

Penerapan *visual basic for application spreadsheet excel* untuk simulasi konsep motor listrik tiga fasa dan aplikasinya sebagai media pembelajaran

Arsyad Hamid Saifudin

Pendidikan Fisika, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia
Surat-e: powa.ami@gmail.com

Hunaidah M.

Pendidikan Fisika, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia
Surat-e: hunaidahmadeali@gmail.com

Sayahdin Alfat

Pendidikan Fisika, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia
Surat-e: sayahdin.alfat@uho.ac.id

Abstrak. Penelitian ini merupakan studi yang bertujuan untuk: (1) membuat simulasi motor listrik tiga fasa dengan menggunakan *Spreadsheet Excel*; (2) mengetahui aplikasi *Spreadsheet Excel* pada media pembelajaran. Penelitian ini menggunakan VBA *Spreadsheet Excel* 2013 yang terdapat pada laptop. Semua tahapan penelitian dilakukan sepenuhnya di Laboratorium Komputer Pendidikan Fisika. Data hasil, terdapat beberapa hal yang menjadi catatan penting: (1) simulasi yang telah dibuat menggunakan *Visual Basic for Application Spreadsheet Excel* dapat menyesuaikan dengan keadaan nyata yang terjadi pada simulasi motor listrik tiga fasa dengan mengubah data parameter dan fungsi yang diasumsikan sesuai dengan keadaan yang sebenarnya, serta *Macro VBA Excel* sangat berguna untuk memberi tombol perintah pada *cell* yang datanya ingin kita ubah, sehingga dapat memberi kesan visual pada grafik yang telah dibuat; (2) berdasarkan hasil uji simulasi dapat dikatakan bahwa pembuatan simulasi motor listrik tiga fasa sebagai media pembelajaran dengan menggunakan fitur *spreadsheets* dan *macro VBA* dalam *Ms. Excel* dapat digunakan untuk mensimulasikan sebuah kasus yang berkaitan dengan motor listrik tiga fasa yang diberi arus akan timbul medan magnet yang dapat memutar rotor dan dapat menganalisis perubahan posisi setiap fasa pada motor listrik tiga fasa.

Kata kunci: Media pembelajaran, VBA for *spreadsheet excel*, simulasi motor listrik tiga fasa

Abstract. This research is a study that aims to: (1) simulate a three-phase electric motor using an Excel spreadsheet; (2) knowing the Excel Spreadsheet application on learning media. This study uses the VBA Excel 2013 Spreadsheet found on a laptop. All stages of research are carried out entirely in the Physics Education Computer Laboratory. The result data, several things are important notes: (1) simulations that have been made using the Visual Basic for Application Excel Spreadsheet can adjust to the real situation that occurs in the simulation of a three-phase electric motor by changing the parameter data and assumed functions according to the circumstances actually, as well as Excel VBA Macros are very useful for giving command buttons to cells whose data we want to change, so that it can give a visual impression to the graph that has been created; (2) based on the simulation test results it can be said that the manufacture of a three-phase electric motor simulation as a learning medium using the spreadsheets and macro VBA features in Ms. Excel can be used to simulate a case related to a three-phase electric motor that is given a current, a magnetic field will arise that can rotate the rotor and can analyze changes in the position of each phase in a three-phase electric motor.

Keywords: learning media, VBA for excel spreadsheet, three phase electric motor simulation

I. Pendahuluan

Dalam era globalisasi ini, ketepatan seorang guru dalam memilih media pembelajaran merupakan faktor utama dalam membantu peserta didik untuk memahami sebuah konsep. Media merupakan komponen sumber belajar atau wahana fisik yang mengandung materi instruksional di lingkungan siswa yang dapat merangsang siswa untuk belajar. Di pihak lain, *National Education Association* memberikan definisi media sebagai bentuk-bentuk komunikasi baik tercetak maupun *audio-visual* dan peralatannya. Dengan demikian, media dapat dimanipulasi, dilihat, didengar dan dibaca [1].

