

VISUALIZATION OF A ROTATING MAGNETIC FIELD ON AC MOTOR USING GEOGEBRA

Djoko Untoro Suwarno^{1*}

¹*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta 55282, Indonesia*
**Email : joko_unt@usd.ac.id*

Abstract

In studying how an AC motor works, students often have difficulty understanding it because the AC motor rotates quite fast and there is no visible magnetic field driving it. This study aims to visualize the rotating magnetic field on an AC motor using GeoGebra. GeoGebra is an application for mathematical calculations and mathematical visualization. The visualizations include visualization of rotating magnetic fields for split-phase AC motors and 3-phase AC induction motors. The direction of the rotor is determined by the magnetic field vector that rotates in the stator coil section. The results were obtained in the form of Construction on GeoGebra to display the resultant vector of the coil and indicate the direction of the rotor. The motion of the rotor can be seen step by step and the movement can be slowed down or accelerated using the slider. The direction of rotation can be changed by changing the order of excitation in the coil.

Keywords: GeoGebra, Rotating Magnetic Field, Split Phase AC Motor, Three Phase Motor, Visualization

VISUALISASI MEDAN MAGNET BERPUTAR PADA MOTOR AC MENGGUNAKAN GEOGEBRA

Djoko Untoro Suwarno^{1*}

¹*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta 55282, Indonesia*
**Email : joko_unt@usd.ac.id*

Abstrak

Dalam mempelajari cara kerja motor AC, mahasiswa sering mengalami kesulitan karena motor AC berputar cukup cepat dan tidak terlihat medan magnet penggeraknya. Penelitian ini bertujuan untuk memvisualisasikan medan magnet berputar pada motor AC menggunakan GeoGebra. GeoGebra merupakan aplikasi untuk perhitungan matematika dan visualisasi matematika. Visualisasi yang dilakukan antara lain visualisasi medan magnet berputar untuk motor AC fase terpisah atau 2 fase dan motor AC induksi 3 fase. Arah rotor ditentukan oleh vektor medan magnet yang berputar pada bagian kumparan stator. Hasil yang diperoleh berupa Konstruksi pada GeoGebra untuk menampilkan vektor resultan dari kumparan dan menunjukkan arah rotor. Gerakan rotor dapat dilihat langkah demi langkah dan gerakan dapat diperlambat maupun dipercepat menggunakan slider. Arah putar dapat diganti dengan mengganti urutan eksitasi pada kumparan.

Kata kunci : GeoGebra, Medan Magnet Berputar, Motor AC fase terbelah, Motor tiga fase, Visualisasi

Pendahuluan

Motor elektrik merupakan produk teknologi yang banyak dipakai dalam rumah tangga maupun di industri. Motor elektrik terdiri dari bagian mekanik dan bagian elektronik yang saling berhubungan. Cara kerja dan aplikasi motor elektrik dipelajari juga di program studi Teknik Elektro. Arus elektrik diubah menjadi medan magnet, medan magnet ini akan mempengaruhi bagian yang bergerak pada motor yaitu rotor. Mahasiswa sering mengalami kesulitan dalam mempelajari medan magnet yang terjadi dan berputar disekitar rotor dikarenakan medan magnet tidak terlihat secara langsung dan perubahan yang terjadi terlalu cepat untuk dilihat secara langsung oleh mata manusia. Xiaofang (2001) memodelkan Medan magnet yang berputar menggunakan komputer untuk keperluan pengajaran. Melalui simulasi pada pengajaran berdampak pada siswa menjadi lebih cepat memahami materi tentang putaran rotor akibat adanya putaran medan magnet di sekitar rotor. Fardanesh (1992) menggunakan metode grafik beranimasi untuk menggambarkan putaran medan magnet pada motor elektrik. Ku (2016) memberikan formula untuk menunjukkan interaksi antar kutub magnet pada medan magnet yang tidak seragam. Yong (2017) memvisualisasikan medan magnet yang berputar pada transmiter sinkron dan modulasi fase, hasil yang diperoleh simulasi mempermudah dalam pemahaman pembelajaran cara kerja motor elektrik. Osorno (2001) melakukan simulasi medan magnet berputar menggunakan software MATLAB. Simulasi medan magnet berputar dilakukan menggunakan software solidwork dan EMwork, namun software tersebut cukup kompleks dan berbayar. Hal ini tidak memungkinkan dilakukan oleh mahasiswa dengan kemampuan yang terbatas. Untuk itu peneliti memilih menggunakan Geogebra yang bersifat open source dan tersedia di Internet dengan tanpa biaya pembelian software.

