

**IMPLEMENTASI INDUKSI MAGNET MELALUI
EKSPERIMEN SEDERHANA
UNTUK MEMUDAHKAN PEMAHAMAN SISWA TENTANG
TERJADINYA MEDAN PUTAR PADA MESIN LISTRIK 2
PHASA DI SEKOLAH KEJURUAN**

Jarot Suseno ¹⁾, Moh. Toifur ²⁾

¹⁾ SMK Negeri 1 Trenggalek, Kab. Trenggalek Jl. Brigjen Sutran No.3
E-mail : djarot_sbytr@yahoo.co.id, jarot1975@gmail.com

²⁾ Program Magister Pendidikan Fisika, Program Pascasarjana
Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
Kampus II, Jl. Pramuka 42 Lt.3 Telp.(0274)563515 ext 2302, Yogyakarta 55161
E-mail : M.Toifur@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan eksperimen untuk menentukan hubungan antarabeda fase ($\cos \theta$) dan kecepatan putar (ω) dari rangkaian listrik tertutup AC untuk menjelaskan kepada siswa tentang terjadinya medan putar pada mesin listrik 2 phasa. Penentuan beda fase dilakukan dengan memvariasi nilai kapasitas kapasitor (C) dalam rangkaian serta mengamati kecepatan putar jarum kompas yang diletakkan di antara dua pasang kumparan yang saling berhadapan. Beda fasediamati dengan menghubungkan rangkaian dengan layar *CRO* (Osiloskop) sedangkan periode putar dapat diamati dengan meletakkan sensor *LDR* yang disinari dengan sinar *LASER* dan dihubungkan dengan komputer melalui interface labpro dan software program logger pro 3.8.3. Dari eksperimen dan data eksperimen, maka disimpulkan, pertama dengan panduan prosedur eksperimen, siswa dengan mudah dapat memahami rangkaian sederhana tentang terjadinya medan putar pada listrik AC. Kedua dengan merubah nilai C pada rangkaian siswa dapat mengamati adanya perubahan kecepatan putar jarum kompas. Dan ketiga pada data eksperimen nilai $C = 1 \mu\text{F}$ starting jarum kompas sulit dilakukan karena sudut fase (θ) mulai mengalami penurunan dimulai sudut $88,95^\circ$ dengan kecepatan putar jarum kompas $6718,53 \text{ rad/s}$. Hal ini disebabkan sudut tersebut menurun mendekati fase yang sama antara lilitan utama (L_u) dan lilitan bantu (L_b). Sedangkan pada $C = 100 \mu\text{F}$ starting jarum kompas mulai mudah dilakukan karena dengan sudut fase (θ) sebesar $36,99^\circ$ kecepatan putar jarum kompas sebesar

10236,73 rad/s. Karena pada nilai kapasitor $C = 100 \mu\text{F}$ sudut fase mulai mengalami naik sampai sudut 90° .

Kata kunci :Induksi Magnet, Medan Putar, Listrik Dua Fasa.

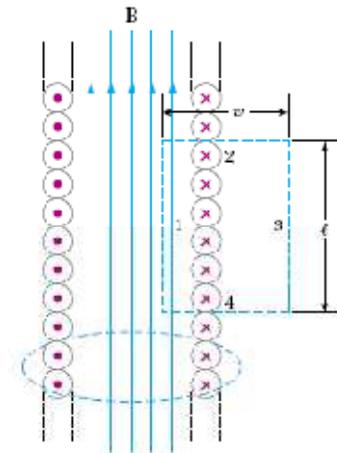
I. PENDAHULUAN

Induksi magnet merupakan materi penting dalam mempelajari tentang konsep listrik dinamis baik sumber arus bolak – balik (*Alternating Current*) maupun searah (*Direct Current*). Seperti yang diketahui berdasarkan hukumnya, Biot-Savart menjelaskan, jika ada kawat lurus panjang dialiri arus listrik, maka akan timbul induksi magnet di sekitar kawat tersebut.

Untuk solenoida yang panjang tak berhingga, maka induksi magnet ditengah-tengah solenoida sepanjang solenoida adalah :

$$B = \mu_0 Ni/L \quad (1)$$

Keterangan : Solenoida dengan jumlah N ,panjangnya l , jumlah lilitanpersatuan panjang $n = N/l$.(Endarko,2008 : 319)



Gambar 1. Arah arus kumparan dan arah garis gaya magnet

Konsep induksi magnet di atas, dapat juga digunakan untuk menjelaskan terjadinya medan putar pada arus bolak-balik. Arus dan tegangan bolak-balik adalah arus yang dihasilkan oleh sebuah sumber arus AC dimana arus dan tegangan merupakan fungsi waktu yang berubah-ubah secara periodik. Namun demikian penjelasan mengenai karakteristik

sumber arus bolak balik sangat sulit dijelaskan, jika tidak dituangkan secara kongkrit. Salah satu faktor yang sulit untuk memberikan contoh implementasi listrik AC adalah keterbatasan alat peraga yang dapat mendukung proses pembelajaran yang efektif.

