

## Pembuatan Simulasi Fisika Gerak Partikel dalam Selektor Kecepatan

Hari Anggit Cahyo W, Dinar Maftukh Fajar dan Widya Arisya Putri

### Abstrak

Telah dilakukan pembuatan Simulasi fisika gerak partikel dalam selektor kecepatan menggunakan Microsoft VBA Excel. Materi listrik magnet merupakan salah satu materi yang cukup sulit untuk diketahui fenomena fisisnya sehingga diperlukan pembuatan simulasi yang mampu menunjukkan fenomena fisis yang sesuai dengan teori. Gerak partikel dalam selektor kecepatan dipengaruhi oleh besar medan magnet  $\vec{B}$ , besar medan listrik  $\vec{E}$ . Hubungan keduanya yaitu karena partikel yang bergerak dalam medan magnet dan medan listrik akan mengalami gaya listrik dan gaya magnet. Resultan dari kedua gaya ini akan menentukan gerak partikel setiap saat. Solusi persamaan differensial orde dua untuk menentukan posisi dari partikel dilakukan dengan menggunakan metode numerik Euler. Metode Euler diterapkan untuk menyelesaikan persamaan differensial orde dua yang diolah dengan metode perulangan dalam Microsoft Visual Basic for Application Excel. Hasil dari pembuatan simulasi yaitu untuk nilai medan magnet  $\vec{B} = 0,3 \text{ Tesla}$ , medan listrik  $\vec{E} = 21000 \text{ V/m}$  dan kecepatan partikel memasuki selektor kecepatan adalah  $7 \times 10^4 \text{ m/s}$  menghasilkan gerak simulasi yang lurus tanpa mengalami gaya dalam arah vertikal. Sehingga pola gerak partikel dalam selektor kecepatan dapat divisualisasikan.

Kata-kata kunci: Microsoft Visual Basic for Application, Simulasi, Selektor Kecepatan

### Pendahuluan

Pelajaran fisika kerap kali masih dianggap sulit oleh masyarakat. Konsep keilmuannya dirasa abstrak, meski sebenarnya berasal dari fenomena sederhana di sekitar kita[1]. Media yang dapat digunakan dalam pembelajaran fisika yang mampu menarik minat dan motivasi siswa salah satunya adalah media berbantuan komputer[2]. Simulasi komputer merupakan salah satu media pembelajaran yang mampu merepresentasikan fenomena fisika secara ideal, aman (untuk eksperimen berbahaya), murah dan melengkapi keterbatasan laboratorium di sekolah[3]. Salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membuat simulasi fisika adalah Microsoft Visual Basic for Application yang terdapat dalam Microsoft Excel[4]. Salah satu keunggulan dari VBA Excel dalam membuat simulasi fisika, yaitu dapat dilakukan pengaturan variabel-variabel fisis yang dapat disesuaikan dengan kenyataan.

Simulasi ini dibuat dengan memadukan konsep fisis dan pemrograman komputer. Dalam menentukan lintasan partikel digunakan konsep metode numerik Euler. Penerapan metode Euler didalam pemrograman adalah dengan menyelesaikan persamaan differensial orde dua. Selanjutnya dalam menentukan titik-titik lintasan partikel dilakukan perhitungan dengan memanfaatkan program perulangan dalam VBA Excel. Sehingga titik-titik jejak dari lintasan

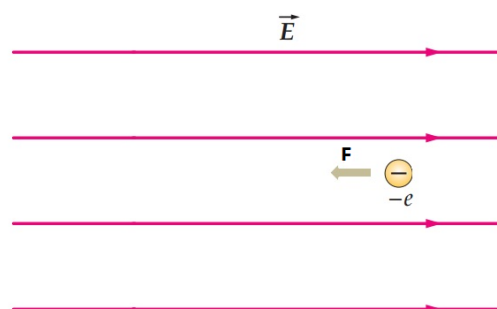
partikel dapat dibuat. Berdasarkan penjabaran di atas maka diperlukan pengembangan simulasi fisika yang dapat memvisualisasikan pola gerak partikel dalam selektor kecepatan.

### Teori

Selektor kecepatan merupakan bagian dari Spektrometer massa yang berfungsi untuk mengetahui kecepatan partikel. Setelah kecepatan partikel diketahui maka massa dari partikel dapat ditentukan.

