



**PROFIL GERAK PELURU YANG MENGALAMI ROTASI DENGAN
HAMBATAN UDARA KUADRATIK MENGGUNAKAN METODE
RUNGEKUTTA**

SKRIPSI

Oleh

**Putri Pramitasari
NIM 081810101004**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



**PROFIL GERAK PELURU YANG MENGALAMI ROTASI DENGAN
HAMBATAN UDARA KUADRATIK MENGGUNAKAN METODE
RUNGEKUTTA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Matematika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

oleh

**Putri Pramitasari
NIM 081810101**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Rini Dwi Harwati dan Ayahanda Didik Hari Muljanto yang tersayang;
2. adik saya Putra Adi Paksi yang tersayang;
3. guru-guru saya sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

Allah tidak menarik kembali ilmu pengetahuan dengan jalan mencabutnya dari hati sanubarimanusia, tetapi dengan jalan mematikan para ulama. Dan apabila para ulama telah tidak ada, maka masyarakat akan mengangkat orang-orang bodoh menjadi pemimpin. Hingga kalau orang-orang bodoh bertanya, mereka menjawab dan memberikan fatwanya tanpa ilmu pengetahuan, mereka sesat dan menyesatkan.
(Bukhari dan Muslim)^{*)}

^{*)}Khoyyath, A. U. (Tanpa Tahun). *274 Hadist dan Doa Pilihan NABI SAW*. Jakarta: Pustaka Amani

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Putri Pramitasari

NIM : 081810101004

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Profil Gerak Peluru yang Mengalami Rotasi dengan Hambatan Kuadratik Menggunakan Metode Runge-Kutta” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Februari 2013

Yang menyatakan,

Putri Pramitasari

NIM 081810101004

SKRIPSI

PROFIL GERAK PELURU YANG MENGALAMI ROTASI DENGAN HAMBATAN KUADRATIK MENGGUNAKAN METODE RUNGE-KUTTA

Oleh

Putri Pramitasari
NIM 081810101004

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Kusbudiono, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Rusli Hidayat, M.Sc.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Profil Gerak Peluru yang Mengalami Rotasi dengan Hambatan Kuadratik Menggunakan Metode Runge-Kutta” telah diuji dan disahkan pada:
hari, tanggal:

tempat: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Kusbudiono, S.Si., M.Si.
NIP 197704302005011001

Drs. Rusli Hidayat, M.Sc.
NIP 196610121993031001

Penguji I,

Penguji II,

Kiswara Agung Santoso, S.Si., M.Kom.
NIP197209071998031003

Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si.
NIP197407192000121001

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D.
NIP 196101081986021001

RINGKASAN

Profil Gerak Peluru yang Mengalami Rotasi dengan Hambatan Kuadratik Menggunakan Metode Runge-kutta; Putri Pramitasari, 081810101004; 2013: 71 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Dalam kehidupan sehari-hari banyak muncul persoalan yang melibatkan model matematika di berbagai disiplin ilmu pengetahuan, seperti dalam bidang fisika, kimia, ekonomi, atau persoalan rekayasa (engineering), seperti Teknik Sipil, Teknik Mesin dan sebagainya. Misalnya dalam bidang fisika ada istilah gerak peluru, gerak peluru merupakan kejadian yang sering kita lihat dalam kehidupan sehari-hari misalnya dalam bidang kemiliteran yaitu pada saat menembakan rudal maupun mortir. Pada penelitian kali ini akan dikaji tiga jenis gerak peluru antara lain gerak peluru tanpa hambatan udara, gerak peluru dengan hambatan linier, dan gerak peluru dengan hambatan kuadratik dimana peluru tersebut mengalami rotasi dan parameter yang mempengaruhi gerak peluru divariasikan. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui profil dari ketiga gerak peluru di atas, sehingga kita mendapatkan manfaat berupa pengetahuan tentang gerak peluru.

Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, penelitian tentang masalah gerak peluru ini dibagi menjadi lima tahap yaitu kajian pustaka model gerak peluru, menyelesaikan model dengan metode rungekutta, perhitungan menggunakan matlab, analisis hasil dan pembahasan. Pada tahap kajian pustaka dilakukan dengan cara mencari literatur-literatur yang berhubungan dengan gerak peluru. Setelah kajian pustaka, akan dilanjutkan dengan menyelesaikan model dengan metode rungekutta, pada tahap ini model gerak peluru disubstitusikan ke dalam persamaan rungekutta orde 4. Setelah tahap kedua, selanjutnya kita melakukan perhitungan menggunakan matlab, pada tahap ini ada beberapa langkah yang harus dilakukan yaitu penentuan parameter, penentuan jenis hambatan, dan pencarian hasil. Kemudian tahap

selanjutnya yaitu menganalisis hasil dari perhitungan di atas yang berupa bentuk lintasan, besar bilangan reynold, konstanta hambatan, jarak maksimum, ketinggian maksimum dan simpangan peluru. Lintasan pada gerak peluru tanpa hambatan udara berbentuk parabola sedangkan pada gerak peluru dengan hambatan udara lintasannya berupa parabola yang puncaknya bergeser. Dari ketiga gerak peluru di atas dimana diberi posisi awal $x(t_0) = 0$, $y(t_0) = 0$ di dapatkan jarak maksimum terbesar pada sudut 45° pada gerak peluru tanpa hambatan udara dan 30° pada gerak peluru dengan hambatan udara, sedangkan untuk ketinggian maksimumnya semakin besar sudutnya maka semakin besar ketinggian yang dihasilkan. Ketika sebuah peluru diluncurkan dari ketinggian tertentu maka semakin besar sudut tembakannya, jarak yang dihasilkan semakin pendek. Untuk semua gerak peluru, apabila diberi kecepatan awal semakin besar maka semakin besar jarak maksimum, ketinggian maksimum dan simpangannya. Sedangkan apabila peluru diberi kecepatan sudut besar maka semakin besar simpangannya.

Pada gerak peluru tanpa hambatan udara apabila diberi jari-jari besar maka simpangannya lebih besar pula. Sedangkan pada gerak peluru dengan hambatan udara apabila peluru diberi jari-jari semakin besar maka jarak dan ketinggiannya semakin kecil, namun hal itu berbanding terbalik dengan peluru yang diberi massa semakin besar.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Profil Gerak Peluru yang Mengalami Rotasi dengan Hambatan Udara Kuadratik menggunakan Metode Runge-Kutta”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibunda Rini Dwi Harwati, Ayahanda Didik Hari Muljanto, dan adik saya Putra Adi Paksi yang telah memberikan doa dan dorongannya demi terselesaikannya skripsi ini;
2. Kusbudiono, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Drs. Rusli Hidayat, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Kiswara Agung Santoso, S.Si., M.Kom., dan Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberi masukan dalam skripsi ini;
4. Kiswara Agung Santoso, S.Si., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Tri Gunarso yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu menyelesaikan skripsi ini;
6. Titik Eko Wati, S.Si., Dayvis Suryadana, Eka Farista, Andika Monalisa, M. Arif riyanto, S.Si., dan teman-teman angkatan 2008 yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung;
7. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Jember, Februari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN SKRIPSI	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Persamaan Diferensial	4
2.2 Rotasi	5
2.3 Hukum newton	6
2.3.1 Hukum Newton I.....	6
2.3.2 Hukum Newton II	6
2.3.3 Hukum Newton III	7
2.4 Gaya	7
2.4.1 Gaya Gravitasi.....	8

2.4.2 Gaya gesek	8
2.4.3 Gaya Magnus	9
2.4.4 Gaya Sentripetal	9
2.5 Gerak peluru	10
2.5.1 Model Gerak Peluru Tanpa Hambatan.....	10
2.5.2 Model Gerak Peluru Dengan Hambatan Linier	11
2.5.3 Model Gerak Peluru Dengan Hambatan Kuadratik	12
2.6 Bilangan Reynold	13
2.7 Metode Runge-Kutta	14
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	15
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Kajian Pustaka Model Gerak peluru	19
4.2 Menyelesaikan Model dengan metode Runge-Kutta	19
4.3 Perhitungan Menggunakan Matlab	21
4.3.1 Penentuan Parameter	21
4.3.2 Penentuan Jenis Hambatan.....	21
4.3.3 Pencarian Hasil.....	22
4.4 Simulasi dan Analisis Hasil	23
4.5 Pembahasan	36
BAB 5. PENUTUP.....	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Skema metode penelitian	15
Gambar 4.1Tampilan progam GUI.....	23
Gambar 4.2 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan posisi awal dan posisi jatuhnya sama.	24
Gambar 4.3 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan ketinggian berbeda.....	25
Gambar 4.4 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan sudut tembakan berbeda.....	26
Gambar 4.5 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan sudut tembakan berbeda dan ketinggian $y_{t0} = 200$	27
Gambar 4.6 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara linier dimana posisi awal dan posisi jatuhnya sama	28
Gambar 4.7 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara linier dimana ketinggiannya berbeda.	29
Gambar 4.8 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara linier dimana sudut tembakannya berbeda	30
Gambar 4.9 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara linier dimana sudut tembakannya berbeda dan diberi ketinggian $y_{t0} = 0,04$	31
Gambar 4.10 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara kuadratik dimana posisi awal dan posisi jatuhnya sama.....	32
Gambar 4.11 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara kuadratik dimana ketinggiannya berbeda	33
Gambar 4.12 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara kuadratik dimana sudut tembakannya berbeda	34
Gambar 4.13 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara kuadratik dimana sudut tembakannya berbeda dan diberi ketinggian $y_{t0} = 50$	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Lampiran gambar-gambar	45
Lampiran 1 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan kecepatan awal 50m/s dan 70m/s	45
Lampiran 2 Lintasan gerak peluru dengan kecepatan sudut 10m/s dan 30m/s	45
Lampiran 3 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan jari-jari peluru 5 cm dan 10cm.....	46
Lampiran 4 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan massa 0.000001 g dan 100000 g.....	46
Lampiran 5 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan variasi sudut tembakan	47
Lampiran 6 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan variasi sudut tembakan dan ketinggiannya $yt_0 = 200$	47
Lampiran 7 Lintasan gerak peluru dengan hambatan linier yang diberi kecepatan awal 0,25m/s dan 0,35m/s	48
Lampiran 8 Lintasan gerak peluru dengan hambatan linier pada peluru yang berjari- jari 0,0006 dan 0,0008	48
Lampiran 9 Lintasan gerak peluru dengan hambatan linier pada peluru dengan massa 0,00002 g dan 0,00008 g.....	49
Lampiran 10 Lintasan gerak peluru dengan hambatan linier yang diberi kecepatan sudut 0,25m/s dan 0,5m/s.....	49
Lampiran 11 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara linier dimana sudut tembakan divariasikan	50
Lampiran 12 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara linier dengan variasi sudut tembakan dan ketinggiannya $yt_0 = 0,04$	50
Lampiran 13 Lintasan gerak peluru dengan hambatan kuadratik dimana kecepatan awalnya 50m/s dan 55m/s.....	51

Lampiran 14 Lintasan gerak peluru dengan hambatan kuadratik dimana jari-jari pelurunya 0,11 cm dan 0,33 cm.	51
Lampiran 15 Lintasan gerak peluru dengan hambatan kuadratik dimana massanya 0,3 g dan 0,9 g.....	52
Lampiran 16 Lintasan gerak peluru dengan hambatan kuadratik dimana kecepatan sudutnya 30m/s dan 50m/s.....	52
Lampiran 17 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara kuadratik dimana sudut tembakannya divariasikan.....	53
Lampiran 18 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara kuadratik dengan variasi sudut tembakan dan ketinggiannya $yt_0 = 40$	53
Lampiran B. Skrip GUI.....	54
Lampiran C. Skrip Progam	68

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari banyak muncul persoalan yang melibatkan model matematika di berbagai disiplin ilmu pengetahuan, seperti dalam bidang fisika, kimia, ekonomi, atau persoalan rekayasa (engineering), seperti Teknik Sipil, Teknik Mesin dan sebagainya. Misalnya dalam bidang fisika ada istilah gerak peluru, gerak peluru merupakan kejadian yang sering kita lihat dalam kehidupan sehari-hari misalnya dalam bidang kemiliteran yaitu pada saat menembakan rudal maupun mortir yaitu membantu rudal untuk bisa mencapai tempat lawan dengan gerakan benda berbentuk parabola ketika diberikan kecepatan awal dari ketinggian tertentu dengan sudut tetap terhadap garis horisontal sehingga dapat mencapai tempat lawan dan menembakan ke arah yang benar atau mencapai tempat yang diinginkan. Contoh yang lain adalah pengiriman bahan bantuan yang dijatuhkan dari helikopter dimana bantuan tersebut akan di tujukan untuk daerah bencana alam. Diharapkan bahan bantuan tersebut bisa tepat jatuh di sasaran.

Berkenaan dengan materi gerak peluru, Hidayat (2006) telah mengkaji mengenai model gerak peluru tanpa hambatan dan dengan hambatan linier tanpa mengalami spin. Dalam kajian tersebut, Hidayat menganalisis perbedaan antara gerak peluru tanpa hambatan udara dan peluru dengan hambatan linier terhadap lintasan, ketinggian maksimum dan jarak maksimum.

Masih berkenaan dengan gerak peluru, Evans (2004) mengkaji tentang gerak peluru dengan hambatan linier dan gerak peluru dengan hambatan kuadratik. Evans menerangkan bahwa luas permukaan peluru mempengaruhi jenis hambatannya dimana jika luas permukaannya kecil maka hambatannya linier dan sebaliknya untuk hambatan kuadratik.

Benacka (2009) menggunakan metode Euler untuk menyelesaikan masalah gerak peluru dengan hambatan kuadratik. Metode ini memiliki tingkat ketelitian yang rendah karena hanya memperhitungkan dua suku pertama sedangkan suku-suku setelahnya diabaikan.

Ainurofiq (2011) telah mengkaji tentang gerak peluru tanpa rotasi, tanpa hambatan, dengan hambatan linier, dan hambatan kuadratik melalui variasi parameter yang mempengaruhi gerak peluru. Ainurofiq telah menggunakan metode runge-kutta yang memiliki ketelitian lebih tinggi apabila dibandingkan dengan metode yang digunakan pada penelitian sebelumnya. Namun dalam skripsi ini peluru tidak mengalami rotasi, sedangkan dalam kehidupan sehari-hari hal itu sering terjadi. Oleh karena itu dalam skripsi ini akan di bahas tentang profil gerak peluru dengan rotasi.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang bisa kita angkat berdasarkan latar belakang diatas yaitu bagaimana profil gerak peluru tanpa hambatan, dengan hambatan linier dan dengan kuadratik dimana peluru tersebut mengalami rotasi dan beberapa parameter yang mempengaruhi gerak peluru divariasikan. Parameter yang akan divariasikan yaitu jari-jari peluru, massa peluru, kecepatan awal, kecepatan sudut, posisi awal, dan sudut tembakan. Selain itu metode numerik yang akan digunakan yaitu metode Runge-Kutta untuk menyelesaikan gerak peluru dengan hambatan kuadratik.

1.3 Tujuan

Dari perumusan masalah diatas, dapat ditentukan tujuan dari skripsi ini yaitu untuk mendapatkan profil gerak peluru yang mengalami rotasi tanpa hambatan, dengan hambatan linier dan hambatan kuadratik apabila parameter yang mempengaruhi gerak peluru tersebut telah divariasikan.

1.4 Batasan Masalah

Agar cakupan bahasan dalam skripsi ini tidak terlalu meluas maka diberikan beberapa batasan yaitu

- a. Karena peluru di tembakan dari tanah maka sudut tembakan atau sudut elevasi yang di gunakan antara $0^\circ < \alpha < 90^\circ$.
- b. Karena peluru diumpakan berbentuk bola maka menggunakan koefisien angkat liftnya dari benda berbentuk bola sebesar $C_l=1,23$.
- c. Karena peluru mengalami dua jenis hambatan maka untuk hambatan linier atau $Re \leq 10^5$ digunakan $C_d = 0,5$ sedangkan untuk hambatan kuadratik atau $Re > 10^5$ digunakan $C_d = 0,2$.

1.5 Manfaat

Ada beberapa manfaat yang diharapkan dapat diambil dari penulisan skripsi ini sebagai berikut.

- a. Mengetahui profil gerak peluru yang mengalami rotasi.
- b. Dapat membedakan profil gerak peluru yang mengalami rotasi tanpa hambatan udara dan dengan hambatan udara apabila kondisi dan parameternya divariasikan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial adalah persamaan yang memiliki turunan-turunan dari suatu fungsi yang tidak diketahui (Eko,2006). Jika variabel terikat suatu persamaan diferensial tergantung pada satu variabel bebas, maka persamaan tersebut dinamakan persamaan diferensial biasa (PDB). Sedangkan untuk suatu persamaan diferensial yang memuat dua atau lebih variabel bebas, maka persamaan tersebut disebut sebagai persamaan diferensial parsial (PDP) (Hidayat,1997).

Jika diberikan suatu barisan bilangan real x_n , maka persamaan diferensial merupakan sebuah persamaan yang berkaitan dengan nilai x_n pada sebuah titik n dan menghasilkan nilai-nilai pada beberapa titik (biasanya titik-titik yang berdekatan). Persamaan diferensial biasanya menyatakan beberapa anggota dari barisan (dari beberapa titik di dalamnya), yang berkenaan dengan anggota sebelumnya dari barisan tersebut. Jika didefinisikan anggota ke- k dari suatu barisan yang berkenaan dengan anggota ke- $(k-1)$ (kemungkinan juga k itu sendiri) maka dinamakan persamaan diferensial order satu. Namun, jika didefinisikan anggota ke- k dari suatu barisan yang berkenaan dengan anggota ke- $(k - 2)$ (kemungkinan juga anggota ke- $(k-1)$ atau k itu sendiri) maka dinamakan persamaan diferensial orde dua dan seterusnya (Fulford *et al*, 1997).

Persamaan diferensial orde k adalah linear jika dan hanya jika persamaan diferensial dapat dituliskan dalam bentuk :

$$a_k(n)x_{n+k} + a_{k-1}(n)x_{n+k-1} + \dots + a_0(n)x_n = f(n), \quad 2.1$$

tung pada n maka dikatakan koefisien dari persamaan diferensial tersebut konstan dan jika $f(n)$ bernilai nol maka disebut persamaan diferensial homogen.

Jika persamaan diferensial tidak memenuhi persamaan (2.1) maka persamaan diferensial tersebut dinamakan persamaan diferensial non linear dan solusi dari persamaan non linear dapat diperoleh dengan iterasi. Namun, tidak semua persamaan diferensial non linear mempunyai solusi khusus. Persamaan diferensial non linear yang tidak mempunyai solusi khusus dapat diselesaikan dengan menggunakan iterasi numerik.

2.2 Rotasi

Rotasi adalah perputaran semua titik pada benda tegar yang bergerak dalam lingkaran dan pusat semua lingkaran ini berada pada sebuah garis yang disebut sumbu rotasi. Benda tegar yang dimaksud adalah benda dengan bentuk tertentu yang tidak berubah, sehingga partikel-partikel pembentuknya berada pada posisi relatif tetap satu sama lainnya. Kali ini kita menggunakan peluru yang apabila mengalami rotasi di asumsikan tidak mengalami perubahan bentuk. Untuk mendeskripsikan gerak rotasi, kita menggunakan besaran-besaran sudut, seperti kecepatan sudut dan percepatan sudut.

Sebuah titik pada peluru yang mengalami rotasi mengalami dua kecepatan, yaitu kecepatan linier dan kecepatan angular (kecepatan sudut). Kecepatan linier pada gerak melingkar ini sama halnya dengan kecepatan pada gerak lurus biasa, sehingga dapat dikatakan kecepatan linier adalah jarak yang ditempuh per satuan waktu yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V = \frac{s}{t}, \quad 2.2$$

dimana s adalah lintasan dalam meter dan t adalah waktu tempuh dalam sekon.

Sedangkan kecepatan angular (kecepatan sudut) menurut wisman (2010) adalah sudut yang ditempuh oleh sebuah titik yang bergerak di tepi lingkaran per satuan waktu. Sebuah titik bergerak mengelilingi sebuah lingkaran dengan waktu t detik dimana satu lingkaran sama dengan 2π radian maka kecepatan sudut titik tersebut adalah:

$$\omega = \frac{2\pi}{t}. \quad 2.3$$

2.3 Hukum newton

Isaac Newton adalah matematikawan Inggris terbesar dari generasinya. Beliau meletakkan dasar untuk diferensial dan kalkulus integral. Karyanya pada optik dan gravitasi membuatnya dikenal sebagai salah satu ilmuwan terbesar dunia. Mekanika klasik atau mekanika Newton adalah teori tentang gerak yang didasarkan pada konsep massa dan gaya. Semua kejadian dalam mekanika klasik dapat diilustrasikan dengan menggunakan tiga hukum newton tentang gerak. Hukum newton menghubungkan percepatan benda dengan massanya dan gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut. Ketiga Hukum Newton tersebut dijelaskan secara terperinci pada subbab-subbab dibawah ini,

2.3.1 Hukum Newton I

Hukum newton yang pertama disebut juga dengan Hukum Kelembaman. Hukum Newton I bunyinya,” Sebuah benda tetap pada keadaan awalnya yang diam atau bergerak dengan kecepatan sama kecuali benda tersebut dipengaruhi oleh gaya eksternal berupa tarikan atau dorongan, bila benda mula-mula bergerak maka benda tersebut akan bergerak dengan kecepatan tetap”. Kalau dalam persamaan matematisnya,

$$\Sigma F = 0, \quad 2.4$$

pada persamaan (2.4) , F adalah besarnya gaya.

2.3.2 Hukum Newton II

Hukum II Newton membahas tentang benda yang bergerak dimana kecepatan pada benda tersebut mengalami perubahan atau biasa disebut benda mengalami percepatan. Karena benda mengalami percepatan maka resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut tidak sama dengan nol. Hukum kedua Newton berbunyi, “Percepatan sebuah benda berbanding terbalik dengan massanya dan berbanding

lurus dengan gaya yang bekerja pada benda tersebut". Kalau dalam persamaan matematisnya,

$$\sum F = ma. \quad 2.5$$

Pada persamaan (2.5), m adalah massa benda dan a adalah percepatan benda.