Dengan demikian perlu kiranya dirancang strategi belajar yang dapat membantu mengatasi masalah tersebut yaitu dengan mendesain alat peraga. Eksperimen sederhana ini dapat melatih siswa merakit rangkaian sendiri sebagai media belajar, agar mereka mengerti bagaimana konsep listrik AC tersebut terjadi. Yang selanjutnya siswa dapat menentukan beda fase ($\cos\theta$) dengan merubah nilai kapasitas kapasitor (C) pada rangkaian. Alat tersebut dapat memberikan gambaran kepada siswa tentang teori medan putar pada mesin listrik dengan induksi magnet. Kemudian dengan media tersebut siswa dapat menggambarkan grafik fungsi sinusoida sumber arus bolak-balik, berikut grafik hubungan antara θ dengan ω .

Siswa juga dihadapkan pada kenyataan bahwa kemajuan teknologi membawa dampak yang signifikan terhadap kehidupan masyarakat terbukti semakin banyak peralatan rumah tangga yang menggunakan hasil pengembangan teknologi berupa penggunaan motor induksi misalnya: hair dryer, pompa air, kipas angin dan lain-lain. Penggunaan motor induksi ini banyak kelebihan yang dimilikinya antara lain :

Konstruksi yang sederhana, mudah dalam perawatan, harga lebih murah. Oleh karena itu motor induksi sangat dibutuhkan karena banyak digunakan dalam proses produksi dalam industri, dengan tercapainya efisiensi dari motor induksi ini akan memberi dampak yang signifikan. (Hasyim Asy'ari, Aris Rakhmadi :1).

II. KAJIAN PUSTAKA

2. 1 Landasan Teori

Mesin listrik 2 phasa dapat diartikan sebagai mesin listrik bersumber tegangan AC yang mempunyai 2 pasangan kumparan yang saling berpasangan dan mempunyai fase yang berbeda. Meskipun demikian jika dalam rangkaian terdapat dua pasang kumparan tetapi memiliki fase yang sama dapat juga diartikan sebagai motor satu phasa.

Diantara beberapa motor AC 1 phasaberdasarkan startingnya adalahmotor phasa belah (*split fase motor*) danmotor kapasitor. Umumnya motor tersebutmerupakan jenis motor induksi yang biasanya menggunakan lilitan utama (L_u) dan lilitan bantu(L_b). Motor induksi satu phasa biasanya mempunyai beda fase $\ll 30^\circ$ sehingga sulit untuk digerakkan tanpa bantuan dari luar, sedangkan beda fase yang diinginkan adalah bergerak naik pada sudut fase 90° . Untuk mengatasi hal tersebut maka pada rangkaian ditambahkan sebuah kapasitor untuk mendapatkan beda fase yang diinginkan, sehingga terjadi fase yang berbeda.

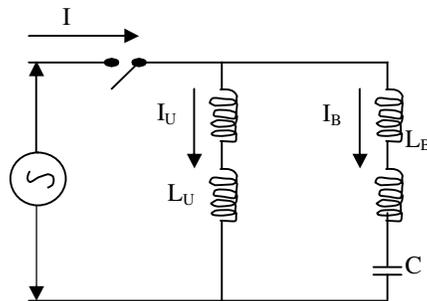
Dalam eksperimen ini kecepatan putar jarum kompas yang diletakkan diantara pasangan kumparan yang saling berhadapan dapat diatur dengan merubah nilai kapasitas kapasitor (C) dalam rangkaian tersebut. Penggantian nilai C dapat menyebabkan perubahan nilai reaktansi kapasitif (X_C) sesuai persamaan 2, yang selanjutnya dapat merubah nilai impedansinya (Z) sesuai persamaan 3,maka berdasarkan rumus dapat ditulis :

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC} \quad (2)$$

(Kanginan Marthen, 1999:165)

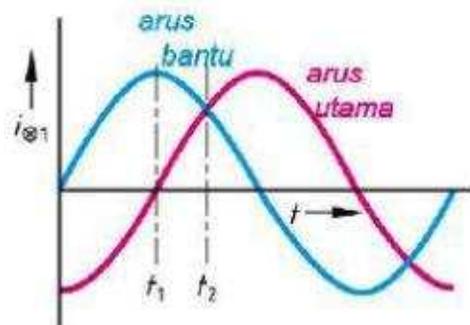
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (3)$$

Dengan demikian menghasilkan nilai sudut fase (θ) yang berbeda-beda, sehingga menyebabkan kuat lemahnya kopel start dari motor phasa dari kopel beban penuh.