Komputer merupakan salah satu bentuk media pembelajaran. Keberadaan komputer dapat membantu guru dalam menjelaskan materi pembelajaran lebih optimal kepada peserta didik. Ini dikarenakan komputer dapat menampilkan materi secara *visual*, *audio* dan bahkan *audio visual*. Simulasi pada komputer memberikan kesempatan belajar secara dinamis, interaktif dan perorangan. Dengan simulasi, lingkungan pekerjaan yang kompleks dapat ditata menyerupai dunia nyata [2]. Dewasa ini, terdapat banyak jenis perangkat lunak (*software*) yang dapat digunakan sebagai media untuk mensimulasikan atau memvisualisasikan materi-materi fisika diantaranya, yaitu; *PSIM Simulation* [3], *PHET Simulation* [4], *easy java/javascript Simulation* (Ejs) [5], *GeoGebra* [6] dan *Visual Basic For Application pada spreadsheet Excel* [7]. Namun setiap media memiliki keunggulan dan kelemahan yang berbeda, perbedaan tersebut dapat berupa penyempurnaan media sebelumnya. Salah satu *software* yang cukup mudah dalam mengoperasikan dan cukup populer dikalangan guru dan peserta didik yaitu *spreadsheet* pada *Microsoft Excel* [8]. Program ini mampu mengolah data berupa angka dan menyajikannya ke dalam bentuk grafik. Selain mudah dioperasikan, program ini dapat dijumpai di setiap komputer karena telah terinstal sejak awal yang memungkinkan pengguna mengetahui dan memahami cara mengoperasikan aplikasi ini.

Potensi *spreadsheet* dalam pembelajaran fisika antara lain adanya kemampuan visualisasi, simulasi, dan animasi suatu gejala fisika dengan tampilan angka dan grafik dinamis [9]. Simulasi dengan menggunakan media *spreadsheet* sangat efektif untuk membantu siswa belajar, sebab simulasi tersebut tidak hanya menampilkan lukisan grafik yang terbentuk namun sama seperti melakukan percobaan dalam laboratorium [10]. *Spreadsheet* dengan *Visual Basic for application* yang ada pada Excel sangat membantu dalam pembelajaran, disamping itu program *macro* sangat membantu melihat efek dari data *input* [11]. Tujuannya adalah untuk menyediakan siswa dengan alat alternatif yang lebih baik yang dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman mereka tentang konsep yang dinyatakan abstrak untuk rata-rata siswa.

Dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi kelistrikan masih banyak peserta didik kesulitan dalam memahami pokok bahasan tersebut [12]. Terlebih lagi guru kesulitan dalam menjelaskan pokok bahasan kelistrikan [13]. Hal ini dikarenakan tidak memadainya media pembelajaran yang menarik untuk menjelaskan materi tersebut [14]. Padahal media pembelajaran sangat berpengaruh membantu guru dalam menjelaskan pembelajaran khususnya materi listrik [15]. Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan kemudahan operasi dan kemampuan *visual basic application spreadsheet excel* dalam mensimulasi serta perlunya media pembelajaran yang menarik maka, melalui penelitian ini akan dibuat Simulasi *Visual Basic for Application Spreadsheet Excel* pada Konsep Motor Listrik Tiga Fasa yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran.