2.3.3 Hukum Newton III

Praweda B (2000) menerangkan bahwa sebuah benda apabila diberikan sebuah gaya maka benda tersebut akan memberikan gaya balasan yang nilainya sama besar. Kedua benda yang saling berinteraksi tersebut memiliki arah gaya yang saling berlawanan. Kalau dalam persamaan matematisnya,

$$\mathbf{F}_{aksi} = -\mathbf{F}_{reaksi}. \quad 2.6$$

Pada persamaan (2.6), \mathbf{F}_{aksi} merupakan gaya yang diberikan benda, sedangkan \mathbf{F}_{reaksi} adalah gaya yang diterima oleh benda.

2.4 Gaya

Dalam kehidupan sehari-hari, terutama dalam bidang fisika sering kali kita mendengar istilah gaya. Gaya adalah besaran vektor yang menyebabkan suatu benda mengalami perubahan karena dikenai suatu tarikan atau dorongan. Beberapa contoh pengaruh gaya terhadap benda sehingga mengalami perubahan yaitu gaya dapat membuat benda yang tadinya diam menjadi bergerak, gaya dapat mengubah arah benda, gaya dapat mengubah bentuk benda dan gaya dapat mengubah posisi atau letak benda.

Pada skripsi kali ini akan dibahas tentang peluru yang diam kemudian terkena gaya sehingga mengakibatkan bergerak, setelah peluru tersebut bergerak peluru terkena gaya lain yang menyebabkan arah gerakannya berubah. Beberapa gaya yang mempengaruhi profil gerak peluru yang mengalami rotasi untuk lebih jelasnya telah diperinci pada subbab-subbab di bawah ini.

2.4.1 Gaya Gravitasi

Isaac Newton atau biasa dipanggil dengan sebutan “Bapak Fisika” adalah seorang ilmuwan yang menemukan gaya gravitasi. Pada profil gerak peluru, gaya gravitasi yang terjadi adalah gaya gravitasi bumi. Gaya grafitasi bumi atau biasa disebut gaya tarik bumi adalah sebuah gaya yang menarik semua partikel di atasnya kearah bumi.

Pada proses gerak peluru, percepatan gravitasi mempunyai arah ke bawah, selain itu peluru juga memiliki massa yang menyebabkan peluru tersebut mengalami gaya berat. Gaya berat adalah gaya yang ditimbulkan karena adanya tarikan oleh bumi. Secara matematis hukum ini dapat dituliskan seperti pada persamaan,

$$\mathbf{F}_b = m\mathbf{g}. \quad 2.7$$

Pada persamaan (2.7), \mathbf{g} adalah percepatan gravitasi (Sutrisno, 1997).

2.4.2 Gaya gesek

Gaya lain yang mempengaruhi profil gerak peluru yang mengalami rotasi adalah gaya gesek. Praweda A (2000) mengungkapkan bahwa gaya gesek merupakan gaya yang ditimbulkan oleh dua permukaan yang saling bersentuhan dimana semakin kasar permukaan maka akan semakin besar gaya gesek yang dihasilkan. Selain itu gaya gesek arahnya selalu berlawanan dengan arah gerak benda. Dalam gerak peluru gaya gesek yang terjadi adalah gaya antara benda padat dengan udara. Gaya ini sering disebut dengan gaya gesek udara atau gaya hambat udara. Gaya hambat udara adalah gaya yang menghambat pergerakan sebuah benda padat pada saat benda berada di udara. Gaya hambat udara secara umum dirumuskan seperti pada persamaan,

$$\mathbf{F}_u = -f(v)\hat{\mathbf{v}}, \quad 2.8$$

dimana

$$f(v) = kv + hv^2 = f_{linier} + f_{kuadratik}, \quad 2.9$$

dengan $\hat{\mathbf{v}}$ adalah vektor satuan, k dan h merupakan konstanta. (Gary, 2009)

2.4.3 Gaya Magnus

Selain kedua gaya diatas, gaya lain yang mempengaruhi profil gerak peluru yang mengalami rotasi adalah gaya magnus. Gaya magnus hanya terjadi pada peluru yang mengalami rotasi. Gaya magnus ini menyebabkan sebuah peluru membelok ke arah samping karena ketika peluru melayang di udara, peluru melawan aliran udara. Menurut prinsip Bernoulli, kedua sisi pada peluru mengalami perbedaan tekanan.

Peluru yang berputar dengan arah berlawanan dengan arah jarum jam di udara, akan mengalami gaya Magnus ke arah kiri. Fenomena ini terjadi akibat tekanan udara di kiri bola lebih rendah dari sisi yang lain. Secara matematis gaya magnus bisa dirumuskan sebagai berikut,

$$F_M = C_L \cdot \rho \cdot D^3 \cdot f \cdot v \quad 2.10$$

dimana,

F_M = gaya magnus,

C_L = koefisien lift,

ρ = kerapatan udara,

D = diameter bola,

f = frekuensi udara,

v = kecepatan,

sedangkan untuk besarnya percepatan bola dapat di hitung dengan persamaan,

$$F = m a,$$

untuk mendapatkan besarnya nilai simpangan, menggunakan persamaan,

$$s = v_s \cdot t + \frac{1}{2} a t^2 \quad 2.11$$

dimana s adalah jarak simpangan, v_s adalah kecepatan simpangan dan t adalah waktu (Utomo, 2008).

2.4.4 Gaya Sentripetal

Saat sebuah benda berbentuk bola berotasi maka partikel kecil yang berada di dalamnya akan mengalami gaya sentripetal. Khairil (1993) menerangkan bahwa gaya

sentripetal adalah suatu resultan gaya yang arahnya menuju pusat lingkaran saat benda melakukan gerak melingkar. Karena pelurunya berotasi maka arah gayanya menuju pusat dari peluru. Secara matematis gaya sentripetal dirumuskan sebagai berikut,

$$F_s = m a_s, \quad 2.12$$

pada persamaan (2.12) di atas, a_s adalah percepatan sentripetal.

2.5 Gerak peluru

Gerak adalah perubahan posisi suatu benda terhadap titik acuan. Titik acuan sendiri didefinisikan sebagai titik awal atau titik tempat pengamat. Berdasarkan lintasannya gerak dibagi menjadi tiga yaitu gerak lurus apabila lintasannya berbentuk lurus, gerak parabola apabila lintasannya berbentuk parabola, dan gerak melingkar apabila lintasannya berbentuk lingkaran. Gerak juga dibagi berdasarkan percepatannya yaitu gerak beraturan apabila gerak yang percepatannya sama dengan nol atau gerak yang kecepatannya konstan dan gerak berubah beraturan adalah gerak yang percepatannya konstan atau kecepatannya berubah secara teratur.

Dalam skripsi ini peluru mengalami spin sehingga terjadi perubahan gerak pada benda. Perpindahan gerak pada benda terjadi karena dua yaitu karena perputaran benda dan pengaruh angin, seperti yang di jelaskan dalam bab.1 bahwa hembusan angin di abaikan.

Beberapa jenis gerak peluru yang akan dibahas dalam skripsi ini yaitu gerak peluru tanpa hambatan udara, gerak peluru dengan hambatan linier, dan gerak peluru dengan hambatan kuadrat.

2.5.1 Model Gerak Peluru Tanpa Hambatan

Gerak peluru tanpa hambatan udara adalah gerak benda yang diberikan kecepatan awal pada suatu ketinggian tertentu serta lintasannya hanya dipengaruhi

oleh gaya gravitasi (Sarojo, 2002). Menurut hukum Newton II, gerak peluru tanpa hambatan udara dapat dimodelkan seperti pada persamaan,

$$m\mathbf{a} = \sum \mathbf{F},$$

$$m\mathbf{a} = -m\mathbf{g},$$

$$\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = -\mathbf{g}. \quad 2.13$$

Persamaan (2.13) dapat dituliskan dalam bentuk sepasang persamaan sebagai berikut:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 0. \quad 2.14$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -g, \quad 2.15$$

dengan $\mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j}$, persamaan (2.14) merupakan PDB orde dua homogen sedangkan persamaan (2.15) merupakan PDB orde dua nonhomogen. Jika kedua persamaan tersebut diberikan kecepatan awal dan kecepatan sudut pada saat $t_0 = 0$ adalah $\mathbf{v}(t_0)$ dan $\omega(t_0)$, vektor posisi, kecepatan awal dan kecepatan sudut adalah $\mathbf{r}(t_0)$, $\mathbf{v}(t_0)$ dan $\omega(t_0)$ maka akan menghasilkan solusi umum dari posisi benda seperti pada persamaan,

$$\mathbf{r}(t) = ((x(t_0) + ((v(t_0)\cos \alpha) + (\omega(t_0)\cos \beta)t))\mathbf{i} + ((y(t_0) + ((v(t_0)\sin \alpha) + (\omega(t_0)\sin \beta)t))t - \frac{1}{2}gt^2)\mathbf{j}, \quad 2.16$$

dimana $\mathbf{v}(t_0) = (v(t_0)\cos \alpha)\mathbf{i} + (v(t_0)\sin \alpha)\mathbf{j}$, $\omega(t_0) = (\omega(t_0)\cos \beta)\mathbf{i} + (\omega(t_0)\sin \beta)\mathbf{j}$ dan $\mathbf{r}(t_0) = x(t_0)\mathbf{i} + y(t_0)\mathbf{j}$ serta α merupakan sudut elevasi yang dibentuk oleh $\mathbf{v}(t_0)$ terhadap garis horizontal dan β merupakan sudut elevasi yang dibentuk oleh $\omega(t_0)$ dan jari-jari bola.

2.5.2 Model Gerak Peluru Dengan Hambatan Linier

Gerak peluru dengan hambatan linier adalah gerak benda yang diberikan kecepatan awal dengan sudut elevasi pada suatu ketinggian tertentu serta lintasannya dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya hambat udara, dimana gaya hambat udara ini dapat dituliskan dengan rumus: $\mathbf{F}_{linier} = -6\pi\eta r\mathbf{v}$, (Sarojo, 2002). Hambatan linier terjadi pada udara yang mempunyai viskositas tinggi, benda yang mempunyai

jari-jari kecil serta kecepatan benda yang relatif kecil. Akan tetapi, tiga kriteria tersebut masih belum jelas nilai batasannya sehingga digunakan bilangan Reynold untuk mengatasi masalah tersebut. Bilangan Reynold yang sering digunakan untuk menentukan hambatan linier yaitu $R_e < 0,1$ (Olson & Wright, 1993). Menurut hukum Newton II, gerak peluru dengan hambatan linier dapat dimodelkan seperti pada persamaan,

$$\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = -\mathbf{g} - \frac{k}{m} \frac{d\mathbf{r}}{dt}, \quad 2.17$$

dimana $k = 6\pi\eta r$. Persamaan (2.17) dapat dituliskan dalam bentuk sepasang persamaan sebagai berikut,

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m} \frac{dx}{dt}, \quad 2.18$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -g - \frac{k}{m} \frac{dy}{dt}. \quad 2.19$$

persamaan (2.18) dan (2.19) merupakan PDB orde dua nonhomogen. Jika kedua persamaan tersebut diberikan nilai awal maka akan menghasilkan solusi umum dari posisi benda seperti pada persamaan,

$$\mathbf{r}(t) = \left(x(t_0) + \frac{m}{k} (v(t_0) \cos \alpha + \omega(t_0) \cos \beta) \left[1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right] \right) \mathbf{i} + \left(y(t_0) + \frac{m}{k} (v(t_0) \sin \alpha + \omega(t_0) \sin \beta) \left[1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right] - \frac{1}{2} g t^2 \right) \mathbf{j} \quad 2.20$$

2.5.3 Model Gerak Peluru Dengan Hambatan Kuadratik

Pada subsubbab 2.5.2 telah dijelaskan mengenai gerak peluru dengan hambatan linier dimana hambatan tersebut berlaku pada $R_e < 0,1$ sehingga untuk kekentalan udara yang rendah, jari-jari yang relatif besar serta kecepatan yang relatif besar atau $R_e \geq 0,1$ digunakan istilah hambatan kuadratik dimana besar gaya hambat ini dituliskan dengan rumus: $\mathbf{F}_{kuadratik} = -\frac{1}{2} A \rho C_d \mathbf{v}^2$, dengan A merupakan luas karakteristik (luas proyeksi ortogonal bagian depan benda) dan C_d merupakan koefisien gesek. Menurut hukum Newton II, gerak peluru dengan hambatan kuadratik dapat dimodelkan seperti pada persamaan,

$$\frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = -\mathbf{g} - \frac{hv(t)}{m} \frac{d\mathbf{r}}{dt}, \quad 2.21$$

dimana $h = \frac{1}{2} A \rho C_d$. Persamaan (2.21) dapat dituliskan dalam bentuk sepasang persamaan sebagai berikut.

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{h}{m} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \right) \frac{dx}{dt}, \quad 2.22$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -g - \frac{h}{m} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \right) \frac{dy}{dt}, \quad 2.23$$

persamaan (2.22) dan (2.23) merupakan PDB orde dua nonlinier yang masih digabungkan sehingga persamaan tersebut sulit sekali untuk diselesaikan secara analitik. Oleh karena itu, kedua persamaan tersebut dapat diselesaikan menggunakan metode numerik (Evans, 2004).

2.6 Bilangan Reynold

Osborne Reynold adalah seorang fisikawan yang lahir pada tanggal 23 Agustus 1842 di Belfast, Irlandia Utara. Pada tahun 1883 beliau berjasa besar karena telah mengemukakan bilangan Reynold. Bilangan Reynold adalah bilangan tak berdimensi yang bergantung pada rapat massa, viskositas, diameter dan kecepatan. Dalam kasus gerak peluru, bilangan Reynold biasanya digunakan dalam acuan menentukan jenis hambatan, koefisien hambatan dan batas-batas arus pada permukaan peluru yang bersifat laminer atau turbulen. Arus Laminer adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan (lamina-lamina) membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain sedangkan arus turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi (Taufik, 2011). Karena aliran turbulen lebih acak maka hambatan pada aliran turbulen lebih besar daripada hambatan pada aliran Laminer. Dalam matematis Bilangan Reynold dapat dituliskan seperti pada persamaan,

$$R_{e} = \frac{\rho v D}{\eta}, \quad 2.24$$

dimana η adalah viskositas dari udara, D adalah diameter benda, ρ adalah kerapatan udara dan yang terakhir adalah kecepatan. Dari persamaan (2.24) dapat dilihat bahwa Bilangan Reynold berbanding lurus dengan kecepatan dan diameter hal ini membuktikan bahwa semakin besar kecepatan dan diameter dari peluru maka semakin besar pula Bilangan Reynold. Sedangkan seperti yang di jelaskan dalam bab.1 bahwa viskositas dan kerapatan dianggap konstan.

2.7 Metode Runge-Kutta

Seperti yang di jelaskan pada bab 2.1 bahwa persamaan diferensial non linier ada kalanya tidak dapat diselesaikan secara analitik. Untuk itu dikembangkanlah metode pendekatan yang berprinsip beda terbagi (*devided difference*). Metode pendekatan yang banyak digunakan di software komersial seperti maple dan matlab untuk menyelesaikannya adalah metode Runge - Kutta (RK). Dalam skripsi kali ini, akan digunakan Metode Runge - Kutta orde empat.

Metode RK orde empat merupakan metode yang paling teliti dibandingkan dengan metode-metode RK sebelumnya. Oleh karena itu, metode RK orde empat sering digunakan untuk menyelesaikan suatu persamaan diferensial. Metode ini diturunkan dengan cara yang sama seperti metode RK orde dua untuk nilai $n = 4$. Formula dari metode RK orde empat ditunjukkan pada persamaan,

$$\mathbf{r}(t_i) = \mathbf{r}(t_{i-1}) + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)\Delta t, \quad 2.25$$

dengan

$$k_1 = f(t_{i-1}, \mathbf{r}(t_{i-1}))$$

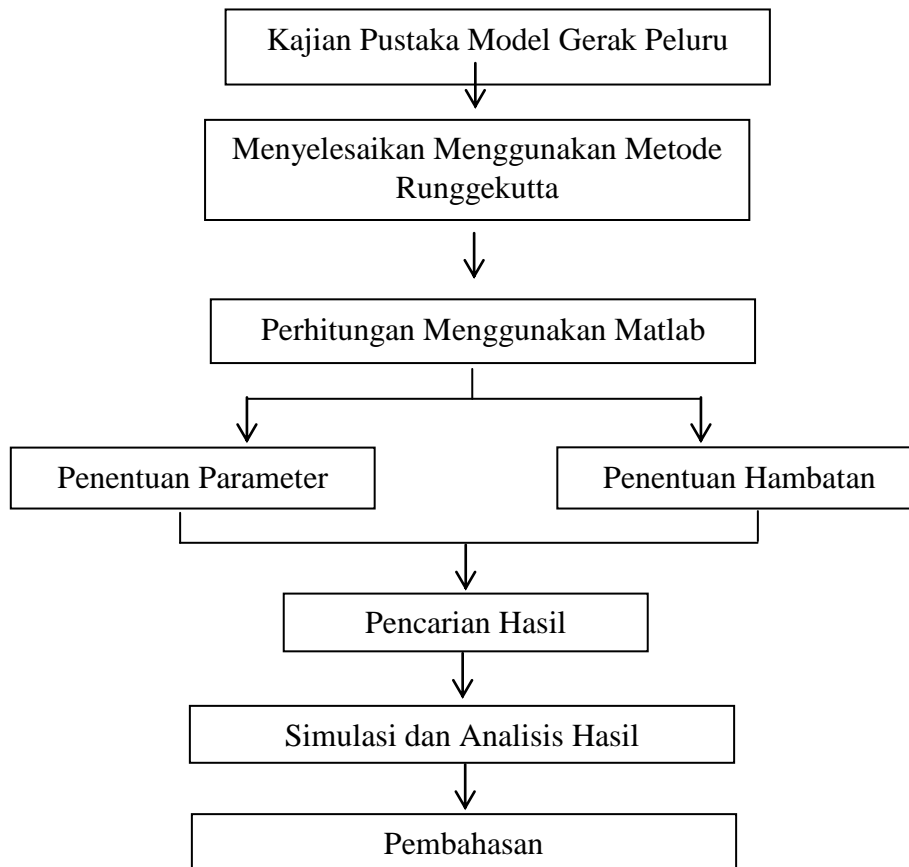
$$k_2 = f\left(t_{i-1} + \frac{1}{2}\Delta t, \mathbf{r}(t_{i-1}) + \frac{1}{2}k_1\Delta t\right)$$

$$k_3 = f\left(t_{i-1} + \frac{1}{2}\Delta t, \mathbf{r}(t_{i-1}) + \frac{1}{2}k_2\Delta t\right)$$

$$k_4 = f(t_{i-1} + \Delta t, \mathbf{r}(t_{i-1}) + k_3\Delta t) \quad (\text{Triatmodjo, 2002}).$$

BAB 3. METODE PENELITIAN

Untuk memperoleh hasil yang kita inginkan, dalam menyelesaikan skripsi ini kita membutuhkan langkah-langkah kerja agar mendapatkan profil gerak peluru yang mengalami rotasi. Hal ini dilakukan karena langkah demi langkah dalam skripsi ini saling terkait dan setiap langkah harus dilakukan secara berurutan. Hasil dari langkah sebelumnya akan digunakan dalam mengerjakan langkah selanjutnya. Adapun langkah-langkah yang akan digunakan akan diuraikan sebagai berikut,



Gambar 3.1 Skema metode penelitian

a. Kajian Pustaka Model Gerak Peluru

Persamaan (2.16) merupakan model dari gerak peluru tanpa hambatan udara, persamaan (2.20) merupakan model dari gerak peluru dengan hambatan linier, sedangkan persamaan untuk model dari gerak peluru dengan hambatan kuadratik adalah persamaan (2.22) dan (2.23).

b. Menyelesaikan Model dengan Metode Runge-Kutta

Persamaan (2.22) dan (2.23) merupakan PDB orde dua nonlinier yang masih digabungkan sehingga persamaan tersebut sulit sekali untuk diselesaikan secara analitik. Oleh karena itu, kedua persamaan tersebut akan diselesaikan menggunakan salah satu metode numerik yaitu metode Runge-Kutta.

c. Perhitungan Menggunakan Matlab

Pada langkah ini kita akan mencari hasil dari model-model diatas dengan cara melakukan perhitungan. Ketika melakukan perhitungan ada beberapa langkah yang harus dilakukan sebagai berikut,

1) Penentuan Parameter

Langkah awal dalam simulasi gerak peluru adalah menentukan parameter yang akan digunakan dalam simulasi yaitu kedudukan awal atau $x(t_0)$, ketinggian awal atau $y(t_0)$, kecepatan awal atau $v(t_0)$, kecepatan sudut atau $\omega(t_0)$, sudut awal atau α , jari-jari peluru atau r dan massa peluru atau m . Untuk mendapatkan perbandingan besarnya hasil dari perhitungannya maka penentuan parameter akan divariasikan. Sedangkan untuk kerapatan udara, viskositas udara, percepatan gravitasi, koefisien lift dan koefisien gesek dapat diambil dari beberapa buku mekanika.

2) Penentuan Jenis Hambatan

Setelah penentuan parameter langkah selanjutnya adalah penentuan jenis hambatan. Dalam subbab sebelumnya telah dijelaskan bahwa dalam skripsi ini akan

membahas gerak peluru yang mengalami rotasi tanpa hambatan udara dan tanpa hambatan udara dimana gerak peluru yang mengalami rotasi dengan hambatan udara terdiri dari dua macam hambatan yaitu hambatan linier dan hambatan kuadratik. Pada langkah ini beberapa parameter yang telah ditentukan digunakan untuk menghitung bilangan Reynold. Batasan untuk bilangan Reynold dapat ditentukan berdasarkan teori yang telah ada yaitu untuk $R_e < 0,1$ hambatan yang digunakan adalah hambatan linier sedangkan untuk $R_e \geq 0,1$ maka hambatan yang digunakan adalah hambatan kuadratik.