Pada makalah ini akan dijabarkan tentang visualisasi dan simulasi medan magnet yang berputar menggunakan GeoGebra. GeoGebra merupakan aplikasi untuk pembelajaran matematika dan memvisualisasikan persoalan matematis. Melalui GeoGebra diharapkan siswa dapat mengkonstruksi kembali tahap tahap simulasi secara mandiri. Simulasi yang akan dilakukan berupa medan magnet yang berputar untuk sumber AC 1 fase dan dilakukan pemisahan fase agar menjadi sumber AC 2 fase. Animasi yang lain berupa medan magnet yang berputar untuk sumber 3 fase. Sumber tegangan AC yang masuk ke koil akan menghasilkan medan magnet dan divisualisasikan dalam bentuk vektor. Vektor yang dihasilkan dari tiap tiap fase akan membentuk vektor hasil resultan. Arah vektor resultan ini akan menentukan arah rotor. Hasil dari perhitungan vektor dibandingkan dengan buku acuan tentang motor elektrik.

Sumber tegangan AC

Sumber tegangan AC 1 fase berupa fungsi sinus ditunjukkan dengan persamaan 1 berikut

$$F(t) = A \sin (\omega t) \quad (1)$$

Dengan A merupakan Amplitudo maksimum [volt]

ω merupakan frekuensi $\omega = 2 \pi f$

Sumber tegangan AC 2 fase dan 3 fase

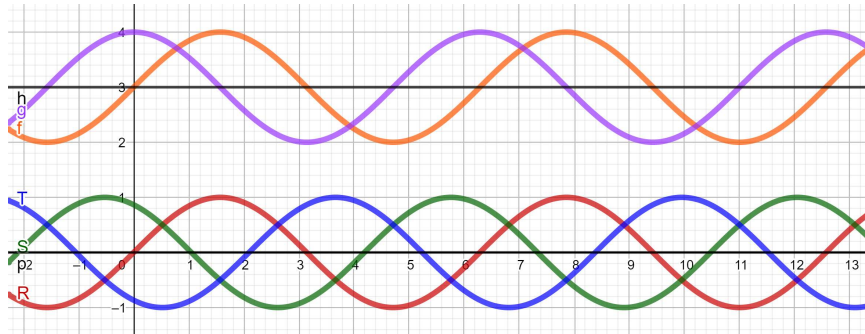
Sumber tegangan 2 fase terdiri dari dua buah sumber tegangan dengan amplitudo yang sama, namun terjadi selisih fase 90° . Sumber tegangan tiga fase terdiri dari sumber tegangan dengan perbedaan fase 120° . Persamaan untuk sumber tegangan 3 fase ditunjukkan pada persamaan 2,3,4 berikut ini.

$$R(t) = \sin(2\pi f t) \quad (2)$$

$$S(t) = \sin(2\pi f t + 120^\circ) \quad (3)$$

$$T(t) = \sin(2\pi f t + 240^\circ) \quad (4)$$

Visualisasi sumber tegangan 2 fase dan sumber tegangan 3 fase ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Visualisasi sumber tegangan 2 fase dan sumber tegangan 3 fase

Sumber tegangan dalam bentuk vektor

Sumber tegangan AC dapat direpresentasikan dalam bentuk fungsi domain waktu $f(t)$ dan dapat pula direpresentasikan dalam bentuk vektor seperti ditunjukkan pada persamaan 5 sampai persamaan 7 berikut ini.

