

Simulasi Gerak Parabola 3-Dimensi Menggunakan Matlab Graphical User Interface

Dela Mar'atul Kamilah^{1,a)}, Mirda Prisma Wijayanto^{2,b)}, Mulyanto^{2,c)} dan Emma Amalia Sholihah^{1,d)}

¹Madrasah Aliyah Putri PUI Talaga, Kabupaten Majalengka, Jl. Jend. Ahmad Yani 41 Talaga Majalengka, Indonesia, 45463

²Departemen Fisika, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

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

^{b)} mirda.prisma.wijayanto@students.itb.ac.id

^{c)} mulyanto37@gmail.com

^{d)} emmaamalia28@gmail.com

Abstrak

Gerak parabola merupakan salah satu sub topik pembelajaran fisika tingkat sekolah menengah atas. Gerak parabola merupakan gerakan partikel dengan kecepatan awal dan sudut elevasi tertentu akibat pengaruh gaya gravitasi dimana lintasan partikel berbentuk parabola. Pada umumnya, pembelajaran pada pokok bahasan gerak parabola hanya terbatas untuk kasus 2-dimensi. Dalam penelitian ini persamaan-persamaan gerak parabola akan digeneralisasi untuk kasus 3-dimensi dengan mempertimbangkan adanya pengaruh gesekan udara (kecepatan angin). Hasil yang didapatkan kemudian disimulasikan dengan menggunakan Matlab. Input yang diberikan berupa data kecepatan awal, kecepatan angin, posisi awal, sudut elevasi, percepatan gravitasi, dan waktu. Output yang diperoleh adalah kecepatan akhir, posisi akhir pada koordinat sumbu x, y dan z, jarak dan tinggi maksimal yang dicapai partikel sebelum berhenti, serta visualisasi gerak partikel yang dijalankan menggunakan program GUI (Graphical User Interface). Simulasi ini dapat dijadikan sebagai salah satu bahan praktikum Fisika di tingkat menengah atas sehingga siswa mendapatkan gambaran nyata terkait aplikasi pelajaran dalam kehidupan sehari-hari.

Kata - kata kunci : Gerak parabola 3 dimensi, Matlab, Graphical User Interface.

PENDAHULUAN

Gerak parabola merupakan gerakan partikel dengan kecepatan awal dan sudut elevasi tertentu akibat pengaruh gaya gravitasi dimana lintasan partikel membentuk lintasan berupa parabola [1-3]. Gerak parabola sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contohnya adalah pada saat bola ditendang dalam permainan sepak bola, dan pada saat bola basket dilemparkan ke arah ring, dan lain sebagainya.

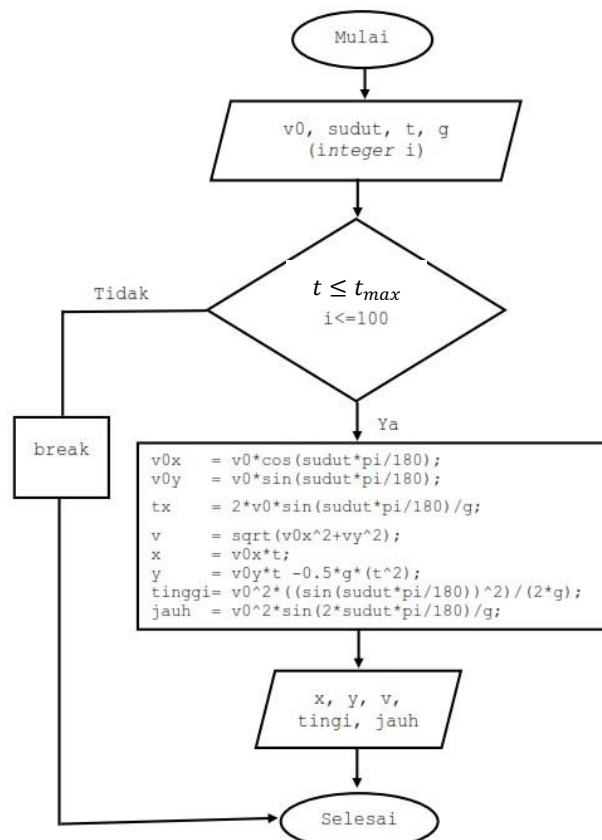
Gerak parabola merupakan salah satu sub topik pembelajaran fisika pada tingkat sekolah menengah atas atau sederajat. Pada umumnya pembelajaran dibatasi hanya untuk kasus 2-dimensi. Dimana komponen gerak benda dalam arah sumbu-x (arah horizontal) mengalami peristiwa GLB (Gerak Lurus Beraturan) sedangkan komponen gerak benda pada sumbu-y (arah vertikal) mengalami peristiwa GLBB (Gerak Lurus Berubah Beraturan). Dalam penelitian ini akan dilakukan generalisasi dimana gerak parabola akan dianalisis untuk kasus