3) Pencarian Hasil

Setelah menetapkan nilai parameter dan menentukan hambatan yang dipilih maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Pada langkah ini parameter yang didapatkan dimasukkan kedalam persamaan-persamaan pada subbab-subbab sebelumnya. Jika pada langkah sebelumnya memilih gerak peluru tanpa hambatan udara maka kita tidak perlu menghitung bilangan Reynold dan mencari konstantanya, kita bisa langsung mencari jarak maksimum, ketinggian maksimum dan besarnya simpangan. Sedangkan apabila kita memilih gerak peluru yang mengalami rotasi dengan hambatan udara maka sebelum menghitung besarnya jarak maksimum, ketinggian maksimum dan simpangan maka yang harus kita lakukan adalah menghitung besarnya bilangan Reynold dan konstantanya.

d. Simulasi dan Analisis Hasil

Setelah mendapatkan hasil, langkah selanjutnya yaitu mengamati hasil dari langkah sebelumnya. Hasil pada langkah sebelumnya tidak hanya berupa angka saja, tetapi ada visualisasinya berupa gambar dari lintasan gerak peluru yang mengalami rotasi. Dalam analisis hasil ini kita mengamati pengaruh-pengaruh pada gerak peluru yang mengalami rotasi apabila parameter-parameternya divariasikan.

e. Pembahasan

Setelah mendapatkan hasil simulasi dari gerak peluru, selanjutnya akan dibahas penyebab dari perbedaan pengaruh parameter terhadap hasilnya.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kajian Pustaka Model Gerak peluru

Gerak peluru tanpa hambatan udara pada persamaan (2.16):

$$\mathbf{r}(t) = \left((x(t_0) + ((v(t_0) \cos \alpha) + (\omega(t_0) \cos \beta)t)) + \left(y(t_0) + ((v(t_0) \sin \alpha) + \omega(t_0 \sin \beta)t) - 12gt \right) \right) \mathbf{j}$$

Gerak peluru dengan hambatan udara linier pada persamaan (2.20):

$$\begin{aligned} \mathbf{r}(t) = & \left(x(t_0) + \frac{m}{k} (v(t_0) \cos \alpha + \omega(t_0) \cos \beta) \left[1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right] \right) \\ & + \left(y(t_0) + \frac{m}{k} (v(t_0) \sin \alpha + \omega(t_0) \sin \beta) \left[1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right] \right) \\ & + \frac{m^2 g}{k^2} \left[1 - \frac{k}{m}t - e^{-\frac{k}{m}t} \right] \mathbf{j} \end{aligned}$$

Gerak peluru dengan hambatan udara linier pada persamaan (2.22) dan persamaan (2.23):

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{h}{m} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \right) \frac{dx}{dt}, \text{ dan}$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -g - \frac{h}{m} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \right) \frac{dy}{dt}.$$

4.2 Menyelesaikan Model dengan metode Runge-Kutta

Menyelesaikan persamaan (2.22) dan (2.23) menggunakan metode Runge-Kutta orde 4 seperti pada persamaan (2.25). Dengan demikian diperoleh,

$$\mathbf{r}(t_i) = \mathbf{r}(t_{i-1}) + \frac{1}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \Delta t,$$

dengan,

$$k_{1x} = -\frac{h}{m} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \right) \frac{dx}{dt}$$

$$k_{2x} = -\frac{h}{m} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt} + \frac{1}{2} k_1\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} + \frac{1}{2} k_1\right)^2} \right) \left(\frac{dx}{dt} + \frac{1}{2} k_1\right)$$

$$k_{3x} = -\frac{h}{m} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt} + \frac{1}{2} k_2\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} + \frac{1}{2} k_2\right)^2} \right) \left(\frac{dx}{dt} + \frac{1}{2} k_2\right)$$

$$k_{4x} = -\frac{h}{m} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt} + k_3\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} + k_3\right)^2} \right) \left(\frac{dx}{dt} + k_3\right)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx}{dt} + \frac{1}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + 4k_4) dt$$

sedangkan,

$$k_{1y} = -g - \frac{h}{m} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \right) \frac{dy}{dt}$$

$$k_{2y} = -g - \frac{h}{m} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt} + \frac{1}{2} k_1\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} + \frac{1}{2} k_1\right)^2} \right) \left(\frac{dy}{dt} + \frac{1}{2} k_1\right)$$

$$k_{3y} = -g - \frac{h}{m} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt} + \frac{1}{2} k_2\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} + \frac{1}{2} k_2\right)^2} \right) \left(\frac{dy}{dt} + \frac{1}{2} k_2\right)$$

$$k_{4y} = -g - \frac{h}{m} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt} + k_3\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} + k_3\right)^2} \right) \left(\frac{dy}{dt} + k_3\right)$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{dy}{dt} + \frac{1}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + 4k_4) dt$$

4.3 Perhitungan Menggunakan Matlab

4.3.1 Penentuan Parameter

Dalam penyajian simulasi gerak peluru ini, sebelumnya ada beberapa parameter-parameter yang akan mempengaruhi profil gerak peluru yang besarnya harus kita tentukan terlebih dahulu. Parameter-parameter yang harus ditentukan tersebut yaitu kecepatan awal, kecepatan sudut, massa peluru, sudut tembakan, posisi awal, jari-jari peluru, viskositas udara, kerapatan udara, percepatan gravitasi bumi, koefisien lift, frekuensi putaran dan koefisien gesekan peluru terhadap udara. Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa untuk mempermudah perhitungan maka besarnya viskositas dan kerapatan udara dianggap konstan. Seperti yang telah diketahui bahwa viskositas dan kerapatan udara di beberapa tempat dan kondisi besarnya tidak sama, oleh karena itu dalam skripsi ini akan digunakan viskositas udara dalam suhu normal sebesar $0,018 \text{ kg m}^{-1}\text{s}^{-1}$ dan kerapatan udara sebesar $1,293 \text{ kg m}^{-3}$. Parameter lain pada skripsi ini yang dianggap konstan selain kedua parameter tersebut adalah percepatan gravitasi bumi dan koefisien gesek. Percepatan gravitasi bumi yang akan digunakan sebesar $9,8 \text{ m s}^{-2}$. Koefisien gesek dianggap konstan karena besarnya koefisien gesek hanya bisa didapatkan melalui suatu percobaan. Koefisien gesek yang akan digunakan dalam skripsi ini bergantung terhadap besarnya bilangan Reynold. Untuk $Re \leq 10^5$ digunakan koefisien gesek sebesar 0,5 sedangkan $Re > 10^5$ digunakan koefisien gesek sebesar 0,2 dimana kedua koefisien gesek ini di dapatkan dari tabel koefisien gesek. Sedangkan untuk besarnya parameter-parameter yang lain akan divariasikan.

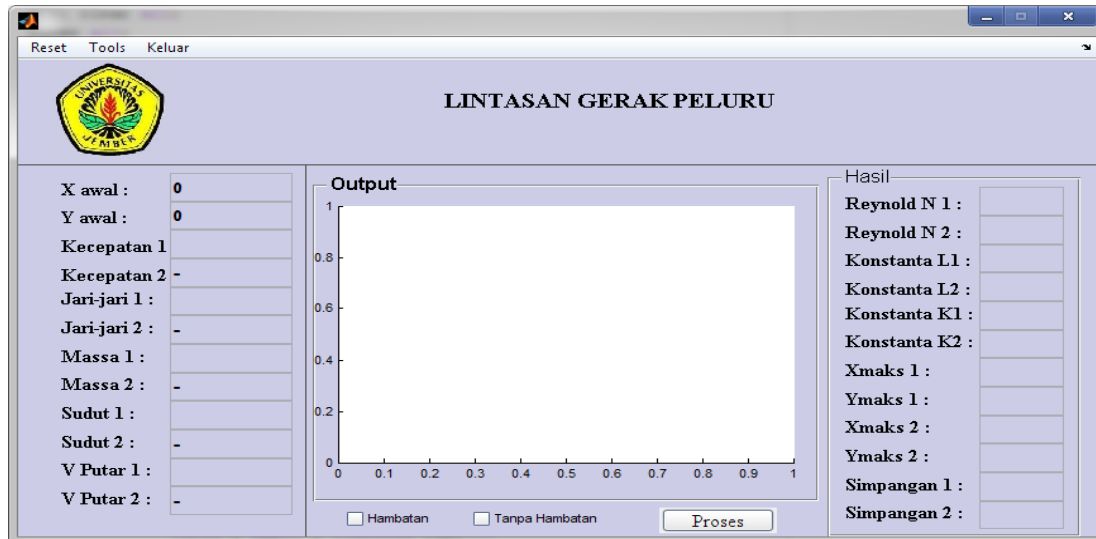
4.3.2 Penentuan Jenis Hambatan

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa gerak peluru yang akan dibahas dalam skripsi ini yaitu gerak peluru dengan hambatan dan tanpa hambatan udara, dimana untuk hambatan udara akan dibagi menjadi dua yaitu hambatan linier dan hambatan kuadratik. Pada gerak peluru dengan hambatan udara

berbeda dengan pada gerak peluru tanpa hambatan udara karena akan ada udara yang menghambat laju pergerakan peluru sehingga jalannya peluru tidak akan berbentuk parabola. Walaupun pada gerak peluru dengan hambatan linier dan gerak peluru dengan hambatan kuadratik sama-sama mengalami hambatan udara tetapi ada yang membedakan kedua hambatan ini yaitu apabila peluru mempunyai kecepatan yang tinggi ($v_o > 85 \frac{m}{s}$) dan jari-jari ($r > 8 \times 10^{-4}$) yang besar atau $Re \geq 0,1$ maka hambatan yang terjadi adalah hambatan kuadratik, sedangkan apabila peluru mempunyai kecepatan yang rendah ($v_o \leq 85 \frac{m}{s}$) dan jari-jari kecil ($r \leq 8 \times 10^{-4}$) atau $Re < 0,1$ maka hambatan yang terjadi adalah hambatan linier. Oleh karena itu sebelum kita menentukan jenis hambatan pada gerak peluru tersebut langkah awal yang harus kita lakukan adalah menghitung besarnya bilangan Reynold dengan cara memasukkan beberapa nilai parameter yang telah ditentukan sebelumnya kedalam persamaan (2.24), kemudian setelah kita dapatkan besarnya bilangan Reynold tersebut langkah selanjutnya mengevaluasi hasilnya dengan batasan yang telah diberikan pada awal penjelasan subsubbab ini.

4.3.3 Pencarian Hasil

Setelah kita mendapatkan model gerak peluru dengan metode Runge-Kutta, selanjutnya diselesaikan dengan bantuan *software* Matlab 7.8.0. Dengan memasukan parameter-parameter dan jenis hambatannya ke dalam GUI di bawah ini,



Gambar 4.1 Tampilan program GUI

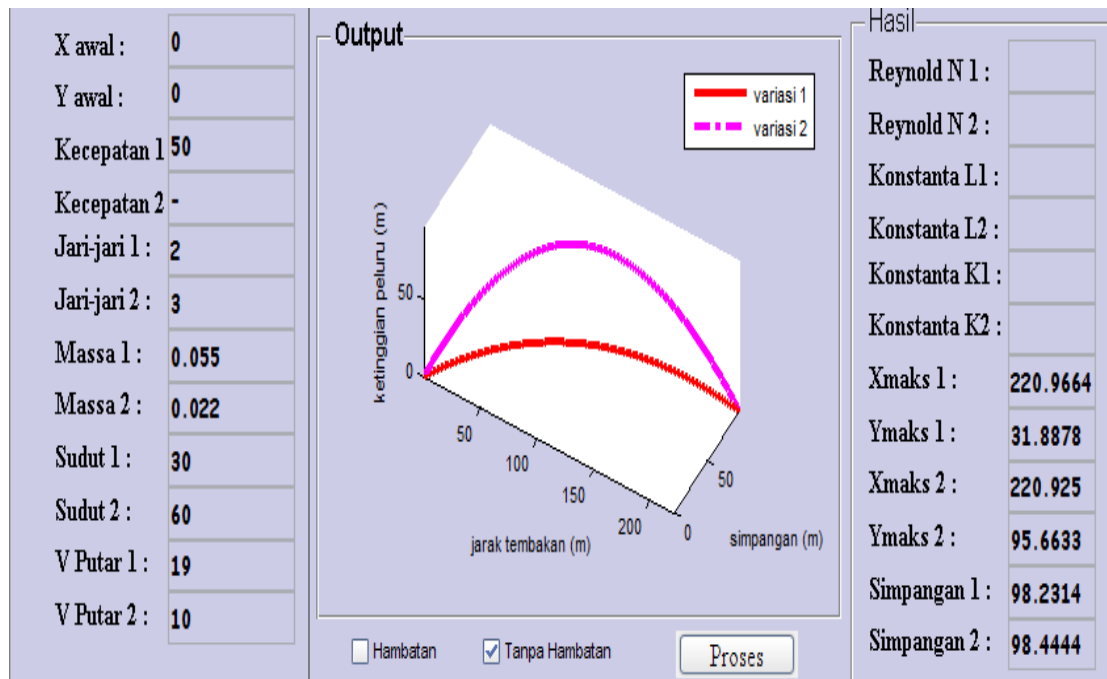
Pada skripsi ini perhitungan tidak hanya dilakukan satu kali karena ada beberapa parameter yang divariasikan dan akan dibandingkan hasilnya. Dalam hal ini yang akan dilakukan yaitu memvariasikan parameter kecepatan awal, memvariasikan massa peluru, memvariasikan jari-jari peluru, memvariasikan kecepatan sudut, memvariasikan besarnya sudut tembakan dan memvariasikan kedudukan awal. Agar lebih mempermudah dan dapat menganalisis pengaruh dari variasi tiap-tiap parameter tersebut, maka variasi akan dilakukan secara bergantian misalnya jika kecepatan awal divariasikan maka massa peluru, sudut tembakan, jari-jari peluru, dan posisi awal dianggap tetap, begitu juga seterusnya.

4.4 Simulasi dan Analisis Hasil

Setelah dilakukan perhitungan dengan memasukkan beberapa parameter-parameter yang sudah divariasikan di atas, didapatkan hasil berupa visualisasi dari gerak peluru yang mengalami rotasi sebagai berikut:

a. Hasil simulasi gerak peluru tanpa hambatan udara.

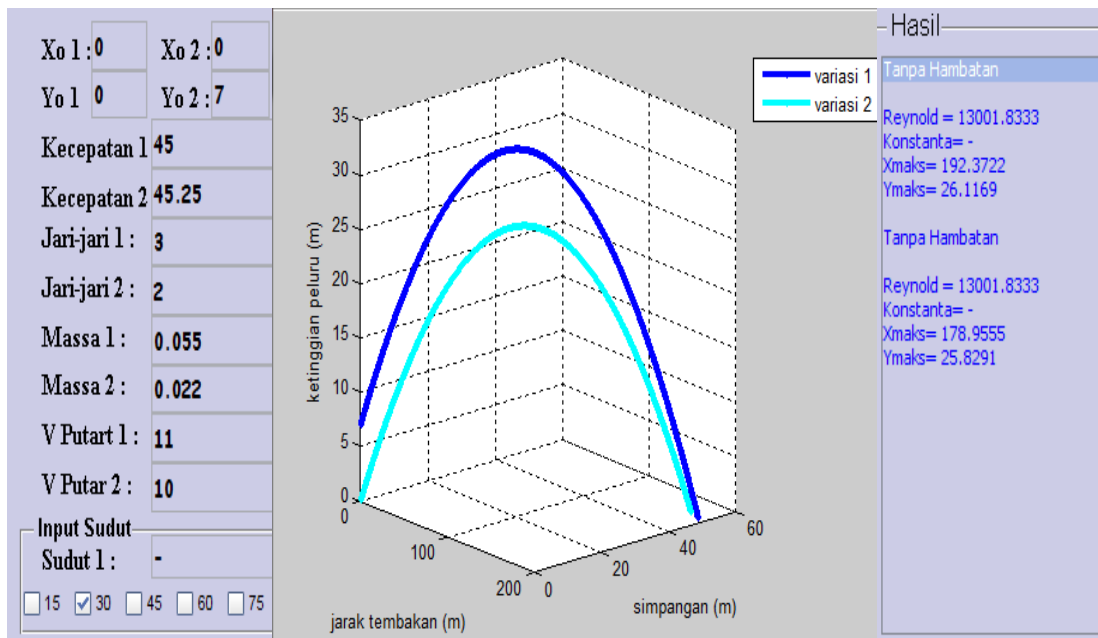
Pada simulasi pertama gerak peluru tanpa hambatan udara, sebuah peluru diberikan kecepatan awal 25m/s, dan parameter-parameter lainnya di variasikan sebagai berikut,



Gambar 4.2 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan posisi awal dan posisi jatuhnya sama.

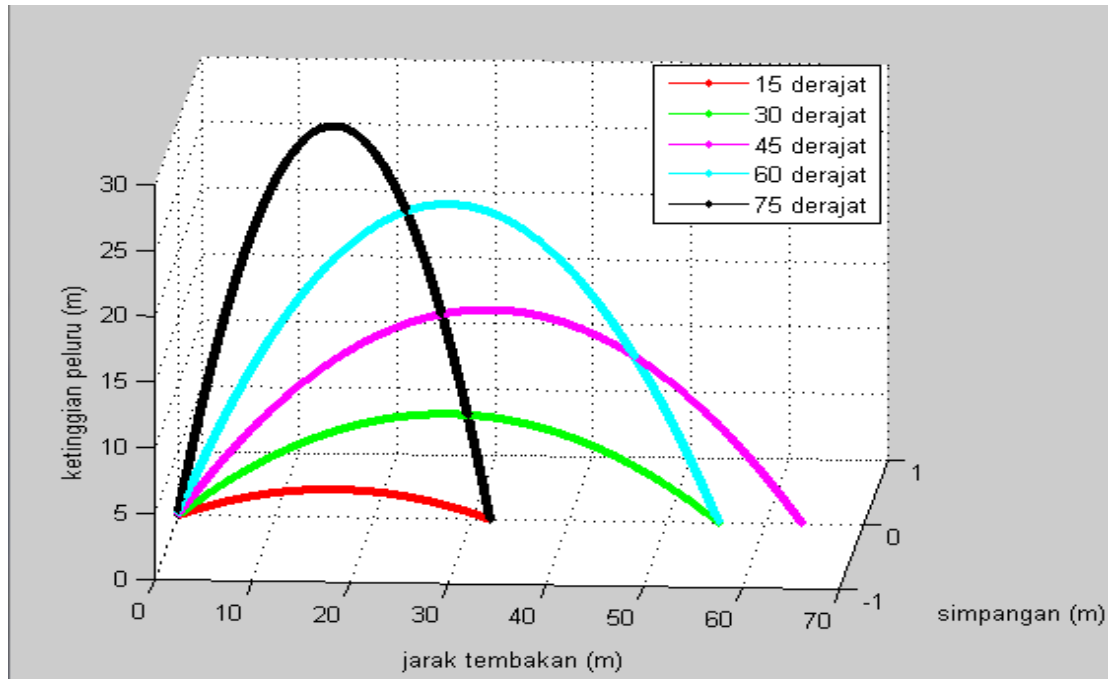
Dari hasil di atas membuktikan bahwa apabila jari-jari peluru dibuat berbeda agar mendapatkan posisi jatuh yang sama maka massa peluru dan kecepatan sudutnya harus diubah juga. Jika peluru memiliki jari-jari yang lebih besar maka untuk mengimbangnya massa dan kecepatan sudutnya harus diperkecil, dikarenakan semakin besar jari-jari peluru, massa peluru, dan kecepatan sudutnya maka semakin besar simpangannya. Hal di atas berlaku pada sebaliknya dan dapat dibuktikan dengan melihat pada lampiran (2), (3) dan (4). Untuk kecepatan awalnya tidak bisa di ubah-ubah karena tidak ada parameter untuk mengimbangnya. Semakin besar kecepatan awal maka jarak dan ketinggiannya semakin besar pula. Hal itu berlaku

kebaliknnya dan dapat dilihat pada gambar pada lampiran (1). Untuk besarnya sudut yang dipilih maka kita harus mencari sudut-sudut yang menghasilkan jarak sama, hal ini bisa dilihat di lampiran (5). Simulasi selanjutnya yaitu apabila sebuah peluru memiliki ketinggian berbeda tetapi jatuhnya peluru pada tempat yang sama.



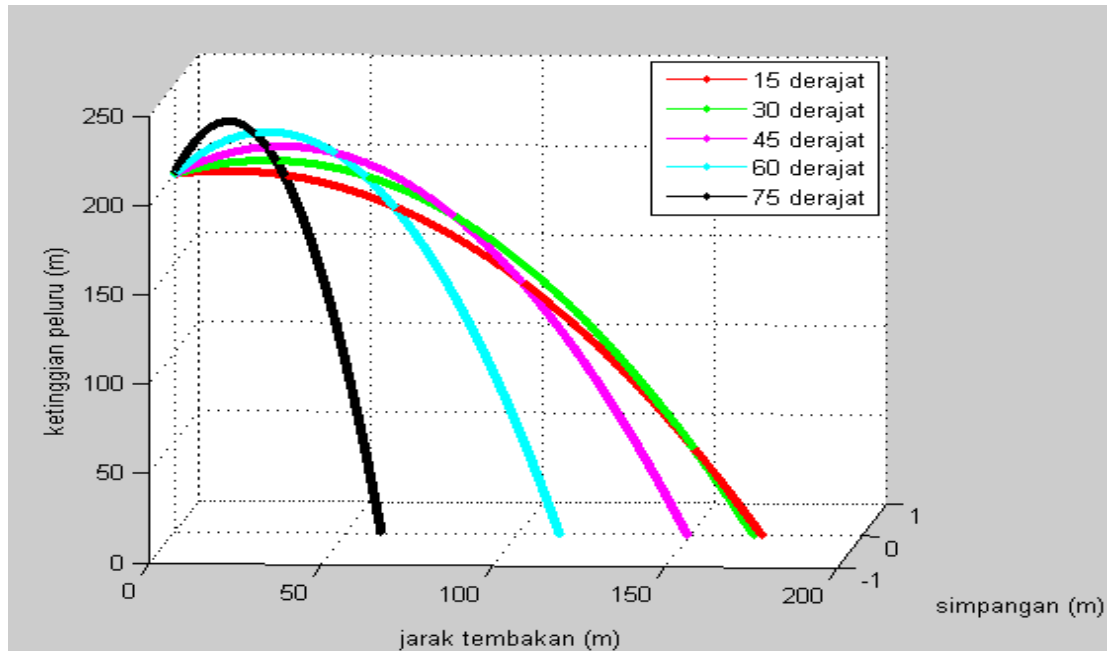
Gambar 4.3 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan ketinggian berbeda.