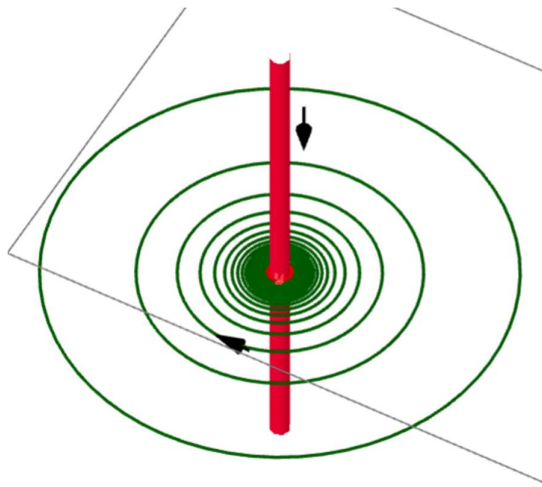
$$R(\theta) = A e^{j\theta} \quad (5)$$

$$S(\theta) = A e^{j(\theta+120^\circ)} \quad (6)$$

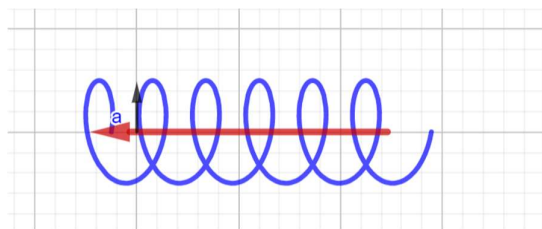
$$T(\theta) = A e^{j(\theta+240^\circ)} \quad (7)$$

Medan magnet di sekitar kawat berarus

Menurut hukum Ampere kawat yang diberi arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang mengelilingi kawat tersebut seperti ditunjukkan pada gambar 2 berikut. Arah arus dan arah medan magnet yang terjadi mengikuti kaidah tangan kanan. Arah arus pada kawat yang dialiri listrik ditunjukkan pada arah ibu jari, sedangkan arah medan magnet yang melingkar ditunjukkan pada arah jari yang melingkar. Saat arah arus dari atas ke bawah, medan magnet berputar dengan arah CW (*ClockWise*).



Gambar 2. Medan magnet disekitar kawat lurus berarus listrik



Gambar 3. Medan magnet pada kumparan berarus listrik

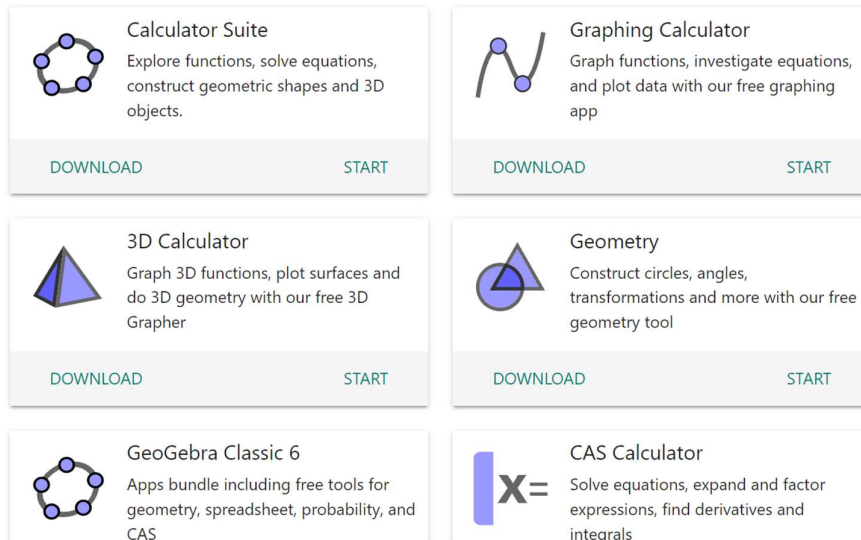
Pada gambar 3 ditunjukkan kumparan yang dibuat melingkar atau dalam bentuk solenoid. Arah medan magnet yang terjadi sebagai berikut kepala panah sebagai kutub utara magnet sedangkan ekor panah sebagai kutub selatan magnet. Bila arus yang melewati kumparan berupa arus bolak balik maka medan magnet yang terjadi sesuai dengan arah arus pada kumparan mengikuti kaidah tangan kanan. Arah arus ditunjukkan pada arah jari yang melingkar sedangkan kutub utara magnet ditunjukkan pada arah ibu jari. Medan magnet yang terjadi merupakan fungsi cacah putaran kumparan seperti ditunjukkan pada persamaan 8 berikut.

$$B = \mu n I \quad (8)$$

Dengan μ merupakan inti kumparan, untuk menambah intensitas medan magnet kumparan bisa diberi inti berupa ferrit dengan $\mu_r = 200$
 Variable n berupa kerapatan putaran $n = N/L$
 Variabel N berupa cacah putaran kumparan
 Variabel L berupa panjang kumparan [m]
 Variabel I berupa arus listrik [A]

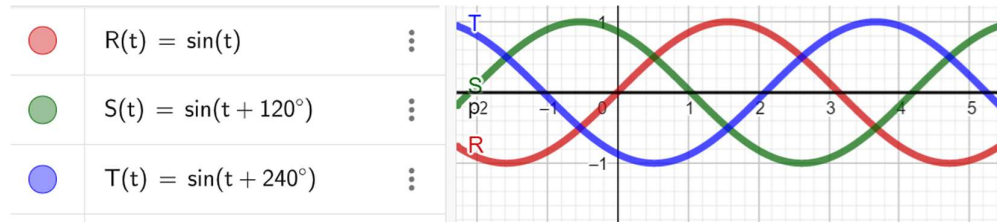
Metode

Simulasi dan visualisasi dilakukan dengan menggunakan aplikasi GeoGebra. Aplikasi Geogebra yang digunakan yaitu GeoGebra Classic 6 seperti terlihat pada gambar 4 berikut ini.



