

SIMULASI GERAK ION DALAM MEDAN ELEKTROMAGNETIK MENGUNAKAN METODE FDM PADA MATLAB

Moh Rosyid Mahmudi

Universitas Dharma Indonesia

Jln. Lintas Sumatera KM 18 Koto Baru Dharmasraya Sumatera Barat

email: mohrosyidmahmudi@undhari.ac.id

Abstrak

Pengaruh medan elektromagnetik pada ion atau partikel bermuatan telah dijelaskan dalam teori elektromagnetik. Pengaruh ini menyebabkan dinamika pergerakan yang berbeda berdasarkan arah dan besar dari medan elektromagnet. Dalam makalah ini disimulasikan dinamika gerak ion dalam medan elektromagnet tersebut. Simulasi dilakukan untuk menentukan posisi, kecepatan, dan percepatan dari ion dalam koordinat kartesian 3D. Metode yang digunakan dalam simulasi ini adalah Finite Difference Method (FDM) menggunakan aplikasi MATLAB. FDM digunakan untuk menyelesaikan persoalan integrasi percepatan ion yang didapatkan dari perumusan gaya Lorentz dan gaya Coulomb. Hasil menunjukkan bahwa metode ini cukup mudah dan hasil simulasi dapat terlihat bergerak seiring perubahan waktu.

Kata kunci: gerak ion, medan elektromagnetik, simulasi, FDM

1. Pendahuluan

Simulasi menggunakan aplikasi MATLAB sudah sering dilakukan [1]. Fenomena fisika dengan mudah disimulasikan dalam komputer dengan aplikasi ini [2][3]. Pada makalah ini kami menganalisis gerak partikel menggunakan metode *Finite Difference Method* (FDM). Metode ini dengan menggunakan software Matlab dapat menghasilkan simulasi yang terlihat bergerak.

Ion adalah atom atau sekumpulan atom yang bermuatan. Ion yang bermuatan positif disebut kation, dan yang bermuatan negatif disebut anion [4]. Telah disebutkan dalam hukum Coulomb bahwa ion dipengaruhi oleh medan listrik dan mendapatkan gaya Coulomb yang menyebabkan ion tersebut mengalami percepatan atau perlambatan. Besarnya percepatan atau perlambatan yang dialami oleh ion dapat dihitung dengan

$$a = \frac{F_c}{m} = \frac{qE}{m} \quad (1)$$

dengan q , E , dan m berurutan adalah muatan yang dikandung ion, besarnya medan listrik, dan massa ion.

Selain pengaruh medan listrik, ion dapat dipengaruhi oleh medan magnet jika ion tersebut bergerak. Ion yang bergerak dalam pengaruh medan magnet akan mengalami pembelokan yang disebabkan oleh gaya Lorentz[4]. Percepatan akibat gaya ini menyebabkan ion akan berbelok. Besar dan arah percepatan pembelokan dapat dituliskan sebagai berikut

$$a = \frac{F_L}{m} = \frac{q(v \times B)}{m} \quad (2)$$

dengan v dan B adalah kecepatan gerak ion dan medan magnet yang mempengaruhinya. Dengan demikian, dinamika pergerakan ion dalam medan elektromagnet dapat kita tentukan menggunakan analisis gaya-gaya diatas.

2. Metode Penelitian

Pada makalah ini koordinat ruang yang dipakai adalah koordinat kartesian. Sehingga, persamaan gerak ion berdasarkan analisis gaya-gaya diatas dapat dituliskan lengkap seperti [4]

$$a_x = \frac{F_x}{m} = \frac{q(E_x + v_y B_z - v_z B_y)}{m} \quad (3.a)$$

$$a_y = \frac{F_y}{m} = \frac{q(E_y + v_z B_x - v_x B_z)}{m} \quad (3.b)$$

$$a_z = \frac{F_z}{m} = \frac{q(E_z + v_x B_y - v_y B_x)}{m} \quad (3.c)$$

Persamaan (3) diatas adalah persamaan yang akan digunakan dalam analisis kecepatan dan posisi ion dalam koordinat kartesian. Kecepatan dan posisi merupakan integrasi terhadap waktu dari percepatan diatas.