Dari hasil di atas membuktikan bahwa apabila sebuah peluru diluncurkan dari ketinggian yang berbeda agar mendapatkan posisi jatuh yang sama maka kecepatan awal, jari-jari peluru, massa peluru dan kecepatan sudutnya harus diubah juga. Jika peluru memiliki ketinggian yang lebih besar maka untuk mengimbangnya kecepatan awal, jari-jari peluru, massa peluru dan kecepatan sudutnya harus diperkecil. Hal itu dikarenakan semakin besar ketinggiannya maka semakin besar jarak dan simpangannya. Hal di atas berlaku pada sebaliknya.



Gambar 4.4 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan sudut tembakan berbeda

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa jarak terbesar didapatkan ketika sudut tembakannya 45° . Kita dapat memperoleh jarak maksimum secara analitik dengan cara menghitung lamanya waktu dari saat waktu peluru ditembakkan hingga mencapai tanah dimana nilai dari $y=0$, setelah kita mendapatkan lamanya waktu nilai tersebut kita substitusikan kedalam persamaan jarak (x) sehingga didapatkan persamaan jarak maksimum sebagai berikut: $x_{Nmax} = \frac{v(t_0)\sin(2\alpha)}{g}$, sudut terbesar yang memenuhi nilai $\sin(2\alpha)$ ketika sudut tembakannya sebesar $\alpha = 45^\circ$. Untuk ketinggian maksimum kita peroleh ketika sudut tembakannya 75° . Kita juga dapat mencari ketinggian maksimum secara analitik menggunakan persamaan sebagai berikut: $y_{Nmax} = \frac{(v(t_0)\sin\alpha)^2}{2g}$. Dari persamaan di atas didapatkan bahwa besarnya ketinggian maksimum sebanding dengan kecepatan peluru dan besarnya sudut tembakan. Oleh karena itu, semakin besar nilai α maka semakin besar pula ketinggian maksimum yang dicapai.



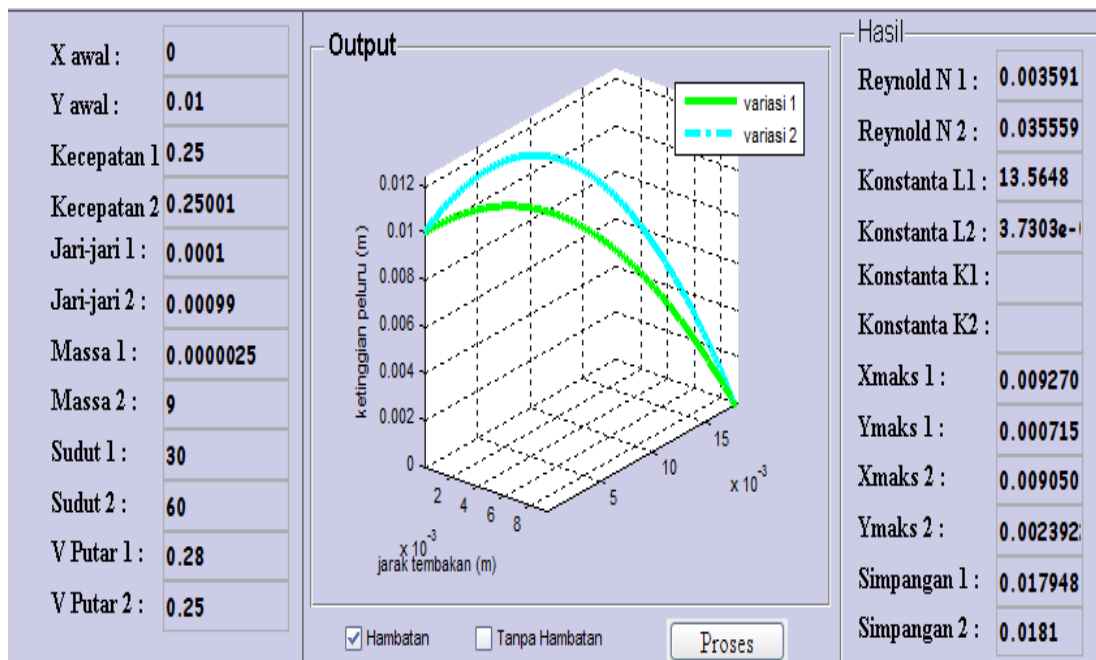
Gambar 4.5 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan sudut tembakan berbeda dan ketinggian $y(t_0) = 200$.

Dari hasil di atas dapat diamati bahwa ketika peluru diberi ketinggian berbeda maka akan menghasilkan lintasan yang berbeda. Hal itu terjadi karena peluru memiliki ketinggian berbeda sehingga waktu yang dibutuhkan untuk sampai di tanah berbeda juga. Pada gambar di atas diketahui bahwa semakin besar sudutnya maka semakin jauh jaraknya dan semakin rendah ketinggiannya, hal ini membuktikan bahwa besarnya sudut tembakan sebanding dengan jaraknya dan berbanding terbalik dengan ketinggiannya.

b. Hasil simulasi gerak peluru dengan hambatan linier

Setelah mengamati gerak peluru yang mengalami rotasi tanpa hambatan udara, hal yang akan kita amati selanjutnya yaitu gerak peluru dengan hambatan udara. Seperti yang telah kita ketahui bahwa gerak peluru yang mengalami rotasi dengan hambatan udara dibagi menjadi dua yaitu gerak peluru dengan hambatan linier dan gerak peluru dengan hambatan kuadratik. Pada bagian ini yang akan diamati yaitu simulasi dan visualisasi dari gerak peluru yang mengalami rotasi

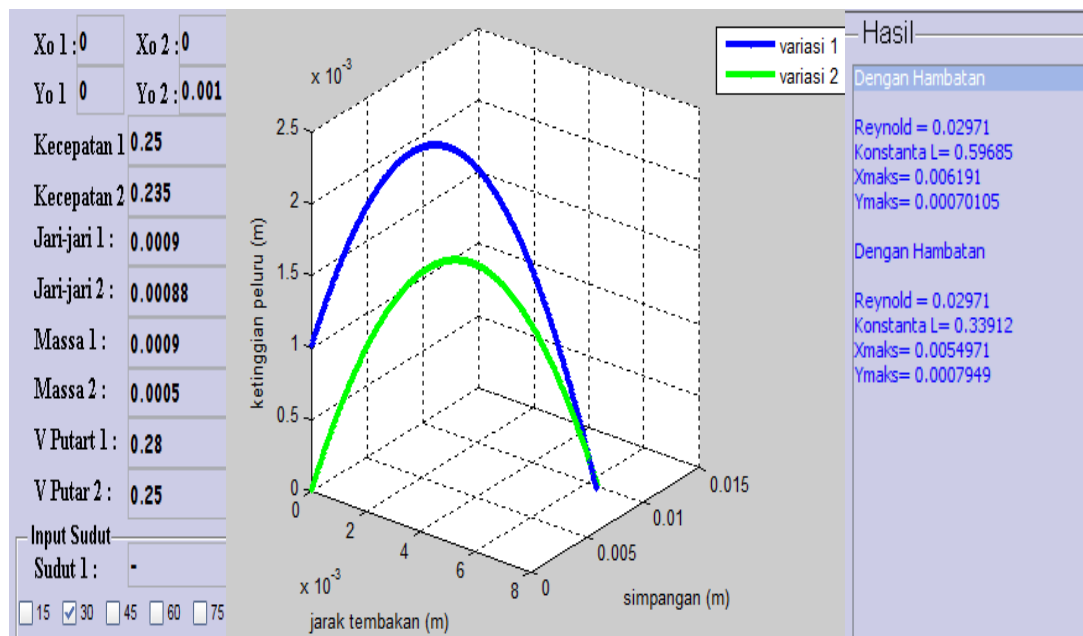
dengan hambatan linier. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa yang membedakan gerak peluru dengan hambatan linier dan hambatan kuadratik adalah besarnya bilangan reynold, sedangkan besarnya bilangan reynold dipengaruhi oleh parameter berupa jari-jari dan kecepatan awal. Oleh karena itu gerak peluru yang mengalami rotasi dengan hambatan linier terjadi pada benda-benda yang mempunyai kecepatan dan ukuran yang relatif kecil. Berikut akan diberikan kecepatan dan jari-jari peluru yang relatif kecil sehingga harapannya hambatan yang terjadi merupakan hambatan linier. Seperti halnya pada gerak peluru yang mengalami rotasi tanpa hambatan udara, pada gerak peluru dengan hambatan linier ini juga menggunakan variasi beberapa parameter. Untuk mendapatkan posisi jatuh yang sama apabila posisi tembaknya sama maka peluru diberikan variasi sebagai berikut,



Gambar 4.6 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara linier dimana posisi awal dan posisi jatuhnya sama.

Dari hasil di atas membuktikan bahwa apabila jari-jari peluru dibuat berbeda agar mendapatkan posisi jatuh yang sama maka kecepatan awal, massa peluru dan

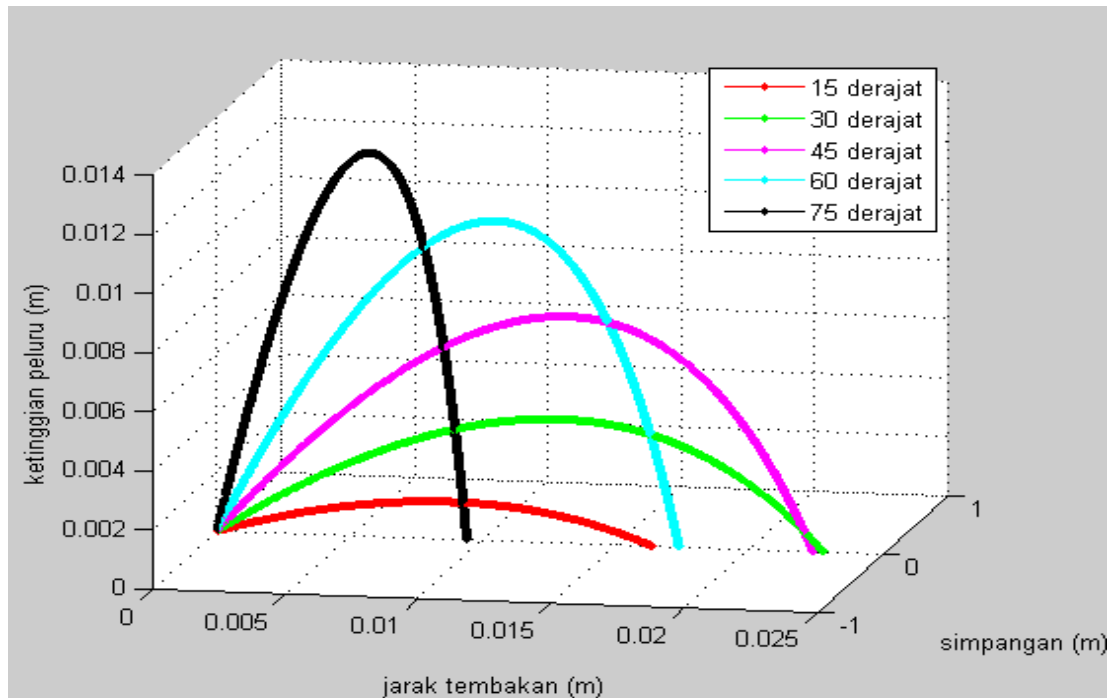
kecepatan sudutnya harus diubah juga. Jika peluru memiliki jari-jari yang lebih besar maka untuk mengimbanginya kecepatan awal, massa dan kecepatan sudutnya harus diperbesar pula, dikarenakan semakin besar jari-jari peluru maka semakin kecil pula jarak, ketinggian dan simpangannya. Sedangkan semakin besar kecepatan awal, massa dan kecepatan sudut maka semakin besar jarak, ketinggian dan simpangannya. Hal diatas berlaku pada sebaliknya dan dapat dibuktikan dengan melihat gambar pada lampiran (7), (8), (9) dan (10). Simulasi selanjutnya pada gerak peluru yang mengalami rotasi dengan hambatan linier yaitu apabila sebuah peluru diluncurkan dari ketinggian yang berbeda. Misalnya peluru dengan ketinggian $y(t_0) = 0$ dan $y(t_0) = 0.001$, sudut tembakannya 30° , dan parameter-parameter lainnya divariasikan sebagai berikut,



Gambar 4.7 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara linier dimana ketinggiannya berbeda.

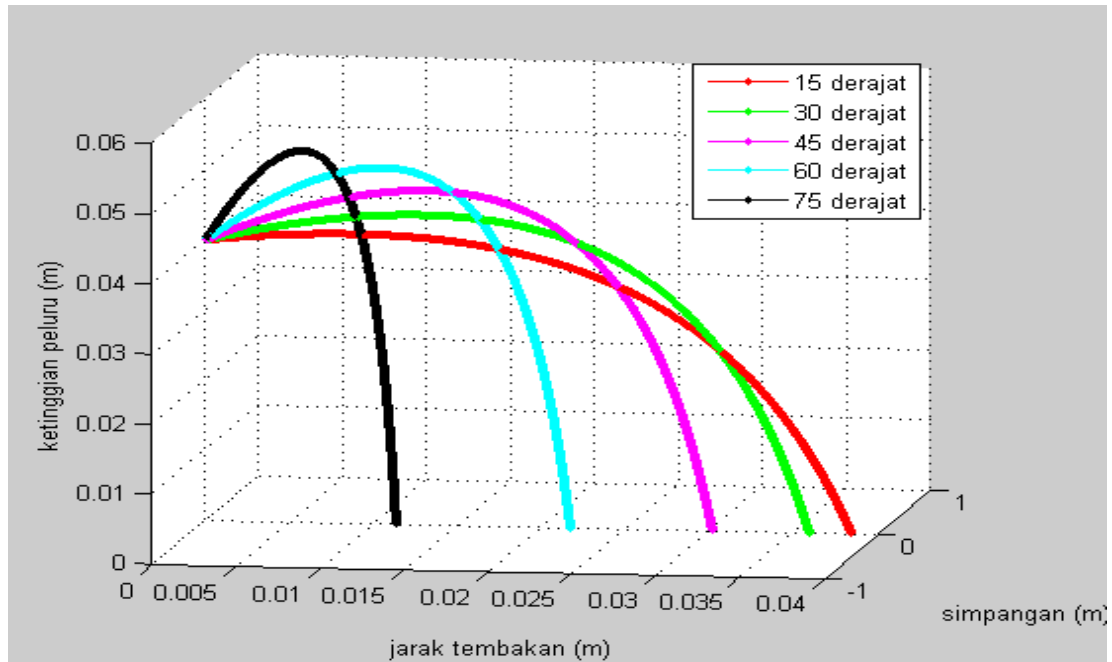
Apabila sebuah peluru di beri ketinggian berbeda untuk mendapatkan posisi jatuh yang sama maka kecepatan awal, massa peluru dan kecepatan sudutnya harus

diperkecil, sedangkan untuk jari-jarinya harus diperbesar pula. Hal itu dikarenakan semakin besar ketinggiannya maka jarak jatuhnya semakin jauh.



Gambar 4.8 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara linier dimana sudut tembakkannya berbeda.

Dari gambar di atas dapat diamati bahwa jarak terbesar di dapatkan ketika diberi sudut tembakan 30° , hal tersebut dikarenakan setelah sudut 30° dimasukan ke dalam persamaan $v_x = v_o \cos \alpha$, nilai v_x terbesar didapatkan ketika diberi sudut 30° apabila dibandingkan dengan sudut-sudut lainnya. Sedangkan nilai ketinggian maksimum terbesar ketika diberi sudut tembakan 75° . Hal tersebut dikarenakan setelah sudut 75° dimasukan ke dalam persamaan $v_y = v_o \sin \alpha$, nilai v_y terbesar didapatkan ketika diberi sudut 75° apabila dibandingkan dengan sudut-sudut lainnya.

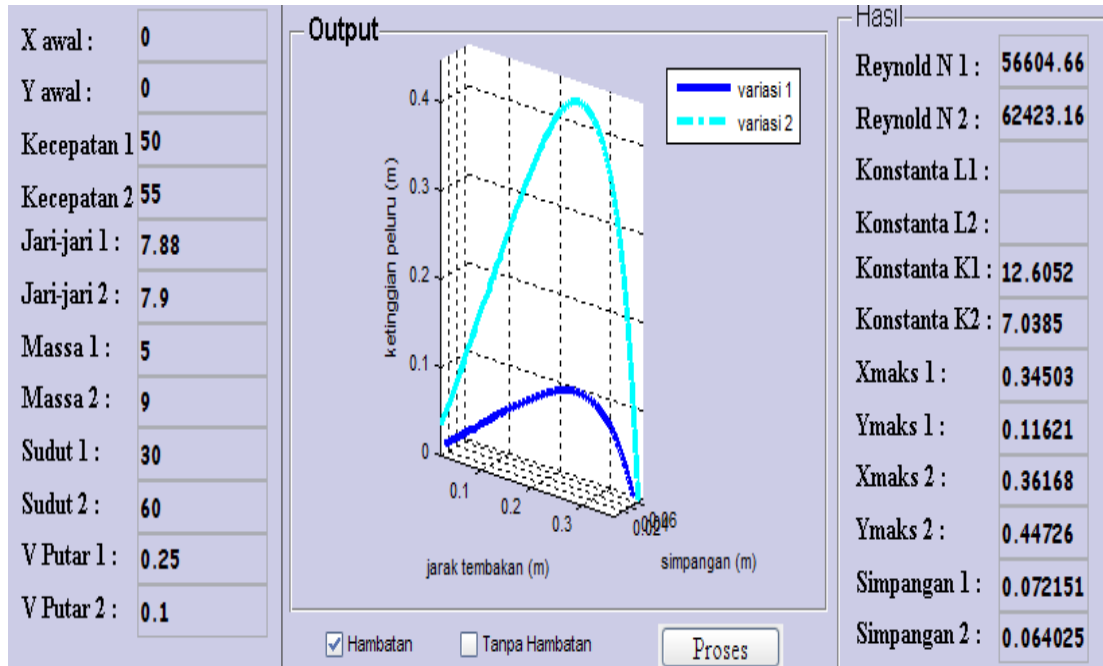


Gambar 4.9 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara linier dimana sudut tembakannya berbeda dan diberi ketinggian $y(t_0) = 0,04$

Sama halnya dengan lintasan pada gerak peluru tanpa hambatan udara, dimana ketika sebuah peluru di beri ketinggian berbeda maka jarak dan ketinggian yang dihasilkan berbeda pula. Pada gambar di atas terlihat bahwa besarnya sudut tembakan sebanding dengan jarak yang di tempuhnya sehingga semakin besar sudut tembakannya maka semakin jauh jarak tempuhnya. Sedangkan ketinggian maksimum yang dihasilkan berbanding terbalik dengan sudut tembakannya, sehingga semakin besar sudut tembakannya maka semakin rendah ketinggiannya. Hal itu berlaku sebaliknya.

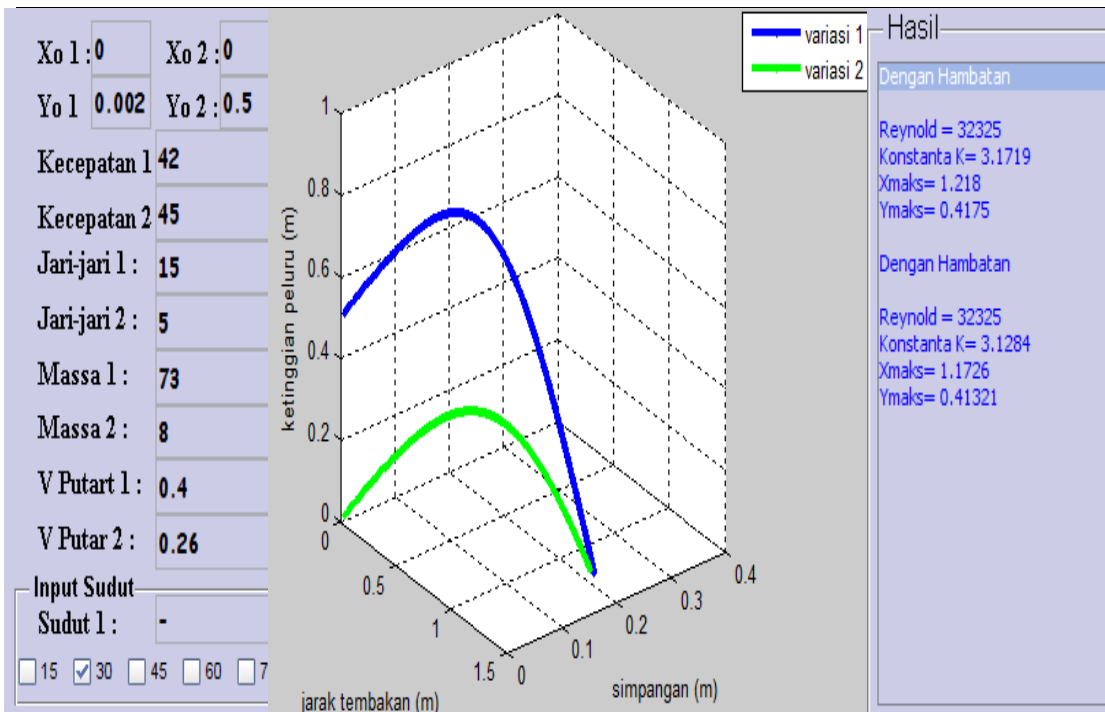
c. Hasil simulasi gerak peluru dengan hambatan kuadratik

Setelah mengamati gerak peluru dengan tanpa hambatan udara dan peluru dengan hambatan linier, gerak peluru terakhir yang akan kita amati adalah gerak peluru dengan hambatan kuadratik. Jika sebuah peluru diberikan variasi sebagai berikut,



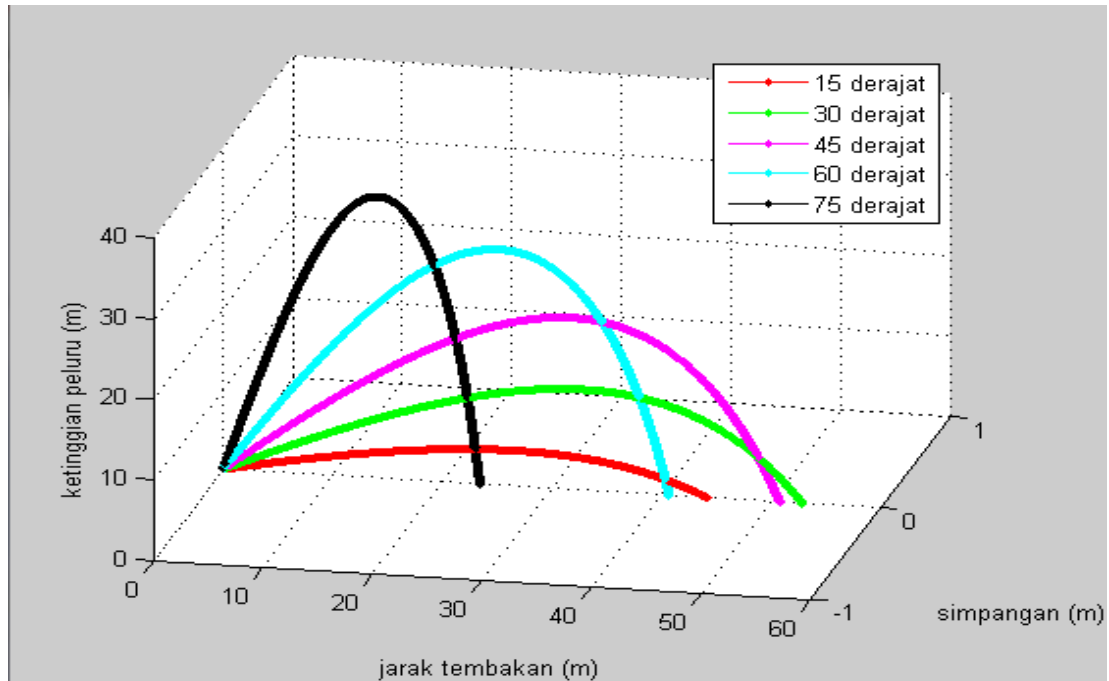
Gambar 4.10 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara kuadratik dimana posisi awal dan posisi jatuhnya sama.