Gambar 2. Rangkaian equivalen motor induksi

Prinsip kerja rangkaian diatas adalah adanya suplai arus dari tegangan sumber (tetap 15 Volt) ke lilitan bantu maupun lilitan utama sehingga peristiwa tersebut akan menimbulkan induksi pada batang logam yang berubah secara cepat arah utara-selatan sehingga mampu membuat jarum kompas berputar. Selain itu perbedaan arus beda fasa ini menyebabkan arus total, merupakan penjumlahan vektor arus utama dan arus bantu. Medan magnet utama yang dihasilkan belitan utama juga berbeda fasa sebesar θ dengan medan magnet bantu.



Gambar 3. grafik Gelombang arus medan bantu dan arus medan utama

2.2 Resonansi Rangkaian RLC

Pada C tertentu kecepatan putar jarum kompas stabil, pada keadaan ini dapat diartikan nilai C menyebabkan beda fase mencapai nilai maksimal. Dalam kondisi apapun starting motor/jarum kompas sangat mudah untuk dilakukan.

Sebaliknya nilai C yang semakin besar bukan berarti semakin mudah untuk mendapatkan starting motor/jarum kompas. Tetapi justru pada C tertentu pula mengalami fase kembali sulit mendapatkan starting motor/jarum kompas. Hal ini disebabkan pada rangkaian sederhana ini terjadi resonansi :

$$X_C = X_L \quad (4)$$

(Kanginan Marthen, 1999:166)

Persamaan diatas dapat dijabarkan sebagai berikut :

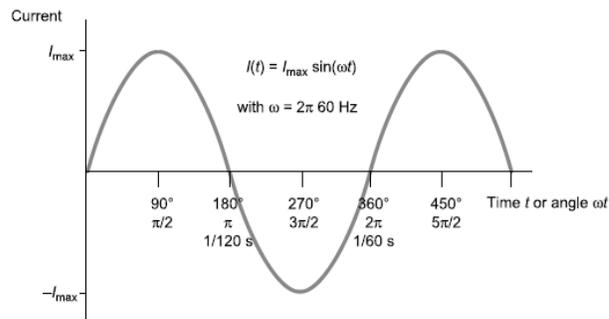
$$\frac{1}{\omega C} = \omega L \quad (5)$$

$$\frac{1}{2\pi f C} = 2\pi f L$$

(6)

(7)

Pada keadaan ini nilai frekuensi kedua lilitan, baik lilitan utama maupun lilitan bantu yang diseri dengan kapasitor mempunyai nilai sama. Sehingga grafik fungsi sinus kedua kumparan sefase.



Gambar 4. Sinusoida arus bolak-balik sefase

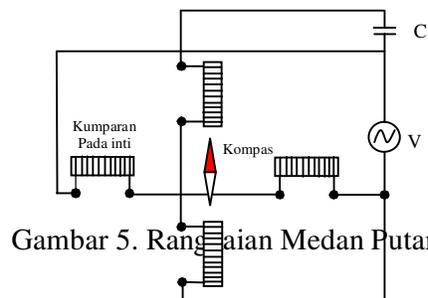
III. METODE EKSPERIMEN

Penentuan data eksperimen melalui serangkaian persiapan sebagai berikut :

3.1 Alat Dan Bahan

Multimeter, Kompas berdiameter 0,5 cm, Papan rangkaian (*circuit*), Sepasang kumparan 1000 lilitan diameter 0,025 mm, Sepasang kumparan 1000 lilitan diameter 0,5 mm, Transformator CT 15 Volt, Kabel konektor secukupnya, Kapasitor 1 μ F, 10 μ F, 20 μ F, 100 μ F, 200 μ F, 420 μ F, 500 μ F, 600 μ F, 800 μ F, 1000 μ F, 1100 μ F, Osiloskop, LDR dan LASER pointer.

3.1 Prosedur Eksperimen



1. Merangkai alat seperti gambar 5.
2. Memasang kapasitor (C) sebesar $1 \mu\text{F}$.
3. Memasang LDR dan sinar LASER saling berhadapan pada jarum kompas untuk mengukur periode putar jarum kompas yang dihubungkan dengan komputer.
4. Menghubungkan rangkaian dengan software logger pro.
5. Mengulangi langkah 2 sampai dengan 4 untuk C yang berbeda-beda.