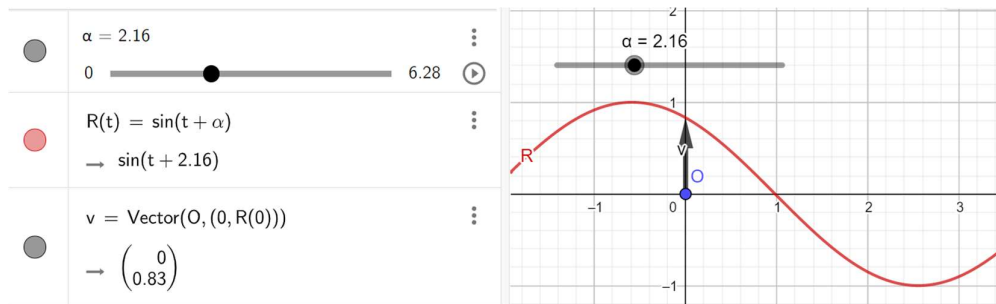
Gambar 4. Halaman unduh aplikasi GeoGebra

Visualisasi pada GeoGebra dilakukan dengan membuat protokol konstruksi atau urutan untuk mengkonstruksi aplet yang diinginkan. Protokol konstruksi untuk membuat visualisasi sumber tegangan 3 fase ditunjukkan pada Gambar 5 berikut ini.



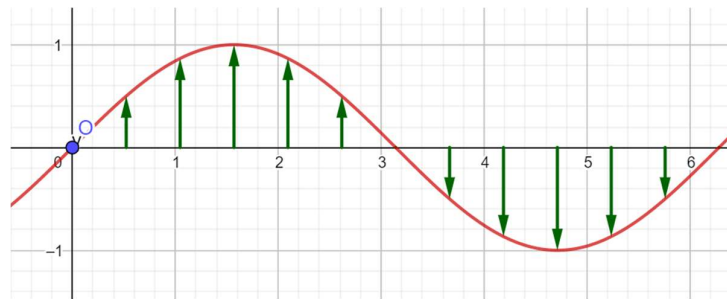
Gambar 5. Protokol Konstruksi untuk visualisasi sumber tegangan 3 fase

Sumber tegangan bisa direpresentasi sebagai vektor dengan variabel tegangan yang berubah. Untuk sumber 1 fase Amplitudo sebagai fungsi sinus sedangkan arah pada posisi yang sama (misal arah tegak) seperti ditunjukkan pada gambar 6. Animasi atau pergerakan gelombang sinus pada GeoGebra, menggunakan fasilitas slider yaitu variabel yang dapat berubah nilainya mulai dari nilai min sampai nilai max dengan kenaikan tertentu serta arah yang bisa dipilih (osilasi, naik, turun, sekali saja). Dengan menambahkan nilai sudut pada fungsi sinus maka nilai fungsi sinus menjadi berubah (bergerak).



Gambar 6. sumber tegangan sebagai vektor

Arah vektor saat tegangan positif ditunjukkan pada vektor dengan arah ke atas, sedangkan tegangan bernilai negatif ditunjukkan sebagai vektor dengan arah ke bawah seperti ditunjukkan pada gambar 7. Besarnya vektor tergantung pada nilai fungsi sinus terhadap waktu, $v(t) = A \sin(t)$.