Dari hasil di atas membuktikan bahwa apabila jari-jari peluru dibuat berbeda agar mendapatkan posisi jatuh yang sama maka kecepatan awal, massa peluru dan kecepatan sudutnya harus diubah juga. Jika peluru memiliki jari-jari yang lebih besar maka untuk mengimbangnya kecepatan awal, massa dan kecepatan sudutnya harus diperbesar pula, dikarenakan semakin besar jari-jari peluru maka semakin kecil pula jarak, ketinggian dan simpangannya. Sedangkan semakin besar kecepatan awal, massa dan kecepatan sudut maka semakin besar jarak, ketinggian dan simpangannya. Hal diatas berlaku pada sebaliknya dan dapat dibuktikan dengan melihat gambar pada lampiran (13), (14), (15) dan (16). Simulasi selanjutnya pada gerak peluru yang mengalami rotasi dengan hambatan linier yaitu apabila sebuah peluru diluncurkan dari ketinggian yang berbeda. Misalnya peluru dengan ketinggian $y(t_0) = 0.002$ dan $y(t_0) = 0.005$, sudut tembakannya 30° dan parameter-parameter lainnya divariasikan sebagai berikut,



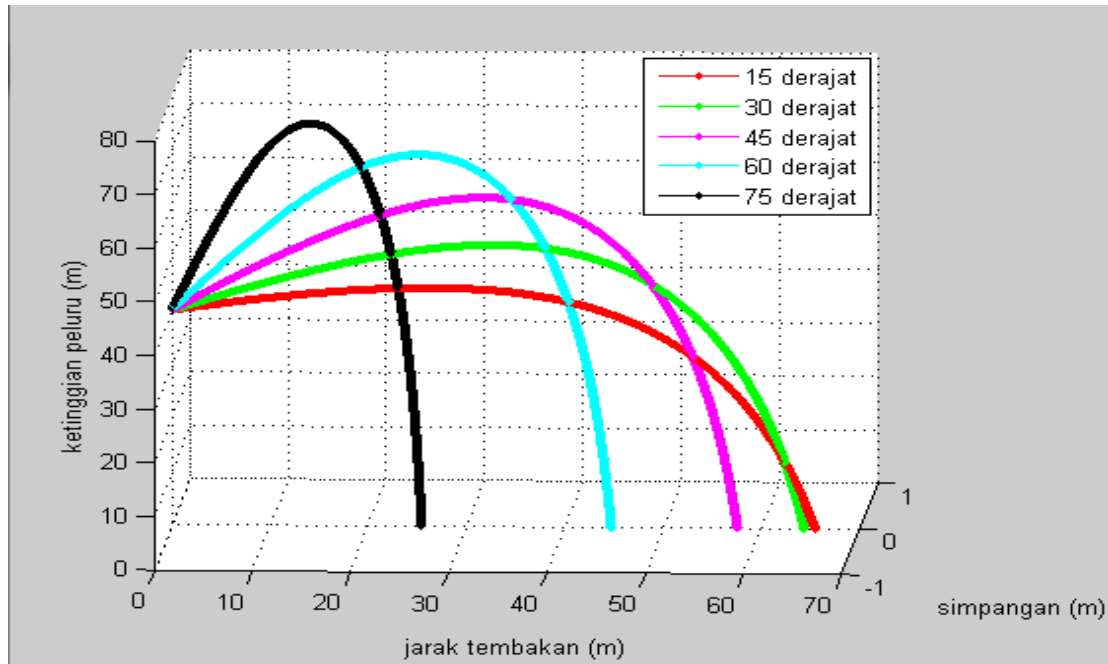
Gambar 4.11 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara kuadratik dimana ketinggiannya berbeda.

Apabila sebuah peluru di beri ketinggian berbeda untuk mendapatkan posisi jatuh yang sama maka kecepatan awal, massa peluru dan kecepatan sudutnya harus diperkecil, sedangkan untuk jari-jarinya harus diperbesar pula. Hal itu dikarenakan semakin besar ketinggiannya maka jarak jatuhnya semakin jauh.



Gambar 4.12 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara kuadratik dimana sudut tembakannya berbeda.

Seperti halnya pada gerak peluru dengan hambatan linier, pada gerak peluru dengan hambatan kuadratik jarak terjauh ketika diberi sudut tembakan 30° . Sedangkan untuk ketinggiannya semakin besar sudut tembakannya semakin besar ketinggiannya, hal ini membuktikan bahwa nilai v_y sebanding dengan besarnya sudut tembakan.



Gambar 4.13 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara kuadratik dimana sudut tembaknya berbeda dan diberi ketinggian $y(t_0) = 50$.

Ketika peluru ditembakkan dengan besar sudut yang relatif kecil mengakibatkan kecepatan awal yang dihasilkan pada arah horizontal ($v_x = v_o \cos \alpha$) lebih besar dibandingkan dengan kecepatan awal peluru apabila diberikan sudut tembakan yang relatif besar. Akan tetapi, hal tersebut berbanding terbalik dengan kecepatan awal yang dihasilkan pada arah vertikal ($v_y = v_o \sin \alpha$), semakin besar sudut tembakan yang diberikan maka semakin besar pula kecepatan awal pada arah vertikal yang dihasilkan, dan sebaliknya. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa apabila semakin besar v_y maka ketinggian maksimum yang dihasilkan semakin besar serta waktu yang dibutuhkan untuk v_y bernilai nol semakin besar pula. Sedangkan pada komponen horizontal, apabila semakin besar v_x maka waktu yang dibutuhkan untuk v_x bernilai nol semakin besar dan jarak maksimum yang dihasilkan bergantung terhadap waktu yang dibutuhkan peluru untuk jatuh di tanah, semakin besar waktu tersebut maka semakin besar jarak maksimum yang dihasilkan. Hal itu berlaku sebaliknya.

4.5 Pembahasan

Seperti yang kita ketahui dari hasil simulasi dan visualisasi di atas bahwa gerak peluru tanpa hambatan udara lintasannya berbentuk parabola. Hal itu bisa terjadi karena saat benda ditembakkan dengan sudut elevasi dan kecepatan tertentu, serta gaya hambat udara tidak diperhitungkan, maka pada arah horisontal terjadi gerak lurus beraturan, sedangkan pada arah vertikal kecepatan peluru berkurang diakibatkan oleh adanya perlambatan dari gaya gravitasi bumi, setelah itu peluru mengalami tarikan dari gaya gravitasi ke arah bumi dimana peluru tersebut memiliki percepatan gravitasi. Gerak tersebut biasa disebut gerak lurus berubah beraturan. Hal ini dapat dilihat dari hasil simulasi dan visualisasi bahwa peluru yang bergerak setelah berada di titik puncak, akan selalu menuju ke titik $y=0$ yang merupakan permukaan tanah.

Dari hasil simulasi dan visualisasi pada gambar (4.2) membuktikan bahwa semakin besar jari-jari peluru, massa peluru dan kecepatan sudutnya maka simpangannya semakin besar pula, hal itu dikarenakan semakin besar jari-jarinya, massa peluru dan kecepatan sudutnya maka semakin besar pula gaya magnusnya. Seperti yang kita ketahui bahwa gaya magnus sebanding dengan besarnya simpangan. Sedangkan untuk kecepatan awal semakin besar maka semakin besar pula jarak dan ketinggiannya, hal ini bisa terjadi karena untuk benda berhenti atau kecepatan peluru bisa bernilai 0, jika kecepatan awalnya semakin besar maka waktu yang dibutuhkan semakin besar pula. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa semakin lama waktu yang dibutuhkan semakin tinggi posisi peluru. Sedangkan untuk jarak maksimum peluru, dimana dijelaskan sebelumnya bahwa ketinggiannya peluru semakin tinggi hal ini mempengaruhi waktu tempuh jatuhnya peluru sehingga jarak maksimumnya juga semakin besar. Selain itu simpangannya juga semakin besar karena besarnya simpangan sebanding dengan waktu tempuhnya. Untuk besarnya sudut tembakannya kita bisa mengubahnya dengan memilih sudut tembakan yang menghasilkan jarak sama.

Gerak peluru yang selanjutnya dilakukan variasi adalah gerak peluru dengan hambatan linier. Hasil simulasi dan visualisasi pada gerak peluru dengan hambatan linier menghasilkan lintasan yang memiliki titik puncak yang bergeser ke kanan sehingga menyerupai parabola yang condong kesamping.

Dari hasil simulasi dan visualisasi pada gambar (4.6) membuktikan bahwa semakin besar jari-jari peluru semakin kecil pula jarak dan ketinggiannya. Apabila jari-jari peluru semakin besar maka semakin besar pula konstanta liniernya. Hal ini dikarenakan besarnya konstanta sebanding dengan jari-jari peluru sehingga semakin besar jari-jari pelurunya maka semakin besar pula konstanta liniernya. Karena nilai konstanta liniernya semakin besar maka semakin kecil nilai jarak maksimum dan ketinggian maksimum, hal ini dikarenakan semakin besar konstanta liniernya maka semakin besar hambatan udaranya. Jika massa peluru semakin besar maka jarak dan ketinggiannya semakin besar pula, hal ini dikarenakan semakin besar massa peluru maka konstanta liniernya semakin kecil sehingga hambatan udaranya semakin kecil pula. Seperti halnya pada gerak peluru tanpa hambatan semakin besar kecepatan awalnya maka kecepatan awal pada arah vertikal semakin besar pula sehingga semakin lama waktu yang dibutuhkan peluru agar kecepatannya menjadi nol. Oleh karena itu, ketinggian maksimum yang dihasilkan semakin besar dan waktu yang dibutuhkan peluru untuk sampai ke permukaan tanah semakin besar. Hal serupa juga terjadi pada arah horisontal karena semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tanah menyebabkan semakin jauh jarak yang di tempuh agar peluru berhenti. Selain itu besarnya nilai simpangan juga dipengaruhi oleh besarnya nilai kecepatan awal, semakin besar kecepatan awalnya maka semakin besar pula simpangan yang dihasilkan. Hal itu dikarenakan nilai simpangan besarnya sebanding dengan waktu tempuh peluru dan kecepatan awalnya. Sedangkan untuk kecepatan sudutnya, semakin besar kecepatan sudutnya maka semakin besar pula simpangannya, hal ini dikarenakan besarnya simpangan sebanding dengan kecepatan sudutnya.

Seperti halnya pada gerak peluru tanpa hambatan udara, agar mendapatkan posisi jatuh yang sama maka sudut tembakannya harus dipilih yang menghasilkan jarak tempuh yang sama.

Gerak peluru yang terakhir yang akan dibahas yaitu gerak peluru yang mengalami rotasi dengan hambatan kuadratik. Setelah melihat hasil simulasi dan visualisasinya dapat dilihat bahwa lintasannya condong kesamping sama halnya seperti lintasan pada gerak peluru dengan hambatan udara linier.

Dari hasil simulasi dan visualisasi pada gambar (4.10) membuktikan bahwa semakin besar jari-jari peluru semakin kecil pula jarak dan ketinggiannya. Semakin besar jari-jarinya maka semakin besar pula konstanta kuadratiknya, hal ini dikarenakan besarnya konstanta kuadratik sebanding dengan besarnya jari-jari pada peluru. Karena konstanta kuadratiknya lebih besar maka jarak maksimum dan ketinggian maksimum yang dicapai semakin kecil, hal itu dikarenakan semakin besar konstanta kuadratiknya maka semakin besar pula perlambatannya. Berbeda dengan massa peluru, apabila diberikan massa peluru yang lebih besar maka menghasilkan konstanta kuadratik yang semakin kecil, hal ini dikarenakan besarnya konstanta kuadratik berbanding terbalik dengan besarnya massa peluru. Karena konstanta kuadratiknya lebih kecil maka jarak maksimum dan ketinggian maksimum yang dicapai semakin besar, hal itu dikarenakan semakin kecil konstanta kuadratiknya maka semakin kecil pula hambatannya. Hal serupa juga dialami jika diberikan kecepatan awal yang berbeda karena semakin besar kecepatan awalnya maka semakin besar pula kecepatan vertikalnya sehingga waktu yang dibutuhkan agar kecepataannya menjadi nol semakin lama. Oleh karena itu ketinggian yang dicapai semakin tinggi pula. Tidak hanya kecepatan vertikal yang semakin besar tetapi kecepatan horisontalnya juga semakin besar pula, oleh karena itu waktu yang dibutuhkan peluru untuk sampai di tanah semakin besar pula sehingga jarak yang ditempuh semakin jauh. Untuk besar simpangannya semakin besar kecepatan awalnya maka semakin besar pula jarak tempuhnya, hal ini dikarenakan besarnya simpangan sebanding dengan kecepatan awal. Selain itu jika diberikan kecepatan sudut yang semakin besar

maka simpangannya semakin besar pula, hal ini dikarenakan besarnya simpangan sebanding dengan kecepatan sudutnya.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan dari profil gerak peluru yang mengalami sebagai berikut.

1. Profil gerak peluru tanpa hambatan udara:
 - a. Lintasannya berbentuk parabola;
 - b. apabila jari-jari peluru dibuat berbeda agar mendapatkan posisi jatuh yang sama maka massa peluru dan kecepatan sudutnya harus diubah juga. Jika jari-jari peluru diperbesar maka massa peluru dan kecepatan sudut diperkecil. Hal itu berlaku sebaliknya;
 - c. jika peluru di tembakan dari posisi $x(t_0) = 0$, $y(t_0) = 0$ maka jarak terbesar didapatkan ketika sudut tembakannya 45° , sedangkan ketinggiannya sebanding dengan besarnya sudut tembakan;
 - d. jika peluru diberi ketinggiannya lebih besar dari 0 (nol) maka besarnya jarak berbanding terbalik dengan sudut tembakannya.
2. Profil gerak peluru dengan hambatan linier:
 - a. Lintasannya berbentuk parabola yang condong kesamping;
 - b. apabila jari-jari peluru dibuat berbeda agar mendapatkan posisi jatuh yang sama maka kecepatan awal, massa peluru dan kecepatan sudutnya harus diubah juga. Jika peluru memiliki jari-jari yang lebih besar maka untuk mengimbanginya kecepatan awal, massa dan kecepatan sudutnya harus diperbesar pula;
 - c. jika peluru di tembakan dari posisi $x(t_0) = 0$, $y(t_0) = 0$ maka jarak terbesar didapatkan ketika sudut tembakannya 30° , sedangkan ketinggiannya sebanding dengan besarnya sudut tembakan;

- d. jika peluru diberi ketinggiannya lebih besar dari 0 (nol) maka besarnya jarak berbanding terbalik dengan sudut tembakannya.
3. Profil gerak peluru dengan hambatan kuadrat:
- a. Lintasannya berbentuk parabola yang condong kesamping;
 - b. apabila jari-jari peluru dibuat berbeda agar mendapatkan posisi jatuh yang sama maka kecepatan awal, massa peluru dan kecepatan sudutnya harus diubah juga. Jika peluru memiliki jari-jari yang lebih besar maka untuk mengimbangnya kecepatan awal, massa dan kecepatan sudutnya harus diperbesar pula;
 - c. jika peluru di tembakan dari posisi $x(t_0) = 0$, $y(t_0) = 0$ maka jarak terbesar didapatkan ketika sudut tembakannya 30° , sedangkan ketinggiannya sebanding dengan besarnya sudut tembakan;
 - d. jika peluru diberi ketinggiannya lebih besar dari 0 (nol) maka besarnya jarak berbanding terbalik dengan sudut tembakannya.

Perbedaan antara gerak peluru dengan hambatan dan tanpa hambatan udara yaitu titik puncaknya pada peluru dengan hambatan udara lebih condong kesamping sehingga lintasannya juga condong. Selain itu nilai dari jarak maksimum, ketinggian maksimum dan simpangan peluru pada gerak peluru dengan hambatan udara lebih kecil dibandingkan dengan pada gerak peluru tanpa hambatan udara.

Sedangkan untuk perbedaan antara gerak peluru dengan hambatan linier dan hambatan kuadrat yaitu jarak dan ketinggian maksimum yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan hasil gerak peluru dengan hambatan linier

5.2 Saran

Pada skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dikarenakan masih banyak terdapat asumsi-asumsi dan batasan. Kekurangan lainnya pada skripsi ini juga masih menggunakan peluru dalam bentuk bola. Oleh karena itu masih terbuka bagi peneliti lain untuk melanjutkan penelitian ini lebih baik, misalnya dengan mengurangi

asumsinya, bentuk pelurunya lebih divariasikan, parameter yang digunakan lebih beragam lagi, sudut tembakannya diperbanyak, menggunakan bahasa pemrograman yang lebih canggih dan perhitungannya lebih teliti lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainurofiq, R. 2011. *Profil Gerak Peluru dengan Hambatan dan Tanpa Hambatan Udara*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Benacka, J. 2009. Simulating Projectile Motion in the Air with Spreadsheets. *Spreadsheet in Education*. Vol 3 issue 2. Gold Coast: Bond University.
- Eko, J. 2006. *Persamaan Diferensial*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Evans, W. C. 2004. *Projectile Motion*. http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:t_UgWAYYvuXAJ:www.geogebra.org/en/upload/files/nikenuke/projectilePDF/projectileDRAG.pdf. [16 Juni 2012].
- Fulford, G. Forrester, P. & Jones, A. 1997. *Modelling with Differential and Difference Equations*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gary, D. E. 2009. Quadratic Air Resistance. http://www.google.co.id/url?sa=t&source=web&cd=3&ved=0CCYQFjAC&url=http%3A%2F%2Fweb.njit.edu%2F~gary%2F430%2Fassets%2Fphysics430_lecture04.ppt. [16 Maret 2011].
- Hidayat, R. 1997. *Matematika Teknik*. Jember: Jember University Press.
- Hidayat, R. 2006. *Persamaan Diferensial Parsial*. Jember: Jember University Press.
- Khairil, Rodik. 1993. *Akibat Rotasi Bumi*. <http://id.scribd.com/doc/Akibat-Rotasi-Bumi>. [16 Juni 2012].
- Olson, R. M. & Wright, S. J. 1993. *Dasar-dasar Mekanika Fluida Teknik*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Praweda A. 2000. *Gaya Gesek*. <http://bebas.vlsm.org/v12/sponsor/SponsorPendamping/Praweda/Fisika/0261%20Fis-1-2b.htm>. [16 Juni 2012].
- Praweda B. 2000. *Hukum Newton*. <http://bebas.vlsm.org/v12/sponsor/SponsorPendamping/Praweda/Fisika/0264%20Fis-1-2b.htm>. [16 Juni 2012].

Sarojo, G. A. 2002. *Mekanika*. Jakarta: Salemba Teknik.

