran tegangan kedua ujung solenoida,
5. melakukan pengukuran arus pada kedua ujung solenoida.

Dari proses pengujian di atas maka diperoleh grafik 4.1, 4.2, dan grafik 4.3.



Gambar 3.10 Grafik medan magnet terhadap jarak



Gambar 3.11 Grafik tegangan dan arus listrik terhadap jarak

Pada gambar 3.10 adalah hasil hubungan antara rapat medan magnet dengan jarak sumber medan magnet, ketika jarak 0 cm dan 5 cm dari sumber medan magnet maka rapat medan magnet sangatlah besar sampai gauss meter tidak bisa berjalan, baru bisa mendeteksi disaat jarak 10 cm dari pompa air. Apabila gauss meter mendekati sumber medan magnet maka rapat medan magnet yang dihasilkan oleh solenoida akan semakin besar, dan sebaliknya.

Pada gambar 3.11 dapat dilihat grafik hubungan antara tegangan dengan jarak sumber medan magnet, bahwa hasil tegangan yang diperoleh ketika jarak 0 cm dari sumber medan magnet maka tegangan yang dihasilkan oleh solenoida besar, dan sebaliknya jika jaraknya menjauhi sumber medan magnet maka tegangan yang dihasilkan kecil. Pada grafik gambar 3.11 juga terlihat perubahannya pada solenoida pada jarak 5 cm dari sumber sebesar 3.65 Volt dan pada jarak 0 cm dari sumber maka besar tegangan yang didapat mencapai sebesar 13,15 Volt.

Sedangkan untuk hubungan arus listrik dengan jarak dapat dilihat pada grafik gambar 3.11, bahwa hasil arus listrik yang diperoleh ketika solenoida didekatkan terhadap sumber medan magnet maka arus listrik yang dihasilkan oleh solenoida besar, dan sebaliknya jika jaraknya menjauhi sumber medan magnet maka arus yang dihasilkan kecil. Pada grafik gambar 4.4 juga terlihat perubahannya pada solenoida pada jarak 10 cm dihasilkan sebesar 0,55 mA dan pada jarak 0 cm dari sumber maka besar arus yang didapat mencapai sebesar 11,63 mA.

Untuk mencari kerapatan medan magnet yang tidak terdeteksi gauss meter maka butuh pembuktian melalui perhitungan yang digunakan data pada jarak 10 cm. Diketahui untuk nilai permeabilitas relative besi sendiri adalah 1 s.d. 10^5 Wb/A.m dan permeabilitas udara $4 \pi \times 10^{-7}$ T. m/A, N lilitan adalah 5000 lilitan, nilai arus listrik yang dihasilkan adalah 0,55 mA serta panjang solenoida 10 cm.

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r N i}{l}$$

$$219,7 \cdot 10^6 = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot \mu_r \cdot 5000 \cdot 0,55^3 \cdot 10}{10 \cdot 10^{-2}}$$

$$\mu_r = 6,361 \text{ Wb/A.m}$$

Dari hasil perhitungan untuk nilai permeabilitas bahan berupa besi didapat nilai 6,361 Wb/A.m, sedangkan nilai permeabilitas relative besi sendiri adalah 1 s.d. 10^5 Wb/A.m. Sehingga nilai permeabilitas besi tersebut diantara nilai permeabilitas relative besi. Hal ini membuktikan bahwa nilai kerapatan medan magnet bergantung juga dengan nilai permeabilitas besi.

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r N i}{l}$$

$$B = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 6,361 \cdot 5000 \cdot 11,63 \cdot 10}{10 \cdot 10^{-2}}$$

$$B = 4,646 \text{ m T}$$

Nilai ϕ dipengaruhi oleh kerapatan dan luas penampang solenoida yang berbentuk lingkaran dengan luas 2,826 mm² yang mana memiliki jari jari 3 cm.

$$\phi = B \cdot A$$

$$\phi = 219,7 \cdot 10^{-6} \cdot 3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-2})^2$$

$$\phi = 0,62 \text{ mW}$$

Daya yang didapat dari pengujian solenoida adalah hasil kali tegangan dengan arus listrik.

$$P = V \cdot i$$

$$P = 3,68 \text{ V} \cdot 3,65 \text{ mA}$$

$$P = 13,432 \text{ m VA}$$

3.2.3 Aplikasi Sederhana Penyadapan Medan Magnetik pada Solenoida

Tegangan yang dihasilkan pada proses penyadapan oleh sebuah solenoida ialah tegangan bolak-balik (AC) dan digunakan penyearah untuk menghasilkan tegangan searah atau tegangan DC sehingga dapat digunakan untuk aplikasi pemanfaatan menyalakan lampu LED.



Gambar 3.12 Aplikasi sederhana menyalakan sebuah lampu LED

3.2.4 Penyimpanan Daya Listrik yang Dihasilkan Solenoida

Pada pengaplikasian solenoida ini digunakan baterai untuk menyimpan daya yang dihasilkan solenoida dengan jarak dengan pompa air adalah 5 cm. Dan setelah terisi maka selanjutnya dapat digunakan untuk menyalakan lampu LED berjumlah 4 buah seperti gambar 3.13.



Gambar 3.13 aplikasi penyimpanan daya baterai untuk menyalakan lampu

4. Kesimpulan

Dari tahap perancangan dan percobaan pada pembahasan sebelumnya, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Jarak berpengaruh terhadap besarnya medan magnet. Semakin dekat maka medan magnetnya akan semakin besar. Kuat medan magnet maksimal yang didapat adalah $219,7 \mu\text{T}$.
2. Jarak solenoida terhadap sumber medan magnet mempengaruhi hasil tegangan sadap. Semakin dekat jarak solenoida terhadap sumber medan magnet maka tegangan sadap yang dihasilkan juga akan semakin besar, tegangan maksimal yang didapat adalah 13,15 volt.
3. Jarak berpengaruh terhadap besarnya arus listrik. Semakin dekat maka arus yang dihasilkan akan semakin besar. Arus maksimal yang didapat adalah 11,63 mA
4. Semakin banyak jumlah lilitan pada solenoida maka tegangan sadap yang dihasilkan solenoida akan meningkat.
5. Pengaplikasian tegangan induksi solenoida berupa dan digunakan untuk mengisi baterai dan menyalakan lampu LED.

Daftar Pustaka

- [1] Abdullah, Mikrajuddin. *DIKTAT KULIAH FISIKA DASAR II TAHAP PERSIAPAN DASAR ITB*. Institut Teknologi Bandung. Bandung. 2006
- [2] Bahtiar, Ayi. *LISTRİK MAGNET II*. Universitas Padjadjaran. Bandung. 2007
- [3] Ramdani, Muhammad, *GENERATOR LISTRIK*. Institut Teknologi Telkom. 2013
- [4] Sudirman, Sudaryatno. *RANGKAIAN MAGNETIK*. 2015
- [5] Hutauruk, T.S. *TRANSMISI DAYA LISTRIK*. Universitas Pendidikan Nasional. Denpasar. 2015
- [6] Yelfianhan, Ichwan. *KONSEP DASAR KEMAGNETAN*. Universitas Negeri Padang. 2011