

Simulasi Benda yang Dilepas Horizontal dan Benda yang Dijatuhkan Vertikal Menggunakan VBA pada Microsoft Excel

Erwin Randjawali^{1,a)} dan Robi Dany Riupassa^{2,b)}

¹Universitas Kristen Wira Wacana Sumba,
Jl. R. Suprpto No. 35, Waingapu, Indonesia, 87113

²Sekolah Tinggi Teknologi Bandung,
Jl. Soekarno Hatta no. 378 Bandung, Indonesia, 40235

^{a)} erwinrandjawali@gmail.com (corresponding author)

^{b)} robiriu@gmail.com

Abstrak

Pembelajaran Fisika Dasar akan menjadi lebih menarik apabila tidak hanya disajikan secara teori namun juga disertai dengan simulasi-simulasi yang berkaitan dengan topik yang diajarkan. Salah satu topik yang diajarkan dalam Fisika Dasar adalah gerak benda yang dilepaskan horizontal dan gerak benda yang dijatuhkan secara vertikal dari ketinggian tertentu. Topik ini dapat disimulasikan dengan menggunakan banyak aplikasi, salah satunya adalah aplikasi Microsoft Excel. Program simulasi benda yang dilepas horizontal dan benda yang dijatuhkan vertikal ini dibuat dengan menggunakan VBA yang terdapat pada Microsoft Excel dengan menggunakan metode numerik dan kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan hasil yang diperoleh secara analitik. Tujuan pembuatan simulasi ini adalah untuk menunjukkan ramalan Galileo bahwa sebuah benda yang dilepaskan secara horizontal dari ketinggian tertentu akan menyentuh lantai dalam waktu yang sama dengan benda yang jatuh vertikal pada ketinggian yang sama, dan sekaligus menghasilkan sebuah media pembelajaran yang dapat digunakan dalam pembelajaran Fisika Dasar. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa waktu tempuh benda dengan dua mulai dari ketinggian tertentu hingga mencapai lantai adalah sama. Hasil perhitungan secara numerik bila dibandingkan dengan hasil analitik memiliki perbedaan sekitar 0,005%, dan simulasi gerak benda yang telah dibuat tersebut dapat menjadi media pembelajaran.

Kata-kata kunci: VBA, gerak benda jatuh vertikal, gerak benda dilepas horizontal

PENDAHULUAN

Pembelajaran Fisika tentunya akan menjadi lebih efektif apabila tidak hanya disajikan berupa teori, akan tetapi disertai pula dengan simulasi-simulasi yang berkaitan dengan topik yang diajarkan. Simulasi yang dibuat di komputer merupakan sebuah media pembelajaran yang dapat digunakan oleh pengajar untuk memvisualisasikan fenomena-fenomena Fisika yang sebelumnya tidak dapat dilakukan karena terbatasnya alat-alat laboratorium yang tersedia di sekolah, biaya yang diperlukan untuk bereksperimen cukup mahal, atau karena eksperimen tersebut berbahaya untuk dilakukan [1].

Salah satu fenomena Fisika yang dapat disimulasikan di komputer adalah gerak benda yang jatuh secara vertikal dan gerak benda yang dilemparkannya secara horizontal. Simulasi pembelajaran ini dapat dibuat dengan menggunakan *Visual Basic for Application (VBA)* yang terdapat pada *Microsoft Excel*. VBA digunakan untuk membuat *macro*, yakni serangkaian perintah yang dapat membuat sejumlah aspek pada *Microsoft Excel* bekerja secara otomatis, dengan demikian pekerjaan yang dilakukan di *Microsoft Excel* akan

menjadi lebih efisien dan juga untuk mengurangi kesalahan perhitungan [2]. Kombinasi keduanya dapat menjadi sebuah alat yang sangat efektif [3].