3 dimensi. Dalam kasus gerak parabola 2-dimensi representasi koordinat yang digunakan adalah koordinat polar sedangkan pada kasus 3-dimensi digunakan koordinat *spherical* (koordinat bola). Dilain pihak, dalam banyak kasus seringkali gesekan udara (kecepatan angin diabaikan) dalam melakukan analisis gerak parabola. Sebagai pengembangan dalam penelitian ini, akan dikaji pula pengaruh gesekan udara (kecepatan angin) terhadap analisis gerakan benda.

Dalam pembelajaran modern animasi memberikan peranan penting dalam perkembangan belajar siswa. Dalam penelitian [4] animasi *stop-action* digunakan dalam mempelajari gerak parabola. Hasil yang diperoleh dalam penelitian tersebut menunjukkan siswa cenderung tertarik dengan hasil kerja mereka (animasi) dibandingkan dengan pembelajaran fisika konvensional seperti pada umumnya. Terinspirasi hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran dinamika gerak parabola 3-dimensi serta memberikan visualisasi gerakan dengan menggunakan program sederhana Matlab GUI (Graphical User Interface). Sebagai langkah pertama adalah membuat simulasi gerak parabola untuk kasus 2-dimensi. Selanjutnya koding simulasi dikembangkan untuk membuat simulasi untuk kasus 3-dimensi. Diharapkan hasil yang didapatkan dapat dijadikan sebagai media pembelajaran untuk terkait topik Tumbukan untuk tingkat sekolah menengah atas dan sederajat.

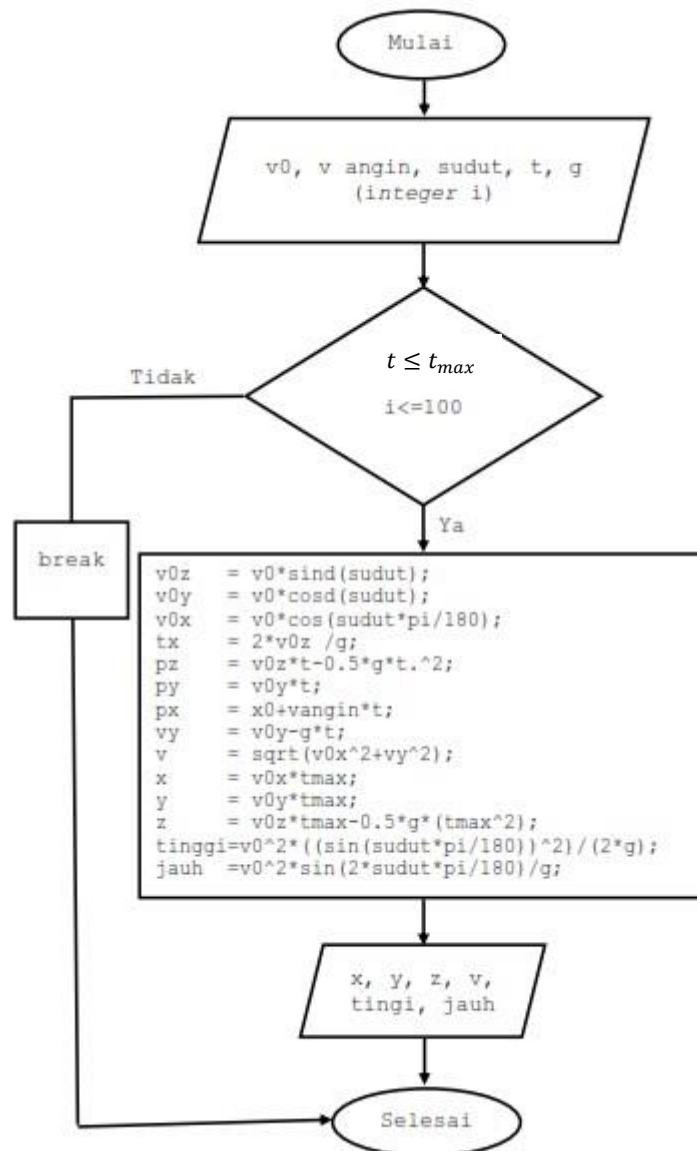
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen komputasi dengan topik kinematika partikel. Algoritma/*flowchart* yang digunakan dalam penelitian untuk kasus 2D ini adalah seperti pada gambar 1 dan untuk kasus 3D seperti pada gambar 2.