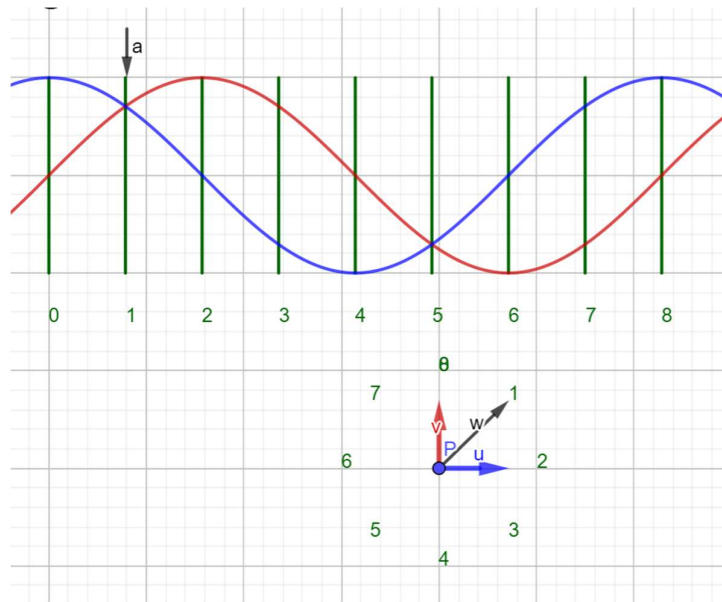


Gambar 7. vektor tegangan AC

Medan magnet yang terjadi merupakan fungsi arus seperti yang ditunjukkan pada persamaan 8, maka arah panah juga menunjukkan medan magnet yang terjadi.

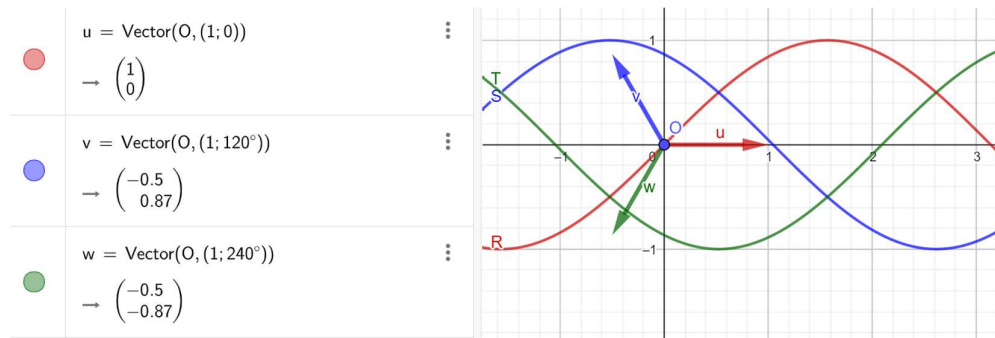
Hasil dan Pembahasan

Visualisasi medan magnet berputar untuk motor 2 fase ditunjukkan pada gambar 8. Sumber tegangan dua fase diperoleh dari fase terbelah. Terdapat dua buah kumparan yaitu kumparan utama dan kumparan bantu. Kumparan utama langsung berhubungan dengan sumber tegangan, sedangkan kumparan bantu diberi kapasitor yang terhubung seri sebelum masuk ke sumber tegangan. Kumparan yang disambung dengan kapasitor secara seri akan menyebabkan terjadinya pergeseran fase dengan kumparan utama. Fase pada kumparan bantu mendahului terhadap kumparan utama. Saat tegangan bergerak maka menyebabkan vektor magnet yang terjadi akan mengalami putaran. Untuk kumparan utama berada pada posisi jam 3, jam 9 dan kumparan bantu pada posisi jam 12, jam 6 medan magnet yang terjadi akan mengalami putaran dengan arah searah putaran jarum jam (CW). Posisi kumparan utama pada arah mendatar dan posisi kumparan bantu pada arah tegak. Besarnya medan magnet yang terjadi sesuai dengan fungsi sinus. Arah medan magnet terjadi sesuai tanda dari nilai fungsi sinus.



Gambar 8. Arah medan magnet pada motor 2 fase

Visualisasi sumber tegangan AC 3 fase dalam bentuk vektor yang berputar ditunjukkan pada gambar 9. Sudut fase antar sumber tegangan AC 3 fase sebesar 120 derajat. Amplitudo vektor digambarkan ternormalisasi menjadi 1 satuan saja. Fase R pada posisi, 0° fase S pada posisi 120° sedangkan fase T pada posisi 240° .