KINEMATIKA GERAK

Salah satu topik bahasan dalam mata kuliah Fisika Dasar adalah gerak benda pada lintasan satu dan dua dimensi. Contoh dari gerak satu dimensi adalah sebuah apel yang dijatuhkan, sedangkan contoh gerak dalam dua dimensi adalah benda yang dilemparkan secara horizontal. Beberapa persamaan yang digunakan untuk menganalisis gerak dalam dua dimensi adalah [4].

$$v_x = v_{0x} \quad (1)$$

$$v_y = v_{0y} - gt \quad (2)$$

$$\Delta x = v_{0x}t \quad (3)$$

$$\Delta y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (4)$$

Untuk gerak benda yang dijatuhkan, Galileo meramalkan bahwa bila hambatan udara tidak diperhitungkan, maka benda apa pun yang dijatuhkan di suatu tempat di Bumi akan jatuh dengan percepatan yang sama dan bernilai konstan. Sebagai contoh, di dalam sebuah tabung hampa udara, sebuah batu dan sebuah bulu yang dijatuhkan akan tiba bersamaan di dasar tabung [5].

METODE NEWTON-RAPHSON

Metode Newton-Raphson merupakan salah satu metode iterasi dalam matematika dan sains, yang digunakan untuk menentukan akar-akar persamaan $f(t)=0$ [6]. Metode ini digunakan dalam makalah ini untuk menghitung waktu yang ditempuh benda dari ketinggian tertentu hingga mencapai lantai secara numerik. Jika suatu fungsi $f(t)$ merupakan sebuah fungsi yang dapat didiferensialkan, dan t_i adalah nilai tebakan awal akar persamaan, maka untuk nilai hampiran berikutnya dapat ditentukan dengan menggunakan rumus rekursi berikut..

$$t_{i+1} = t_i - \frac{f(t_i)}{f'(t_i)} \quad (5)$$

dengan $f'(t)$ merupakan turunan pertama dari persamaan yang akan dicari akar-akar persamaannya. Iterasi perhitungan terus dilakukan hingga mencapai suatu kesalahan perhitungan relatif tertentu [7].

$$\varepsilon_a = \left| \frac{t_{i+1} - t_i}{t_{i+1}} \right| \times 100\% \quad (6)$$

HASIL PERHITUNGAN WAKTU TEMPUH DAN PERBANDINGAN DENGAN HASIL ANALITIK

Perhitungan waktu yang dibutuhkan benda yang dijatuhkan baik secara vertikal maupun dilempar secara horizontal dari suatu ketinggian tertentu hingga mencapai lantai dilakukan secara numerik menggunakan VBA yang terdapat pada *Microsoft Excel 2010*. Perhitungan tersebut menggunakan metode *Newton Raphson*. Dalam simulasi ini benda tersebut dilemparkan secara horizontal dan dijatuhkan secara vertikal dari ketinggian 40 meter, dengan menganggap bahwa gerak benda di udara hanya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi, dan tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal lainnya. Percepatan gravitasi yang digunakan adalah sebesar $9,8 \text{ m/s}^2$. Meskipun demikian, perlu untuk diingat bahwa tidak semua tempat di permukaan Bumi memiliki percepatan gravitasi yang sama, dan nilai tersebut akan berbeda sesuai dengan garis lintang dan ketinggian [5]. Apabila nilai ketinggian dan percepatan gravitasi tersebut disubstitusikan ke persamaan (4), dan dengan asumsi bahwa $v_{0y} = 0$ dan $y_0 = 0$ maka akan diperoleh:

$$f(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + 40 \quad (7)$$

$$f'(t) = -gt \quad (8)$$

$f(t)$ pada persamaan (7) digunakan untuk membuat simulasi benda yang dijatuhkan vertikal dan benda yang dilemparkan secara horizontal. Data hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