Gambar 1. Diagram alir simulasi gerak parabola untuk kasus 2-dimensi.

Program pada gambar 1 dimulai dengan memasukkan input data berupa data kecepatan awal, sudut elevasi, percepatan gravitasi, dan waktu yang dibutuhkan. Saat waktu yang diinput lebih besar dari waktu maksimum dari gerak parabola maka simulasi akan menutup atau *break*. Sedangkan sebaliknya bila waktu yang dimasukkan kurang dari samadengan waktu maksimum maka program akan berjalan dan diolah dengan persamaan yang sesuai sehingga diperoleh jarak, ketinggian, dan kecepatan saat waktu tertentu sesuai input.



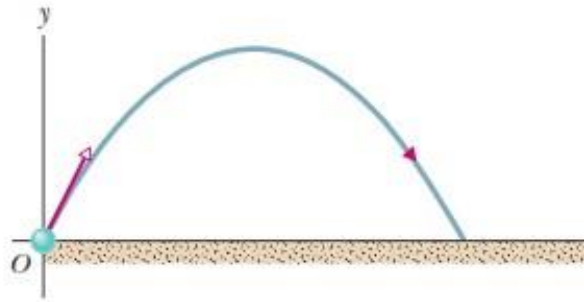
Gambar 2. Diagram alir simulasi gerak parabola untuk kasus 3-dimensi.

Cara yang sama juga untuk kasus 3D, dalam hal ini terdapat penambahan dimana sumbu z diasumsikan gerak yang dialami merupakan gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Seperti terlihat dalam gambar 2, input yang dimasukkan berupa data kecepatan awal, kecepatan angin, waktu dan kecepatan gravitasi. Sama halnya dengan program simulasi gerak 2D, bila waktu yang dimasukkan lebih besar dari waktu maksimumnya maka program akan menutup. Bila tidak maka program akan berjalan sesuai dengan persamaan gerak parabola 3D dan diperoleh hasil akhir berupa data posisi dalam sumbu x, y, z , dan kecepatan benda saat waktu yang diinput.

PEMBAHASAN

Sebagai langkah pertama dalam penelitian ini adalah membuat simulasi gerak parabola untuk kasus 2 dimensi. Simulasi untuk kasus 2 dimensi dilakukan sebagai bahan validasi. Jika hasil simulasi dan perhitungan

numerik telah sesuai dengan perhitungan analitik, maka koding dapat dikembangkan untuk melakukan simulasi pada kasus 3 dimensi. Lintasan gerak parabola untuk kasus 2 dimensi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Lintasan gerak parabola 2-dimensi.

Pada gambar dapat dilihat bahwa sebuah partikel (peluru), diasumsikan partikel titik yang massanya dapat diabaikan dilontarkan dengan sudut elevasi awal tertentu. Kecepatan awal peluru didefinisikan sebagai

$$\vec{v}_0 = v_{0x} \hat{i} + v_{0y} \hat{j} . \quad (1)$$

dimana komponen kecepatan awal pada sumbu x dan sumbu y masing - masing didefinisikan sebagai berikut

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta , . \quad (2)$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta . . \quad (3)$$

Komponen gerak pada sumbu- y yang merupakan gerak lurus berubah beraturan dapat diuraikan sebagai berikut

$$v_{t_y} = v_{0_y} \pm gt = v_0 \sin \theta \pm gt , . \quad (4)$$

$$v_{t_y}^2 = v_{0_y}^2 \pm 2gh = v_0^2 \sin^2 \theta \pm 2gh , . \quad (5)$$

$$h = v_{0_y} t \pm \frac{1}{2} gt^2 = v_0 \sin \theta t \pm \frac{1}{2} gt^2 . . \quad (6)$$