IV. HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Eksperimen

Dari data eksperimen pada tabel 1,

Menunjukkan data eksperimen hubungan antara kapasitas kapasitor (C) dengan impedansi (Z) ada perubahan nilai impedansi jika nilai kapasitas kapasitor dirubah.

Dengan data eksperimen dengan $R = 0,057 \text{ K}\Omega$ dan L_u (lilitan Utama) = 135 mH dan L_b (Lilitan Bantu) = 103 mH , maka diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil eksperimen hubungan antara kapasitas kapasitor (C) dengan impedansi (Z)

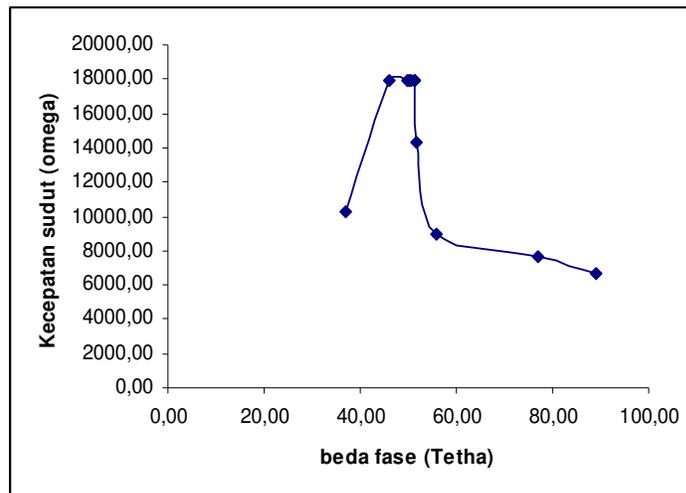
No.	Kapasitas Kapasitor, C (μF)	Impedansi, Z (ohm)
1.	1	3108,85
2.	10	250,12
3.	20	101,83
4.	100	71,36
5.	200	81,93
6.	420	88,11
7.	500	89,04
8.	600	89,86
9.	800	90,89
10.	1000	91,51
11.	1100	91,73

Sedangkan data eksperimen hubungan sudut fase (θ) dengan Kecepatan sudut (ω) jarum kompas adalah:

Tabel 2. Hasil eksperimen hubungan antara sudut fase (θ) dengan kecepatan putar jarum kompas (ω).

No.	Sumbu x	Sumbu y
	$\theta(^{\circ})$	Kecepatan sudut (ω) (rad/sekon)
1.	88,95	6718,53
2.	76,83	7678,32
3.	55,96	8957,14
4.	36,99	10236,73
5.	45,92	17914,29
6.	49,69	17914,29
7.	50,20	17914,29
8.	50,63	17914,29
9.	51,16	17914,29
10.	51,47	17914,29
11.	51,58	14331,43

Dari data tersebut, setelah diurut berdasarkan sudut fase, maka diperoleh grafik hubungan kecepatan sudut jarum kompas (ω) dengan sudut fase (θ) adalah sebagai berikut :



Grafik. Hubungan antarakecepatan sudut jarum kompas (ω) dengan sudut fase (θ)

Dari grafik menunjukkan kecepatan putar jarum kompas semakin tinggi pada beda fase antara 40° sampai dengan 60° .

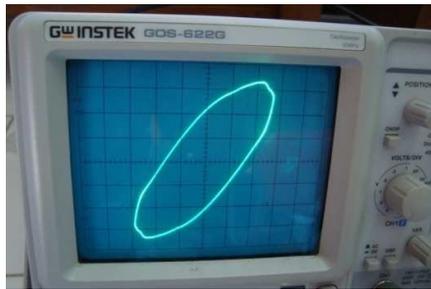
2. Pembahasan

Dilihat pada tabel 1 dan tabel 2 jarum kompas sulit untuk berputar, karena lilitan utama dan lilitan bantu mulai mengalami penurunan fase

yaitusebesar $88,95^\circ$ dengan nilai impedansi $3108,85 \text{ Ohm}$, kecepatan putar jarum kompas $6718,53 \text{ rad/s}$, hal ini terjadi pada kapasitor 1 mikro farad . Dengan memvariasi nilai C pergeseran fase berubah hingga memudahkan jarum kompas untuk berputar. Namun demikian bukan berarti nilai C yang semakin besar memudahkan jarum kompas berputar, hal ini disebabkan pada rangkaian RLC dimungkinkan terjadi peristiwa resonansi. Dimana lilitan utama dan lilitan bantu mengalami frekuensi yang sama, sehingga sefase.