Penentuan nilai kecepatan dan posisi menggunakan metode *Finite Difference Method* (FDM). FDM adalah metode beda hingga yang dalam kasus ini bergantung waktu, sehingga memungkinkan simulasi dapat terlihat bergerak seiring berjalannya waktu,

Secara rinci persamaan beda hingga untuk kecepatan dijelaskan sebagai berikut

$$v_x(t+1) = v_x(t) + a_x \Delta t \quad (4.a)$$

$$v_y(t+1) = v_y(t) + a_y \Delta t \quad (4.b)$$

$$v_z(t+1) = v_z(t) + a_z \Delta t \quad (4.c)$$

sedangkan untuk posisi

$$x(t+1) = x(t) + 0,5(v_x(t+1) + v_x(t))\Delta t \quad (5.a)$$

$$y(t+1) = y(t) + 0,5(v_y(t+1) + v_y(t))\Delta t \quad (5.b)$$

$$z(t+1) = z(t) + 0,5(v_z(t+1) + v_z(t))\Delta t \quad (5.c)$$

Persamaan (3), (4), dan (5) akan dikalkulasikan menggunakan software MATLAB. [5]

3. Hasil dan Pembahasan

Pada makalah ini, akan disimulasikan gerakan ion untuk medan magnet dan medan listrik yang searah dan saling tegak lurus. Kecepatan awal diberikan sebagai inisialisasi bahwa ion bergerak dari luar medan elektromagnetik. Parameter variabel utama dalam makalah ini bukan harga sebenarnya, karena kasus yang ditinjau belum khusus. Berikut adalah tabel nilai variabel untuk simulasi.

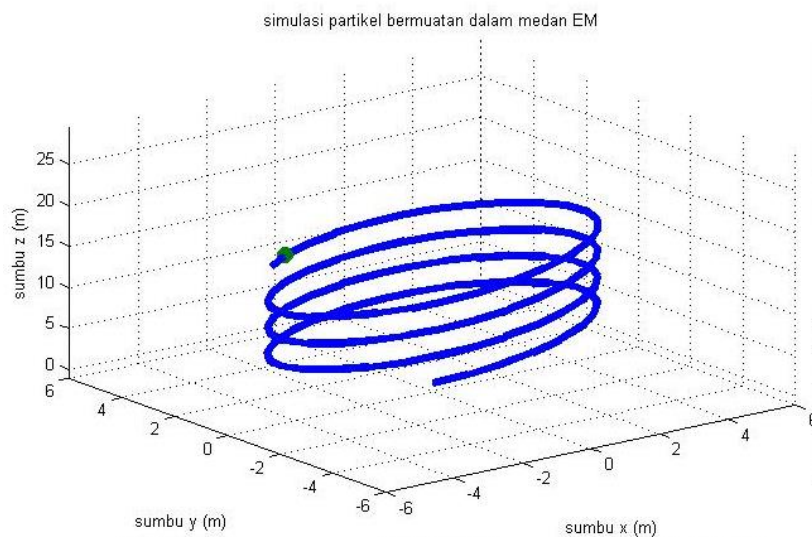
Tabel 1. Nilai parameter inisial dari simulasi gerak ion.

Variabel	Nilai	Satuan
q	5	C
m	0.5	kg

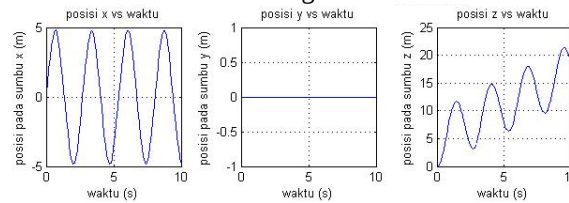
Untuk kasus dengan medan magnet tegak lurus dengan medan listrik ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini, dengan nilai parameter awal pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai parameter inisial dari simulasi gerak ion.

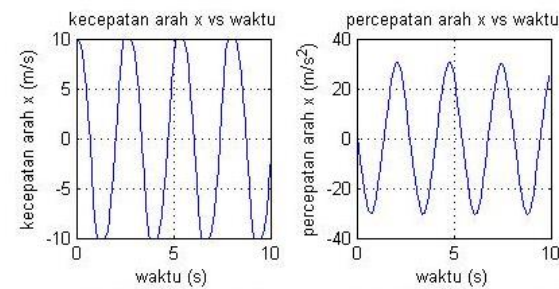
Variabel	Nilai	Satuan
E	$0.3i$	N/C
B	$0.5j$	T
v	$10i$	$m \cdot s^{-1}$