Sedangkan komponen gerak pada sumbu- x yang merupakan gerak lurus beraturan dapat diuraikan sebagai berikut

$$v_{t_x} = v_{0_x} = v_0 \cos \theta , . \quad (7)$$

$$s = v_{t_x} t = v_0 \cos \theta t . . \quad (8)$$

Pada saat titik tertinggi kecepatan akhir pada sumbu- y bernilai nol, dinotasikan $v_{t_y} = 0$. Dengan demikian dapat diperoleh

$$t_{h_{\max}} = \frac{v_0 \sin \theta}{g} , . \quad (9)$$

$$h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} , . \quad (10)$$

dimana $t_{h_{\max}}$ didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk mencapai ketinggian maksimum h_{\max} .

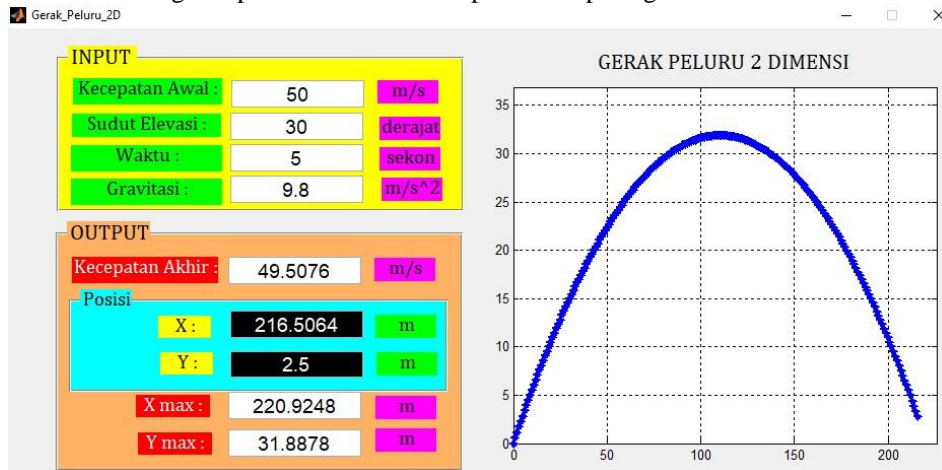
Selanjutnya ditinjau bahwa ketika menempuh jarak terjauh ketinggian partikel bernilai nol, dinotasikan $h = 0$. Dengan demikian dapat diperoleh

$$t_{s_{\max}} = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} , . \quad (11)$$

$$s_{\max} = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g} . \quad (12)$$

dimana $t_{s_{max}}$ didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak maksimum S_{max} .

Grafik simulasi untuk gerak parabola 2 dimensi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Hasil simulasi gerak parabola 2 – dimensi dengan menggunakan Matlab GUI.

Diberikan data kecepatan awal 50 m/s , dan percepatan gravitasi 9.8 m/s . Dapat dilihat pada gambar bahwa setelah mencapai waktu $t = 5 \text{ sekon}$ partikel berada pada posisi akhir $x = 216.5 \text{ m}$ dan $y = 2.5 \text{ m}$. Jarak dan ketinggian maksimum yang dicapai partikel masing - masing adalah 220.92 m dan 31.88 m . Hasil perhitungan secara numerik telah sesuai dengan perhitungan analitik.

Selanjutnya dilakukan analisis untuk kasus 3 dimensi. Pada gerak 3 dimensi, kecepatan awal peluru didefinisikan sebagai berikut

$$\vec{v}_0 = v_{0_x} \hat{i} + v_{0_y} \hat{j} + v_{0_z} \hat{k} . \quad (13)$$

Sebelum menganalisis pergerakan, terlebih dahulu dilakukan transformasi kecepatan awal peluru dari koordinat *spherical* (koordinat bola) ke koordinat kartesian. Dengan demikian diperoleh komponen kecepatan awal dalam arah sumbu- x, y, z adalah sebagai berikut