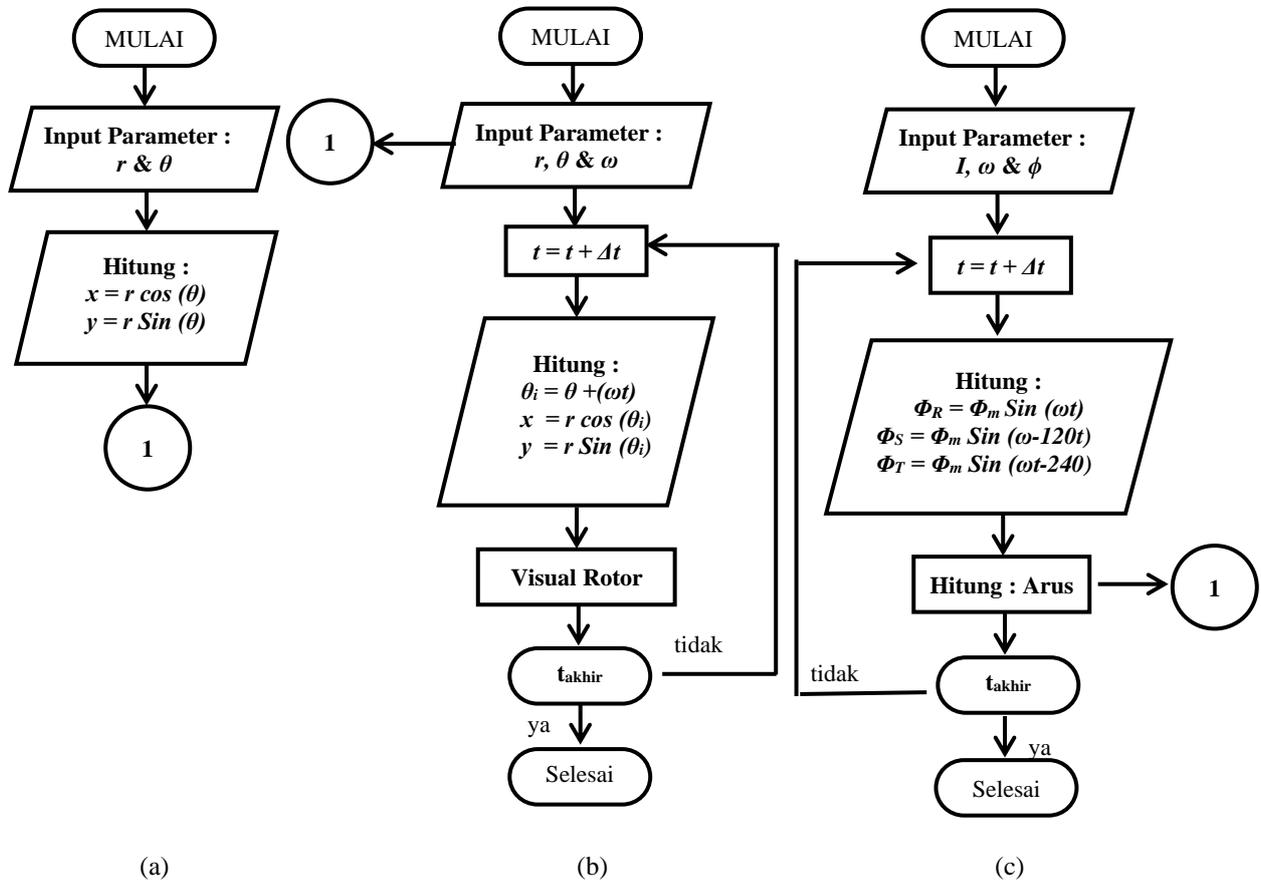
II. Metode Penelitian

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah jenis penelitian kuantitatif dimana peneliti mencoba mensimulasikan motor listrik 3 fasa menggunakan VBA *spreadsheet Excel*. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April 2019 dimana tahapan penelitian dilakukan sepenuhnya di Laboratorium Komputer Jurusan Pendidikan Fisika FKIP Universitas Halu Oleo. Kegiatan awal yang dilakukan yaitu studi pustaka dengan mengumpulkan sumber-sumber yang bersangkutan dengan motor listrik tiga fasa baik dari jurnal maupun buku cetak. Setelah itu dengan menggunakan persamaan-persamaan yang diperoleh dalam studi pustaka peneliti mendesain motor listrik tiga fasa yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Desain tersebut digerakan menggunakan *macro* VBA. Setelah tahapan-tahapan di atas selesai maka tahapan terakhir yaitu menyusun materi dan simulasi pada *Excel* agar menjadi sebuah media pembelajaran.

Desain dan Algoritma

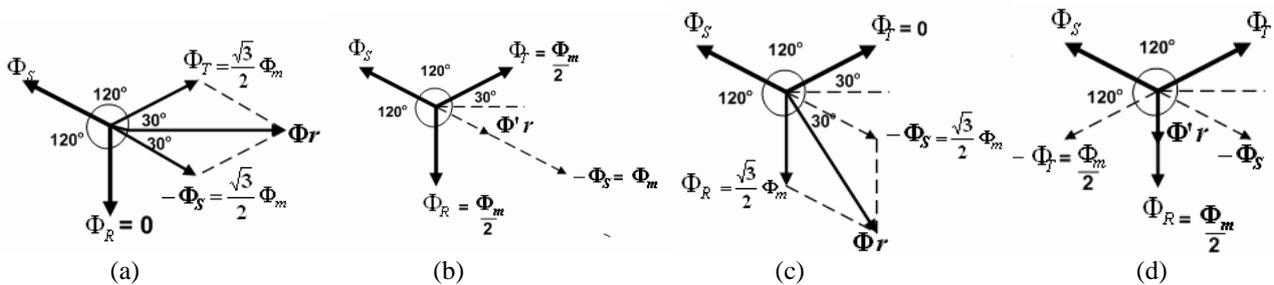
Desain dan Algoritma Parameter yang digunakan untuk mendesain motor listrik tiga fasa adalah jari-jari (r), sudut (θ) dan kecepatan sudut (ω). Setelah terbentuk desain motor listrik tiga fasa maka selanjutnya dikembangkan sebagai media pembelajaran. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir berikut.