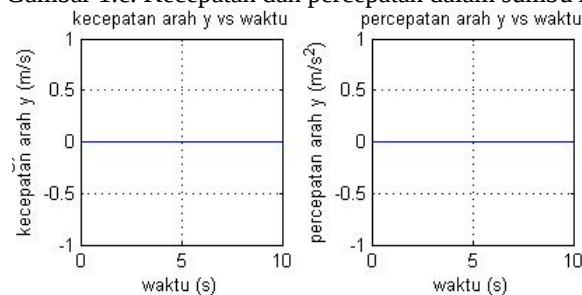
Gambar 1.a. Lintasan gerak ion dalam 3 D



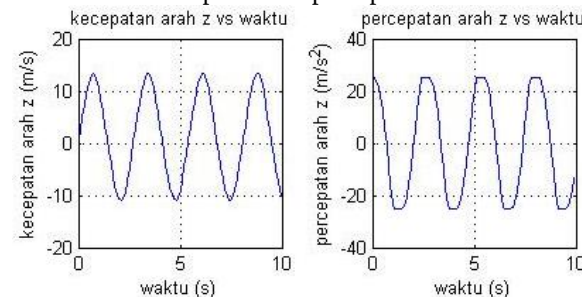
Gambar 1.b. Posisi ion terhadap waktu



Gambar 1.c. Kecepatan dan percepatan dalam sumbu x.



Gambar 1.d. Kecepatan dan percepatan dalam sumbu y

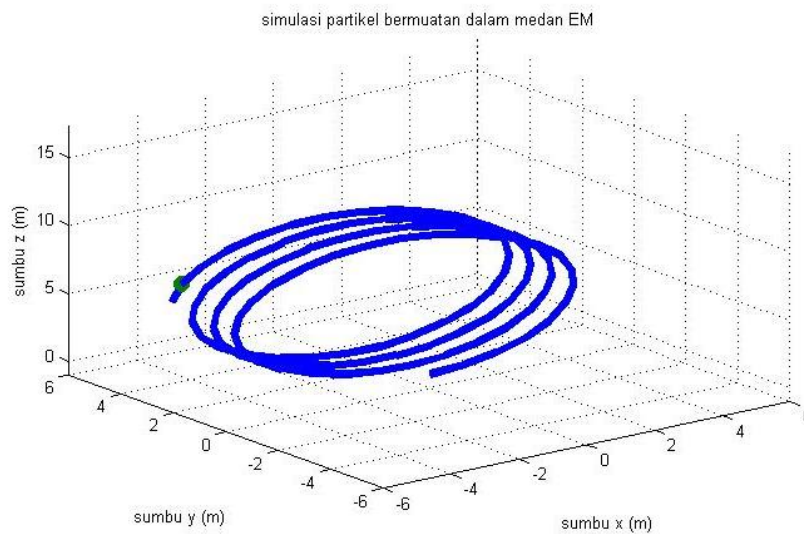


Gambar 1.e. Kecepatan dan percepatan dalam sumbu z

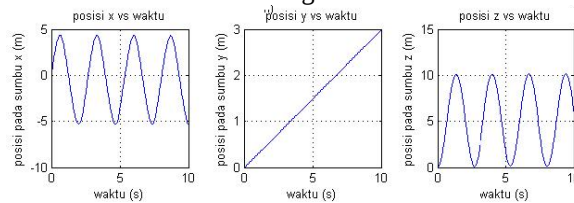
Untuk kasus dengan medan magnet searah dengan medan listrik ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini, dengan nilai parameter awal pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai parameter inisial dari simulasi gerak ion.

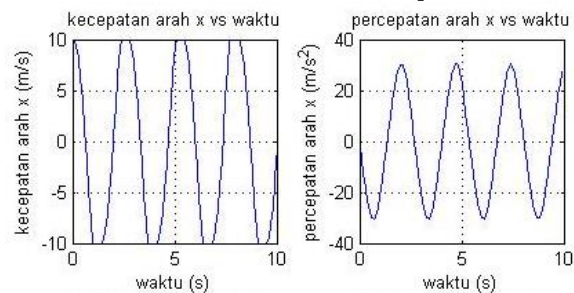
Variabel	Nilai	Satuan
E	$0.3j$	N/C
B	$0.5j$	T
v	$10i$	$m \cdot s^{-1}$