$$v_{0_x} = v_0 \sin \theta \cos \phi , \quad (14)$$

$$v_{0_y} = v_0 \sin \theta \sin \phi , \quad (15)$$

$$v_{0_z} = v_0 \cos \theta . \quad (16)$$

Posisi mendatar pada arah sumbu - y ,

$$p_y = v_{0_y} t \quad (17)$$

Diberikan posisi awal dalam arah sumbu- x adalah x_0 . Posisi mendatar pada arah sumbu x (akibat pengaruh kecepatan angin),

$$p_x = x_0 + v_{angin} t \quad (18)$$

Output yang diperoleh diantaranya sebagai berikut. Pertama dihitung kecepatan akhir partikel yang dirumuskan sebagai berikut

$$v = \sqrt{v_{0_x}^2 + (v_{0_y} - gt)^2} \quad (19)$$

Selanjutnya dapat diperoleh posisi akhir partikel pada masing – masing sumbu- x, y , dan z sebagai berikut

$$x = v_{0_x} t_{max} , \quad (20)$$

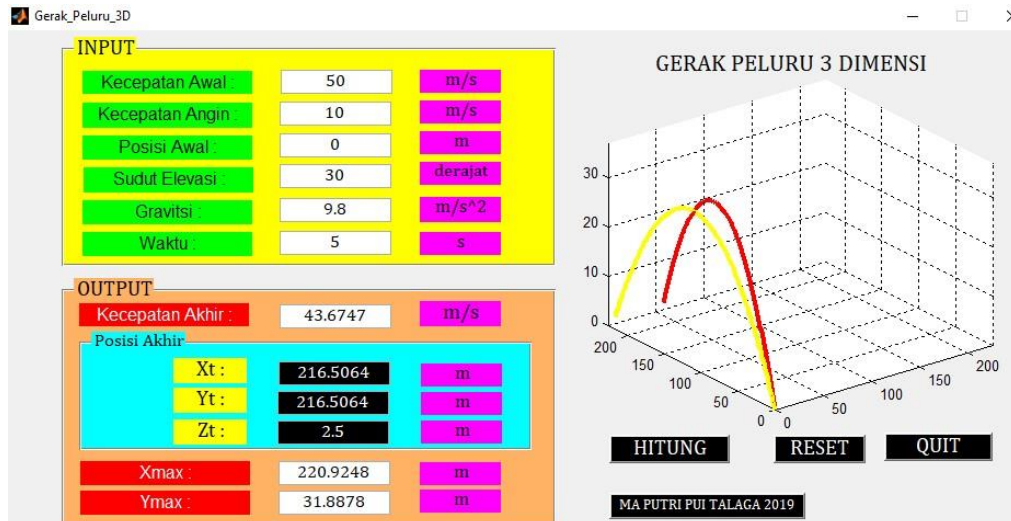
$$y = v_{0_y} t_{max} , \quad (21)$$

$$z = v_{0_z} t_{max} - \frac{1}{2} g t_{max}^2 \quad (22)$$

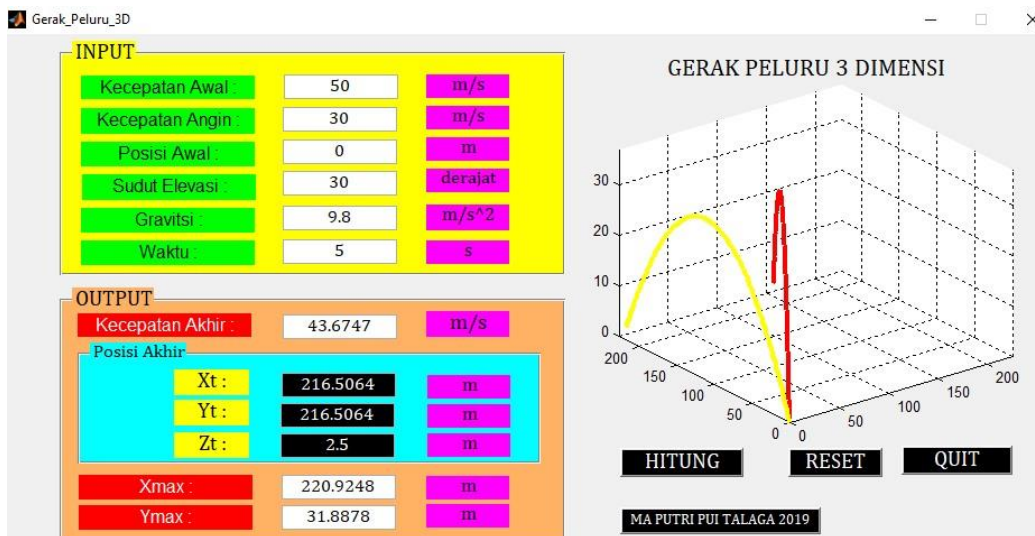
dimana waktu yang diperlukan partikel hingga mencapai tanah kembali dirumuskan oleh