Gambar 1. (a) Diagram Alir Algoritma membuat Grafik Stator, (b) Diagram Alir Algoritma membuat Grafik Simulasi Motor Listrik 3 Fasa. (c) Diagram Alir Algoritma membuat Medan Putar Motor Listrik 3 Fasa

Persamaan

Untuk melihat bagaimana medan putar dibangkitkan, maka dapat diambil contoh pada motor induksi tiga fasa dengan jumlah kutub dua. Dimana ketiga fasanya R, S, T atau sistem RST disuplai dengan sumber tegangan tiga fasa, dan arus seperti yang dijelaskan pada penelitian yang dilakukan Purba [16].



Gambar 2. Medan putar motor listrik tiga fasa

Pada keadaan 1 (Gambar 2.a) $\omega t = 0$, arus dalam fasa R bernilai nol sedangkan besarnya arus pada fasa S dan fasa T memiliki nilai yang sama dan arahnya berlawanan. Dalam keadaan seperti ini, resultan fluks yang dihasilkan memiliki besar yang konstan yaitu sebesar $1,5\Phi_m$ dan dibuktikan sebagai berikut:

$$\left. \begin{aligned} \varnothing_R &= 0 \\ \varnothing_S &= \varnothing_m \sin(-120) = -\frac{\sqrt{3}}{2}\varnothing_m \\ \varnothing_T &= \varnothing_m \sin(-240) = -\frac{\sqrt{3}}{2}\varnothing_m \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Oleh karena itu resultan fluks, $\Phi_r = 2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m \cos 30^\circ = 1,5\Phi_m$.

Pada keadaan 2 (Gambar 2.b), arus bernilai maksimum negatif pada fasa S, sedangkan pada fasa R dan fasa T bernilai $0,5$ maksimum, dan pada saat ini $\omega t = 30^\circ$, oleh karena itu fluks yang diberikan oleh masing-masing fasa:

$$\left. \begin{aligned} \varnothing_R &= \varnothing_m \sin(30) = 0,5\varnothing_m \\ \varnothing_S &= \varnothing_m \sin(-90) = -\frac{\sqrt{3}}{2}\varnothing_m \\ \varnothing_T &= \varnothing_m \sin(-210) = \frac{\sqrt{3}}{2}\varnothing_m \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Maka resultan fluks $\Phi_r = 0,5\Phi_m + \Phi_m = 1,5\Phi_m$. Dari gambar diagram phasor tersebut dapat dilihat bahwa resultan fluks berpindah sejauh 30° dari posisi pertama.

Pada keadaan 3 (Gambar 2.c), $\omega t = 60^\circ$, arus pada fasa R dan fasa S memiliki besar yang sama dan arahnya berlawanan ($0,866\Phi_m$), oleh karena itu fluks yang diberikan oleh masing-masing fasa:

$$\left. \begin{aligned} \varnothing_R &= \varnothing_m \sin(60) = \frac{\sqrt{3}}{2}\varnothing_m \\ \varnothing_S &= \varnothing_m \sin(-60) = -\frac{\sqrt{3}}{2}\varnothing_m \\ \varnothing_T &= \varnothing_m \sin(-180) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Maka magnitudo dari fluks resultan: $\Phi_r = 2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m \cos 30^\circ = 1,5\Phi_m$. Dari gambar diagram phasor tersebut dapat dilihat bahwa resultan fluks berpindah sejauh 60° dari posisi pertama.

Pada keadaan 4 (Gambar 2.d), $\omega t = 90^\circ$, arus pada fasa R maksimum (positif), dan arus pada fasa S dan fasa T $= 0,5\Phi_m$, oleh karena itu fluks yang diberikan oleh masing-masing fasa:

$$\left. \begin{aligned} \varnothing_R &= \varnothing_m \sin(90) = \varnothing_m \\ \varnothing_S &= \varnothing_m \sin(-30) = -0,5\varnothing_m \\ \varnothing_T &= \varnothing_m \sin(-150) = -0,5\varnothing_m \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Maka resultan fluks $\Phi_r = 0,5\Phi_m + \Phi_m = 1,5\Phi_m$. Dari gambar diagram phasor tersebut dapat dilihat bahwa resultan fluks berpindah sejauh 90° dari posisi pertama.

III. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dalam proses pembuatan simulasi motor listrik 3 fasa pada *Spreadsheets Excel* ada beberapa tahapan-tahapan untuk membuat data simulasi. Tahapan tersebut, mendesain motor listrik tiga fasa yang terbagi atas stator, rotor dan lingkaran besi. Dengan cara mengubah koordinat kartesian menjadi koordinat polar dimana parameter yang digunakan yaitu jari-jari (r) dan sudut (θ) sehingga menghasilkan lingkaran yang merupakan desain stator dan rotor. Selanjutnya dengan mensubstitusi persamaan gerak melingkar beraturan sehingga desain rotor dapat berputar. Berikut ini data-data yang digunakan untuk membuat desain simulasi motor listrik 3 fasa :

Lingkaran Stator			
r	θ	X	Y
0,32	340	0,3007	-0,10945
0,32	350	0,31514	-0,05557
0,32	360	0,32	-7,8E-17
0,32	0	0,32	0
0,32	10	0,31514	0,05557
0,32	20	0,3007	0,10945
0,32	40	0,24513	0,20569
0,32	50	0,20569	0,24513
0,32	60	0,16	0,27713
0,32	70	0,10945	0,3007
0,32	80	0,05557	0,31514
0,32	100	-0,05557	0,31514
0,32	110	-0,10945	0,3007
0,32	120	-0,16	0,27713
0,32	130	-0,20569	0,24513
0,32	140	-0,24513	0,20569
0,32	160	-0,3007	0,10945
0,32	170	-0,31514	0,05557
0,32	180	-0,32	3,9E-17
0,32	190	-0,31514	-0,05557
0,32	200	-0,3007	-0,10945
0,32	220	-0,24513	-0,20569
0,32	230	-0,20569	-0,24513
0,32	240	-0,16	-0,27713
0,32	250	-0,10945	-0,3007
0,32	260	-0,05557	-0,31514

Lingkaran Rotor			
r	θ	X	Y
0,12	0	378,152	0,11403
0,12	10	388,152	0,1058
0,12	20	398,152	0,09436
0,12	30	408,152	0,08006
0,12	40	418,152	0,06332
0,12	50	428,152	0,04466
0,12	60	438,152	0,02464
0,12	70	448,152	0,00387
0,12	80	458,152	-0,01702
0,12	90	468,152	-0,03738
0,12	100	478,152	-0,05662
0,12	110	488,152	-0,07413
0,12	120	498,152	-0,08939
0,12	130	508,152	-0,10193
0,12	140	518,152	-0,11138
0,12	150	528,152	-0,11744
0,12	160	538,152	-0,11994
0,12	170	548,152	-0,11879
0,12	180	558,152	-0,11403
0,12	190	568,152	-0,1058
0,12	200	578,152	-0,09436
0,12	210	588,152	-0,08006
0,12	220	598,152	-0,06332
0,12	230	608,152	-0,04466
0,12	240	618,152	-0,02464
0,12	250	628,152	-0,00387
0,12	260	638,152	0,01702
0,12	270	648,152	0,03738
0,12	280	658,152	0,05662
0,12	290	668,152	0,07413

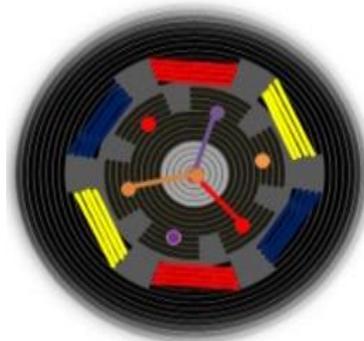
Lingkaran Besi			
r	θ	X	Y
0,02	0	378,152	0,019
0,02	18	396,152	0,01615
0,02	36	414,152	0,01171
0,02	54	432,152	0,00613
0,02	72	450,152	-5,3E-05
0,02	90	468,152	-0,00623
0,02	108	486,152	-0,0118
0,02	126	504,152	-0,01621
0,02	144	522,152	-0,01904
0,02	162	540,152	-0,02
0,02	180	558,152	-0,019
0,02	198	576,152	-0,0118
0,02	216	594,152	-0,01171
0,02	234	612,152	-0,00613
0,02	252	630,152	5,3E-05
0,02	270	648,152	0,00623
0,02	288	666,152	0,0118
0,02	306	684,152	0,01621
0,02	324	702,152	0,01904
0,02	342	720,152	0,02
0,02	360	738,152	0,019