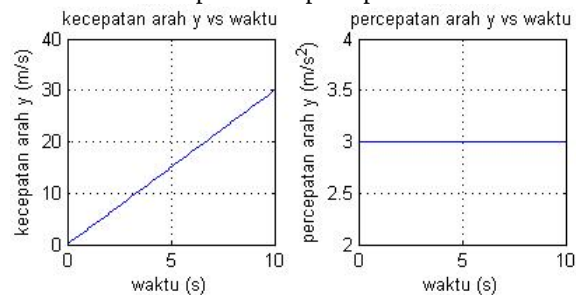
Gambar 2.a. Lintasan gerak ion dalam 3 D



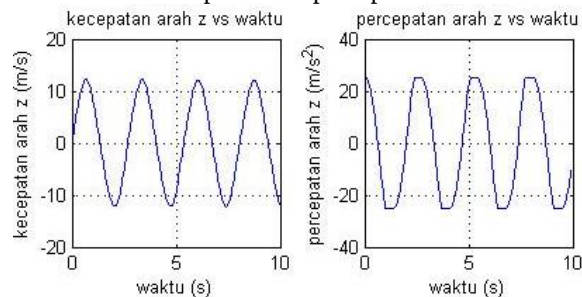
Gambar 2.b. Posisi ion terhadap waktu



Gambar 2.c. Kecepatan dan percepatan dalam sumbu x.



Gambar 2.d. Kecepatan dan percepatan dalam sumbu y

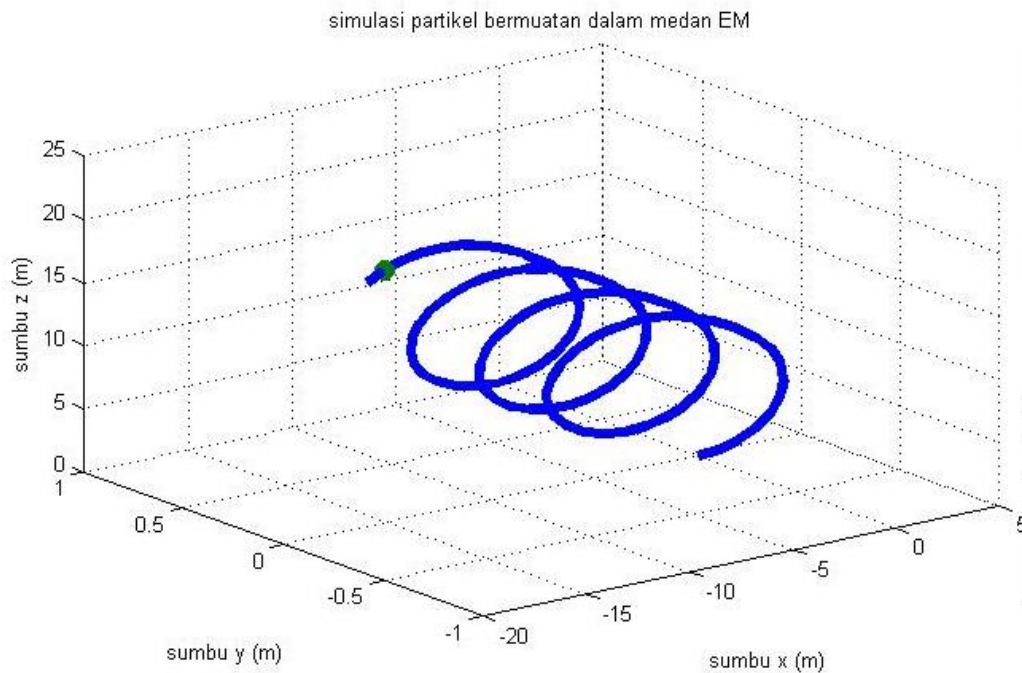


Gambar 2.e. Kecepatan dan percepatan dalam sumbu z

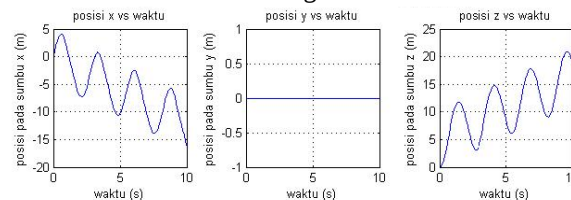
Untuk kasus dengan medan magnet tegak lurus dengan medan listrik (arah z) ditunjukkan pada gambar 3 dibawah ini, dengan nilai parameter awal pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai parameter inisial dari simulasi gerak ion.