$$t_{max} = \frac{2v_{0_z}}{g} \quad (23)$$

Grafik simulasi untuk gerak parabola 3 dimensi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. Simulasi gerak parabola 3 untuk kecepatan angin 10 m/s



Gambar 6. Simulasi gerak parabola 3 untuk kecepatan angin 30 m/s

Diberikan data kecepatan awal 50 m/s , kecepatan angin 10 m/s , sudut elevasi 30° , dan percepatan gravitasi 9.8 m/s^2 , posisi awal arah sumbu- x yaitu $x_0 = 0$. Pertama diasumsikan bahwa gesekan udara (kecepatan angin) diabaikan. Dapat dilihat pada gambar 4 dan 5 bahwa setelah mencapai waktu $t=5$ sekon partikel berada pada posisi akhir $x = y = 216.5 \text{ m}$ dan $z = 2.5 \text{ m}$. Nilai ini sama dengan nilai - nilai yang didapatkan untuk kasus 2 dimensi, dimana pada kasus 3 dimensi sumbu- x dan y merepresentasikan bidang datar (alas) sedangkan koordinat sumbu- z merepresentasikan tinggi peluru. Dengan data awal yang sama, jarak dan ketinggian maksimum yang dicapai partikel untuk kasus 3 dimensi tanpa kecepatan angin sama dengan kasus 2 dimensi masing - masing adalah 220.92 m dan 31.88 m . Selanjutnya ditinjau pengaruh kecepatan angin terhadap gerakan benda, dimana diasumsikan angin bergerak pada arah sumbu- x . Secara fisis, kondisi ini mengakibatkan terjadinya perubahan posisi akhir untuk komponen sumbu- x . Dapat dilihat pada gambar 4 dan 5, kurva warna kuning merupakan lintasan gerak partikel tanpa pengaruh gesekan udara (kecepatan angin) sedangkan kurva warna merah merupakan lintasan gerak partikel akibat pengaruh angin dengan kecepatan 10 m/s pada gambar 4 dan 30 m/s pada gambar 5. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan angin, perubahan posisi peluru dari posisi awal akan semakin besar. Hasil perhitungan secara numerik telah sesuai dengan hasil perhitungan secara analitik. Koding simulasi gerak parabola 2 dimensi dan 3 dimensi dapat dilihat pada tautan berikut <http://bit.ly/ABS29-parabola>.

KESIMPULAN

Dinamika tumbukan bola pantul merupakan salah satu topik pembelajaran fisika tingkat sekolah menengah atas yang menarik untuk dikaji karena melibatkan berbagai konsep fisika diantaranya gerak jatuh bebas, tumbukan, gerak parabola serta konsep matematika deret geometri tak hingga. Telah dilakukan simulasi dinamika tumbukan bola pantul dengan menggunakan Matlab GUI dan hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 3. Sebagai penelitian lanjutan dapat dikaji pengaruh massa serta variasi jari - jari bola terhadap dinamika gerak bola. Diharapkan Matlab GUI dapat dijadikan sebagai salah satu media pembelajaran fisika tingkat sekolah menengah atas untuk dikembangkan guna memberikan simulasi fenomena fisika lainnya dalam kehidupan sehari - hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua Penyelenggara MA Putri PUI Talaga, H. M. Damhuri dan berbagai pihak lainnya yang telah mendukung secara penuh dalam kegiatan penelitian ini.

REFERENSI

1. Walker, J., Halliday, D., Resnick, R., *Fundamentals of Physics 10th edition*, Hoboken, NJ: Wiley (2011).
2. Raymond A. Serway and John W. Jewett, Jr. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics 10th edition*, Physical Sciences: Mary Finch (2013).
3. Douglas C. Giancoli., *Physics: Principles with Applications 7th edition*, University of California (2014).