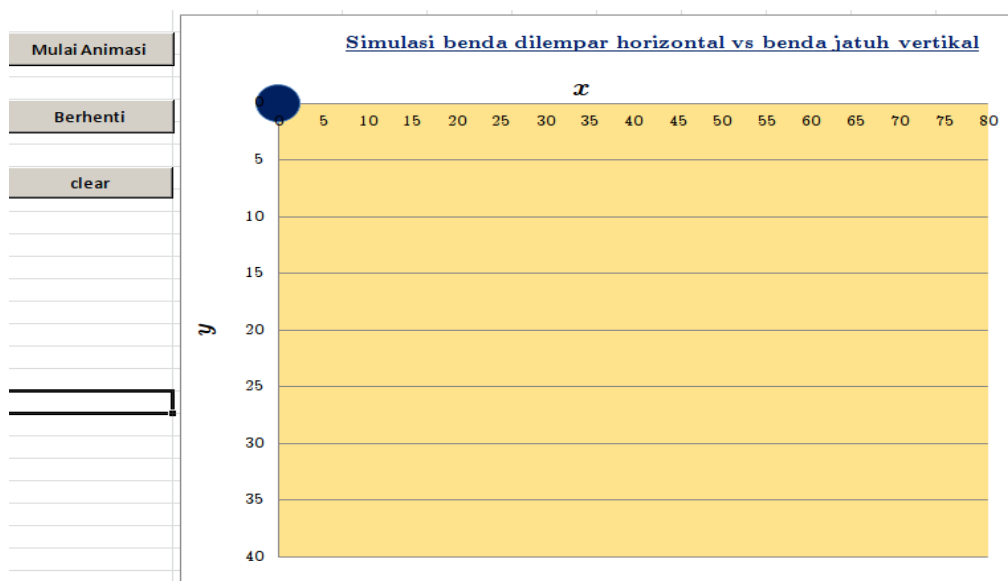
Tabel 1. Hasil perhitungan numerik dengan metode Newton-Raphson.

Iterasi ke-	t_i	Error aproksimasi (%)	Error relatif (%)
0	0.1	0	
1	40.86632653	99.75529976	1330.392948
2	20.53304092	99.02715189	618.6923666
3	10.4653041	96.20109191	266.3039587
4	5.622667726	86.12702386	96.80321056
5	3.537258433	58.95552536	23.81023568
6	2.922526431	21.03426664	2.293539766
7	2.857874247	2.262247343	0.030600171
8	2.857142951	0.025595365	0.005003526
9	2.857142857	3.27561E-06	0.00500025
10	2.857142857	4.66294E-14	0.00500025
11	2.857142857	1.55431E-14	0.00500025
12	2.857142857	1.55431E-14	0.00500025

Hasil perhitungan dengan metode Newton-Raphson bila dibandingkan dengan hasil perhitungan analitik memiliki tingkat kesalahan yang sangat kecil, yakni sebesar $\pm 0,005$.