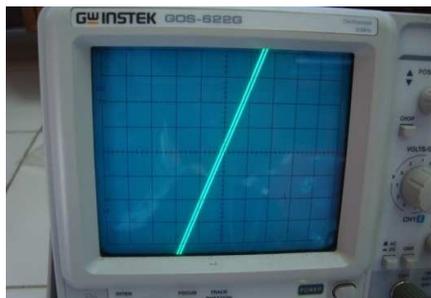
Dengan eksperimen sederhana ini siswa dapat memahami, bahwa dengan memvariasi kapasitor diperoleh perbedaan kecepatan putar jarum kompas. Dengan kapasitor yang divariasi, siswa juga dapat mengamati adanya perbedaan gambar sinusoida dan Lisajous pada rangkaian.

Berikut adalah gambar grafik pada osiloskop yang didapatkan :



Gambar 4. Grafik Lisajous pada layar osiloskop perpaduan L_u dan L_b dimulaipada $C = 20 \mu\text{F}$

Menurut data pengamatan pada gambar seperti ini starting jarum kompas mudah berputar. Sekaligus gambar seperti ini dapat dijumpai pada kisaran $C = 20 \mu\text{F}$ sampai dengan $C=100 \mu\text{F}$. Tetapi mulai pada nilai $C= 200 \mu\text{F}$ gambar sudah tidak menunjukkan simetris.



Gambar 5. Grafik Lisajous pada layar osiloskop perpaduan L_u dan L_b pada $C = 100 \mu\text{F}$

Sehingga strating jarum kompas agak mudah untuk digerakkan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari eksperimen dengan rangkaian sederhana ini diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Dengan panduan prosedur eksperimen, siswa dengan mudah dapat memahami rangkaian sederhana tentang terjadinya medan putar pada listrik AC.
2. Dengan merubah nilai C pada rangkaian siswa dapat mengamati adanya perubahan kecepatan putar jarum kompas. Jarum kompas tampak begitu sulit digerakkan pada kapasitor sebesar $1 \mu\text{F}$ dan mudah digerakkan pada kapasitor $20 \mu\text{F}$. Sehingga siswa dapat menganalisa mengapa hal demikian dapat terjadi.
3. Pada data eksperimen nilai $C = 1 \mu\text{F}$ starting jarum kompas tidak bisa dilakukan karena mengalami penurunan sudut fase(θ) sebesar 88.95° dengan periode putar sebesar 0.053328 sekon. Sedangkan pada $C = 100 \mu\text{F}$ starting jarum kompas mudah dilakukan karena sudut fase (θ) rangkaian mulai naik $36,99^\circ$ dengan periode putar sebesar 0.02 sekon. Adapun nilai C yang semakin besar bukan berarti memudahkan jarum kompas untuk berputar, hal ini disebabkan pada rangkaian RLC dimungkinkan terjadi peristiwa resonansi. Dimana lilitan utama dan lilitan bantu mengalami frekuensi yang sama.

Saran-saran

Dari hasil eksperimen dapat disarankan sebagai berikut:

1. Perlu diperhatikan menentukan arah pasangan lilitan pada kumparan agar tidak terbalik, karena menyulitkan kita dalam menggerakkan kompas.
2. Perlu diperhatikan pemasangan ground osiloskop pada rangkaian agar diperoleh gambar yang baik.

3. Memperhatikan analisis data menggunakan MS Excell.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Kanginan Marthen, 1999. *Seribu Pena Fisika Untuk SMU Kelas 3*. Jakarta : Erlangga
- Asy'ari Hasyim, dkk. 2004. " Pengendalian Kecepatan Putar Motor Induksi Satu Fasa". <http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/04/motor-listrik-ac-satu-fasa.html>
(diakses tanggal 8 Juni 2012)
- Endarko, dkk. 2008, *Fisika Untuk Sekolah Kejuruan, Jilid I*, Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional
- Prianto Joko, dkk. 2010. "Single Phase Motor". <http://staff.ui.ac.id/internal/040603019/material/PaperSinglePhaseMotor.pdf>. (diakses tanggal 8 Juni 2012)

Pertanyaan : Praktikum sederhananya seperti apa..? dan experimennya seperti apa?

Jawab : Anak SMP suka praktek daripada teori. Secara teoritis jika dihubungkan dengan AC maka arah jarumnya akan berputar. Putaran tergantung pada kapasitornya. Jika kapasitor nya dirubah, maka hasilnya juga akan berubah. Langkah ke depan rangkaian dibuat sendiri oleh siswa tanpa alat kit langsung yang siap jadi.