Sutrisno. 1997. *Mekanika*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

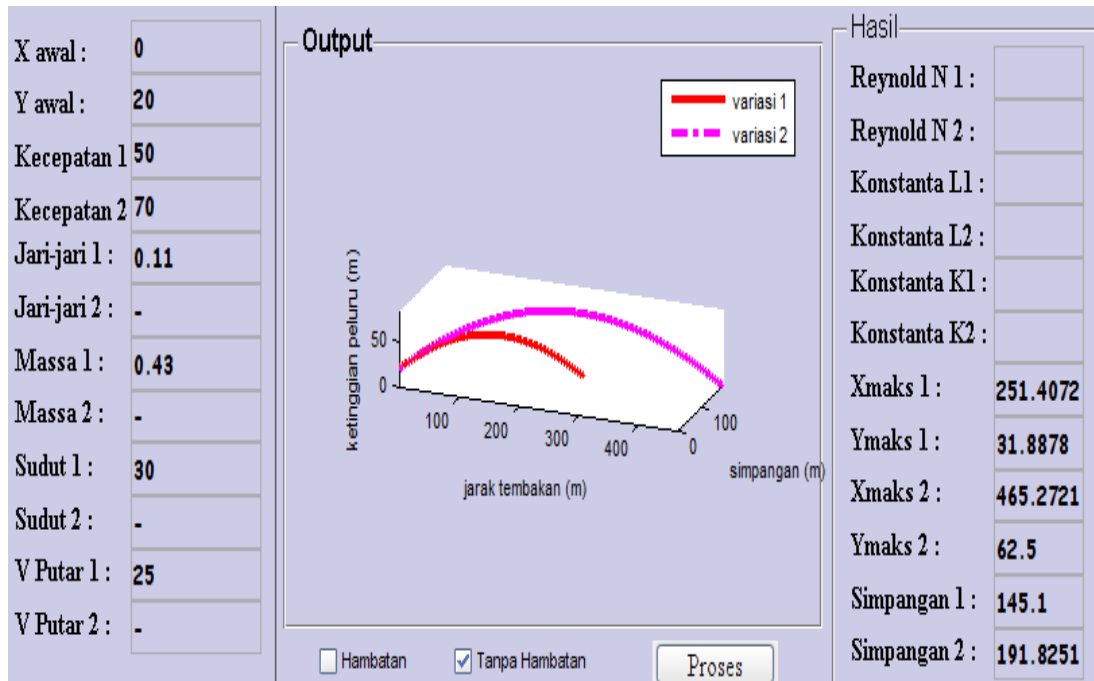
Taufik, Muhammad. 2011. *Pembuatan dan Pengujian Osbourn Reynolds Apparatus Pipa Horizontal*. Skripsi. Padang: Universitas Andalas.

Triatmodjo, B. 2002. *Metode Numerik*. Yogyakarta: Universitas Gadjad Mada.

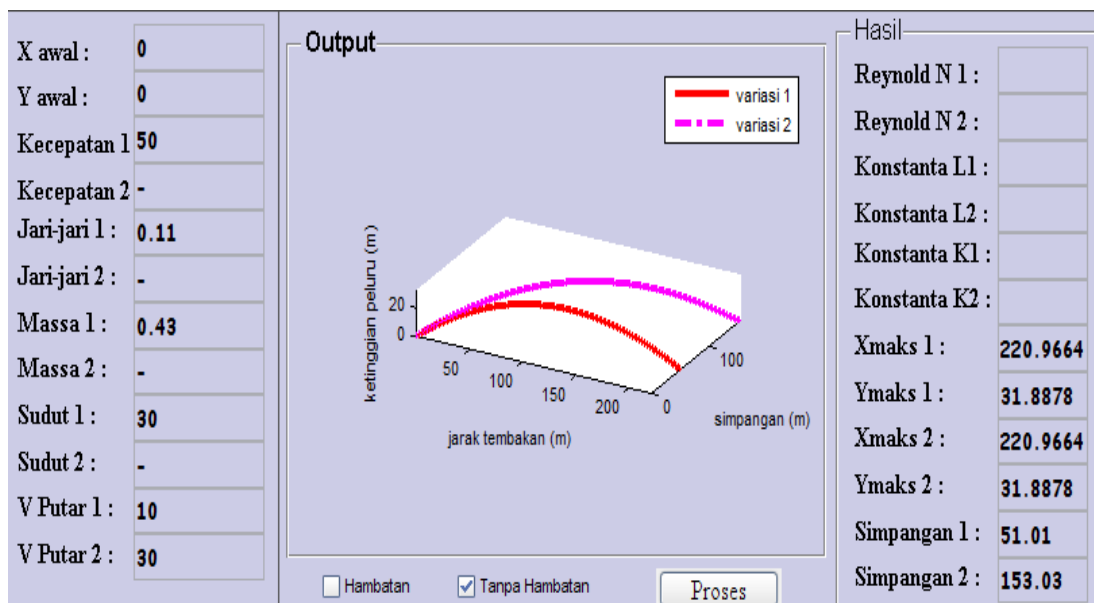
Utomo, P.2008.Tendangan Pisang Beckham menurut Fisika. *Ilmuwan Muda*.
<http://ilmuwanmuda.wordpress.com/tendangan-pisang-beckham-menurut-fisika/>. [16 Juni 2012].

Wisman. 2010. *Kecepatan Sudut*. [http://ab11ae. Wordpress//2010/ 05/27/kecepatan-sudut](http://ab11ae.wordpress.com/2010/05/27/kecepatan-sudut). [16 Juni 2012].

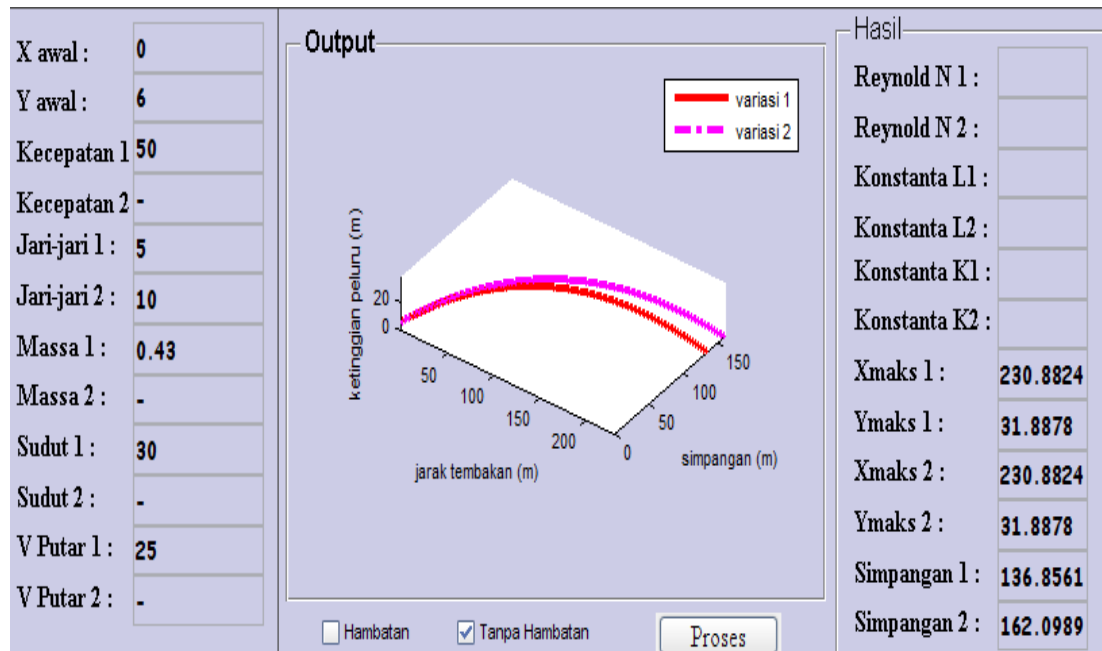
Lampiran A. Lampiran gambar-gambar



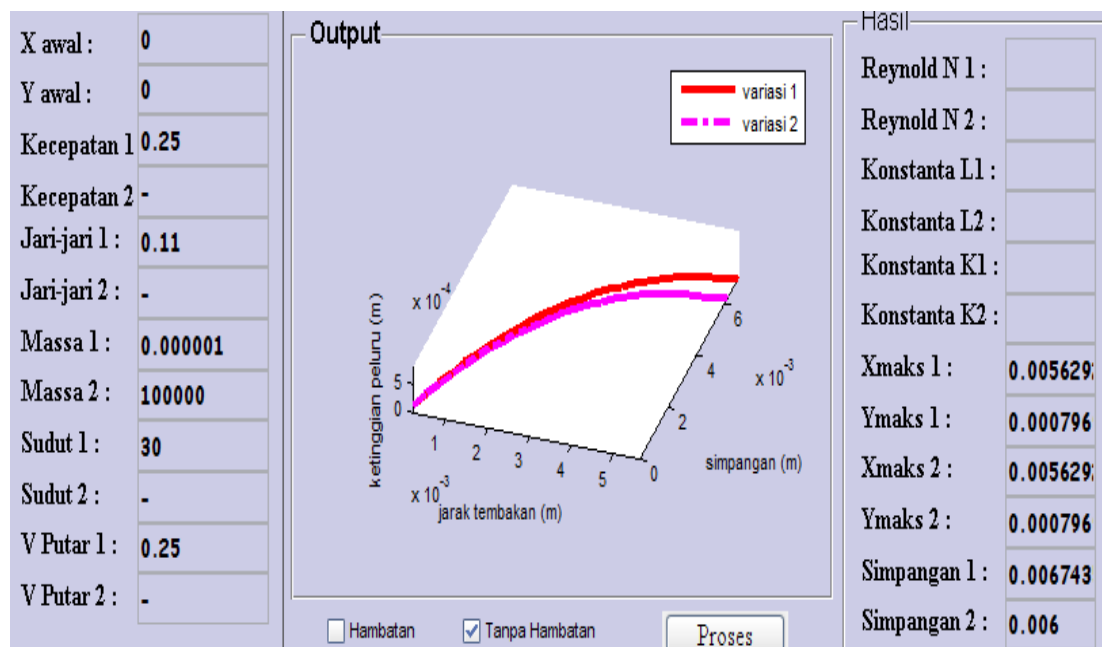
Lampiran 1 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan kecepatan awal 50m/s dan 70m/s



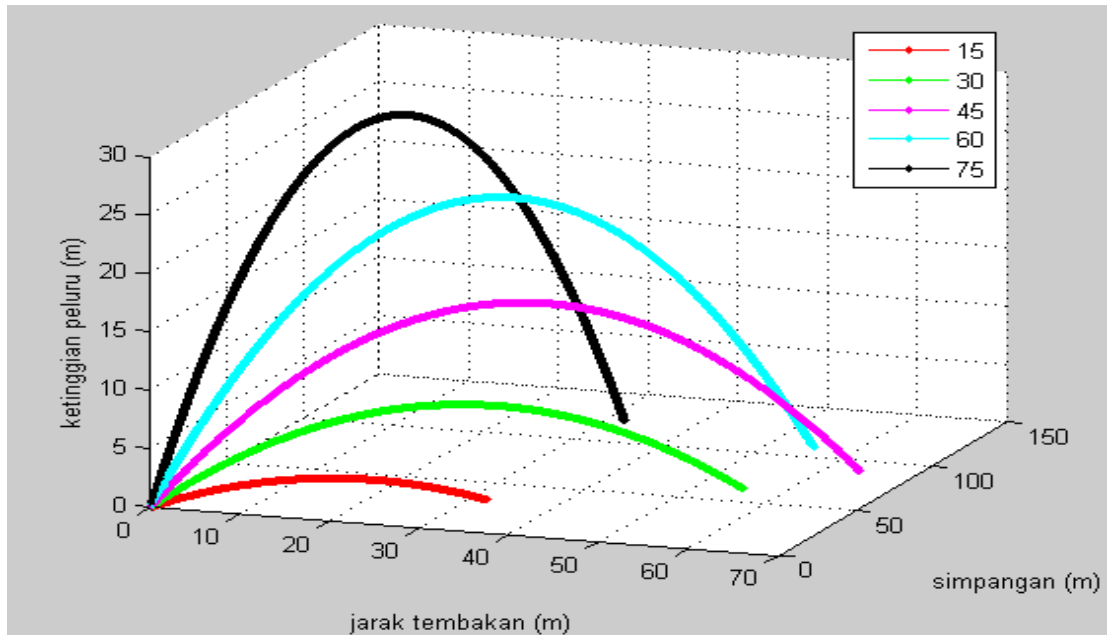
Lampiran 2 Lintasan gerak peluru dengan kecepatan sudut 10m/s dan 30m/s



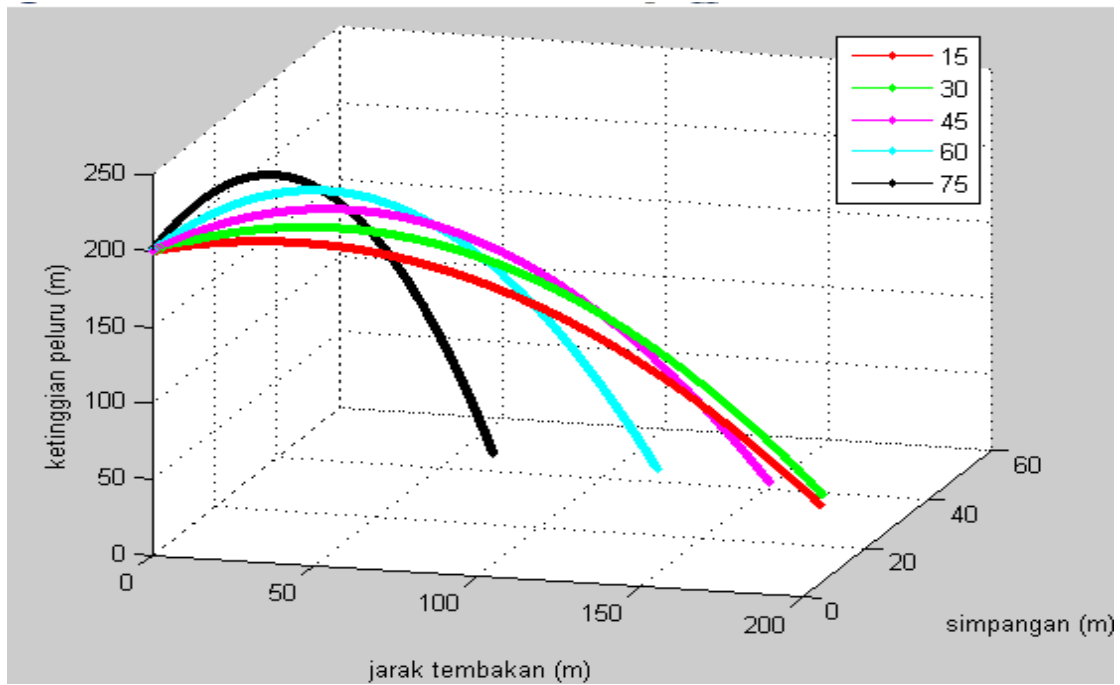
Lampiran 3 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan jari-jari peluru 5 cm dan 10cm



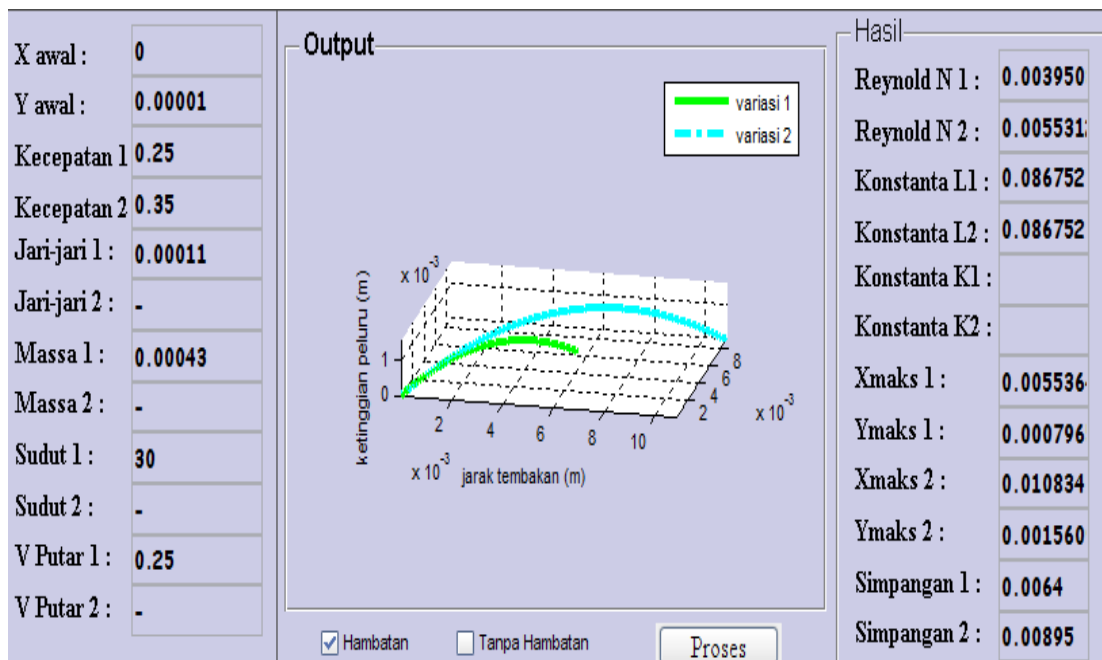
Lampiran 4 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan massa 0.000001 g dan 100000 g



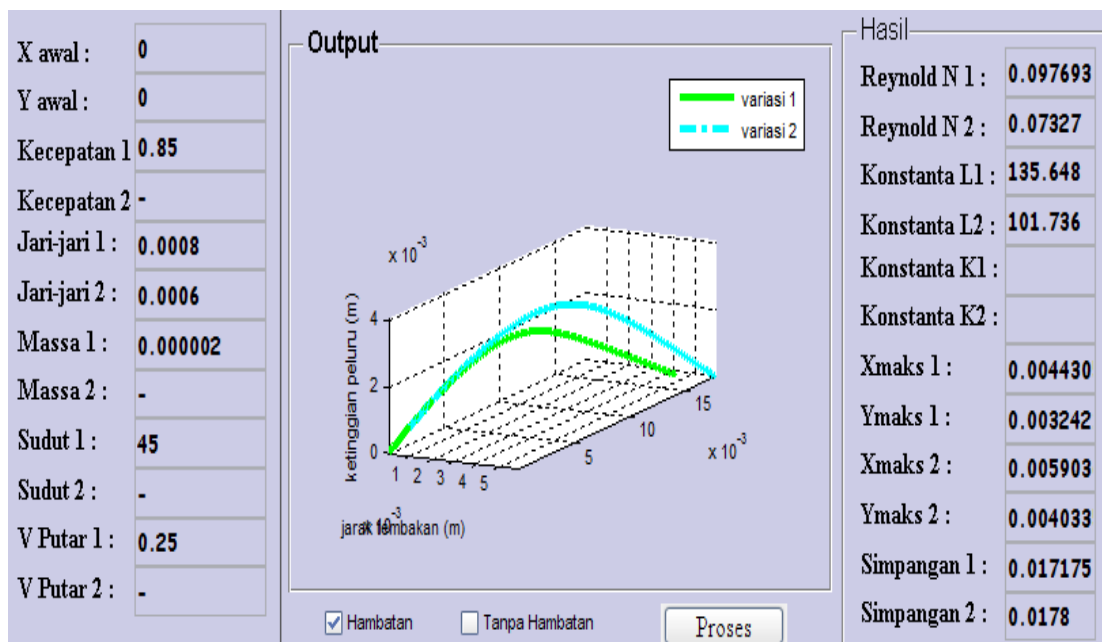
Lampiran 5 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan variasi sudut tembakan



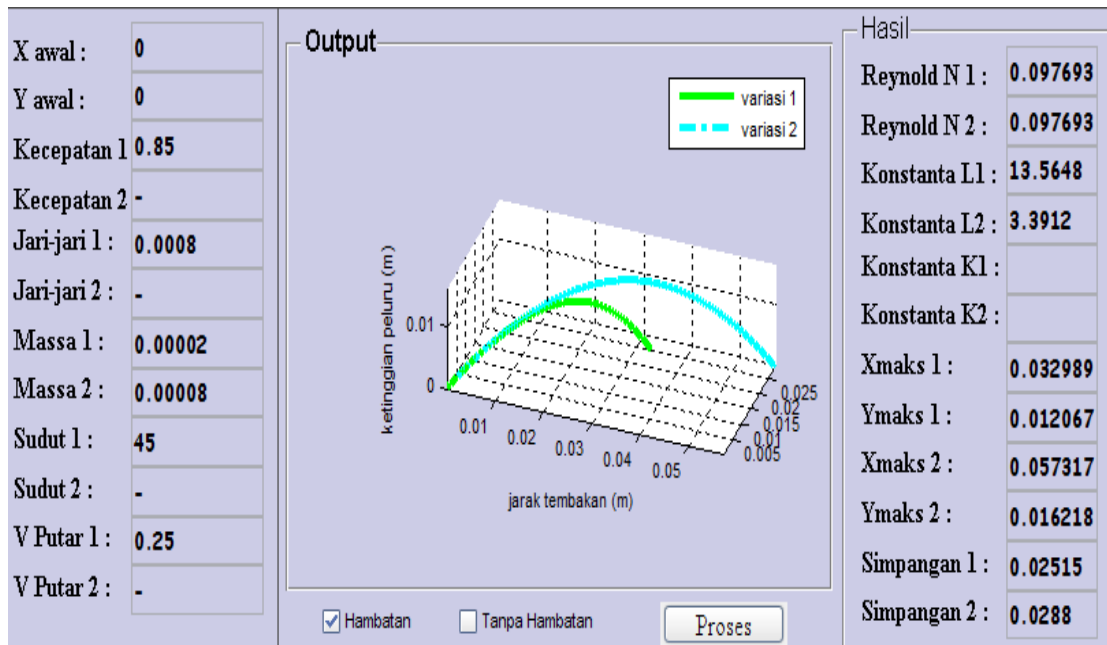
Lampiran 6 Lintasan gerak peluru tanpa hambatan udara dengan variasi sudut tembakan dan ketinggiannya $y(t_0) = 200$.