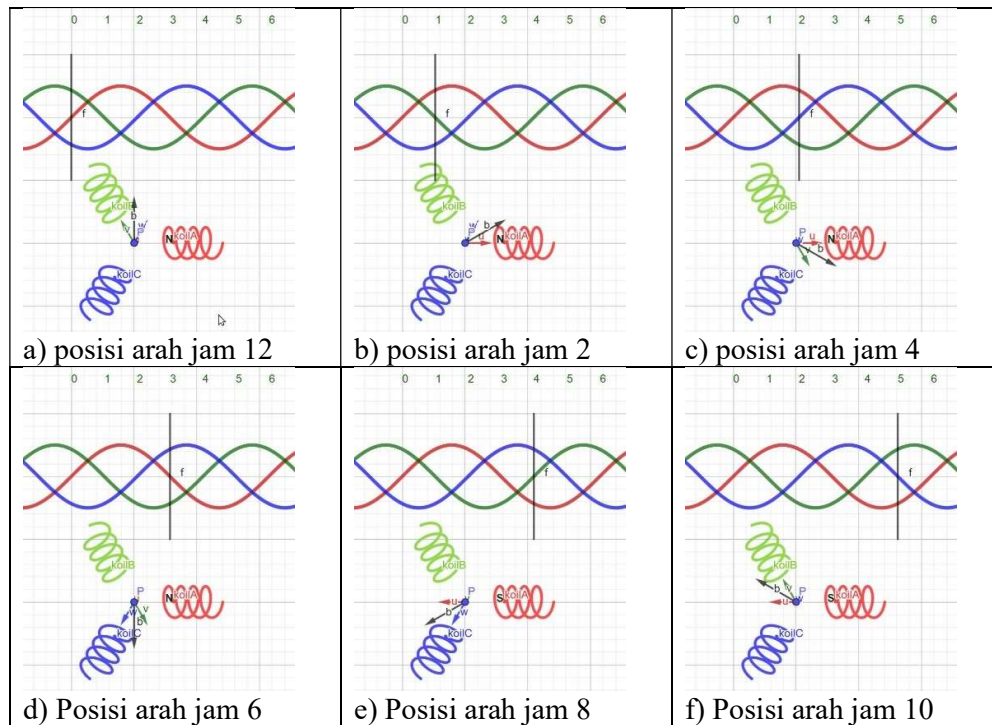


Gambar 9. Sumber tegangan AC 3 fase dalam bentuk vektor dengan sudut antar fase 120 derajat

Hasil simulasi medan magnet berputar untuk motor 3 fase ditunjukkan pada gambar 10 berikut. Terdapat tiga buah arah vektor magnet dengan magnitudo sesuai dengan sumber tegangan tiga fase. Dengan urutan fase R-S-T akan mengakibatkan medan magnet yang terjadi berputar dengan arah CW. Untuk membalik putaran medan magnet dilakukan dengan membalik dua buah fase seperti terlihat pada tabel 1

Tabel 1. Urutan fase dan Arah putar medan magnet

Arah putar CW	Arah putar CCW
R - S - T	R - T - S
T - R - S	T - S - R
S - T - R	S - R - T



Gambar 10. Arah vektor mada medan magnet yang berputar

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil yaitu simulasi medan magnet berputar bisa dilakukan menggunakan GeoGebra. Simulasi dilakukan setahap demi setahap menggunakan GeoGebra. Simulasi arah putar medan magnet untuk sumber tegangan 2 fase dan sumber tegangan 3 fase untuk kumparan yang berpasangan, untuk cacah kumparan lebih dari 2 tidak dilakukan.

Daftar Pustaka

- Bo, M., Xiaofang, L., Xiqiang, C., Jianhua, Z., & Yingli, L. (2001, August). Computer modeling of rotating magnetic fields for teaching purpose. In ICEMS'2001. Proceedings of the Fifth International Conference on Electrical Machines and Systems (IEEE Cat. No. 01EX501) (Vol. 1, pp. 475-477). IEEE.
- Fardanesh, B. (1992). Computer aided instruction of rotating electric machines via animated graphics. IEEE transactions on power systems, 7(4), 1579-1583.
- Ku, J. G., Liu, X. Y., Chen, H. H., Deng, R. D., & Yan, Q. X. (2016). Interaction between two magnetic dipoles in a uniform magnetic field. AIP Advances, 6(2), 025004.

Yong, L., Meng, Z., Qian, W., Jing, S., Fei, L., & Liuyang, R. (2017, August). Design and realization of a novel visual educating device for rotating magnetic fields. In 2017 20th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS) (pp. 1-6). IEEE.

Osorno, B. (2001, June). Innovative (New Teaching Technique) Computer Simulation Of Rotating Magnetic Fields In Three Phase Induction Motors Using Matlab Animation. In 2001 Annual Conference (pp. 6-588).