Lilitan Stator			
r	θ	X	Y
0,32	10	0,31514	0,05557
0,34	50	0,21855	0,26046
0,34	10	0,33483	0,05904
0,36	50	0,2314	0,27578
0,36	10	0,35453	0,06251
0,38	50	0,24426	0,2911
0,38	10	0,37423	0,06599
0,4	50	0,25712	0,30642

Gambar 3. (a) Hasil Data Pembuatan Lingkaran Stator dengan Variabel (r , θ), (b) Hasil Data Pembuatan Lingkaran Rotor dengan Variabel (r , θ), (c) Hasil Data Pembuatan Garis Sebagai Lilitan Kawat dengan Variabel (r , θ), (d) Hasil Data Pembuatan Lingkaran Besi dengan Variabel (r , θ)

Plot XY Scatter Simulasi Motor Listrik 3 Fasa

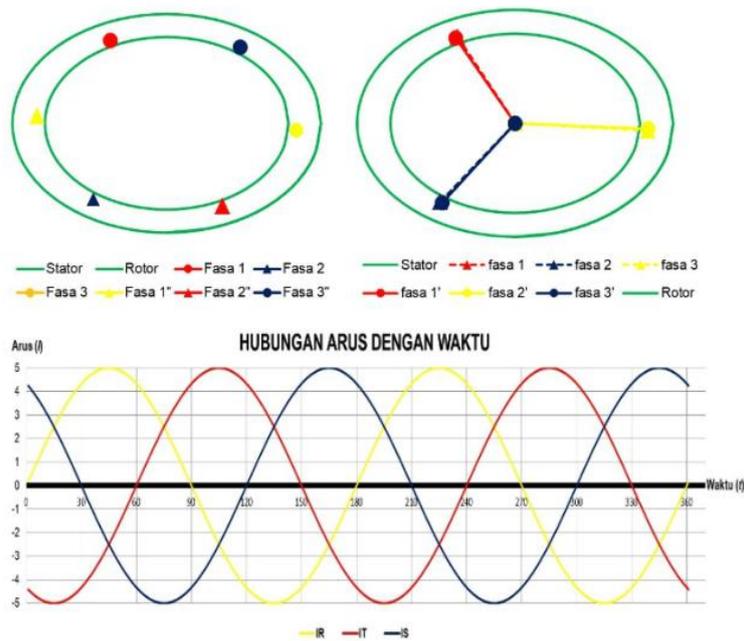
Telah dilakukan plot data koordinat (X,Y) lingkaran stator, rotor, besi dan kawat stator dengan menggunakan XY Scatter Chart maka akan diperoleh hasil seperti pada Gambar 6. Pada gambar tersebut terlihat desain motor listrik tiga fasa yang masing-masing fasanya dibedakan oleh warna.



Gambar 6. Hasil Plot XY Scatter Bentuk Motor Listrik 3 Fasa

Plot XY Scatter Simulasi Medan Putar Motor Listrik 3 Fasa

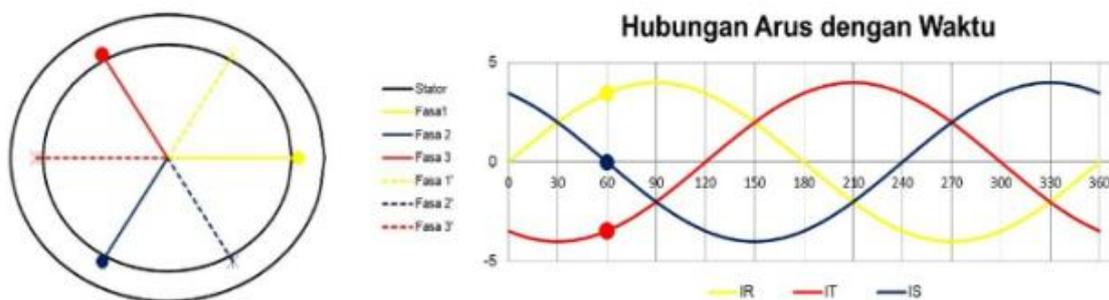
Telah dilakukan plot data koordinat (XY) dengan menggunakan *XY Scatter Chart* akan diperoleh gambar berikut yang mana gambar tersebut merupakan penjelasan mengenai medan putar pada motor listrik tiga fasa. Output perputaran motor listrik tiga fasa juga ditampilkan dalam bentuk grafik, ketiga fasa tersebut dibedakan oleh warna. Grafik yang ditampilkan dalam bentuk gelombang sinusoidal.