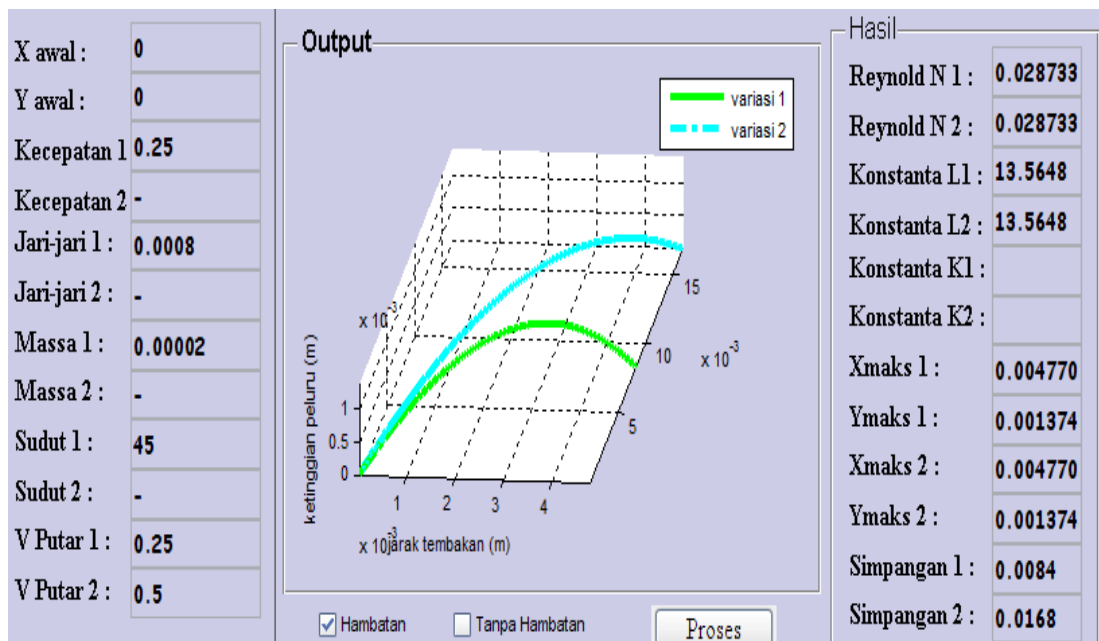
Lampiran 7 Lintasan gerak peluru dengan hambatan linier yang diberi kecepatan awal $0,25\text{m/s}$ dan $0,35\text{m/s}$



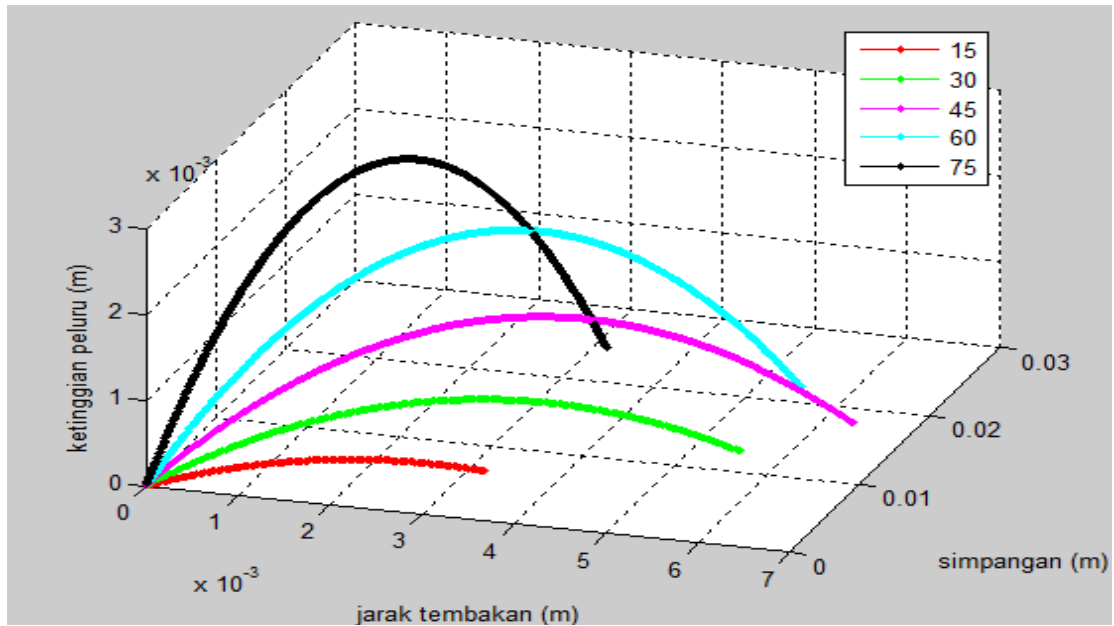
Lampiran 8 Lintasan gerak peluru dengan hambatan linier pada peluru yang berjari-jari $0,0006$ dan $0,0008$



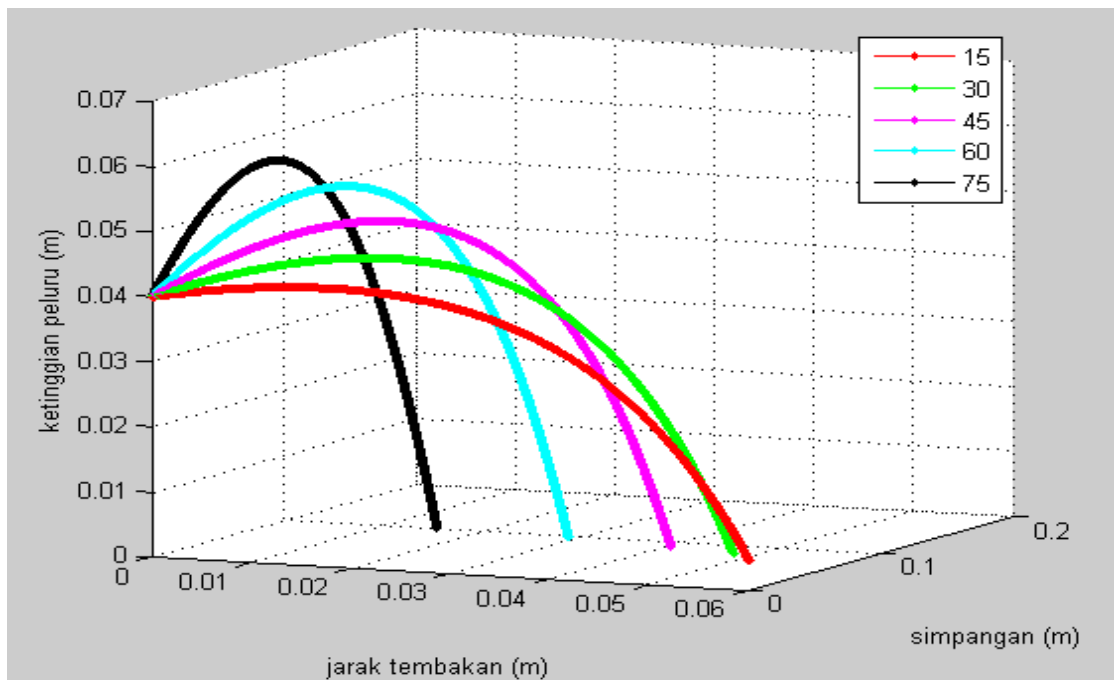
Lampiran 9 Lintasan gerak peluru dengan hambatan linier pada peluru dengan massa 0,00002 g dan 0,00008 g



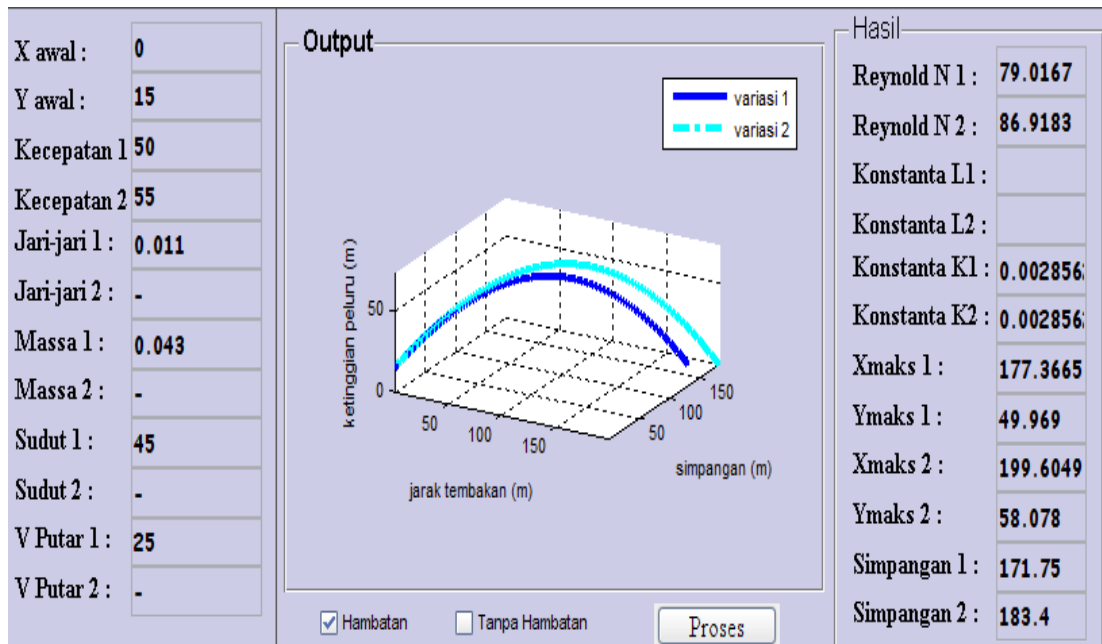
Lampiran 10 Lintasan gerak peluru dengan hambatan linier yang diberi kecepatan sudut 0,25m/s dan 0,5m/s



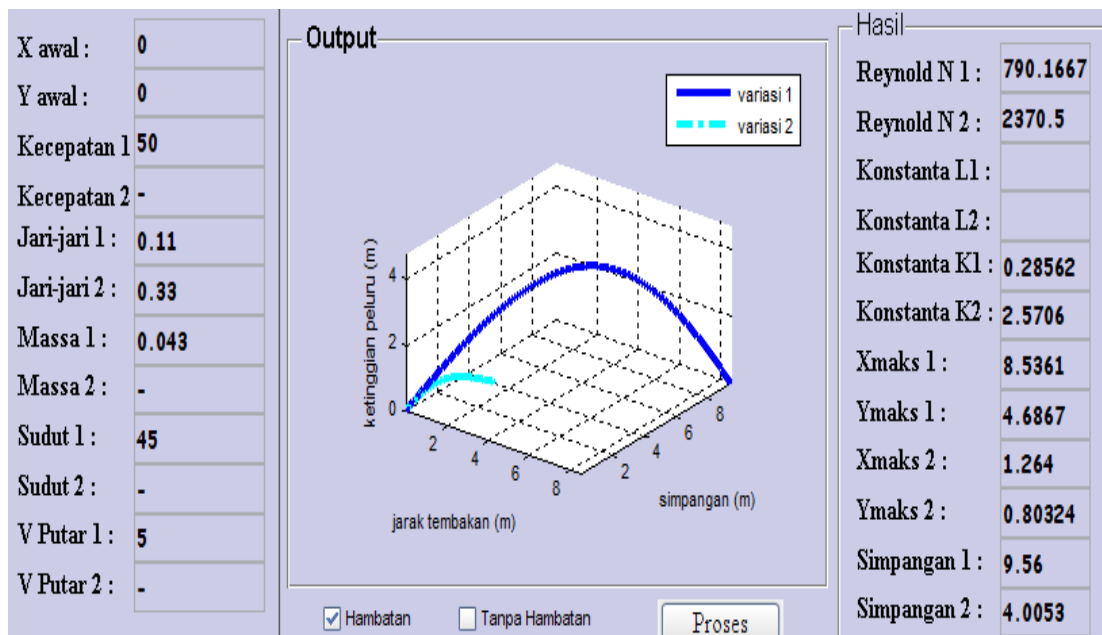
Lampiran 11 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara linier dimana sudut tembakan divariasikan



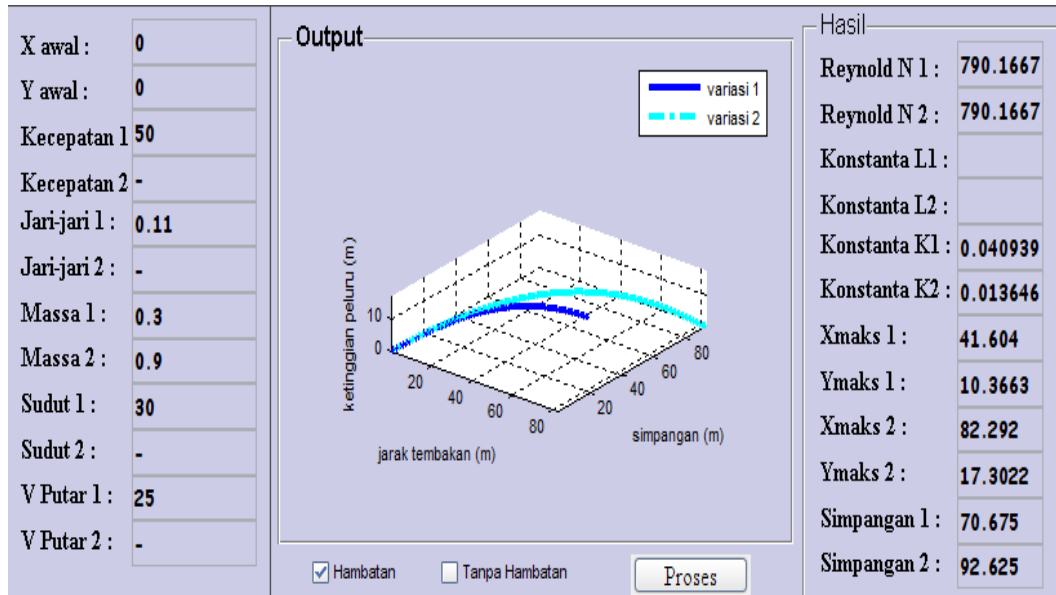
Lampiran 12 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara linier dengan variasi sudut tembakan dan ketinggiannya $y(t_0) = 0,04$.



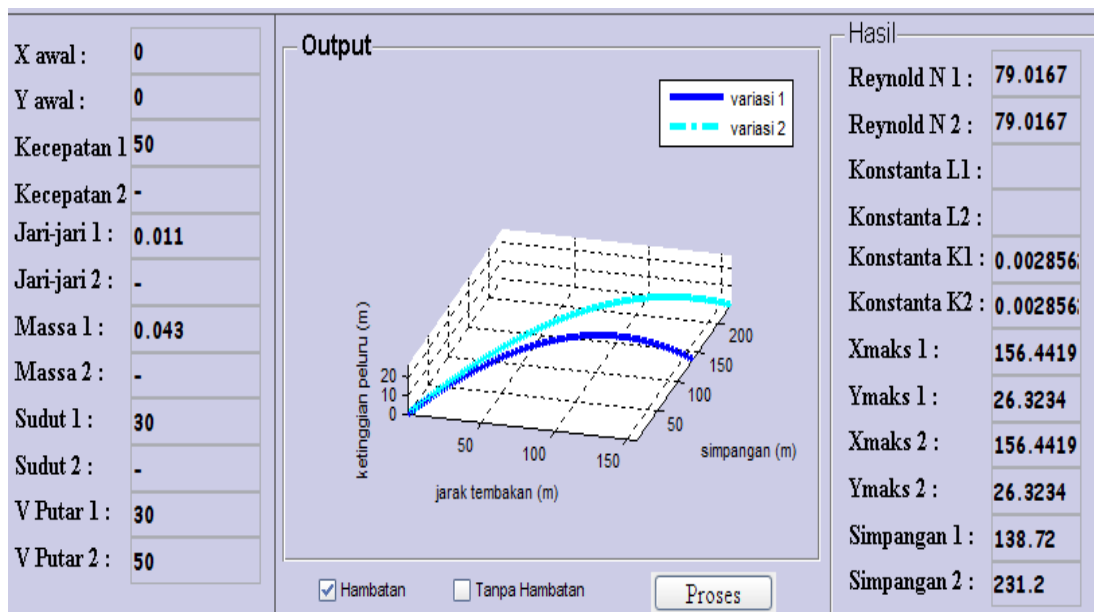
Lampiran 13 Lintasan gerak peluru dengan hambatan kuadratik dimana kecepatan awalnya 50m/s dan 55m/s .



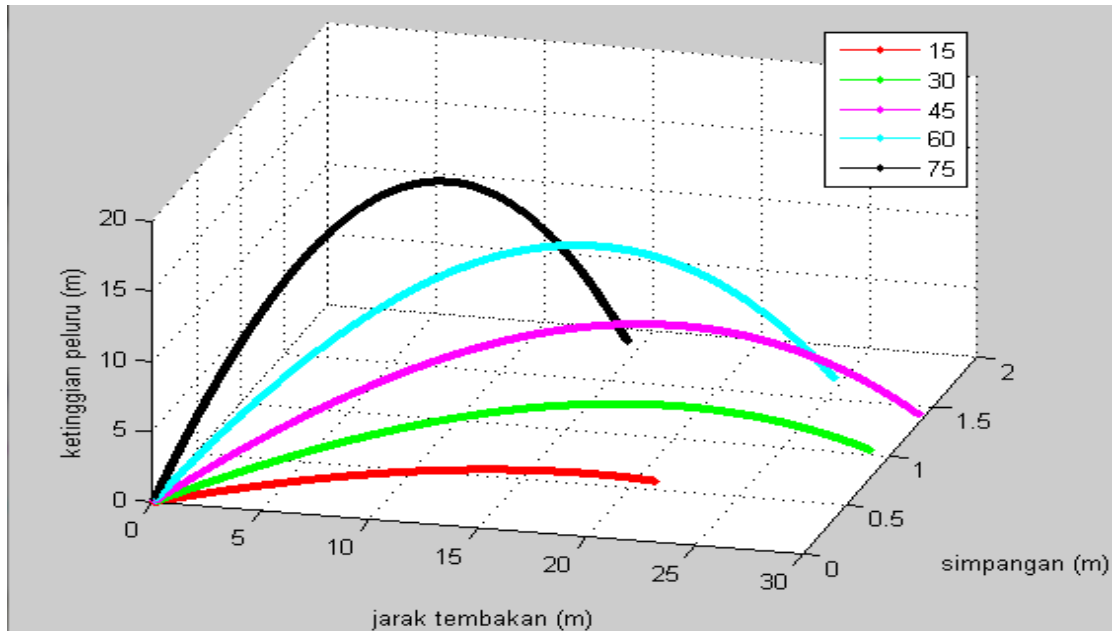
Lampiran 14 Lintasan gerak peluru dengan hambatan kuadratik dimana jari-jari pelurunya $0,11\text{ cm}$ dan $0,33\text{ cm}$.



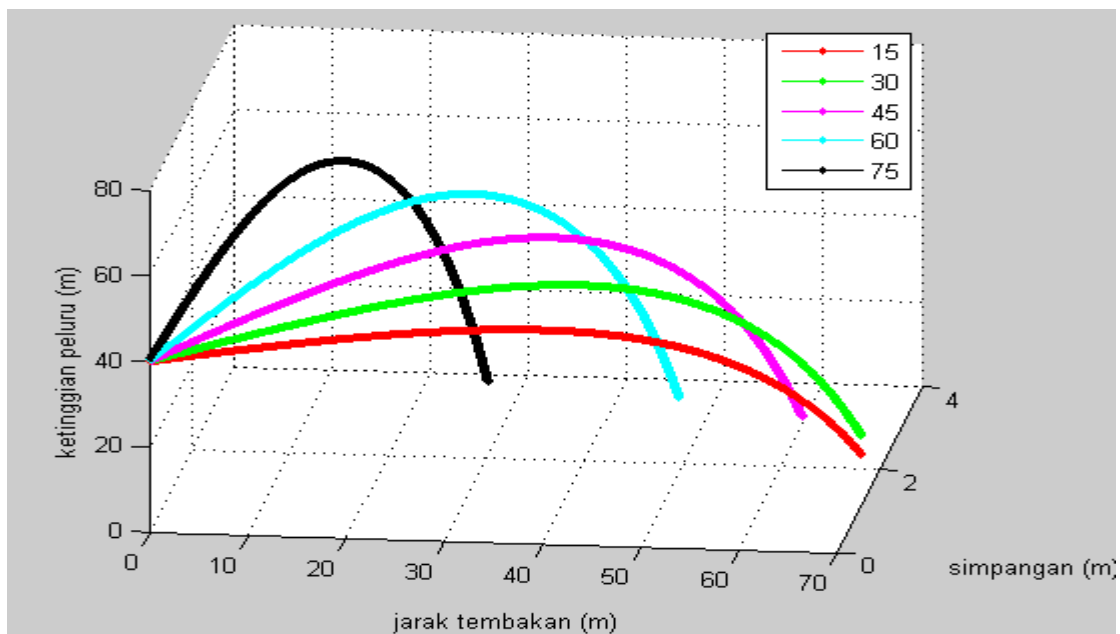
Lampiran 15 Lintasan gerak peluru dengan hambatan kuadratik dimana massanya 0,3 g dan 0,9 g.



Lampiran 16 Lintasan gerak peluru dengan hambatan kuadratik dimana kecepatan sudutnya 30m/s dan 50m/s



Lampiran 17 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara kuadratik dimana sudut tembakannya divariasikan



Lampiran 18 Lintasan gerak peluru dengan hambatan udara kuadratik dengan variasi sudut tembakan dan ketinggian $y(t_0) = 40$.

Lampiran B. Skrip GUI

```

clc; clear all;
close all;
ulang=0; p=0;
win1=figure(...
'units','points',...
'position',[50 100 640 335],...
'color',[.8 .8 .9],...
'menubar','none',...
'resize','off',...
'numbertitle','off',...
'name',' ');
%=====
% hp = uipanel('parent',win1,...
%         'Title','Input','FontSize',12,...
%         'units','points',...
%         'fontweight','bold',...
%         'BackgroundColor',[.8 .8 .9],...
%         'Position',[13 75 155 175]);

%         hp = uipanel('parent',win1,...
%         'Title','Jenis Output','FontSize',12,...
%         'units','points',...
%         'fontweight','bold',...
%         'BackgroundColor',[.8 .8 .9],...
%         'Position',[13 35 155 75]);

%         hp = uipanel('parent',win1,...
%         'Title','Hasil','FontSize',12,...
%         'units','points',...
%         'BackgroundColor',[.8 .8 .9],...
%         'Position',[480 0 150 260]);
%         hp = uipanel('parent',win1,...
%         'Title','Hasil','FontSize',12,...
%         'units','points',...
%         'BackgroundColor',[.8 .8 .9],...
%         'Position',[480 13 150 120]);

%         hp = uipanel('parent',win1,...
%         'Title','Output','FontSize',12,...
%         'units','points',...
%         'fontweight','bold',...
%         'BackgroundColor',[.8 .8 .9],...
%         'Position',[175 25 300 230]);

%=====

labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[125 290 450 24],...