Prinsip kerja dari selektor kecepatan adalah memanfaatkan gaya listrik dan gaya magnet. Sebuah partikel bermuatan yang melewati suatu daerah medan listrik akan mengalami gaya listrik yang nilainya sebanding dengan kuat medan listrik dan besar muatan [5].

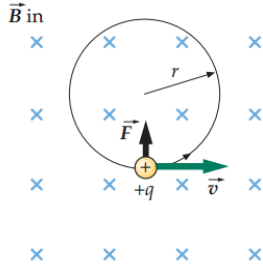
$$\vec{F} = q \vec{E} \quad (1)$$



Gambar 1. Muatan  $e^-$  mengalami gaya yang ditimbulkan oleh medan magnet

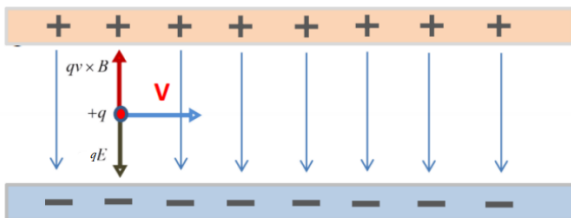
Partikel yang bergerak dalam suatu daerah medan magnet akan mengalami gaya magnet yang tegak lurus terhadap kecepatan partikel [5].

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (2)$$



Gambar 2. Muatan +q Mengalami Gaya Magnet

Apabila dalam sebuah ruangan terdapat medan listrik dan medan magnet yang memiliki arah saling tegak lurus maka partikel yang ditembakkan dengan kecepatan tertentu melewati ruangan tersebut akan mengalami kedua gaya tersebut. Partikel yang mengalami resultan gaya magnet dan gaya listrik sebesar nol akan diloloskan dari selektor kecepatan dengan nilai kecepatan yang dapat diketahui. Sehingga besar kecepatan partikel yang lolos dari selektor kecepatan tersebut dapat diketahui.



Gambar 3. Partikel Dalam Selektor Kecepatan

Metode numerik yang digunakan ialah metode Euler dengan mengabaikan turunan orde dua, yakni dituliskan sebagai berikut.

$$f_{i+1} = f_i + h \cdot f_i' [6] \quad (3)$$

dengan  $h$  adalah lebar pias dan  $f_i'$  adalah turunan pertama dari  $f_i$ .

### Hasil dan diskusi

Hasil dari pengembangan program diantaranya terdapat 3 sheet. Sheet pertama berisi Opening dimana dalam sheet ini berisi link yang merujuk kepada 2 sheet yang lain. Sheet kedua berisi petunjuk penggunaan program. Diharapkan dengan dibuatnya petunjuk ini, pengguna dapat mengoperasikan program dengan mudah. Sheet ketiga merupakan program utama yang berisi simulasi selektor kecepatan. Sheet tersebut terhubung dengan

tombol yang dapat secara otomatis di klik untuk melakukan pindah sheet.

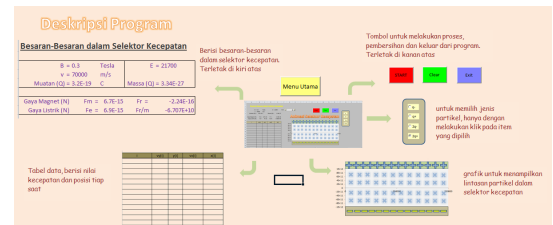
Besaran-besaran fisis yang terdapat dalam simulasi ini diantaranya medan magnet 0,3 Tesla, kecepatan partikel saat masuk ke dalam selektor kecepatan  $7 \times 10^4$  m/s, besar muatan  $+q = 1,6 \times 10^{-19}$  C,  $-q = -1,6 \times 10^{-19}$  C, massa muatan  $-q = 9,1 \times 10^{-31}$  kg dan massa muatan  $+q = 1,6 \times 10^{-27}$  kg.

Pada dasarnya semua nilai variabel tersebut dapat diubah-ubah akan tetapi untuk dapat melihat pengaruh dari perubahan salah satu variabel serta dapat menunjukkan perubahan pola lintasan gerak partikel, maka dipilih variabel medan magnet yang berubah-ubah. Rentang nilai yang sudah ditetapkan dalam simulasi ini untuk medan listrik adalah 20000-22000 V/m.