Gambar 7. Hasil Plot XY Scatter (atas) Medan Putar Motor Listrik 3 Fasa (bawah) Grafik Hubungan Arus dan Waktu Motor Listrik 3 Fasa

Plot XY Scatter Simulasi Medan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada keadaan $\omega t = 60^\circ$

Telah dilakukan plot data koordinat (XY) dengan menggunakan *XY Scatter Chart* pada keadaan $\omega t = 60^\circ$ posisi masing-masing fasa akan bergerak. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8. Hasil Plot XY Scatter Medan Putar Motor Listrik 3 Fasa pada keadaan $\omega t = 60^\circ$

Bahasa Pemrograman Macro VBA Excel

Menggunakan *macro Visual Basic for Application* untuk menggerakkan fitur secara otomatis (gerak motor listrik tiga fasa dan medan putar motor listrik tiga fasa), kemudian masukkan perintah atau *script* seperti pada Gambar 9(kiri) dan Gambar 9(kanan).

```
Private Sub CommandButton1_Click()
    If s = False Then
        s = True
    Do
        DoEvents
        If s = False Then
            Exit Do
            Exit Sub
        Else
            DoEvents
            Range("A40:E400") = Range("A39:E399").Value
        End If
    Loop
    Else
        s = False
        Exit Sub
    End If
End Sub
Private Sub RESET_Click()
    [A40:E400].ClearContents
```

```
Dim RunSim As Boolean
Dim n As Variant
Sub RunStop()
    RunSim = Not (RunSim)
    Do While RunSim = True
        DoEvents
        Range("A40:E400") = Range("A39:E399").Value
    Loop
End Sub
Sub RESET()
    RunSim = False
    [A40:E400].ClearContents
End Sub
```

Gambar 9. (kiri) macro VBA Excel pada motor listrik tiga fasa (kanan) macro VBA Excel pada medan putar motor listrik tiga fasa

Gambar 10. Media Pembelajaran Spreadsheet Excel pada konsep motor listrik tiga fasa

Media Pembelajaran Simulasi *Spreadsheet Excel*

Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah Menyusun simulasi kedalam perangkat media pembelajaran dalam *Microsoft Excel*. Materi dan simulasi disusun ke dalam *sheet*, setiap *sheet* dihubungkan dengan hyperlink. Media pembelajaran yang telah disusun dapat dilihat pada Gambar 10. Media yang telah dibuat terdiri dari materi motor listrik tiga fasa, simulasi pada media pembelajaran dapat menjelaskan mengenai bentuk visual dari motor listrik dan konstruksi yang menyusun motor listrik. Media pembelajaran ini juga dapat menjelaskan mengenai proses terjadinya medan putar pada motor listrik tiga fasa melalui simulasi yang ditampilkan. Selain itu dalam media pembelajaran juga menampilkan hubungan arus dengan waktu yang ditampilkan melalui grafik.

Telah dilakukan pengujian medan putar motor listrik tiga fasa dimana proses pengujian mengacu pada buku yang dibuat oleh Jeremy Purba tahun 2009 untuk menentukan posisi masing-masing fasa pada keadaan tertentu misalnya 0° , 30° , 60° dan 90° . Berdasarkan hasil yang diperoleh ketika $\omega t = 0$ maka resultan fluksnya adalah 1,5 Im, ketika $\omega t = 30$ maka resultan fluksnya adalah 1,5 Im namun posisi dari ketiga fasa berpindah 30° dari posisi awal, ketika $\omega t = 60$ maka resultan fluksnya adalah 1,5 Im sedangkan posisi dari ketiga fasa berpindah 60° dari posisi awal, dan ketika $\omega t = 90$ maka resultan fluksnya adalah 1,5 Im dan posisi dari ketiga fasa berpindah 90° dari posisi awal. Hal ini sama dengan yang dikatakan Jeremy Purba dalam bukunya mengenai medan putar motor listrik 3 fasa pada Gambar 2.