```

```

'style','Text',...
'string',' LINTASAN GERAK PELURU ',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',15,...
'fontweight','bold',...
    'foregroundcolor',[.0 .0 .0]);

% labell=uicontrol('parent',win1,...
% 'units','points',...
% 'position',[125 266 450 24],...
% 'style','Text',...
% 'string',' DENGAN SPIN DAN HAMBATAN UDARA LINIER ',...
% 'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
% 'fontname','Times New Roman',...
% 'fontsize',15,...
% 'fontweight','bold',...
%     'foregroundcolor',[.0 .0 .0]);

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[170 0 1 260],...
'style','Text',...
'backgroundcolor',[.3 .3 .3],...
    'foregroundcolor',[1 1 1]);
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[0 260 700 1],...
'style','Text',...
'backgroundcolor',[.3 .3 .3],...
    'foregroundcolor',[1 1 1]);
%=====

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 230 80 20],...
'style','Text',...
'string','X awal :',...
'HorizontalAlignment','left',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 235 73 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'HorizontalAlignment','left',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...

```

```

'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 210 80 20],...
'style','Text',...
'HorizontalAlignment','left',...
'string','Y awal :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit2=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 215 73 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'HorizontalAlignment','left',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 190 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...
'string','Kecepatan 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit4=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 195 73 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','edit',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 170 80 20],...
'style','Text',...
'string','Kecepatan 2 :',...

```

```

'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit5=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 175 73 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','edit',...
'string','- ',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'HorizontalAlignment','left',...
'position',[25 153 80 20],...
'style','Text',...
'string','Jari-jari 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit6=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 155 73 20],...
'style','edit',...
'HorizontalAlignment','left',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 133 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Jari-jari 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit7=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 135 73 20],...
'style','edit',...

```



```

'string','-','...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 113 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Massa 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit8=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 115 73 20],...
'style','edit',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 93 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Massa 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit9=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 95 73 20],...
'style','edit',...
'string','-','...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...

```

```

'units','points',...
'position',[25 73 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Sudut 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

```

```

edit10=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 75 73 20],...
'style','edit',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

```

```

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 53 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Sudut 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

```

```

edit11=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 55 73 20],...
'style','edit',...
'string','- ',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

```

```

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 33 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','V Putar 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...

```

```

'fontweight','bold');

edit12=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 35 73 20],...
'style','edit',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 13 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','V Putar 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit13=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 15 73 20],...
'style','edit',...
'string','- ',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

%=====
=====
%=====
=====

labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[490 220 80 20],...
'style','Text',...
'string','Reynold N 1 :',...
'HorizontalAlignment','left',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit21=uicontrol('parent',win1,...

```

```

'units','points',...
'position',[570 225 50 20],...
'style','edit',...
'string','',...
'HorizontalAlignment','left',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[490 200 80 20],...
'style','Text',...
'HorizontalAlignment','left',...
'string','Reynold N 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit22=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[570 205 50 20],...
'style','edit',...
'string','',...
'HorizontalAlignment','left',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[490 180 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...
'string','Konstanta L1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit24=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[570 185 50 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','edit',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...

```

```

'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[490 160 80 20],...
'style','Text',...
'string','Konstanta L2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit25=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[570 165 50 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','edit',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'HorizontalAlignment','left',...
'position',[490 143 80 20],...
'style','Text',...
'string','Konstanta K1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit26=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[570 145 50 20],...
'style','edit',...
'HorizontalAlignment','left',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[490 123 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%string','Beta :',...
'string','Konstanta K2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...

```

```

'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit27=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[570 125 50 20],...
'style','edit',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[490 103 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Xmaks 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit28=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[570 105 50 20],...
'style','edit',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[490 83 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Ymaks 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit29=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[570 85 50 20],...
'style','edit',...
'string','',...

```

```

'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[490 63 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Xmaks 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit30=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[570 65 50 20],...
'style','edit',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[490 43 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Ymaks 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit31=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[570 45 50 20],...
'style','edit',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...

```

```

'position',[490 23 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Simpangan 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit32=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[570 25 50 20],...
'style','edit',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

labell1=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[490 3 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Simpangan 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');

edit33=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[570 5 50 20],...
'style','edit',...
'string','',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

u01 = uicontrol('Style','checkbox','String','Hambatan',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'pos',[260 8 80 20],'parent',win1,'HandleVisibility','off');
u11 = uicontrol('Style','checkbox','String','Tanpa Hambatan',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'pos',[360 8 100 20],'parent',win1,'HandleVisibility','off');
% u21 = uicontrol('Style','Radio','String','V0 arah x dan y',...
% 'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
% 'pos',[10 10 180 20],'parent',h1,'HandleVisibility','off');

```



```

%
% % Initialize some button group properties.
% set(h1,'SelectedObject',[]); % No selection
% set(h1,'Visible','on');
%=====
proses=uicontrol('parent',win1,...
    'units','points',...
    'position',[380 2 70 18],...
    'style','Pushbutton',...
    'callback','program',...
    'string','Proses',...
    'fontname','times new roman',...
    'fontsize',12);
%=====
% pros11=uicontrol('parent',win1,...
%     'units','points',...
%     'position',[13 10 75 20],...
%     'style','Pushbutton',...
%     'callback','GERAK_PELURU',...
%     'string','Reset',...
%     'fontname','times new roman',...
%     'fontsize',12);
%=====

grafik1=axes('parent',win1,...
    'units','points',...
    'position',[10 265 90 70],...
    'fontsize',8,...
    'color',[1 1 1]);
olmat=imread('unej.jpg');
    imshow(olmat);
        set(win1,'CurrentAxes',grafik1);

grafik3=axes('parent',win1,...
    'units','points',...
    'position',[190 52 270 180],...
    'fontsize',8,...
    'color',[1 1 1]);
% olmat=imread('genteng1.jpg');
%     imshow(olmat);
%         set(win1,'CurrentAxes',grafik1);

%=====
menu1=uimenu('parent',win1,...
    'Label',' Reset ', 'Callback','PELURU');
menu2=uimenu('parent',win1,...
    'Label',' Tools ');
menu1_1=uimenu('parent',menu2,...
    'Label','Zoom',...
    'Callback','besar');
menu1_1=uimenu('parent',menu2,...
    'Label','Rotasi',...

```

```
        'Callback','rotasi');
menu1_1=uimenu('parent',menu2,...
    'Label','Pan',...
    'Callback','geser');
menu2=uimenu('parent',win1,...
    'Label','  Keluar  ',...
    'Callback','close');
```

Lampiran C. Skrip Progam

```

clc;
% clear all; close all;
if ulang==0;
    ulang=1;
x0=str2num(get(edit1,'string'));
y0=str2num(get(edit2,'string'));
r=str2num(get(edit6,'string'));
theta=str2num(get(edit10,'string'));
m=str2num(get(edit8,'string'));
vo=str2num(get(edit4,'string'));
vol=str2num(get(edit12,'string'));

elseif ulang >2
    break
end
% r2=str2num(get(edit7,'string'));
% theta2=str2num(get(edit11,'string'));
% m2=str2num(get(edit9,'string'));
% vo2=str2num(get(edit5,'string'));

%=====
% theta=thetal;
% r=r1; m=m1;vo=v1;

%=====

th0=theta*pi/180;
t0=0;
g=9.8;
rho=1.293;
vis=0.018;
phi=3.14;
D=2*r;
Re=rho*D*vo/vis;

f=1;
F=vis*rho*D^3*f*vol;
a=F/m;
S(1,1)=0;

%=====
pill=get(u01,'value'); % Hambatan
pil2=get(u11,'value'); % Tanpa Hambatan
if pill==1
%     pilih1=1;
%         %Hambatan
%         if ulang==1
%             set(edit21,'string',num2str(Re));
%         else

```

```

set(edit22,'string',num2str(Re));
end
    if Re<0.1
        %Linier
        k=6*phi*vis*r;
        kL=k/m;
        if ulang==1
            set(edit24,'string',num2str(kL));
        else
            set(edit25,'string',num2str(kL));
        end
        xL(1,1)=x0;
        yL(1,1)=y0;
        S(1,1)=0;
        t1=t0;
        delt=0.0001;
        N=100000;
        for i=2:N+1
            t(i,1)=t1+(i-1)*delt;

xL(i,1)=xL(1)+(vo*m/k)*cos(th0)*(1-exp(-k*t(i,1)/m));

yL(i,1)=yL(1)+(vo*m/k)*sin(th0)*(1-exp(-
k*t(i,1)/m))+(g*m^2/(k^2))*(1-k*t(i,1)/m-exp(-k*t(i,1)/m));
            S(i,1)=S(i-
1)+vol*delt+0.5*a*delt^2;%=====
                if yL(i,1)<=0
                    yL(i,1)=0;
                    tm=i*delt;
                    b=i;
                    break;
                end

            end
            tmax=tm;
            x1=xL(2:b,1);
            y1=yL(2:b,1);
            S=S(2:b,1);smax=S(b-1);
            xLmax =max(x1)- xL(1);
            yLmax =max(y1)- yL(1);

%
set(formku.xLmaXimum,'string',num2str(xLmax));
%
set(formku.yLmaXimum,'string',num2str(yLmax));
        if ulang==1
            set(edit28,'string',num2str(xLmax));
            set(edit29,'string',num2str(yLmax));
            set(edit32,'string',num2str(smax));
            plot3(x1,S,y1,'g','Linewidth',3); hold
on;

        else

```

```

set(edit30,'string',num2str(xLmax));
set(edit33,'string',num2str(smax));
set(edit31,'string',num2str(yLmax));
plot3(x1,S,y1,'-.c','Linewidth',3);
legend('variasi 1','variasi 2');
end
%
plot(x1,y1,'g','Linewidth',3);
axis equal
xlabel('jarak tembakan (m)');
zlabel('ketinggian peluru (m)');
grid on;
else
%Kuadratik
xK(1,1)=x0;
yK(1,1)=y0;
A=phi*r^2;
delt=0.001;
N=10000;
if Re>10^5
Cd=0.2;
else
Cd=0.5;
end
h=0.5*A*rho*Cd;
hK=h/m;
if ulang==1
set(edit26,'string',num2str(hK));
else
set(edit27,'string',num2str(hK));
end
vx0(1)=vo*cos(th0);
vy0(1)=vo*sin(th0);

for i=2:N+1
vxt(1,1)=vx0(1);
vyt(1,1)=vy0(1);
k1x=-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1))^2+(vyt(i-1,1))^2)*vxt(i-1,1);

k2x=-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1)+0.5*k1x*delt)^2+(vyt(i-1,1)+0.5*k1x*delt)^2)*(vxt(i-
1,1)+0.5*k1x*delt);

k3x=-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1)+0.5*k2x*delt)^2+(vyt(i-1,1)+0.5*k2x*delt)^2)*(vxt(i-
1,1)+0.5*k2x*delt);

k4x=-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1)+k3x*delt)^2+(vyt(i-1,1)+k3x*delt)^2)*(vxt(i-1,1)+k3x*delt);
vxt(i,1)=vxt(i-
1,1)+(delt/6)*(k1x+2*k2x+2*k3x+k4x);

```

```

                                k1y=-g-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1))^2+(vyt(i-1,1))^2)*vyt(i-1,1);

                                k2y=-g-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1)+0.5*k1y*delt)^2+(vyt(i-1,1)+0.5*k1y*delt)^2)*(vyt(i-
1,1)+0.5*k1y*delt);

                                k3y=-g-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1)+0.5*k2y*delt)^2+(vyt(i-1,1)+0.5*k2y*delt)^2)*(vyt(i-
1,1)+0.5*k2y*delt);

                                k4y=-g-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1)+k3y*delt)^2+(vyt(i-1,1)+k3y*delt)^2)*(vyt(i-1,1)+k3y*delt);
                                vyt(i,1)=vyt(i-
1,1)+(delt/6)*(k1y+2*k2y+2*k3y+k4y);

                                xK(i,1)=xK(i-1,1)+vxt(i,1)*delt;
                                yK(i,1)=yK(i-1,1)+vyt(i,1)*delt;
                                S(i,1)=S(i-
1)+vol*delt+0.5*a*delt^2;%=====

                                if yK(i,1)<=0
                                    yK(i,1)=0;
                                    tm=i*delt;
                                    b=i;
                                    break;
                                end
                                end
                                tmax=tm;
                                x1=xK(2:b,1);
                                y1=yK(2:b,1);
                                S=S(2:b,1);smax=S(b-1);
                                xKmax=max(x1)-xK(1,1);
                                yKmax=max(y1)-yK(1,1);
                                if ulang==1
                                    set(edit28,'string',num2str(xKmax));
                                    set(edit32,'string',num2str(smax));
                                    set(edit29,'string',num2str(yKmax));
                                    plot3(x1,S,y1,'b','Linewidth',3);hold on;
                                else
                                    set(edit33,'string',num2str(smax));
                                set(edit30,'string',num2str(xKmax));
                                set(edit31,'string',num2str(yKmax));
                                plot3(x1,S,y1,'-.c','Linewidth',3);
                                legend('variasi 1','variasi 2');
                                end
                                axis equal
                                xlabel('jarak tembakan (m)');
                                zlabel('ketinggian peluru (m)');
                                ylabel('simpangan (m)');
                                grid on;
                                end

```

```

end
if pil2==1
%   pilih1=2;

%Tanpa Hambatan
    deltax=0.001;
    N=10000;
    for i=2:N+1
        t(i-1)=t0+(i-1)*deltax;
        xN(i-1,1)=x0+vo*t(i-1)*cos(th0);
        yN(i-1,1)=y0+vo*t(i-1)*sin(th0)-
(g/2)*t(i-1).*t(i-1);
        S(i,1)=S(i-
1)+vol*deltax+0.5*a*deltax^2;%=====
        if yN(i-1,1)<=0
            yN(i-1,1)=0;
            b=i-1;
            tm=(i-1)*deltax;
            break;
        end
    end
    %tmax=tm;
    x1=xN(1:b,1);
    y1=yN(1:b,1);
    S=S(1:b,1); smax=S(b-1);
    %z=[x1;y1];
    xNmax=max(x1)-x0;
    yNmax=max(y1)-y0;
    if ulang==1
        set(edit28,'string',num2str(xNmax));
        set(edit32,'string',num2str(smax));
        set(edit29,'string',num2str(yNmax));
        plot3(x1,S,y1,'r','Linewidth',3); hold on;
    else
        set(edit30,'string',num2str(xNmax));
        set(edit33,'string',num2str(smax));
        set(edit31,'string',num2str(yNmax));
        plot3(x1,S,y1,'-.m','Linewidth',3);
        legend('variasi 1','variasi 2');
    end
    axis equal
    xlabel('jarak tembakan (m)');
    ylabel('ketinggian peluru (m)');
    zlabel('simpangan (m)');
    grid off;
end
if pil1==1 && pil2==1 % Hambatan dan Tanpa Hambatan
%   pilih1=3;
    deltax=0.001;
    N=10000;

```

```

for i=2:N+1
    t(i-1)=t0+(i-1)*delt;
    xN(i-1,1)=x0+vo*t(i-1)*cos(th0);
    yN(i-1,1)=y0+vo*t(i-1)*sin(th0)-
(g/2)*t(i-1).*t(i-1);
    S(i,1)=S(i-
1)+vol*delt+0.5*a*delt^2;%=====
    if yN(i-1,1)<=0
        yN(i-1,1)=0;
        b=i-1;
        tm=(i-1)*delt;
        break;
    end
    end
    %tmax=tm;
    x1=xN(1:b,1);
    y1=yN(1:b,1);
    S1=S(1:b,1);s1max=S(b-1);
    %z=[x1;y1];
    xNmax=max(x1)-x0;
    yNmax=max(y1)-y0;
    if ulang==1
        set(edit28,'string',num2str(xNmax));
        set(edit32,'string',num2str(s1max));
    set(edit29,'string',num2str(yNmax));
    %Hambatan
    set(edit21,'string',num2str(Re));
    else

    set(edit33,'string',num2str(s1max));
    set(edit30,'string',num2str(xNmax));
    set(edit31,'string',num2str(yNmax));
    %Hambatan
    set(edit22,'string',num2str(Re));
    end
    if Re<0.1
        %Linier
        k=6*phi*vis*r;
        kL=k/m;
        if ulang==1
            set(edit24,'string',num2str(kL));
        else
            set(edit25,'string',num2str(kL));
        end
        xL(1,1)=x0;
        yL(1,1)=y0;
        t1=t0;
        delt=0.0001;
        N=100000;
        for i=2:N+1
            t(i,1)=t1+(i-1)*delt;

```



```

xL(i,1)=xL(1)+(vo*m/k)*cos(th0)*(1-exp(-k* t(i,1)/m));

yL(i,1)=yL(1)+(vo*m/k)*sin(th0)*(1-exp(-k* t(i,1)/m))+(g*m^2/(k^2))*
(1-k*t(i,1)/m-exp(-k*t(i,1)/m));
S(i,1)=S(i-
1)+vol*delt+0.5*a*delt^2;%=====
if yL(i,1)<=0
yL(i,1)=0;
tm=i*delt;
c=i;
break;
end
end
tmax=tm;
x2=xL(2:c,1);
y2=yL(2:c,1);
S=S(2:c,1);smax=(c);
xLmax =max(x2)- xL(1);
yLmax =max(y2)- yL(1);
if ulang==1
set(edit28,'string',num2str(xLmax));
set(edit32,'string',num2str(smax));
set(edit29,'string',num2str(yLmax));

plot3(x1,S1,y1,'r',x2,S,y2,'g','Linewidth',3);hold on
legend('Tanpa Hambatan','Hambatan
Linier');

else
set(edit30,'string',num2str(xLmax));
set(edit32,'string',num2str(smax));
set(edit31,'string',num2str(yLmax));
plot3(x1,S1,y1,'-.m',x2,S,y2,'-
.c','Linewidth',3);

legend('Tanpa Hambatan','Hambatan
Linier');

end
axis equal
xlabel('jarak tembakan (m)');
zlabel('ketinggian peluru (m)');
ylabel('simpangan (m)');
grid on;
else
%Kuadratik
xK(1,1)=x0;
yK(1,1)=y0;
A=phi*r^2;
delt=0.001;
N=10000;
if Re>10^5
Cd=0.2;

```

```

else
    Cd=0.5;
end
h=0.5*A*rho*Cd;
hK=h/m;
if ulang==1
set(edit26,'string',num2str(hK));
else
set(edit27,'string',num2str(hK));
end
vx0(1)=vo*cos(th0);
vy0(1)=vo*sin(th0);

for i=2:N+1
    vxt(1,1)=vx0(1);
    vyt(1,1)=vy0(1);
    k1x=-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1))^2+(vyt(i-1,1))^2)*vxt(i-1,1);

    k2x=-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1)+0.5*k1x*delt)^2+(vyt(i-1,1)+0.5*k1x*delt)^2)*vxt(i-
1,1)+0.5*k1x*delt);

    k3x=-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1)+0.5*k2x*delt)^2+(vyt(i-1,1)+0.5*k2x*delt)^2)*vxt(i-
1,1)+0.5*k2x*delt);

    k4x=-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1)+k3x*delt)^2+(vyt(i-1,1)+k3x*delt)^2)*vxt(i-1,1)+k3x*delt);
    vxt(i,1)=vxt(i-
1,1)+(delt/6)*(k1x+2*k2x+2*k3x+k4x);

    k1y=-g-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1))^2+(vyt(i-1,1))^2)*vyt(i-1,1);

    k2y=-g-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1)+0.5*k1y*delt)^2+(vyt(i-1,1)+0.5*k1y*delt)^2)*vyt(i-
1,1)+0.5*k1y*delt);

    k3y=-g-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1)+0.5*k2y*delt)^2+(vyt(i-1,1)+0.5*k2y*delt)^2)*vyt(i-
1,1)+0.5*k2y*delt);

    k4y=-g-(h/m)*sqrt((vxt(i-
1,1)+k3y*delt)^2+(vyt(i-1,1)+k3y*delt)^2)*vyt(i-1,1)+k3y*delt);
    vyt(i,1)=vyt(i-
1,1)+(delt/6)*(k1y+2*k2y+2*k3y+k4y);

    xK(i,1)=xK(i-1,1)+vxt(i,1)*delt;
    yK(i,1)=yK(i-1,1)+vyt(i,1)*delt;
    S(i,1)=S(i-
1)+vol*delt+0.5*a*delt^2;%=====

```

```

                    if yK(i,1)<=0
                        yK(i,1)=0;
                        tm=i*delt;
                        c=i;
                        break;
                    end
                end
            end
            tmax=tm;
            x2=xK(2:c,1);
            y2=yK(2:c,1);
            S=S(2:c,1); smax=S(c-1);
            xKmax=max(x2)-xK(1,1);
            yKmax=max(y2)-yK(1,1);
            if ulang==1
                set(edit28,'string',num2str(xKmax));
                set(edit32,'string',num2str(smax));
                set(edit29,'string',num2str(yKmax));
            plot3(x1,S1,y1,'r',x2,S,y2,'b','Linewidth',3);hold on
            legend('Tanpa Hambatan','Hambatan
Kuadratik');
            else
                set(edit30,'string',num2str(xKmax));
                set(edit33,'string',num2str(smax));
                set(edit31,'string',num2str(yKmax));
                plot3(x1,S1,y1,'-.m',x2,S,y2,'-
.c','Linewidth',3);
            legend('Tanpa Hambatan','Hambatan
Kuadratik');

            end
            axis equal
            xlabel('jarak tembakan (m)');
            ylabel('ketinggian peluru (m)');
            zlabel('simpangan (m)');
            grid on;
        end

    end

    if ulang <=2
        % pause
        r2=(get(edit7,'string'));
        if r2~='- '
            r=str2num(get(edit7,'string')); p=1;
        end
        theta2=(get(edit11,'string'));
        if theta2~='- '
            theta=str2num(get(edit11,'string')); p=1;
        end
        m2=(get(edit9,'string'));

```

```
        if m2~='-'  
m=str2num(get(edit9,'string')); p=1;  
        end  
vo2=(get(edit5,'string'));  
if vo2~='-'  
vo=str2num(get(edit5,'string')); p=1;  
end  
vo21=(get(edit13,'string'));  
if vo21~='-'  
vo1=str2num(get(edit13,'string')); p=1;  
end  
  
if p==0  
    break  
end  
ulang=ulang+1;  
program;  
break;  
end  
%=====
```