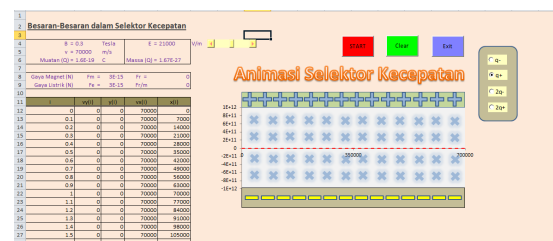
Tampilan dari program yang berhasil dibuat dari percobaan ini dapat dilihat pada beberapa gambar di bawah ini.



Gambar 4. Tampilan Muka Program



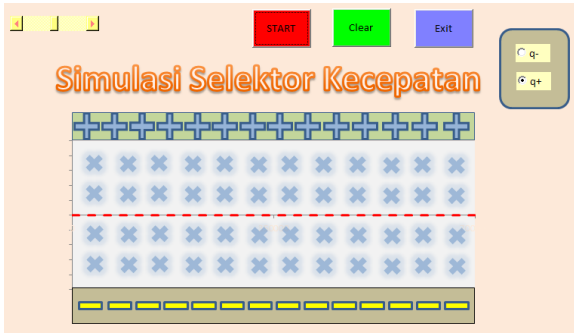
Gambar 5. Tampilan Petunjuk Penggunaan Program



Gambar 6. Tampilan Keseluruhan Program Simulasi Selektor Kecepatan

Besaran-Besaran dalam Selektor Kecepatan			
B = 0.3	Tesla	E = 21000	V/m
v = 70000	m/s		
Muatan (Q) = 1.6E-19	C	Massa (Q) = 1.67E-27	
Gaya Magnet (N)	Fm =	3E-15	Fr = 0
Gaya Listrik (N)	Fe =	3E-15	Fr/m = 0

Gambar 7. Bagian Program Besaran-Besaran Fisika Selektor Kecepatan



Gambar 8. Tampilan Program Bagian Selektor Kecepatan

i	vy(i)	y(i)	vx(i)	x(i)
0	0	0	70000	0
0.1	0	0	70000	7000
0.2	0	0	70000	14000
0.3	0	0	70000	21000
0.4	0	0	70000	28000
0.5	0	0	70000	35000
0.6	0	0	70000	42000
0.7	0	0	70000	49000
0.8	0	0	70000	56000
0.9	0	0	70000	63000
1	0	0	70000	70000
1.1	0	0	70000	77000
1.2	0	0	70000	84000
1.3	0	0	70000	91000
1.4	0	0	70000	98000
1.5	0	0	70000	105000

Gambar 9. Tampilan Program Bagian Data Saat Partikel Bergerak Lurus Tanpa Pembelokan

i	vy(i)	y(i)	vx(i)	x(i)
0	0	0	70000	0
0.1	5.7E+09	6E+08	70000	7000
0.2	1.1E+10	2E+09	70000	14000
0.3	1.7E+10	3E+09	70000	21000
0.4	2.3E+10	6E+09	70000	28000
0.5	2.9E+10	9E+09	70000	35000
0.6	3.4E+10	1E+10	70000	42000
0.7	4E+10	2E+10	70000	49000
0.8	4.6E+10	2E+10	70000	56000
0.9	5.2E+10	3E+10	70000	63000
1	5.7E+10	3E+10	70000	70000

Gambar 10. Tampilan Program Bagian Data Saat Partikel Dibelokkan

Metode numerik Euler digunakan pada program ini untuk menentukan kecepatan dan posisi partikel setiap saat. Gerak partikel saat berada dalam selektor kecepatan dipengaruhi oleh resultan dari gaya yang dihasilkan oleh medan listrik ( $\vec{F}_e$ ) dan gaya yang dihasilkan oleh medan magnet ( $\vec{F}_m$ ). Sehingga persamaan gerak untuk masing-masing arah sumbu X dan Y dapat ditunjukkan sebagai berikut

$$\sum F_y = \vec{F}_m + \vec{F}_e \quad (3)$$

$$\sum F_y = q\vec{v} \times \vec{B} + q\vec{E} \quad (4)$$

Persamaan differensial orde dua dari gerak partikel tersebut adalah :

$$\sum F_y = m \frac{d^2 y}{dt^2} \quad (5)$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{\sum F_y}{m} \quad (6)$$

Proses penyelesaian solusi numerik metode Euler pada persamaan (6) ditunjukkan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel. 1 Solusi Numerik Lintasan Partikel sepanjang sumbu y

i	y(i)	y'(i)	y''(i)
0	0	0	$d^2 y/dt^2$
0.1	$y(0)+0.1*y'(1)$	$y'(0)+0.1*y''(0)$	$d^2 y/dt^2$
0.2	$y(1)+0.1*y'(2)$	$y'(1)+0.1*y''(1)$	$d^2 y/dt^2$
0.3	$y(2)+0.1*y'(3)$	$y'(2)+0.1*y''(2)$	$d^2 y/dt^2$
...	...	...	...