IV. Kesimpulan

Data hasil penelitian tentang penerapan *visual basic for application spreadsheet excel* untuk simulasi konsep motor listrik tiga fasa dan aplikasinya sebagai media pembelajaran, terdapat beberapa hal yang menjadi catatan penting: (1) simulasi yang telah dibuat menggunakan *Visual Basic for Application Spreadsheet Excel* dapat menyesuaikan dengan keadaan nyata yang terjadi pada simulasi motor listrik tiga fasa dengan mengubah data parameter dan fungsi yang diasumsikan sesuai dengan keadaan yang sebenarnya, serta *Macro VBA Excel* sangat berguna untuk memberi tombol perintah pada *cell* yang datanya ingin kita rubah, sehingga dapat memberi kesan visual pada grafik yang telah dibuat; (2) berdasarkan hasil uji simulasi dapat dikatakan bahwa pembuatan simulasi motor listrik tiga fasa sebagai media pembelajaran dengan menggunakan fitur *spreadsheets* dan *macro VBA* dalam *Ms. Excel* dapat digunakan untuk mensimulasikan sebuah kasus yang berkaitan dengan motor listrik tiga fasa yang diberi arus akan timbul medan magnet yang dapat memutar rotor dan dapat menganalisis perubahan posisi setiap fasa pada motor listrik tiga fasa. Namun terdapat kekurangan dalam penelitian ini, yaitu simulasi motor listrik tiga fasa didesain dalam bentuk 2D bukan 3D. Untuk itu, peneliti lanjutan diharapkan akan difokuskan pada visualisasi 3D.

Kepustakaan

- [1] Arsyad, Azhar. 2016. *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- [2] Hartanto, Fendi, Dwi. 2014. *Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Software Simulasi pada Pokok Bahasan Pernapasan Manusia Kelas V Ilyas Madrasah Ibtidayah Perwanida Kota Blitar*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- [3] Hadidjaja Dwi, Onny Setyawati dan Didik Rahadi Santoso. 2015. *Analisis Pengaturan Putaran Motor Satu Fasa dengan Parameter Frekuensi Menggunakan Power Simulator (PSIM)*. Jurnal EECCIS Vol. 9, No. 2.
- [4] Ita Sita Masita, dkk. 2020. *Penggunaan Phet Simulation Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik*. JPPF, Vol. 5 No. 2 April 2020, 136-141.
- [5] Zainudin. 2016. *Pengembangan Simulasi Fisika Gelombang Elektromagnetik Menggunakan Easy Java Simulations (EJS)*. Jurnal Pena Sains Vol. 3, No. 2.
- [6] Rahmat, Fahinu, Alfat, S., & Maryanti, E. (2019, October). *The Effect of STAD cooperative model by GeoGebra assisted on increasing students' geometry reasoning ability based on levels of mathematics learning motivation*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1315, No. 1, p. 012028). IOP Publishing.
- [7] Nurhayati. 2015. *Penggunaan Media Animasi Berbasis Visual Basic (VBA) Spreadsheet Excel Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Mahasiswa Pada Materi Potensial Osilator Harmonik Sederhana*. Jurnal Edukasi Matematika dan Sains, Vol.3 No.1.

- [8] Yamani, Ahmad dan Abdel Wahab Kharab. 2001. *Use of a Spreadsheet Program in Electromagnetics*. IEEE Transactions On Education, Vol. 44. No. 3.
- [9] Pandiangan, Paken & Arkundato. 2012. *Desain Model Eksperimen Virtual Fisika Berbasis Visual Basic Application*. Batam: Universitas Terbuka.
- [10] Siswoyo. 2008. *Teknik Listrik Industri*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [11] Sulistiyani, Putri & Pujayanto. 2015. *Media Pembelajaran Menggunakan Spreadsheet Excel Untuk Materi Osilasi Harmonik Tereadam*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret. ISSN: 2302-7827.
- [12] Risolawati, Ani. 2006. *Profil Kesulitan Belajar Fisika Pokok Bahasan Kelistrikan Siswa SMA di Kota Semarang*. JPFI Vol. 4, No 2.
- [13] Islami Diana. 2018. *Analisis Miskonsepsi Siswa Pada Mata Pelajaran IPA Materi Listrik Statis Menggunakan Four Tier Test*. Science Education National Conference.
- [14] Soewarno, Hasmiana, Faiza. 2016. *Kendala-kendala yang Dihadapi Guru dalam Memanfaatkan Media Berbasis Komputer di SD Negeri 10 Banda Aceh*. Jurnal Pesona Dasar Vol. 2 No.4.
- [15] Supardi U.S, dkk. 2012. *Pengaruh Media Pembelajaran dan Minat Belajar Terhadap Hasil Belajar Fisika*. Jurnal Formatif 2(1) ISSN: 2088-351X.
- [16] Purba, Jeremia. 2009. *Simulasi Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Direct Torque Control Dengan Menggunakan Matlab 7.0.1*. Medan: Universitas Sumatra Utara.