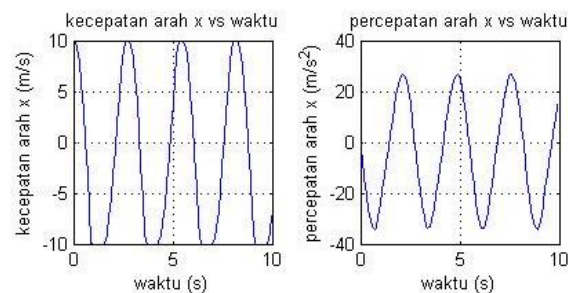
Variabel	Nilai	Satuan
E	0.3k	N/C
B	0.5j	T
v	10i	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$



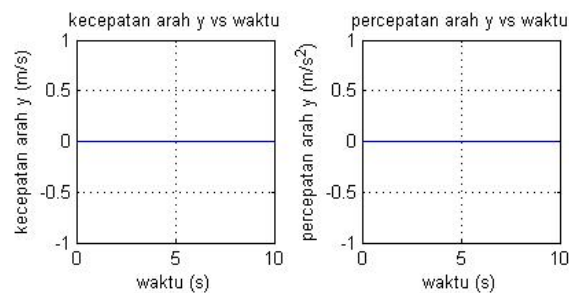
Gambar 3.a. Lintasan gerak ion dalam 3 D



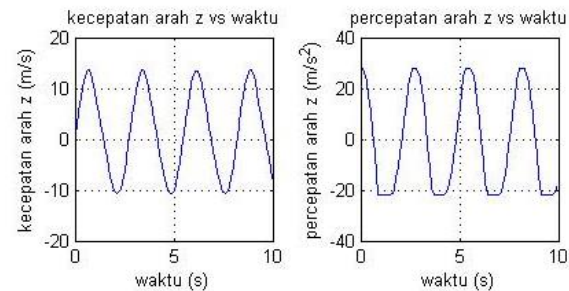
Gambar 3.b. Posisi ion terhadap waktu



Gambar 3.c. Kecepatan dan percepatan dalam sumbu x.



Gambar 3.d. Kecepatan dan percepatan dalam sumbu y



Gambar 3.e. Kecepatan dan percepatan dalam sumbu z

Lintasan ion pada gambar 1.a, 2.a, dan 3.a menunjukkan pola yang sama. Hasil menunjukkan bahwa ion bergerak membelok karena pengaruh medan elektromagnet. Perbedaan gambar 1, gambar 2, dan gambar 3 adalah terletak pada arah gaya Coulomb sehingga menyebabkan terjadinya arah penjalaran yang sedikit berbeda.

4. Kesimpulan

Dinamika pergerakan ion dipengaruhi oleh besar dan arah gaya elektromagnetik. Metode FDM dapat digunakan untuk mensimulasikan gerak ion dalam medan elektromagnetik dengan baik. Selain mudah, metode ini dapat menampilkan gerakan ion.

Daftar Pustaka

- [1] Mahmudi, M. R. (2012). Solusi Analitik Atom Helium Menggunakan Metode Komputasi Aljabar. *Thesis*. Institut Teknologi Bandung.
- [2] Mahmudi, MR. (2014). Simulasi Gelombang Sederhana Melalui Persamaan Sinus Menggunakan MATLAB dengan arah penjalaran satu dimensi. *Kajian Ilmiah Menara Ilmu*, 8(49).
- [3] Mahmudi, MR. (2014). Simulasi Gelombang Sederhana Melalui Persamaan Sinus Menggunakan MATLAB dengan arah penalaran Dua Dimensi. *Inovasi Pendidikan Jurnal Pendidikan Sumbar*, 1(11).
- [4] Douglas, C. G. (2005). *Physics Principles with Applications sixth edition*. Pearson Education Inc: London.
- [5] Azam, M., T. Kusbramanto, dan J. E. Suseno, (2007). Simulasi gerak partikel bermuatan dalam pengaruh medan listrik dan induksi magnet menggunakan MATLAB versi 7.1. *Berkala Fisika 10* (1), 99-103 (2007).