Posisi partikel dalam arah sumbu X ditentukan dengan cara yang sama sebagai berikut :

$$\sum F_x = m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (7)$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{\sum F_x}{m} \quad (8)$$

Proses penyelesaian solusi numerik metode Euler pada persamaan (8) ditunjukkan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel. 2 Solusi Numerik Lintasan Partikel sepanjang sumbu x

i	x(i)	x'(i)	x''(i)
0	0	$x'(0)=\text{konstan}$	0
0.1	$x(0)+0.1*x'(1)$	$x'(0)+0.1*x''(0)$	0
0.2	$x(1)+0.1*x'(2)$	$x'(1)+0.1*x''(1)$	0
0.3	$x(2)+0.1*x'(3)$	$x'(2)+0.1*x''(2)$	0
...	...	...	...

Dengan menggunakan metode numerik pengembangan simulasi fisika ini mampu menggambarkan pola gerak partikel dalam selektor kecepatan. Sedangkan untuk perbandingan dengan metode analitik, simulasi ini hanya mampu membandingkan pada saat kondisi khusus yaitu saat resultan gaya listrik dan gaya magnet bernilai nol.

Berdasarkan hasil simulasi pada gambar. 9 Saat resultan gaya sama dengan nol maka nilai kecepatan partikel adalah konstan yaitu  $7 \times 10^4$  m/s dan gerak partikel dalam arah sumbu-y adalah selalu nol. Hal ini sesuai dengan hasil perhitungan analitik dimana  $\vec{v} = \frac{\vec{E}}{B} = \frac{21000}{0,3} = 7 \times 10^4$  m/s dan partikel bergerak lurus beraturan. Sedangkan gambar 11. menunjukkan pola lintasan partikel saat resultan gaya tidak nol.



Gambar 11. Pola Lintasan Partikel Saat Resultan Gaya Tidak Nol

### Kesimpulan

Simulasi fisika gerak partikel dalam selektor kecepatan dapat dibuat dengan menggunakan Microsoft Visual Basic for Application dalam Microsoft Excel. Simulasi yang berhasil dibuat mampu membandingkan antara metode numerik dan analitik pada saat keadaan khusus yaitu saat resultan gaya listrik dan gaya magnet bernilai nol. Sehingga dapat dikatakan simulasi ini dapat menggambarkan pola gerak partikel dalam selektor kecepatan.

### Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Neny Kurniasih sebagai dosen pengampu mata kuliah Fisika Komputasi atas bimbingannya dalam penurunan formulasi metode numerik.

### Referensi

- [1] Eliana, Mufida, "Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis REACT pada Materi Tekanan untuk Kelas VIII", Skripsi Sarjana, Universitas Negeri Malang, Indonesia, 2013, p.1
- [2] Pujomiarto, "Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbantuan Komputer Pokok Bahasan Usaha dan Energi untuk Siswa Kelas IX", Jurnal Skripsi, Universitas Negeri Malang, Indonesia, 2014, p. 1
- [3] Sarabando, "Contribution of a computer simulation to students' learning of the physics concepts of weight and mass", Research conference on virtual worlds , Journal Procedia Technology, 2014, p. 112-121
- [4] Sutardi, "Pengembangan Bahan Ajar Fisika SMA Berbasis Spreadsheet untuk Meningkatkan Kemampuan Siswa Berkomunikasi Ilmiah", Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng & DIY, 10 April, Semarang, Indonesia, 2010, pp. 168-179
- [5] Raymond A, Serway. 2004. *Physics for Scientist and Engineers*. Thomson Brooks/cole
- [6] Setiawan, Agus. 2006. *Pengantar Metode Numerik*. Semarang : Andi

Hari Anggit Cahyo W\*  
Magister Pengajaran Fisika  
Institut Teknologi Bandung  
anggitpm2013@gmail.com

Dinar Maftukh Fajar  
Magister Pengajaran Fisika  
Institut Teknologi Bandung  
dinarmaftukh@students.itb.ac.id

Widya Arisya Putri  
Magister Pengajaran Fisika  
Institut Teknologi Bandung  
widyaarisya@gmail.com

\*Corresponding author