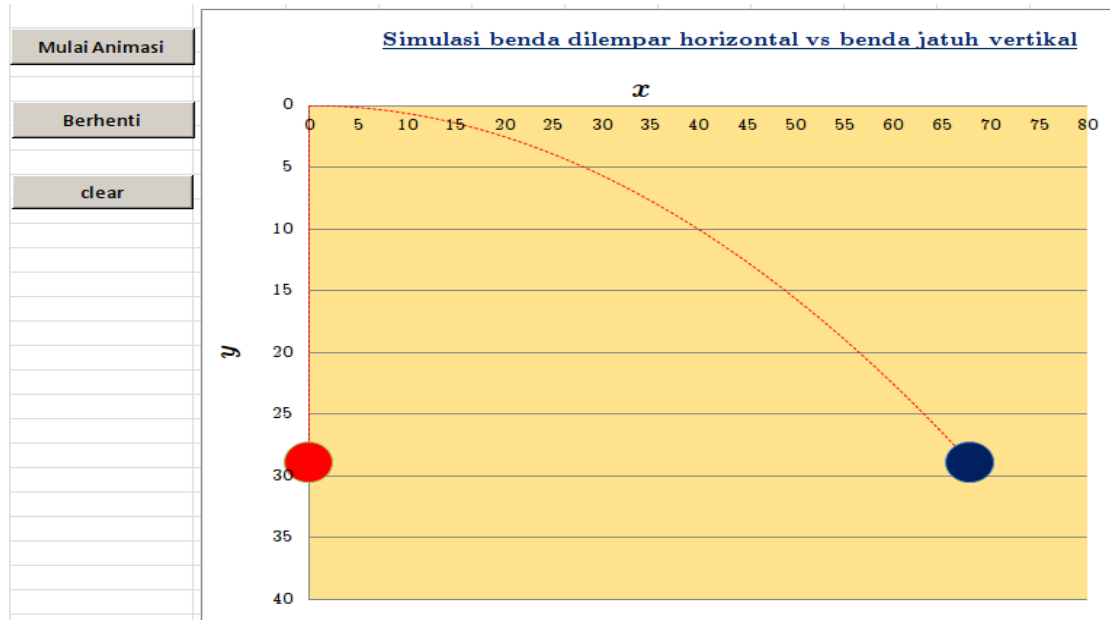
HASIL SIMULASI

Ketinggian benda yang digunakan dalam simulasi gerak benda ini adalah 40 meter. Waktu yang diperlukan benda untuk mencapai tanah menggunakan waktu yang diperoleh dari hasil perhitungan yang diperoleh pada Tabel 1. Untuk keperluan simulasi, digunakan tiga buah *button* (tombol) sebagai *form control*. Tombol pertama adalah “Mulai Animasi” digunakan untuk memulai animasi, tombol “Berhenti” digunakan untuk menghentikan animasi, dan tombol “clear” digunakan untuk menghapus semua hasil perhitungan sebelumnya. Selain *button*, juga digunakan sebuah *chart* untuk menampilkan hasil animasi. Desain awal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain awal simulasi

Setelah desain tempat untuk melakukan simulasi telah selesai dilakukan, maka langkah berikutnya adalah menuliskan *code* di *VBA*, baik untuk simulasi benda yang dijatuhkan vertikal maupun untuk benda yang dilemparkan secara horizontal dari ketinggian 40 meter, dan menggunakan percepatan gravitasi sebesar $9,8 \text{ m/s}^2$. Hasil simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2. Di mana benda yang berwarna merah merupakan benda yang dijatuhkan secara vertikal dari ketinggian 40 meter, sedangkan benda berwarna biru merupakan benda yang dilemparkan secara horizontal dari ketinggian yang sama. Tampak dari gambar tersebut bahwa benda berada pada ketinggian yang sama dalam waktu yang sama.



Gambar 2. Simulasi yang sedang berlangsung

Melalui simulasi yang telah dibuat ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami apa yang dihipotesiskan oleh Galileo bahwa baik benda yang dijatuhkan secara vertikal maupun benda yang dilemparkan secara horizontal akan mencapai permukaan lantai secara bersamaan, dengan asumsi bahwa kita mengabaikan hambatan udara yang bekerja pada benda, dan percepatan kedua benda sama, yakni sebesar percepatan gravitasi bumi.

KESIMPULAN

Simulasi benda yang dijatuhkan secara vertikal dan benda yang dilemparkan horizontal dari suatu ketinggian yang sama dapat dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel*, di mana benda tersebut akan mencapai lantai dalam waktu yang sama. Hasil perhitungan analitik dan numerik memiliki perbedaan sebesar 0,005%. Hasil simulasi yang telah dilakukan tersebut dapat digunakan sebagai media pembelajaran.

REFERENSI

1. C. Sarabando, José P. Cravino, dan Armando A. Soares, Contribution of a computer simulation to students' learning of the physics concepts of weight and mass, *Procedia Technology*, vol 13, p. 112–121 (2014).
2. J. Walkenbach, *Favorite Excel® 2010 Tips & Tricks*, Wiley Publishing, Inc., Indiana (2010).
3. B. Jelen dan T. Syrstad, *VBA and Macros: Microsoft Excel 2010*, Que, Indiana (2010).
4. P. A. Tipler, *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi ke-3 Jilid 1*, Erlangga, Jakarta (1998).
5. D. C. Giancoli, *Fisika Edisi ke-5 Jilid 1*, Erlangga, Jakarta (2001).
6. D. Varberg, E. J. Purcell, dan S. E. Rigdon, *Kalkulus Edisi ke-9 Jilid 1*, Erlangga, Jakarta (2010).
7. S. C. Chapra, dan R. P. Canale, *Numerical Methods for Engineers 6th Edition*. McGraw-Hill, New York (2010).